



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación**

“DISEÑO DE UNA RED SDH ENTRE QUITO Y AMBATO PARA DAR SERVICIOS DE 2 STM-1 POR MEDIO DE INTERFACES GIGABIT ETHERNET A 1 STM-1 INCLUYENDO A UN CALL CENTER EN AMBATO DE 1 E1 INTERNACIONAL HACIA EL NAP DE LAS AMERICAS CON METRO ETHERNET Y TECNOLOGÍA TDMoIP”

### **TESINA DE GRADUACION**

Previo a la obtención del Título de:

### **INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

Presentada por:

CHRISTIAN COLON MACHUCA PEREZ  
JORGE LUIS GONZALEZ SANCHEZ  
GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2013

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado la gracia y la bendición de contar con salud, sabiduría y con una familia que siempre me han dado su apoyo incondicional y a quienes debo este triunfo profesional por darme una formación académica y sobre todo humanista y espiritual. También agradezco a mi Profesor Ing. Héctor Fiallos y a todos mis maestros que aportaron a mi formación, para quienes me enseñaron más que el saber científico a quienes me enseñaron a ser lo que no se aprende en salón de clase y a compartir el conocimiento con los demás.

Jorge González

A DIOS, a mis padres y mis hermanos, que siempre me han apoyado de forma incondicional para ampliar mis conocimientos y lograr mis metas profesionales. A todos mil gracias y que DIOS los bendiga.

Christian Machuca

## DEDICATORIA

A mi señor Jesús, quien me dio la fe, la fortaleza, la salud y la esperanza para terminar este trabajo. A mis padres, Eduardo y Elvia quienes me enseñaron desde pequeño a luchar para alcanzar mis metas. Mi triunfo es de ustedes, ¡los amo!  
A mis hermanos quienes confiaron y me dotaron de esperanzas para continuar. Y a los que nunca dudaron que lograría alcanzar este triunfo, a mis Tías Ma. Angélica, Amadita, Angelita y a mi tía Mercedes que desde el cielo nos está bendiciendo.

Jorge González

A mis Padres y Hermanos.

Christian Machuca

## TRIBUNAL DE SUSTENTACION

-----  
**ING. HECTOR FIALLOS**

**Profesor del Seminario**

-----  
**ING. BORIS RAMOS**

**PROFESOR DELEGADO**

### **DECLARACION EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesina de Grado, nos corresponde exclusivamente; y en el patrimonio intelectual de la misma a la ESUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

-----

Christian Machuca Pérez

-----

Jorge González Sánchez

## RESUMEN

Nuestro Proyecto trata en el análisis y diseño de una Red SDH entre Quito y Ambato para dar servicios de 2 STM-1 y por medio de interfaces gigabitethernet a 1 STM-1 proveer a un call center en Ambato de 1 E1 Internacional hacia el NAP de las Américas con metroethernet y tecnología TBMoIP.

El documento está dividido en cuatro capítulos, en el primer capítulo, se describe una introducción de un sistema de transmisión SDH, donde se podrá observar, la infraestructura de las tramas, esquemas de multiplexacion, protecciones de la Red, entre otros. En el segundo capítulo, se describe una introducción teórica de un sistema de Redes Metro Ethernet y sus desafíos para dar servicios de tecnología TDMoIP.

En el tercer capítulo se muestran los costos de implementación de este proyecto y tipos de tecnología que existen en el mercado, otorgando los diferentes escenarios a se presentados ante el CEO de la empresa de Telecomunicaciones que quiere dicho proyecto. Finalmente en el cuarto capítulo se presenta la simulación en el Laboratorio de Telecomunicaciones de un proyecto dividido en dos partes, en donde se detalla el proceso técnico a seguir para la implementación de los servicios descritos y un listado de conclusiones y recomendaciones generales.

## INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	I
DEDICATORIA.....	II
TRIBUNAL DE SUSTENTACION.....	III
DECLARACION EXPRESA.....	IV
RESUMEN.....	V
ABREVIATURAS.....	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	X
INDICE DE TABLAS.....	XIII
INTRODUCCION.....	XV
<b>1. CAPITULO 1 Fundamentos teóricos en las Redes de Transporte de Jerarquía Digital Síncrona</b>	
1.1 Fibra Óptica.....	18
1.2 Estructura Jerárquica de una Red de Jerarquía Digital Síncrona.....	21
1.3 Estructura de la Trama del módulo de transporte síncrono STM-1.....	22
1.4 Estructura de Multiplexación de Jerarquía Digital Síncrona.....	24
1.5 Componentes de una Red de Jerarquía Digital Síncrona.....	27
1.6 Estándar de Sincronización en Redes de Jerarquía Digital Síncrona.....	28
1.7 Topología de una Red de Jerarquía Digital Síncrona.....	30
1.8 Esquema de Protección de Redes de Jerarquía Digital Síncrona.....	33
1.9 Plataforma de Transporte Multiservicios (MSTP).....	35
1.10 Multiplexación por División de Tiempo (TDM).....	36
<b>2. CAPITULO 2 Fundamentos Teóricos de Redes Metro Ethernet</b>	
2.1 La Trama Ethernet.....	41
2.2 Características de la Red Metro Ethernet.....	43
2.3 Servicios Metropolitano en redes Metro Ethernet.....	45
2.3.1 Características del Switch de la Red Metro Ethernet.....	49
2.4 TDMoIP y su Funcionamiento.....	51

3. CAPITULO 3 Análisis y Diseño del Proyecto	
3.1 Análisis de la Red desarrollada por la propia empresa.....	55
3.1.1 Implementación de Red Backbone SDH.....	55
3.2 Análisis del alquiler de redes implementadas por terceros.....	67
3.2.1 Descripción de terceros: Carriers.....	67
3.2.1.1 Descripción de Carrier A.....	68
3.2.1.2 Descripción de Carrier B.....	68
3.2.1.3 Descripción de Carrier C.....	69
3.3 Red Metropolitana.....	69
3.3.1 Infraestructura.....	71
3.3.2 Ingeniería de la Red.....	72
4. CAPITULO 4: Costos e Ingeniería Económica del Proyecto.	
4.1 Costo de equipos de comunicación SDH.....	78
4.2 Análisis de solución del alquiler de Redes implementadas por terceros....	80
4.3 Costos de implementación de la Red MetroEthernet.....	82
4.4 Calculo de Ingenieria Economica.....	84
5. CAPITULO 5 Simulación del Proyecto del BACKBONE de Jerarquía Digital Síncrona Metro Ethernet y Tecnología TDMoIP	
5.1 Simulación de Jerarquía Digital Síncrona.....	106
5.2 Simulación TDMOIP.....	131
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
Conclusiones.....	134
Recomendaciones.....	137
BIBLIOGRAFÍA.....	139

## ABREVIATURAS

<b>Siglas</b>	<b>Significado en Ingles</b>	<b>Significado en Español</b>
ADM	Add/Drop Multiplexer	Multiplexor Agregar/Quitar
ANSI	American National Standards Institute	Instituto Nacional de Estándares Americanos
APS	Automatic Protection Switching	Conmutación Automática de Protección
ATM	Asynchronous Transfer Switching	Modo de transferencia asíncrona
AUG	Administrative Unit Group	Grupo de Unidad Administrativa
BPS	Bits per second	Bits por segundo
C	Container	Contenedor
DXC	Digital Cross Connect	Cross-Conectores Digitales
Gbps	Giga Bits per second	Giga Bits por segundo
GFP	Generic Framing Procedure	Procedimiento Genérico de Tramado
IP	Internet Protocol	Protocolo de Internet
ITU	International telecommunication unit	Unidad Internacional de Telecomunicaciones
MSP	Multi-Section Protection	Protección de Multi – Sección
MSOH	Multiplex Section Overhead	Tara de Sección de Multiplexación
MSTP	Multiservice Transport Platform	Plataforma de Transporte de Multiservicio
NAP	Node Access Point	Punto de Acceso al Nodo
NE	Network Element	Elemento de la Red
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	Jerarquía Digital Plesiocrono
POH	Path Overhead	Tara de Trayectoria
PRC	Primary Reference Clock	Reloj Principal de Referencia
PSN	Packet Switching Network	Red Conmutada de Paquetes

PTE	Path Termination Element	Elemento de Fin de Ruta
RSOH	Regeneration Section Overhead	Tara de Sección de Regeneración
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	Jerarquía Digital Síncrona
SOH	Section Overhead	Tara de Sección
SONET	Synchronous Optical Network	Red Síncrona Óptica
STM	Synchronous Transfer Mode	Modo de Transferencia Síncrona
TDM	Time Division Multiplexing	Multiplexación por División de Tiempo
TDMoIP	TDM over IP	Multiplexación por División de Tiempo sobre Protocolo de Internet
TU	Tributary Unit	Unidad Tributaria
VC	Virtual Container	Contenedor Virtual
VLAN	Virtual LAN	Red de Área Local Virtual
VoIP	Voice over IP	Voz sobre IP

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Fibra óptica.....	19
Figura 1.2 Estructura de la trama STM-1 .....	23
Figura 1.3 Esquema de multiplexación SDH según ETSI.....	26
Figura 1.4 Componentes de una Red SDH .....	27
Figura 1.5 Topología Punto a Punto.....	30
Figura 1.6 Topología Punto a Multipunto.....	31
Figura 1.7 Topología en Anillo.....	32
Figura 1.8 Topología Estrella/Hub/Mallada.....	32
Figura 1.9 Conjunto multiplexor-demultiplexor por división de tiempo.....	37
Figura 2.1 Función del Metro Ethernet.....	39
Figura 2.2 Red Metropolitana y sus elementos.....	48
Figura 2.3 Interconexión de switchs.....	50
Figura 3.1 ENLACE QUITO – AMBATO.....	61
Figura 3.2 ENLACE AMBATO – GUAYAQUIL.....	62
Figura 3.3 ENLACE GUAYAQUIL – QUITO.....	63
Figura 3.4 Disposición y distancia de nodos.....	63
Figura 3.5 Red Metropolitana.....	71
Figura 3.6 Servicio E-line punto-punto.....	73
Figura 3.7 Servicio E-line multipunto-multipunto.....	73
Figura 4.1 Diagrama RED BACKBONE.....	84
Figura 4.2 Diagrama de Ingresos Anuales Variables.....	94
Figura 4.3 Diagrama de Ingresos Variables Anuales.....	99
Figura 5.1 Equipo ADM utilizado.....	102

Figura 5.2 Diseño de la primera etapa del proyecto.....	104
Figura 5.3 Diseño de la segunda parte del proyecto.....	105
Figura 5.4 Verificación de Servicios Recomendados.....	107
Figura 5.5 Creando el Network Element.....	108
Figura 5.6 Información del Network Elements.....	109
Figura 5.7 Información del NE2 en la red.....	110
Figura 5.8 Creando el NE1 en la red.....	111
Figura 5.9 Conectividad de parámetros de conexión.....	112
Figura 5.10 Tarjetas instaladas en el equipo OSN 1500.....	113
Figura 5.11 Eligiendo el SUBRACK a seleccionar.....	114
Figura 5.12 Tarjetas instaladas en el equipo.....	115
Figura 5.13 Parámetros de conexión.....	116
Figura 5.14 Tarjetas instaladas en el equipo OSN 1500.....	117
Figura 5.15 Configurando level.....	118
Figura 5.16 Configurando la Sincronización.....	119
Figura 5.17 Seleccionando Clock Source Priority.....	120
Figura 5.18 Configuración de Prioridad del Clock NE3.....	122
Figura 5.19 Eligiendo las clases de clock y dándole prioridad en el nodo NE2.....	123
Figura 5.20 Creando las Protecciones entre los Nodos.....	124
Figura 5.21 Protección PP (Uniform Route).....	125
Figura 5.22 Creación de Protección Exitosa.....	126
Figura 5.23 SDH Trail Creation.....	127
Figura 5.24 Elección de Tarjeta.....	128
Figura 5.25 Configuración de Parámetros de Servicios.....	129

Figura 5.26 Creación de Servicios Exitosa.....	130
Figura 5.27 Elección de la Tarjeta para dar Servicio.....	131
Figura 5.28 Conectividad de Equipos RED METROETHERNET.....	133

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 RECOMENDACIONES DE ITU-T SOBRE SDH.....	17
Tabla 3.1 DISTANCIA ENTRE CIUDADES.....	55
Tabla 3.2 TIPOS Y PARÁMETROS DE MÓDULOS ÓPTICOS DE TARJETAS SDH.....	57
Tabla 3.3 CÁLCULO DE DISTANCIA ENTRE REGENERADORES.....	64
Tabla 3.4 TIPOS Y PRECIOS DE LOS 10 EQUIPOS REGENERADORES...	65
Tabla 3.5. PRECIOS DE TENDIDO DE FO AMBATO GUAYAQUIL.....	66
Tabla 3.6. PRECIOS DE TENDIDO DE FO QUITO AMBATO.....	66
Tabla 3.7. PRECIOS DE TENDIDO DE FO GUAYAQUIL QUITO.....	67
Tabla 3.8. STP CORE 1.....	76
Tabla 3.9. STP CORE 2.....	76
Tabla 3.10 STP A NIVEL DE DISTRIBUCIÓN.....	76
Tabla 4.1. COSTOS DE EQUIPOS DE MATRIZ.....	78
Tabla 4.2. COSTOS NO RECURRENTE.....	79
Tabla 4.3 PRECIOS DE OPERADORAS DE CABLE SUBMARINO.....	79
Tabla 4.4 PRECIOS POR STM-1 / E1.....	80
Tabla 4.5 PRECIOS FINALES DE SERVICIOS.....	81
Tabla 4.6 COSTOS DE EQUIPOS RED METRO.....	82
Tabla 4.7 ESTRUCTURA DEL CAPITAL.....	85
Tabla 4.8 TABLA DE AMORTIZACIONES.....	86
Tabla 4.9 TABLA DE DEPRECIACIONES.....	86
Tabla 4.10 CUADROS DE COSTOS MENSUALES.....	87
Tabla 4.11 INGRESOS MENSUALES.....	87

Tabla 4.12 FLUJO DE CAJA OPERATIVO Y FINAL DE INVERSION.....	91
Tabla 4.13 CALCULO DE VAN Y TIR.....	92
Tabla 4.14 CUADRO DE COSTOS MENSUALES.....	95
Tabla 4.15 INGRESOS MENSUALES.....	95
Tabla 4.16 FLUJO DE CAJA.....	97
Tabla 5.1 ESQUEMA DE PUERTOS DEL SWITCH 3550.....	132
Tabla 3.2 CONFIGURACION IP DE LOS IPMUX.....	133

## INTRODUCCION

Las altas demandas del acceso a internet a altas velocidades hoy en día es una necesidad en todo el mundo, por lo que se requiere una estructura de banda ancha que permita la generación y la distribución de la información.

Una red de Telecomunicaciones en donde los enlaces de transmisión son fibras ópticas y cuya arquitectura está diseñada para explotar las características singulares de este medio de transmisión. Su diseño e implementación requiere en general de una combinación compleja de elementos ópticos y electrónicos, así como del software adecuado que pueda garantizar su correcto funcionamiento, y su concepción arquitectónica obedece a un modelo de capas.

El objetivo del proyecto es estudiar, diseñar y escoger la mejor opción técnica del diseño complementando los conocimientos de ingeniería aprendidos durante el seminario, para la implementación de una red, usando la tecnología SDH a nivel interurbano y fibra óptica o Gigabitethernet.



## CAPITULO 1

### 1. Fundamentos teóricos en las Redes de Transporte de Jerarquía Digital Síncrona

Mientras la tecnología avanza se crean nuevas necesidades, dando paso a la gran demanda por tener sistemas de comunicaciones con altas velocidades y además que sean flexibles, esto permitió la creación de un nuevo sistema de comunicación. Fue desarrollado en Europa a mediados de 1980, en un inicio se lo llamo SONET o ANSI T1 X1, dentro de esa misma década fue renombrado como Jerarquía Digital Síncrona por el comité de normalización de las telecomunicaciones, que forma parte de un organismo internacional UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), este comité se lo conoce actualmente como UIT-T. [1]

La Red de Transporte de Jerarquía Digital Síncrona en su inicio debió ir a la par con el sistema vigente hasta ese momento conocido como Jerarquía Digital Plesíncrona.

Por esto el comité ITU-T normalizo el proceso de transportar las anteriores tramas en la nueva a través de los estándares G.707, G.708 y G.709 como se muestra en la tabla 1.1. La trama básica de Jerarquía Digital Síncrona es el STM-1 (Modulo de Transporte Sincronico), con una velocidad de 155 Mbps.

Recomendaciones de ITU-T	
G.707	Velocidad de bits de Jerarquía Digital Síncrona
G.708	Interfaz de nodos en la red para Jerarquía Digital Síncrona
G.709	Estructura de multiplexación Síncrona

**Tabla 1.1** RECOMENDACIONES DE ITU-T SOBRE SDH

La Jerarquía Digital Síncrona cubría con las demandas, siendo un sistema flexible ya que permite configurar nodos en una red y aumenta las posibilidades de administración tanto el tráfico como los elementos de la red.

Al referirnos a Jerarquía Digital Síncrona se puede decir que se logra transportar grandes flujos de tráfico de diferentes tipos, es una infraestructura basada en la Capa 1 del modelo OSI.

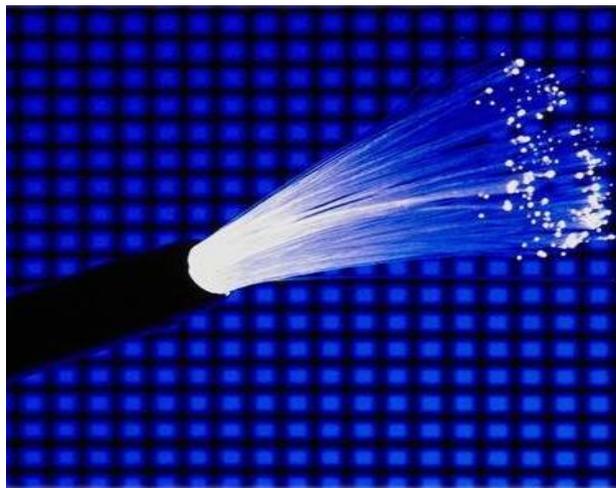
Las principales características de la Red de Transporte de Jerarquía Digital Síncrona se base en la velocidad básica 155 Mb/s MODULO DE TRANSPORTE SINCRONICO – 1, técnica de multiplexados a través de punteros, a partir de las velocidades básicas se obtienen

velocidades superiores, multiplexando byte por byte varias señales de módulo de transporte síncrono -1, las velocidades multiplexadas a diferencia de Jerarquía Digital Plesíncrona, son múltiplos enteros de la velocidad básica. A través del puntero, se puede acceder a cualquier canal de 2 Mb/s. Posee gran cantidad de canales de overhead que son utilizados para supervisión, gestión y control de la red. Nuevas topologías de red especialmente en la parte de acceso. Acceso directo a afluentes de baja velocidad sin tener que demultiplexar toda la señal que viene a alta velocidad, como ocurre la de jerarquía digital plesíncrona actual. Un multiplexor de jerarquía digital síncrona puede incorporar tráficos básicos (2Mb/s en Jerarquía Digital Síncrona) en cualquier nivel de la jerarquía, sin necesidad de utilizar una cascada de multiplexores, reduciendo las necesidades de equipamiento. Fácil crecimiento hacia velocidades mayores, en la medida que lo requiera la red. Sistema con estructura flexible que pueden ser utilizados para construir nuevas redes.

## **1.1. FIBRA OPTICA**

La transmisión de la luz para la codificación de señales no es algo de nuestra era, en la antigüedad los griegos usaban espejos para transmitir información.

Para entender mejor la tecnología de Jerarquía Digital Síncrona debemos de tener un análisis de concepto y evolución de la fibra óptica. Lo novedoso aportado para nuestra época es de haber conseguido que la luz se propague dentro de un cable tendido por el hombre de modo que no expanda en todas direcciones, sino en una muy concreta y predefinida esto se ha logrado gracias a la fibra óptica, se podría definir como un conducto de vidrio-fibra; de vidrio ultra delgada protegida por un material aislante que sirva para transportar la señal lumínica de un punto a otro. En la figura 1.1 se observan los hilos de fibra óptica.



**Figura 1.1** Fibra óptica

Unos de los primeros usos de la fibra óptica fue emplear un haz de fibras para la transmisión de imágenes, que se usó en el endoscopio médico. Usando la fibra óptica, se consiguió un endoscopio semiflexible. Para este uso se usó nuevas fibras revestidas con un

material de bajo índice de refracción, ya que el uso que se le daba anteriormente se impregnaba con aceites o ceras. El problema de transmisión era que la luz perdía hasta el 99% de su intensidad al atravesar distancias de hasta 9 metros de fibra. En 1966 en Inglaterra afirmaron que se podía disponer de fibras de una transparencia mayor y propusieron el uso de fibras de vidrio y luz, en lugar de electricidad y conductores metálicos, en la transmisión de mensajes telefónicos. Se demostró que las grandes pérdidas características de las fibras existentes se debían a impurezas diminutas intrínsecas del cristal. Mientras tanto, como resultado de los esfuerzos, se hicieron nuevas fibras con atenuación de 20 dB por Kilómetro y una banda pasante de 1 GHz para un largo de 1 Km, con la perspectiva de sustituir los cables coaxiales. La utilización de fibras de 100  $\mu\text{m}$  de diámetro, envueltas en nylon resistente, permitirían la construcción de hilos tan fuertes que no podían romperse con las manos. Hoy en día ya existen fibras ópticas tan pequeñas de hasta 1 dB por kilómetro, lo que es muchísimo menor a las pérdidas de un cable coaxial.

Debido a sus mínimas pérdidas de señal y a sus óptimas propiedades de ancho de banda, la fibra óptica puede ser usada a distancias más largas que el cable de cobre. Además, las fibras por

su peso y tamaño reducido, hace que sea muy útil en entornos donde el cable de cobre sería impracticable. [2]

## 1.2. ESTRUCTURA JERÁRQUICA DE UNA RED DE JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA

Se ha considerado cuatro niveles para las capacidades de jerarquía digital síncrona.

- a) **Fotónico**; se trata del nivel físico donde se especifica el tipo de fibra óptica que puede ser utilizada, al igual que las características de dispersión y atenuación en los láseres y sensibilidad en los receptores.
- b) **Sección**; se crean los Frame donde se convierte las señales eléctricas en señales ópticas.
- c) **Líneas**; controla el nivel de sincronización, multiplexado de datos en tramas, protección de funciones de mantenimiento y conmutación.
- d) **Encaminamiento**; nivel responsable del transporte End – to END con la apropiada velocidad de señalización.

La jerarquía digital síncrona como objetivo principal era el de acoplarse al sistema existente en su inicio el de la red de jerarquía digital plesíncrona, ya que el nuevo sistema jerárquico se

implementaría considerando la red existente y debería convivir. Debido a esta razón la ITU-T normalizó el proceso de transportar la existente trama en la que se estaba implementando. [3]

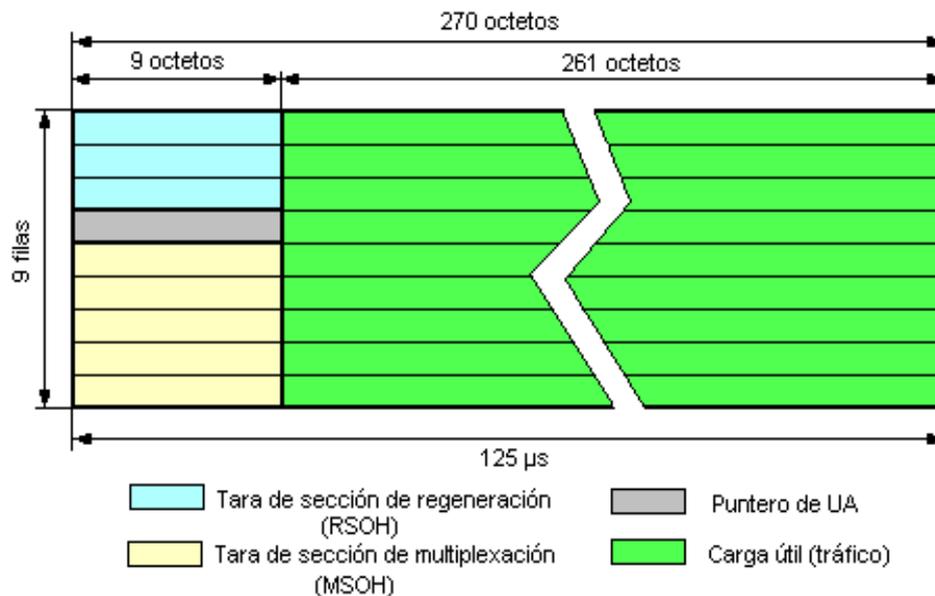
### **1.3. ESTRUCTURA DE LA TRAMA STM-1**

En la jerarquía digital síncrona (SDH), el módulo de transporte síncrono STM-1 corresponde al primer nivel básico, es una trama de 2340 bytes, que se reparte en 9 filas y 270 columnas, las nueve columnas primeras contienen únicamente información de gestión y se distribuyen en tres campos tal y como se muestra en la figura 1.2:

Tara de sección de regeneración (RSOH), filas 1-3 [27 bytes]

Puntero de la unidad administrativa, fila 4 [9 bytes]

Tara de sección de multiplexación (MSOH), filas 5-9 [45 bytes]



**Figura 1.2** Estructura de la trama STM-1

En cada trama va encapsulada un tipo especial de estructura denominado contenedor, cuando esto sucede se añaden cabeceras de control que identifican el contenido de la estructura y el conjunto, después de un proceso de multiplexación, se integra dentro de la estructura del módulo de transporte síncrono. Los niveles superiores se forman a partir de multiplexar a nivel de byte varias estructuras del módulo de transporte síncrono STM-1, esto da lugar a los diferentes niveles STM-4, STM-16 Y STM-64.

En la figura 1.2 se observan las divisiones por bits de una trama STM-1. En las columnas restantes (10-2709 contienen carga útil, generalmente se trata de un contenedor virtual de nivel 4 (VC-4) o de tres contenedores virtuales de nivel 3 (VC-3), no obstante, en Europa

sólo se utilizan VC-4. Cada contenedor virtual VC-4 y el puntero de la unidad administrativa conforman una unidad administrativa de nivel 4 (AU-4) esto genera una trama STM-1 añadiendo a una AU-4 las taras RSOH y MSOH que le correspondan, esto se realiza bit a bit en el sentido contrario a las manecillas de reloj y de arriba abajo, se transmite a razón de 8000 veces por segundo (cada trama se transmite en  $125 \mu\text{s}$ , =  $1/8000\text{Hz}$ ). El régimen binario es igual a:

$8000 \times 270 \text{ octetos} \times 8 \text{ bits} \times 9 \text{ filas} = 155.520 \text{ kbps} = 155.52 \text{ Mbps}$ . Un contenedor virtual puede contener otros VCs, lo que simplificaría el transporte y gestión de la red, el grupo de los contenedores virtuales, estarán ubicados en el Payload del módulo de transporte síncrono.

[4]

#### **1.4. ESTRUCTURA DE MULTIPLEXACIÓN DE JERARQUIA DIGITAL SÍNCRONA**

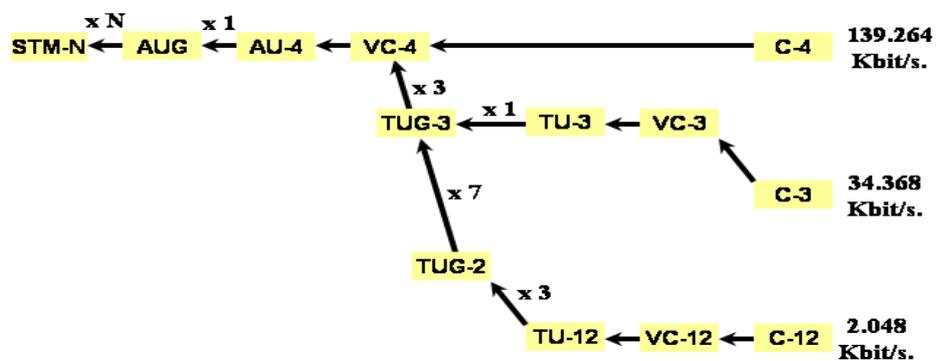
La multiplexación síncrona en una red de jerarquía digital síncrona está ligada a reglas complejas mediante las cuales se combinan bloques constitutivos. En la generación de las tramas de jerarquía digital síncrona se consideran dos tipos de multiplexación en cascada. El primer nivel de Unidad Tributaria (TU), y el otro nivel de Unidad Administrativa (AU), aquí es posible darse un proceso de

sincronización de los flujos numéricos destinados a construir la trama de jerarquía digital síncrona.

Un módulo de transporte jerárquico STM-1 transporta grupos de unidades administrativas (AUG), según G.707 un grupo de unidad administrativa puede transportar: Un AU-4 ó Tres AU-3.

La señal plesiócrona, definida como E4 por el instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (en adelante ETSI), consiste en un flujo de valor nominal de 139,264 Mbps con una tolerancia de frecuencia de +-15 partes por millón (abreviada como ppm). Dicha señal se adapta al contenedor C-4 formado por 9 filas con 270 columnas de la trama de jerarquía digital síncrona, con un total de 2300 bytes. Cada una de las 9 filas se estructura en 20 bloques, cada uno de ellos de 13 bytes. En cada fila hay 1934 bits de información (tipo I), un bit de oportunidad de justificación (tipo S) y 5 bits de control de justificación (tipo C). el bit de justificación puede estar vacío o llevar datos, y se utiliza para acomodar las velocidades de las señales plesiócronicas dentro de la trama del módulo de transporte síncrono (STM-1). Los bits C de control de justificación se utilizan para indicar si los bits S son o no de datos.

El flujo nominal de la señal es de 139,264 Mbps. Si todos los bits (nueve en total, uno por fila) llevan datos, entonces el flujo total del C-4 es de 139,320 Mbps, mientras que si todos están vacíos (dummy bits) el flujo es de 139,248 Mbps. Ello implica una desviación posible de entre -115 ppm (inferior) y 402 ppm (superior). Más allá de esas variaciones, el C-4 es incapaz de adaptar la señal plesiócrona.

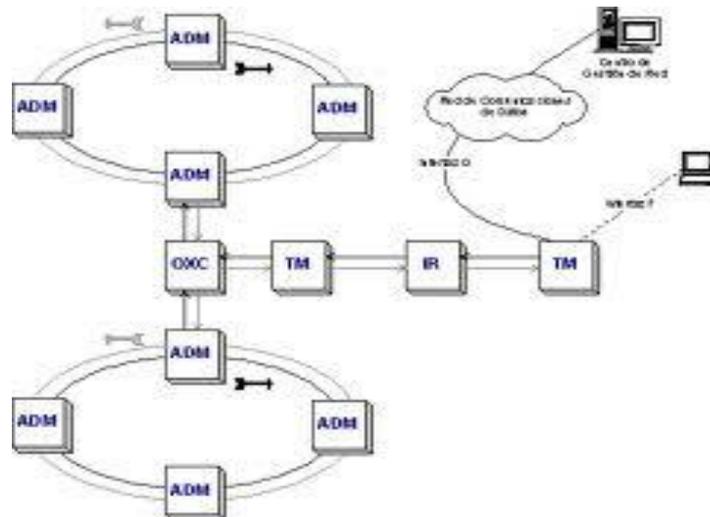


**Figura 1.3** Esquema de multiplexación SDH según ETSI.

Observando la figura 1.3, se tiene que, al C-4 se le añade una cabecera de trayecto (POH, del inglés Path Over Head), transformándose así en un contenedor virtual tipo 4 (VC-4). Al contenedor se incorpora un nuevo campo, el puntero, y pasa a ser una unidad administrativa (AU-4), la cual se transporta directamente por el módulo de transporte síncrono. [5]

## 1.5. COMPONENTES DE UNA RED DE JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA

En un principio hablamos de sistemas de comunicaciones con altas velocidades y además que sean flexibles, estamos refiriéndonos que podemos mapear una señal de orden superior en muchas pequeñas o viceversa. La razón de multiplexar las tasas de transmisión de menor a mayor rango, es por el coste de las fibras instaladas para portar información. Las redes síncronas deben de tener la capacidad de transmitir señales plesíncrona, así como también manejar servicios tales como ATM. Todo esto requiere del uso de diferentes elementos de red. En la figura 1.4 se muestra los componentes de la red SDH.



**Figura 1.4** Componentes de una Red SDH.

A continuación se mencionan los componentes de una red jerárquica digital síncrona.

**Regeneradores (R):** las señales que se han atenuado en la red son regeneradas.

**Multiplexores terminales (TM):** combinan señales síncrona y plesíncrona en señales de modulo de transmisión síncrona de mayor velocidad.

**Multiplexor incrementador / decrementador (ADM):** se puede extraer señales síncrona y plesíncrona de bajo nivel, IP (MSTP) hacia altas velocidades.

**Transconectores digitales (DXC):** DXC de sus siglas en ingles (digital cross - connect) conmutan el tráfico entre la entrada y la salida. [6]

## **1.6. ESTÁNDAR DE SINCRONIZACIÓN EN REDES DE JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA**

Como se pudo apreciar es fundamental que todos los elementos de la red deban estar sincronizados para que el sistema digital síncrono cumpla sus funciones de calidad. Las fuentes de sincronización son los relojes que suministran la señal patrón de referencia de tiempos a los elementos de la red de telecomunicaciones.

La ITU-T tiene estandarizados 3 niveles de calidad:

**Primary Reference Clock (PRC):** refleja la calidad del clock cuya configuración normal es la de un oscilador tipo cesio (atómico) o la extraída GPS (gobernado a u vez por relojes atómicos), la central de clock es generada por una alta precisión conforme al estándar ITU-T G.811. La señal debe ser distribuida a través de toda la red a los NEs, sincronizándose de la señal recibida por el NE vecino.

**Unidad de Suministro de Sincronización (SSU):** la cual es manejada por el estándar ITU-T G.812, refleja la calidad de un reloj a la salida de un equipo regenerador de señal de sincronismo. Y son dispositivos con relojes internos de alta calidad (rubidio o cuarzo) que funcionan en modo esclavo, los cuales reciben una señal de sincronización de la red, la filtran y la regeneran, provocando así su calidad.

**Sincronización por clock de Equipo (SEC):** esta es manejada por el estándar ITU-T G.813, refleja la calidad de un oscilador de cuarzo incorporado a un equipo de transmisión. Es un dispositivo normalmente de bajo coste, con buenas características a corto plazo.

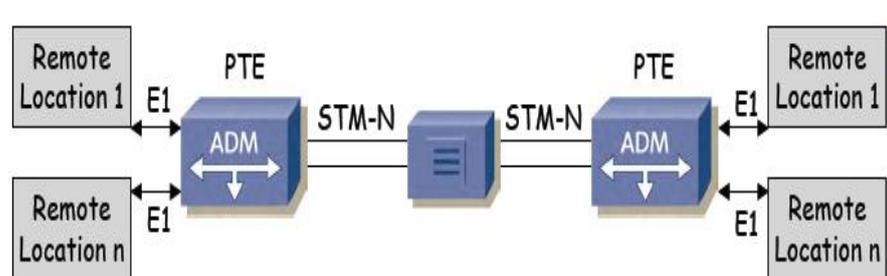
[7]

## 1.7. TOPOLOGÍA DE UNA RED DE JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA

La conexión digital síncrona recibe varias STM-N y los interruptores, cualquiera de sus afluentes, se utiliza para conectar entre varias topologías. La disposición de varias topologías en una, crean nuevas redes o subredes internas y/o externas. Detallamos a continuación 4 tipos de Redes:

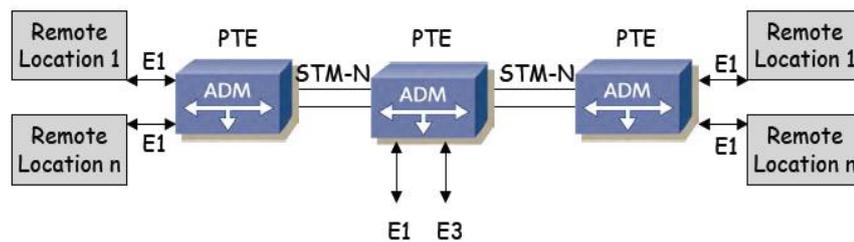
**Punto a Punto:** en la figura 1.5 se observa que esta topología permite el transporte de señales entre dos ubicaciones o localidades, en el camino puede haber regeneradores. Dos **PTEs** conectados sobre fibra oscura, los PTEs pueden ser ADMs o TMs.

Es la topología que permite el transporte de señales entre dos ubicaciones o localidades.



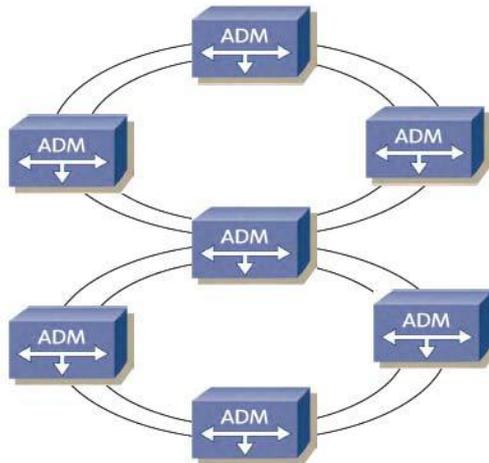
**Figura 1.5** Topología Punto a Punto.

**Punto a Multipunto ó en bus:** el bus lineal (cadena) topología utilizada cuando no hay necesidad de protección y la demografía de los sitios es lineal, figura 1.6, esta topología sigue la estructura básica punto a punto pero incorpora multiplexores ADM.



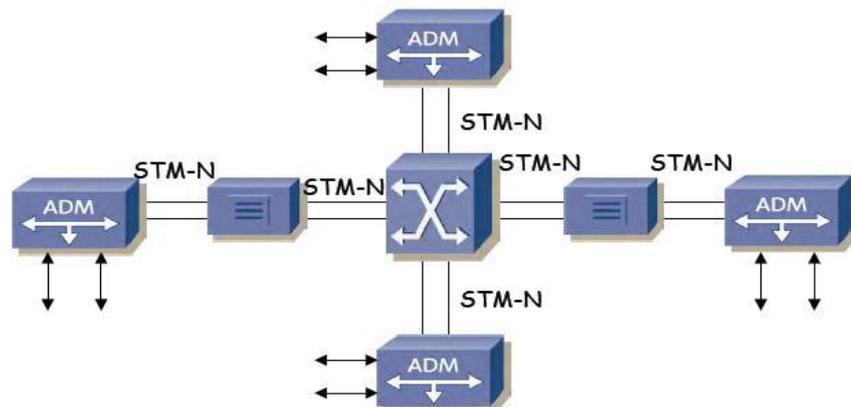
**Figura 1.6** Topología Punto a Multipunto.

**Anillo:** La topología en anillo es el más común y conocido de la red de jerarquía digital síncrona, permite flexibilidad de la red grande y protección. Esta topología, figura 1.7, permite insertar y extraer afluentes en cada nodo de la red, teniendo circuitos de reserva para el caso de caídas de línea o fallo de equipos.



**Figura 1.7** Topología en Anillo.

**Estrella/Hub/Mallado:** La topología de estrella se usa para conectar la fecha y los sitios menos importantes a la red, facilita la concentración de tráfico, optimizando el uso de las señales de red de jerarquía digital síncrono tal como se muestra en la figura 1.8. [8]



**Figura 1.8** Topología Estrella/Hub/Mallada.

## **1.8. ESQUEMA DE PROTECCIÓN DE REDES DE JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA**

La demanda de capacidad en los enlaces de la red de jerarquía digital síncrona, si no se dispone de una protección adecuada hace que un simple fallo en el sistema puede provocar un impacto nocivo en los servicios proporcionados por la red. Podemos considerar como prioridad una red resistente que asegure el tráfico que porta y que pueda restaurarlo automáticamente ante cualquier anomalía o evento de fallo, los sistemas de jerarquía digital síncrona permite desplegar esquemas de protección estándar. La tendencia de nuevas tecnologías en fibra óptica está requiriendo la creación de redes de transporte de gran capacidad de datos a lo largo de una sola fibra, para evitar interrupciones las redes de hoy se deben diseñar para ser tolerantes a anomalías o auto recuperables. Una de las principales cualidades de la red de jerarquía digital síncrona es el hecho de que ha proporcionado la funcionalidad dominante para acondicionar el estado de la red.

Algo importante en los procesos de protección de la red de jerarquía digital síncrona es la restauración que concierte a la disponibilidad de rutas de servicio de extremo a extremo, a través de algoritmos de enrutamiento. Los tiempos de restauración son relativamente lentos,

debido a estos tiempos de restauración se debe hacer un estudio detallado con el fin de reducirlos al mínimo.

A continuación vamos a detallar dos tipos de arquitectura de protección.

**Automatic Protection Switching (APS)**, la conmutación de protección automática es una de las características más valiosas, permite la recuperación automática ante fallas, pérdida de señal si posee un alto BER. La velocidad de conmutación es de aproximadamente 30 ms. La capacidad de este tipo de anillos es netamente el ancho de banda usado. Los operadores buscan fiabilidad de “5 nuevas”, es decir, un tiempo de funcionamiento del 99.999%, o que se quiere determinar es 4 segundos de caída por mes.

**Multiplex Section Protection (MSP)**, la protección de sección de multiplexación opera entre dos nodos con una sección de tráfico ubicada entre dos nodos adyacentes, entre estos dos nodos hay dos enlaces separados o dos diferentes fibras la operativa y la de protección, en caso de alguna anomalía por fallo del enlace la señal entrante debe ser conmutada desde la fibra activa a la de protección. La velocidad de conmutación es de aproximadamente 50 ms, la

capacidad de este tipo de anillos resulta de la multiplicación del ancho de banda del canal por la mitad de los nodos totales de la red.

[9]

### **1.9. PLATAFORMA DE TRANSPORTE MULTISERVICIOS (MSTP)**

La necesidad de incrementar capacidad es imperativa para solucionar el tráfico que se genera al crear un cuello de botella debido a la poca capacidad de las redes metropolitanas. Los tipos de redes de acuerdo a su localización podemos decir que el ancho de banda de las empresas y el de las comunicaciones a larga distancia están ampliamente desarrollados, tomando en cuenta que el ancho de banda de las redes metropolitanas es considerablemente menor. Un ancho de banda es asignada adaptativamente en un canal corriente arriba de una red de comunicaciones de datos en capas, de forma que pueda utilizarse para llevar mensaje desde varias unidades de abono, hasta un controlador central.

Usando la plataforma de transporte multiservicios y los procesos de datos son optimizados, además de ofrecer servicios de voz tradicionales soporta también 10/100/1000 Mbps en full rate Ethernet. La red de jerarquía digital síncrona ha demostrado su eficacia garantizando una robustez excepcional, con el fin de absorber el

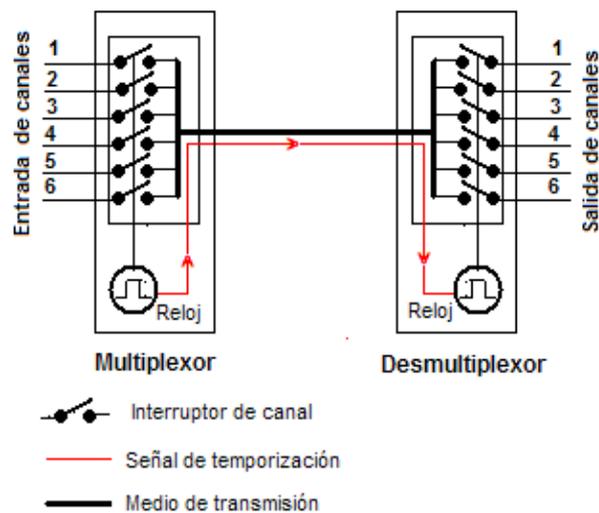
transporte del crecimiento volumen de datos, y satisfacer las necesidades de conectividad de muchas organizaciones, la red de jerarquía digital síncrona ha evolucionado ofreciendo mayor capacidad de transmisión y nuevos interfaces de servicios. La mayor parte de las ocasiones, este proceso de adaptación, supone importantes inversiones en equipamiento alargando los ciclos de amortizaciones. [10]

#### **1.10. MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE TIEMPO (TDM)**

Multiplexación por división de tiempo (TDM) este método es en donde las señales de los diferentes canales de baja velocidad son probadas y transmitidas sucesivamente en el canal de alta velocidad, al asignarles a cada uno de los canales un ancho de banda, hasta cuando éste no tiene datos para transmitir. Se le asigna a cada usuario del canal un pequeño intervalo de tiempo, el tiempo total disponible en el canal es dividido y cada usuario es asignado una rebanada de tiempo. En multiplexación por división de tiempo el usuario envía el mensaje secuencialmente uno tras otro, este mensaje enviado por el canal físico debe ser separado al final de recepción. Las divisiones individuales del mensaje enviado por cada usuario deberían ser vueltos a montar en un mensaje lleno como mostrado. La multiplexación sólo puede ser usado para la

multiplexación de datos digital, ya que los bucles locales producen señales analógicas, una conversión es necesaria del análogo a digital en la central final.

Este método de multiplexación es el mas utilizado en la actualidad, necesariamente en los sistemas de transmisión digital, en la figura 1.9 se representa un esquema de forma muy simple, un conjunto multiplexor – demultiplexor para ilustrar como se realiza la multiplexación – desmultiplexación por división de tiempo.



**Figura 1.9** Conjunto multiplexor-demultiplexor por división de tiempo.

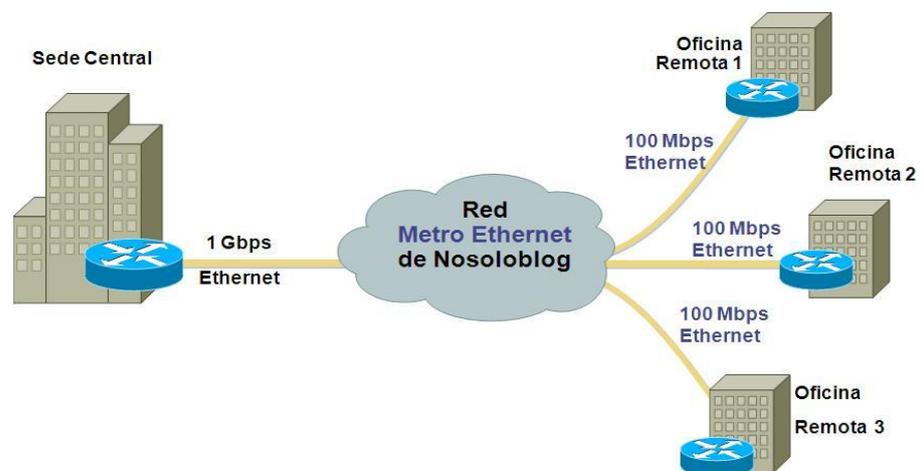
Vemos que en este circuito de seis canales llegan interruptores de canal así se los denomina, estos se cierran de forma secuencial,

controlados por una señal de reloj de manera que cada canal es conectado al medio de transmisión durante un tiempo de los pulsos de reloj. En el extremo el demultiplexor realiza la función inversa, esto es, conecta el medio de transmisión, secuencialmente con la salida de cada uno de los seis canales mediante interruptores controlados por el reloj del demultiplexor. Este reloj del extremo receptor funciona de forma sincronizada con el del multiplexor del extremo emisor mediante señales de temporización que son transmitidas a través del propio medio de transmisión o por un camino. [11]

## CAPÍTULO 2

### 2. Fundamentos Teóricos de Redes Metro Ethernet

Redes Metro Ethernet (MEN), es una alternativa escalable a métodos de acceso de banda ancha tradicionales, que permite a las empresas extender Ethernet a la red de área metropolitana (MAN) y más allá, y desplegar servicios locales a través de un área amplia. Metro Ethernet, figura 2.1, le otorga a las empresas acceso de alta velocidad a Internet y a otras ubicaciones empresariales conectando a todos los sitios, usuarios, y aplicaciones en una única red integrada de alto desempeño eliminando el cuello de botella de acceso y las limitantes tradicionales de distancia.



**Figura 2.1** Función del Metro Ethernet.

Ethernet consiguió situarse como el principal protocolo del nivel de enlace. Ethernet 10Base2 consiguió, ya en la década de los 90s, una gran aceptación en el sector. Hoy en día, 10Base2 se considera como una “Tecnología de legado” respecto a 100BaseT. Hoy los fabricantes ya han desarrollado adaptadores capaces de trabajar tanto con la tecnología 10baseT como la 100BaseT y esto ayuda a una mejor adaptación y transición. Las tecnologías Ethernet que existen se diferencian en estos conceptos:

Velocidad de transmisión: Velocidad a la que transmite la tecnología.

Tipo de cable: Tecnología del nivel físico que usa la tecnología.

Longitud máxima: Distancia que puede haber entre dos nodos adyacentes.

Beneficios de una red Metro Ethernet, mayor flexibilidad las redes de conectividad mediante Ethernet permiten modificar y manipular de una manera dinámica, versátil y eficiente, el ancho de banda. Muy alta fiabilidad ya que los enlaces de cobre certificados Metro Ethernet, están constituidos por múltiples pares de en líneas de cobre (MAN BUCLE) y los enlaces de fibra óptica, se configuran mediante Spanning tree (activo – pasivo) o LACP (caudal agregado). Fácil uso, interconectando con Ethernet se simplifica las operaciones de red, administración, manejo y actualización. Presencia y

capilaridad prácticamente “universal” en el ámbito metropolitano, en especial gracias a la disponibilidad de las líneas de cobre, con cobertura universal en el ámbito del urbano. Economía, los servicios Ethernet reducen el capital de suscripción y operación de tres formas:

Amplio uso, se emplean interfaces Ethernet que son las mas difundidas para las soluciones de la creación de redes.

Bajo costo, los servicios Ethernet ofrecen un bajo costo en la administración, operación y funcionamiento de la red.

Ancho de banda, los servicios Ethernet permiten a los usuarios acceder a conexiones de banda ancha a menor costo. [12]

## 2.1. **LA TRAMA ETHERNET**

Los datos transmitidos se encapsulan en un contenedor, que se llama trama.

Encapsulación del Paquete:

En la capa 3 se agrega encabezado y tráiler a la PDU, las sesiones de la trama se denominan campos.

Existen 2 estándares de tramas que son la Ethernet II y IEEE 802,3.

Las diferencias entre estas dos son: Delimitador de inicio de trama (SFD) y cambio del campo tipo por el campo longitud en el 802,3.

El estándar Ethernet II y el IEEE 802,3 definen el tamaño mínimo de trama en 64 bytes y el tamaño máximo de trama en 1518 bytes. Esto incluye todos los bytes del campo dirección MAC de destino a través del (FCS). Si el tamaño de una trama transmitida es menor que el mínimo o mayor que el máximo, el dispositivo receptor descarta la trama.

Los campos de trama Ethernet son:

Preámbulo y Delimitador de Inicio

Dirección MAC de destino

Dirección MAC origen

Longitud / Tipo

Datos y PAD

Secuencia de verificación de trama (FCS)

**La dirección MAC de Ethernet**, es un identificador único denominado dirección de Control de acceso al medio (MAC). La dirección MAC se agrega como parte de una PDU de Capa 2, es un valor binario de 48 bits expresado como 12 dígitos hexadecimales.

El IEEE obliga a respetar dos normas:

Las direcciones MAC asignadas a una NIC u otro dispositivo Ethernet deben utilizar el OUI que se le asignó a dicho proveedor como los 3 primeros bytes.

Se les debe asignar un valor exclusivo (código del fabricante o S/N) a todas las MAC con el mismo OUI en los últimos 3 bytes.

**Capas de Direccionamiento**, capa de Enlace de Datos: se utiliza para transportar la trama a través de los medios locales.

Capa de Red: proporcionan el direccionamiento lógico general que se comprende tanto en el origen como el destino.

En Ethernet se utilizan distintas direcciones MAC para la Capa 2: comunicaciones unicast, multicast y broadcast. [13]

## **2.2. CARACTERISTICAS DE LA RED METRO ETHERNET**

Las capacidades de los diferentes tipos de servicio, aplican a los puntos de acceso UNI (User Network Interface), mientras que otros a los canales virtuales (EVC). La ventaja de implementar una Red Metro Ethernet son que posee un bajo costo de implementación, tiene un rápido proceso de configuración, es fácil de interconectar con otras redes (el 98% de las redes son implementadas con Ethernet), no hay limitaciones en cuanto a distancia debido a que las

tecnologías ópticas nos permiten transportar Ethernet a miles de Km, y por su fiabilidad y Redundancia los fabricantes de equipos Ethernet aportan soluciones tan fiables como los de Telefonía tradicional TDM. Los retos de un proveedor Metro Ethernet Network (MEN) son varios pero lo resumimos en los siguientes puntos:

**Seguridad de datos en la red:** como separar el tráfico de un usuario, para que cada usuario trabaje como si estuviese en su propia y aislada red metropolitana.

**Calidad de servicio:** como garantizar cierto ancho de banda para cada enlace Ethernet.

**Resiliencia:** como armar una red tan confiable como otras redes tradicionales resistente a fallas tales como SDH, ATM.

**Escalabilidad:** armar una red metropolitana que soporta el crecimiento sostenido del numero de usuarios y no tenga problemas al hacerlo, esta es la función de un Capacity Manager o Gerente de Capacidad de red.

Para Metro Ethernet se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

**CIR** (Committed Information Rate): es la cantidad de información que se ha transmitido, teniendo en cuenta los retardos, perdidas, etc.

**CBS** (Committed Burst Size): es el tamaño de la información utilizado para obtener el CIR respectivo.

**EIR** (Excess Information Rate): especifica la cantidad de información mayor o igual que el CIR, hasta el cual las tramas son transmitidas sin pérdidas.

**EBS** (Excess Burst Size): es el tamaño de información que se necesita para obtener el EIR determinado. [14]

### **2.3. SERVICIOS METROPOLITANO EN REDES METRO ETHERNET**

Consideramos a una red de área metropolitana (MAN) por sus siglas en ingles (Metropolitan Area Network), como una red de alta velocidad (banda ancha) que da cobertura en un área geográfica extensa, proporciona capacidad de integración de múltiples servicios mediante la transmisión de datos, voz y video, sobre medios de transmisión tales como fibra óptica y par trenzado (MAN BUCLE), la tecnología de pares de cobre se posiciona como la red mas grande del mundo una excelente alternativa para la creación de redes metropolitanas, por su baja latencia (entre 1 y 50 ms), gran estabilidad y la carencia de interferencias radioeléctricas, las redes

MAN BUCLE, ofrecen velocidades de 10Mbps, 20Mbps, 45Mbps, 75Mbps, sobre pares de cobre y 100Mbps, 1Gbps y 10Gbps mediante Fibra Óptica.

Una red de área metropolitana representa una evolución de concepto de red de área local a un ámbito más amplio, cubriendo áreas mayores que en algunos casos no se limitan a un entorno metropolitano sino que puedan llegar a una cobertura regional e incluso nacional mediante la interconexión de diferentes redes de área metropolitana. Este tipo de redes es una versión más grande que la LAN y que normalmente se basa en una tecnología similar a esta, la principal razón para distinguir una MAN con una categoría especial es que se ha adoptado un estándar para que funciones, que equivale a la norma IEEE.

Las redes MAN también se aplican en las organizaciones, en grupos de oficinas corporativas cercanas a una ciudad, estas no contiene elementos de conmutación, los cuales desvían los paquetes por una de varias líneas de salida potenciales. Estas redes pueden ser públicas o privadas.

Las redes de área metropolitana, comprenden una ubicación geográfica determinada “ciudad, municipio”, y su distancia de cobertura es mayor de 4 km. Son redes con dos buses unidireccionales, cada uno de ellos es independiente del otro en cuanto a la transferencia de datos.

Las redes de área metropolitana tienen muchas y variadas aplicaciones, las principales son:

Despliegue de servicios de VoIP, en el ámbito metropolitano, permitiendo eliminar las “obsoletas” líneas tradicionales de telefonía analógica o RDSI, eliminando el gasto corriente de estas líneas.

Interconexiones de redes de área local (LAN).

Despliegue de Zonas Wifi sin Backhaul inalámbrico (Femtocell) liberando la totalidad de canales Wifi para acceso, esto en la práctica supone más el 60% de mejora en la conexión de usuarios wifi.

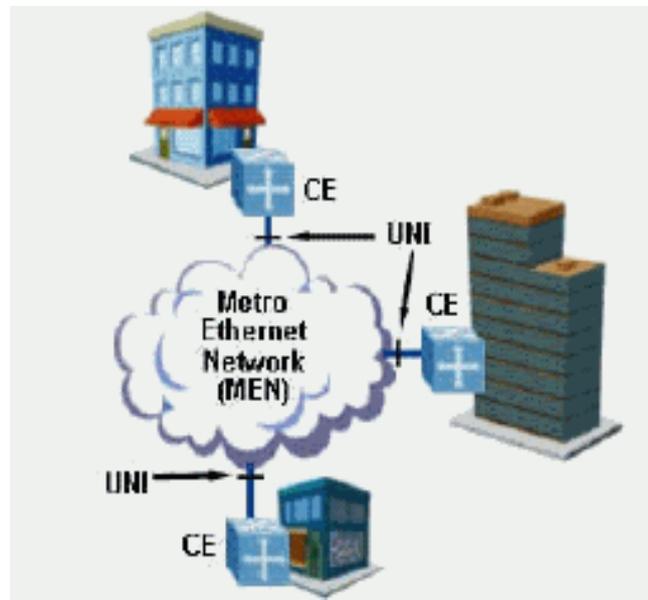
Interconexión ordenador a ordenador.

Sistema de video vigilancia municipal.

Transmisión CAD/CAM.

Pasarela para redes de área extensa (WAN).

El modelo básico de un servicio metropolitano Ethernet consta de 3 partes: CE, UNI, MEN, tal como se muestra en la figura 2.2.



**Figura 2.2** Red Metropolitana y sus elementos.

El dispositivo instalado del lado del usuario, como Routers o Switches llamados Customer Equipment (EC).

La interfaz de conexión del usuario de la red, como un puerto RJ45 o de fibra, conocida como User Network Interface (UNI).

La Red Metropolitana, conocida como Metro Ethernet Network (MEN).

Es posible tener múltiples UNI conectadas a una MEN de una simple localización. Los servicios pueden soportar una variedad de tecnologías y protocolos de transporte como SONET/SDH, DWDM y MPLS. Un proveedor de red Metro Ethernet, llega hacia sus usuarios con un cable de red, tal como si fuese a conectar otro PC mas en su

LAN. Existe diversidad de tipo CE que puede conectarse a la red ya sea por switches o routers asegurando que los datos viajen de manera segura e independiente del resto de tráfico. [15]

### **2.3.1. CARACTERISTICAS DEL SWITCH DE LA RED METRO ETHERNET**

Los switches pueden tener otras funcionalidades, como Redes Virtuales, y permiten su configuración a través de la propia red. Funciona básicamente en la capa 2 del modelo de OSI (enlace de datos). Por esto son capaces de procesar información de las tramas; su funcionalidad más importante es en las tablas de dirección.

Por ejemplo, una computadora conectada al puerto 1 del conmutador envía una trama a otra computadora conectada al puerto 2; el switch recibe la trama y la transmite a todos sus puertos, excepto aquel por donde la recibió; la computadora 2 recibirá el mensaje y eventualmente lo responderá, generando tráfico en el sentido contrario; ahora el switch conocerá las direcciones MAC de las computadoras en el puerto 1 y 2; cuando reciba otra trama con dirección de destino de alguna de ellas, solo transmitirá la trama a dicho puerto disminuyendo así el tráfico de la red y contribuyendo al buen funcionamiento de la misma.



**Figura 2.3** Interconexión de switches

En una Red Metro Ethernet lo principal es el arreglo de switches ya que cada uno tiene una función en la red, el uno es usado como core y el otro es el que sale hacia el NAP; para tener la cobertura necesaria y así brindar un buen servicio, ver figura 2.3. Es necesario que un switch para una Red Metro Ethernet permita el manejo de capa 3, configuraciones de Spanning Tree, VLANs y que permita el control de ancho de banda por cada puerto. Si la red metro Ethernet consta de 2 o mas switches, es muy importante configurar el spanning tree protocol (estándar 802.1d) en todos los switches. El estándar 802.1d nos ayuda a eliminar los bucles en la red, ya que señala a cada puerto en 4 estados que son: blocking, listening, learning y forwarding. [16]

## 2.4. TDMoIP Y SU FUNCIONAMIENTO

Al referirnos de redes de telecomunicaciones en el capítulo anterior, TDM sobre IP (TDMoIP) es la emulación de multiplexación por división de tiempo (TDM) sobre una red conmutada por paquetes, (PSN). TDM se refiere a un T1, E1, T3 o E3 de la señal, mientras que el PSN se basa en IP o MPLS o prima Ethernet. Una tecnología relacionada es la emulación de circuitos, lo que permite el transporte de tráfico TDM sobre base de células (ATM) de las redes. TDMoIP es un tipo de pseudowire (PW). Sin embargo, a diferencia de otros tipos de tráfico que se pueden realizar más de pseudowires (por ejemplo, ATM, Frame Relay y Ethernet), TDM es un flujo de bits en tiempo real, dando lugar a TDMoIP al tener características únicas. Las redes convencionales TDM tienen numerosas características especiales, en particular aquellas que sean necesarias para llevar voz, grados de canales de telefonía, y la estandarización de operaciones bien desarrolladas y los mecanismos de gestión (OAM). Todos estos factores deben ser tenidos en cuenta en la emulación de TDM a través de PSN. TDMoIP es la solución para la introducción de voz sobre Redes IP sin modificar la planta instalada de centrales, debido a una conversión simple, transparente y económica. El funcionamiento se basa en el flujo de bit síncrono que es segmentado, se adiciona control TDMoIP y cabeceras PSN (IP), los

paquetes son transportados por la red conmutada al destino, las cabeceras PSN son utilizados y eliminados, el flujo TDM es reconstruido y entregado. En la perdida de paquetes TDMoIP el ocultamiento (PLC). Desde TDM los datos se entregan a un ritmo constante a lo largo de un canal dedicado, el servicio nativo puede tener errores de bit, pero los datos nunca se pierden en el transito. Todos los PSN sufren en algún grado de perdida de paquetes, y esto deben ser compensados cuando la entrega de TDM a través de un PSN. [16]

## CAPITULO 3

### 3. Análisis Y Diseño del Proyecto

**DISEÑO DE UNA RED SDH ENTRE QUITO Y AMBATO PARA DAR SERVICIOS DE 2 STM-1 Y POR MEDIO DE INTERFACES GIGABITETHERNET A 1 STM-1. PROVEER A UN CALL CENTER EN AMBATO DE 1 E1 INTERNACIONAL HACIA EL NAP DE LAS AMERICAS CON METROETHERNET Y TECNOLOGIA TDMoIP**

Se debe de proveer 2 STM-1 como servicio o puerto tributario entre las ciudades de Quito y Ambato para una compañía de Telefonía Fija del país que transmitirá sus canales de voz con mayor rapidez para aumentar sus ganancias o profits. En cada una de estas ciudades existen dos tipos de redes, una red Gigabit Ethernet y una red de fibra óptica oscura. Se debe diseñar un circuito clear channel 1 E1 con tecnología TDM pura o con TDMoIP entre la ciudad de Ambato hacia el NAP de las Américas hasta el Meet Me Room o MMR, cuya salida internacional es por TransNexa, que luego se interconecta con Colombia y a su vez a un cable de submarino óptico por el Mar

Caribe llegando al NAP para brindar servicio a un Call Center de la ciudad de Ambato.

El diseño de cómo va a estar estructurada la red del proyecto, dependerá básicamente de dos criterios:

El **objetivo de la red** y los servicios a brindar.

La **visión de la compañía** a implementar dicho proyecto para explotar sus bondades tecnológicas.

En base a estos dos puntos de vista se analizarán 2 posibles escenarios:

#### **Red implementada por la propia compañía.**

**Alquiler de redes ya existentes** a Compañías (dueñas de red SDH) ya asentadas en el mercado.

La red a implementar consta de 3 nodos representando las ciudades de Quito, Ambato y la correspondiente al NAP, que por motivos de conexión y salida internacional, se lo considera a éste último, como si estuviera ubicado en la ciudad de Guayaquil. La distancia en kilómetros entre cada uno de estos nodos se los detalla en la Tabla 3.1.

<b>Ciudades</b>	<b>Distancia en Kilómetros</b>
Quito – Ambato	157 Km
Ambato – Guayaquil	310 Km
Guayaquil – Quito	488 Km
<b>TOTAL</b>	<b>955 Km</b>

**Tabla 3.1** DISTANCIA ENTRE CIUDADES

### **3.1 ANALISIS DE LA RED DESARROLLADA POR LA PROPIA EMPRESA**

Esta opción tentativa a implementar, analiza los aspectos técnicos a tomar en cuenta por la empresa que desee desarrollar este tipo de red.

#### **3.1.1 IMPLEMENTACIÓN DE RED BACKBONE SDH:**

Para la implementación de la red BACKBONE se utilizará el medio canalizado.

Como alternativa de cable de Fibra Óptica para instalación canalizada se escogió la ADSS (All Dielectric Self-Supported o Auto soportado totalmente dieléctrico), de construcción robusta y liviana, en tubo holgado, apto para uso en redes de larga distancia (interurbana y provincial), conforme a la ITU-T-G.655.

A continuación los factores determinantes a la hora de elegir el tipo de fibra:

Niveles de atenuación.

Factor económico, pues ADSS es más barato que OPGW.

Características de la red y tipo de tecnología utilizado para implementarla.

Factores medioambientales variables.

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 3.2 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.

Índice de TX	Nivel Correspondencia	Longitud de Onda (nm)	Distancia de TX (km)	Potencia óptica de lanzamiento (dBm)	Sensibilidad de RX (dBm)
STM - 1	I-1	1310	0-2	-15 a -8	-31
	S-1.1	1310	2-15	-15 a -9	-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-4.2	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 2	-30
	Ve-4.2	1550	80-100	-3 a 2	-33

**Tabla 3.2** TIPOS Y PARÁMETROS DE MÓDULOS ÓPTICOS DE TARJETAS SDH

La potencia de transmisión a 1550 nm es de -3 a 2 dbm, y su sensibilidad 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 sensibilidad que se elija, mejor respuesta tendrá frente a daños futuros de atenuación.

Es decir que si asumimos:

$$P_t = -1 \text{ dbm} \quad d_{max} = 80 \text{ km} \quad (3.1)$$

$$P_s = -26 \text{ dbm} \quad \text{Reserva de } -4 \text{ dbm} \quad (3.2)$$

Usando la fórmula siguiente para el cálculo de atenuación:

$$a_t = a_{coef} \cdot L + a_e \#_e + a_c \#_c \quad (3.3)$$

Donde:

$a_t$  = Atenuación total del enlace

$a_{coef}$  = atenuación del cable

$L$  = distancia del cable

$a_e$  = atenuación del empalme

$\#_e$  = número de empalmes

$a_c$  = atenuación del conector

$\#_c$  = número de conectores

$$a_t = (0.2 \text{ db/km})(80 \text{ km}) + (0.05 \text{ db})(12) + (0.5)(2)$$

$$a_t = 17.6 \text{ db}$$

De acuerdo a los Estándares, para  $\lambda = 1510 \text{ nm}$  el coeficiente de atenuación es  $a_{\text{coef}} = 0.2 \text{ db/km}$

La potencia recibida por el equipo receptor se obtiene;

$$P_{R_x} = P_t - a_t \quad (3.4)$$

Donde:

$P_t$  = potencia de transmisión

$a_t$  = atenuación del enlace

$$P_{R_x} = -1 - 17.6$$

$$P_{R_x} = -18.6$$

La potencia de sensibilidad que muestra la tarjeta STM-4, siguiendo la tabla 3.1, es de -31db, se considera en -26db como valor máximo para dejar una reserva y así salvaguardar la RED en -4db.

$$P_M = (P_t - a_t) - P_s \quad (3.5)$$

$$P_M = (-1 - 17.6) - (-26)$$

$$P_M = 7.4 \text{ db}$$

La potencia real de margen  $P_M$  es 7.4db <sup>11</sup>

$$dm_{\acute{a}x} = 80km + \frac{7.4db}{0.2db/km}$$

$$dm_{\acute{a}x} = 117km$$

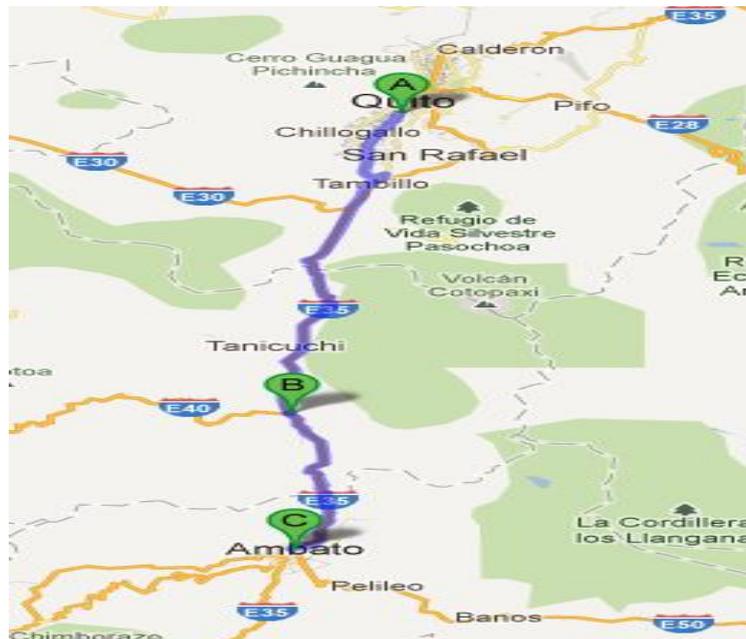
Esto quiere decir que cada **117 km** se colocaría un regenerador.

Los cálculos arrojan un promedio de 2 Empalmes por cada 6.5 Km de distancia; Debido a que la fibra es obtenida en rollos de 7 kilómetros, dejando los 500 metros restantes de reserva por si acaso alguna bobina de fibra venga con una extensión menor a 7 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 117 Km, estimando las variables de vida útil y factores medioambientales, se sugiere trabajar con una distancia igual o menor a 100 Km entre cada nodo, obteniendo así:

**Enlace 1: (ver figura 3.1)**

Quito – Latacunga.- 108 km

Latacunga - Ambato.- 49 Km



**FIGURA 3.1 ENLACE QUITO - AMBATO**

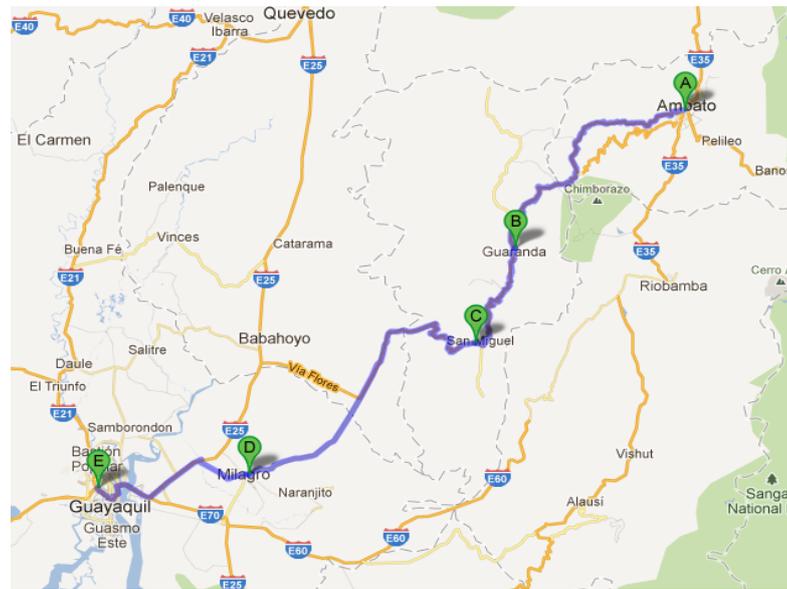
**Enlace 2: (ver figura 3.2)**

Ambato - Guaranda.- 101 km

Guaranda – San Miguel.- 43 km

San Miguel – Milagro.- 112 km

Milagro – Guayaquil.- 54 km



**FIGURA 3.2 ENLACE AMBATO - GUAYAQUIL**

**Enlace 3: (ver figura 3.3)**

Guayaquil – Babahoyo.- 85 km

Babahoyo – Quevedo.- 114 km

Quevedo – Santo Domingo.- 127 km

Santo Domingo - Machachi.- 116 km

Machachi – Quito.- 46 km



**FIGURA 3.3 ENLACE GUAYAQUIL - QUITO**



**Figura 3.4 DISPOSICIÓN Y DISTANCIA DE NODOS**

La figura 3.4, muestra la ruta del enlace Guayaquil-Quito-Ambato-Guayaquil. Los Gráficos presentados anteriormente fueron realizados con ayuda de Google Map – Vías del Ecuador.

Para cubrir la distancia completa del BACKBONE es necesario un total de 294 empalmes es decir 147 mangas y 8 Regeneradores como se observa en la tabla 3.3, cuyos datos son referenciados de los cálculos anteriores para distancias máximas entre regeneradores y empalmes.

Ciudades	Distancia a cubrir (Km)	Regeneradores (U)	Mangas (U)	Empalmes(U)
UIO - AMB	157	1	24	48
AMB - GYE	310	3	48	96
GYE - UIO	488	4	75	150
<b>Total</b>		<b>8</b>	<b>147</b>	<b>294</b>

**Tabla 3.3 CÁLCULO DE DISTANCIA ENTRE REGENERADORES**

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, detallado en la Tabla 3.4, se escogieron estos costos por tratarse de la tasa de transmisión solicitada en el proyecto.

Item	Descripción	Cantidad (U)	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
1	Subrack (SS-SUBRACK-1500)	8	2.458,00	19.664,00
2	System Auxiliary Interface Board (SS-AUX-1500-R1)	8	1.388,00	11.104,00
3	Power Interface Board (SS-PIU-1500)	16	135,00	2.160,00
4	STM-16 (Interfaz Óptica) SS-SL 16	24	3.784,00	90.816,00
<b>Total</b>				<b>123.744,00</b>

**Tabla 3.4 TIPOS Y PRECIOS DE LOS 10 EQUIPOS REGENERADORES**

Para los empalmes, el detalle de las herramientas y materiales necesarios, así como los costos de cada equipo de comunicación (para instalación de fibra), ODF's, Mangas, Patch Cord, etc., más el costo por mano de obra. Las tablas 3.5, 3.6, 3.7 muestran los valores correspondientes a los costos del tendido de fibra óptica para cubrir los 955 Km cuyo valor será de **\$13452.076,42**.

VOLUMENES DE OBRA FIBRA ÓPTICA							
CENTRAL: ENLACE AMBATO - GUAYAQUIL							
ZONA: 2							
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CANTIDAD	PRECIO			
				UNITARIO	TOTAL		
F041	SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE EMPALME AÉREO POR FUSIÓN	U	96,00	\$ 756,92	\$ 72.664,32		
F048	SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE HERRAJE	U	6200,00	\$ 10,00	\$ 62.000,00		
F05	IDENTIFICADOR ACRÍLICO DE FIBRA ÓPTICA AEREO 12X6 CM	U	103,00	\$ 5,81	\$ 598,43		
F022	INSTALACION	ODF 96 PUERTOS	G.655	U	2,00	\$ 1.951,32	\$ 3.902,64
F023		PORTA RESERVAS DE FIBRA EN GALERIA DE CABLES	U	2,00	\$ 14,49	\$ 28,98	
F025	PRUEBA UNIDIRECCIONAL DE TRANSMISIÓN FIBRA ÓPTICA (POR PUNTA, POR FIBRA, EN 1 VENTANA)	PTO	96,00	\$ 8,42	\$ 808,32		
F028	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PATCH CORD DUPLEX	FC-FC	G.655	m	192,00	\$ 27,43	\$ 5.266,56
F055	SUMINISTRO Y FUSIÓN DE PIGTAIL FC/PC G655 EN ODF	U	192,00	\$ 8,33	\$ 1.599,36		
F090	TENDIDO DE CABLE AÉREO	U	310000,00	\$ 5,90	\$ 1.829.000,00		
F026	SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA	U	2,00	\$ 52,63	\$ 105,26		
RA165	POSTE DE HORMIGON DE 11 METROS	U	6200,00	\$ 277,09	\$ 1.717.958,00		
CS85	COLOCACION DE POSTE HORMIGON 11 METROS	U	6200,00	\$ 108,62	\$ 673.444,00		
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 4.367.375,87</b>		

**Tabla 3.5. PRECIOS DE TENDIDO DE FO AMBATO GUAYAQUIL**

VOLUMENES DE OBRA FIBRA ÓPTICA							
CENTRAL: ENLACE QUITO - AMBATO							
ZONA: 2							
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CANTIDAD	PRECIO			
				UNITARIO	TOTAL		
F041	SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE EMPALME AÉREO POR FUSIÓN	U	48,00	\$ 756,92	\$ 36.332,16		
F048	SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE HERRAJE	U	3140,00	\$ 10,00	\$ 31.400,00		
F05	IDENTIFICADOR ACRÍLICO DE FIBRA ÓPTICA AEREO 12X6 CM	U	53,00	\$ 5,81	\$ 307,93		
F022	INSTALACION	ODF 96 PUERTOS	G.655	U	2,00	\$ 1.951,32	\$ 3.902,64
F023		PORTA RESERVAS DE FIBRA EN GALERIA DE CABLES	U	2,00	\$ 14,49	\$ 28,98	
F025	PRUEBA UNIDIRECCIONAL DE TRANSMISIÓN FIBRA ÓPTICA (POR PUNTA, POR FIBRA, EN 1 VENTANA)	PTO	96,00	\$ 8,42	\$ 808,32		
F028	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PATCH CORD DUPLEX	FC-FC	G.655	m	192,00	\$ 27,43	\$ 5.266,56
F055	SUMINISTRO Y FUSIÓN DE PIGTAIL FC/PC G655 EN ODF	U	192,00	\$ 8,33	\$ 1.599,36		
F090	TENDIDO DE CABLE AÉREO	U	157000,00	\$ 5,90	\$ 926.300,00		
F026	SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA	U	2,00	\$ 52,63	\$ 105,26		
RA165	POSTE DE HORMIGON DE 11 METROS	U	3140,00	\$ 277,09	\$ 870.062,60		
CS85	COLOCACION DE POSTE HORMIGON 11 METROS	U	3140,00	\$ 108,62	\$ 341.066,80		
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2.217.180,61</b>		

**Tabla 3.6. PRECIOS DE TENDIDO DE FO QUITO AMBATO**

VOLUMENES DE OBRA FIBRA ÓPTICA							
CENTRAL: ENLACE GUAYAQUIL - QUITO							
ZONA: 2							
ITEM	UNIDAD DE PLANTA	U	CANTIDAD	PRECIO			
				UNITARIO	TOTAL		
FO41	SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE EMPALME AÉREO POR FUSION		96 FIBRAS ÓPTICAS	U	150,00	\$ 756,92	\$ 113.538,00
FO48	SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE HERRAJE		TIPO A PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS	U	9760,00	\$ 10,00	\$ 97.600,00
FO5	IDENTIFICADOR ACRÍLICO DE FIBRA OPTICA AEREO 12X6 CM			U	162,00	\$ 5,81	\$ 941,22
FO22	INSTALACION		ODF 96 PUERTOS	U	2,00	\$ 1.951,32	\$ 3.902,64
FO23			PORTA RESERVAS DE FIBRA EN GALERIA DE CABLES	U	2,00	\$ 14,49	\$ 28,98
FO25	PRUEBA UNIDIRECCIONAL DE TRANSMISIÓN FIBRA ÓPTICA (POR PUNTA, POR FIBRA, EN 1 VENTANA)			PTO	96,00	\$ 8,42	\$ 808,32
FO28	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PATCH CORD DUPLEX		FC-FC	m	192,00	\$ 27,43	\$ 5.266,56
FO55	SUMINISTRO Y FUSIÓN DE PIGTAIL FC/PC G655 EN ODF		G.655	U	192,00	\$ 8,33	\$ 1.599,36
FO90	TENDIDO DE CABLE AEREO		96 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO	m	488000,00	\$ 5,90	\$ 2.879.200,00
FO26	SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA		ADSS G.655 (VANOS 80m)	U	2,00	\$ 52,63	\$ 105,26
RA165	POSTE DE HORMIGON DE 11 METROS			U	9760,00	\$ 277,09	\$ 2.704.398,40
CSS5	COLOCACION DE POSTE HORMIGON 11 METROS			U	9760,00	\$ 108,62	\$ 1.060.131,20
<b>TOTAL</b>							<b>\$ 6.867.519,94</b>

**Tabla 3.7. PRECIOS DE TENDIDO DE FO GUAYAQUIL QUITO**

### 3.2 ANALISIS DEL ALQUILER DE REDES IMPLEMENTADAS POR TERCEROS

Otra de las opciones para implementar el proyecto, es la posibilidad de arrendar los servicios a un Carrier ya establecido y de ésta forma brindar a los clientes finales seguridad en el servicio ofertado.

#### 3.2.1 DESCRIPCIÓN DE TERCEROS: CARRIERS

Estudiando los costos de alquiler, las opciones son 3, que para su efecto y por motivos de confidencialidad, se las llamará:

Carrier A

Carrier B

Carrier C

### **3.2.1.1 DESCRIPCIÓN DEL CARRIER A:**

Posee instalado alrededor del 98% de tendido subterráneo con más de 8.500 Km; permitiendo interconectar redes de datos geográficamente distantes, además da garantía de rutas físicas completamente independientes cuando sean requeridos enlaces de respaldo.

Está completamente compuesta por fibra monomodo siguiendo con el estándar G.652D del tipo Fibra Corning de la más alta calidad.

Características de la red:

SLA 99.99%

Packet loss cercanos a 0%

Latencia al BACKBONE en USA 100ms

MTTR 2H

### **3.2.1.2 DESCRIPCIÓN DEL CARRIER B**

Cuenta con una red de fibra óptica aérea instalada sobre los postes de alta tensión la cual se une por Quito a una compañía extranjera quién da la salida internacional por los cables submarinos Maya, en la costera localidad de Tolú y Arcos, en la ciudad de Cartagena.

Características de la red:

SLA 99.98%

Packet loss cercanos a 0%

Latencia al BACKBONE en USA 100ms

### **3.2.1.3 DESCRIPCIÓN DEL CARRIER C:**

Posee alrededor del 40% de tendido subterráneo del país; alquilando a su vez a otros Carriers sus redes subterráneas para abastecer su demanda de clientes. En los últimos dos años ha invertido mucho en la construcción de un tendido subterráneo propio, al igual que el de tecnología nueva de comunicación de datos para brindar mejor servicio.

Características de la red:

SLA 99.98%

Packet loss cercanos a 0%

### **3.3 Red Metropolitana**

Con la finalidad de brindar un servicio óptimo y profesional, la empresa debe cumplir con los siguientes desafíos:

**Seguridad de datos en la Red:** La forma como se va a separar el tráfico de cada usuario, para brindarle al mismo, un ambiente como si se tratase de su propia y aislada red LAN. VLAN (802.1Q).

**Calidad de Servicio (QoS):** Administración de Ancho de banda para así garantizar lo requerido por cada cliente. (Token Bucket).

**Resiliencia:** Darle confiabilidad a la MEN para que esté al mismo nivel de resistencia de redes tradicionales como SDH, ATM, etc. STP (Spanning Tree Protocol).

**Escalabilidad:** Soporte del crecimiento en número de usuarios y que la red no sufra de carencias al hacerlo.

La figura 3.5 muestra el diagrama de la red Metro Ethernet, constituida por los Switch de Core y los de Distribución (cuyos detalles de costos y cantidades presupuestadas para el proyecto se detallan más adelante) y la conexión con los servicios a ofertar.

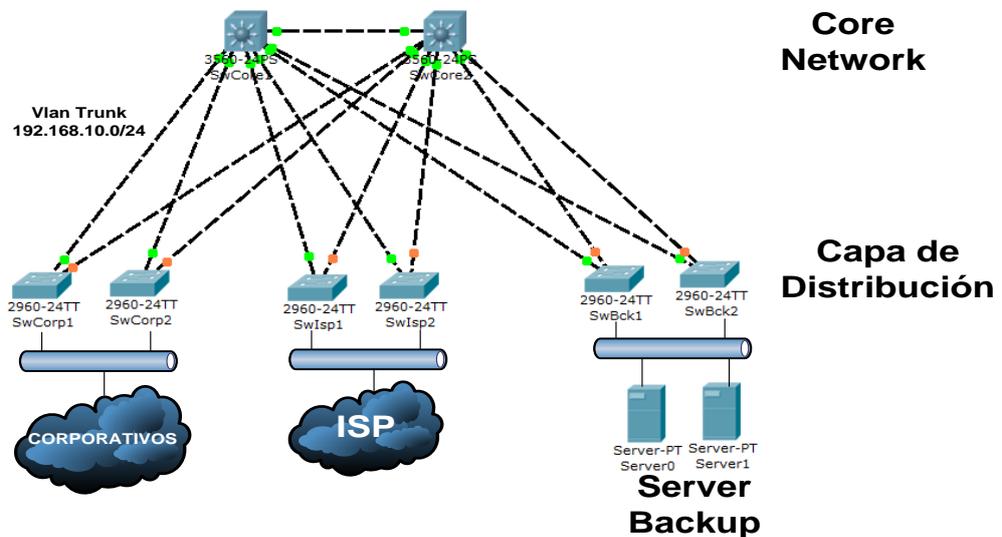


Figura 3.5 RED METROPOLITANA

### 3.3.1 INFRAESTRUCTURA:

**Switches**, se cuenta con switches de capa 2 y 3.

**L2**, serán los de la **capa de distribución**, encargados de dar acceso a clientes (Corporativos, Residenciales o los que brindan servicios de ISP), de la misma forma darán acceso hacia el banco de servidores, los mismos que ofertaran servicios de backup a clientes que así lo requieran.

**L3**, los equipos de esta capa formarán el **CORE NETWORK**, comunicándose directamente con la Red SDH, realizando Ruteo (de esta forma se optimiza el uso de equipos, al eliminar *ruteadores* en la

MEN y se mejoran los problemas que usualmente presenta una red debido a la latencia, que implica tener un NE que puede ser suplantado por otro de mejor capacidad), se administrará el Ancho de Banda que el cliente solicita, así como la privacidad de su información a través de la creación de VLANS.

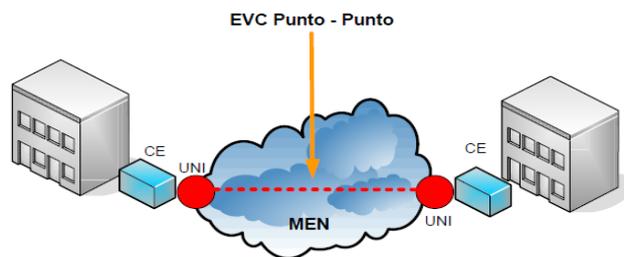
**FIREWALL**, en caso de que los clientes requieran dar seguridad a sus redes metropolitanas, se proporcionará Firewall con equipos (ASA o PIX) o a través de Software (LINUX), como CE (Customer Equipment).

### 3.3.2 INGENIERIA DE LA RED

Los servicios ofertados por la MEN se resumen en dos:

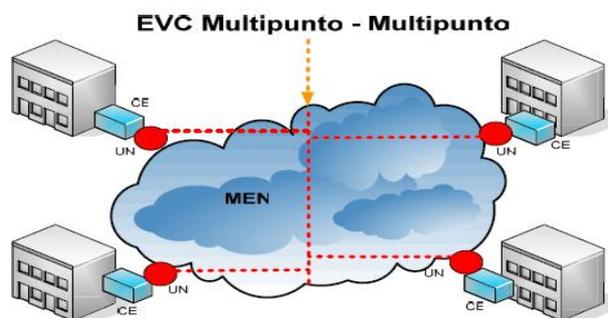
**E-Lines** denominadas conexiones Punto a Punto, provee ancho de banda simétrico (con rango mayor a los PVC de Frame Relay) para el envío de datos en ambas direcciones y las **E-LAN's** que son las conexiones Multipunto-Multipunto que puede ser usada para una amplia gama de servicios, ambas se montan sobre un tercer concepto llamado EVC (análogo de PVC de Frame Realy y VC de ATM) definido como la instancia de asociación entre dos a o más puntos de la red Metro Ethernet.

La figura 3.6 muestra el diagrama del servicio Punto a Punto en una RED MEN.



**Figura 3.6** SERVICIO E-Line PUNTO-PUNTO

La figura 3.7 muestra el diagrama del servicio multipunto a multipunto en una RED MEN.



**Figura 3.7** SERVICIO E-Line MULTIPUNTO-MULTIPUNTO

Las dos funciones principales del EVC son:

Conectar dos o más sitios (UNIs) habilitando la transferencia de tramas entre ellos.

Impedir la transferencia de datos entre usuarios que no son parte del mismo EVC, permitiendo así privacidad y seguridad.

Para lograr la privacidad en la transmisión de información (Transporte sobre la Red), a cada cliente o usuario se le asignará una VLAN (permitiendo encapsular la información de un punto a otro, con paquetes etiquetados) a fin de separar el tráfico de cada uno de ellos hacia sus propias redes metro. Si llegase a haber coincidencias con las VLANs del proveedor respecto al cliente, se procederá a re-encapsular la información del usuario (se lo puede hacer con Vlan Stacking, Vlan Tunneling o Queue in Queue) en otro número de VLAN que solo reconozca la red del proveedor, esto no significa que la información esté encriptada para su viaje a través de la red del proveedor; el nivel de seguridad que se desee adquirir dependerá directamente de los requerimientos del cliente, dicho nivel se lo dará a través de Firewall, Routers, Concentradores de VPN o Servidores LINUX, esto implicaría un aumento en los costos finales de servicios para el cliente <sup>1</sup>

Para realizar el control de ancho de banda se utilizarán los diferentes mecanismos utilizados para dichos fines, esto también dependerá de la versión de la IOS que posean los equipos del CORE NETWORK,

---

el mecanismo token bucket que se basa en una arquitectura más compleja, permite el control de BW mediante la limitación de paquetes del usuario, a fin de que cuando llegue a su tope máximo este dropee los nuevos paquetes entrantes y salientes, el lugar donde de mejor manera se logra el control de ancho de banda, está en la frontera entre proveedor y cliente. Del lado del cliente a través de las VLAN se puede controlar el BW por cada protocolo utilizado (IP, TCP, UDP, SNA) o por aplicaciones (web, mail, voz, video), llegando así incluso a controlar el tráfico entre aplicaciones.

Para brindar la robustez necesaria en la red metro del proveedor se deberá tener redundancia entre los diferentes equipos de comunicación que la conforman, esto acarrea problemas causados por Bucles entre switches, los mismos que se eliminan configurando Spanning Tree Protocol (IEEE 802.1D) en la MEN, dando así la resiliencia a la red y marcando la diferencia con otros proveedores.

A continuación las tablas 3.8, 3.9 y 3.10 muestran el estado de los puertos de los switches en las capas de Core Network y Distribución, luego de la configuración del STP.

<b>SwCore1</b>			
<b>Interface</b>	<b>Status</b>	<b>Role</b>	<b>Cost</b>
Gi0/1	Forwarding	Desg	4
Fa0/2	Forwarding	Desg	19
Fa0/3	Forwarding	Desg	19
Fa0/4	Forwarding	Desg	19
Fa0/5	Forwarding	Desg	19
Fa0/6	Forwarding	Desg	19
Fa0/7	Forwarding	Desg	19

**Tabla 3.8.** STP CORE 1

<b>SwCore2</b>			
<b>Interface</b>	<b>Status</b>	<b>Role</b>	<b>Cost</b>
Gi0/1	Forwarding	<b>Root</b>	4
Fa0/2	Forwarding	Desg	19
Fa0/3	Forwarding	Desg	19
Fa0/4	Forwarding	Desg	19
Fa0/5	Forwarding	Desg	19
Fa0/6	Forwarding	Desg	19
Fa0/7	Forwarding	Desg	19

**Tabla 3.9.** STP CORE 2

<b>Switches Distribución</b>			
<b>Interface</b>	<b>Status</b>	<b>Role</b>	<b>Cost</b>
Fa0/1	Forwarding	Root	19
Fa0/2	Blocking	Altn	19

**Tabla 3.10** STP A NIVEL DE DISTRIBUCIÓN

Pensando siempre en futuros crecimientos de la red se provee de equipos redundantes L2, los mismos que para evitar los problemas causados por grandes cantidades de conexiones, se elegirá segmentarlos por servicios a ofertar.

## CAPITULO 4

### 4. COSTOS E INGENIERÍA ECONÓMICA DEL PROYECTO

#### 4.1 Costo de Equipos de Comunicación SDH:

Los datos y costos de Equipos de Fibra Óptica, tales como los OPTIX OSN 1500B, OPTIX iManager T2000 etc., son tomados de referencia de los datos proporcionados en el laboratorio de TELECOMINICACIONES de la ESPOL mostrados en la Tabla 4.1.

No.	Item	Precio Total (\$)
1	OptiX OSN 1500B	181,221.00
2	OptiX iManager T2000	94,008.00
3	Local Training (10 Persona / 1 Semana)	6,150.00
4	Servicio de instalación, pruebas y comisionamiento	8,476.98
5	Transporte via Aerea y seguros internacionales	3,463.74
6	Aranceles, Impuestos y Gastos de Importacion	2,020.52
7	Transporte y seguros nacionales	577.29
	Sub Total	295,917.53
	IVA (12%)	35,510.10
	<b>TOTAL</b>	<b>331,427.63</b>

**Tabla 4.1. COSTOS DE EQUIPOS DE MATRIZ**

En la Tabla 4.2 se indica el costo de inversión inicial para la implementación de la RED, dichos costos son los denominados Costos No Recurrentes de la inversión:

<b>Descripción</b>	<b>Precio en dólares</b>
Regeneradores (8)	\$ 123.744.00
Tendido de FO	\$ 14.901.766,42
Costo de Equipos (Matriz)	\$ 331.427,63
Costo de nodo	\$ 26.387,43
<b>Total</b>	<b>\$ 15.383.325,48</b>

**Tabla 4.2. COSTOS NO RECURRENTE**

Lo posterior es lo concerniente al arriendo del IRU con las operadoras de cable submarino, las cuales otorgan una capacidad determinada para el servicio de datos, cuyos precios están a continuación en la Tabla 4.3., la misma que por motivos de confidencialidad se reemplazan sus nombres por variables.

<b>Operadora de Cable Submarino</b>	<b>Precio de Servicios por STM-4</b>
X	\$ 107,377.52
Y	\$ 119,557.52
Z	\$ 113,867.52

**Tabla 4.3. PRECIOS DE OPERADORAS DE CABLE SUBMARIN**

#### 4.2 ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN DEL ALQUILER DE REDES IMPLEMENTADAS POR TERCEROS

En este escenario, se asume que se va a contratar los servicios requeridos para re-ofertarlos a clientes finales. El proyecto solicita 2 STM-1 de servicio de datos y 1 E1's, cuyos precios de alquiler mensual se ven reflejados en la Tabla 4.4.

Carrier	Precio en dólares por STM-1	Precio en dólares por 1-E1
A	\$ 11,625	\$ 350,00
B	\$ 13,640	\$ 410,00
C	\$ 12,555	\$ 385,00

**Tabla 4.4. PRECIOS POR STM-1 / E1**

Haciendo un recuento de los servicios solicitados en el proyecto a implementar, por los dos STM-1 sumados al clear channel (1E1) hacia el NAP, se tendrían los costos recurrentes mensuales detallados en la Tabla 4.5.

Carrier	Precio de Servicios (Datos + Clear Channel)
A	\$ 23,600
B	\$ 27,690
C	\$ 25,495

**Tabla 4.5 PRECIOS FINALES DE SERVICIOS**

Como ya se explicó anteriormente, el objetivo de este escenario es la re-venta de servicios, de acuerdo a esto, los diferentes Carriers otorgarán a la compañía desarrolladora del proyecto, un enlace de acuerdo a la capacidad requerida, el cual desembocará en un equipo de comunicación (Switch o Router) para la distribución del producto final.

Cabe recalcar que el enlace proporcionado por la empresa proveedora de transporte se conecta directamente a la Red Metro Ethernet.

El mapeo del E1 destinado al call center, se lo realizará de la misma manera que la desarrollada en la red implementada por la propia empresa, a través de TDMoIP.

En cualquiera de los casos que se desee tomar, ya sea la Red desarrollada por la propia empresa o del Alquiler de redes implementadas por terceros, se debe tener presente, el diseño de la RED Metropolitana a implementar.

### 4.3 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RED METROETHERNET

A continuación en la Tabla 4.6, se detallan los costos de los Switches del Core Network Cisco Catalyst 3560G de 48 puertos GE y 4 puertos SFP, más los Switches Cisco Catalyst 2960 para la capa de distribución, los mismos que son parte del proyecto.

Ítem	Marca	Descripción		#	Precio Unitario	Sub-Total
1	CISCO	S-C3560G-486TS-S	Catalyst 3560 48 10/100/100 0T +4 SFP + IPB Image	3	\$ 5.688,46	\$ 17.065,38
2	CISCO	2960S-48fps-l	Ethernet 10/100/100 0 PoE + Ports + 4SF	5	\$ 2650	\$ 13.250
<b>Valor Total</b>						<b>\$ 30.315,38</b>

**Tabla 4.6** COSTOS DE EQUIPOS RED METRO

Las cantidades detalladas en la **Tabla 4.6**, para la red metro de cada nodo, se desglosan de la siguiente manera:

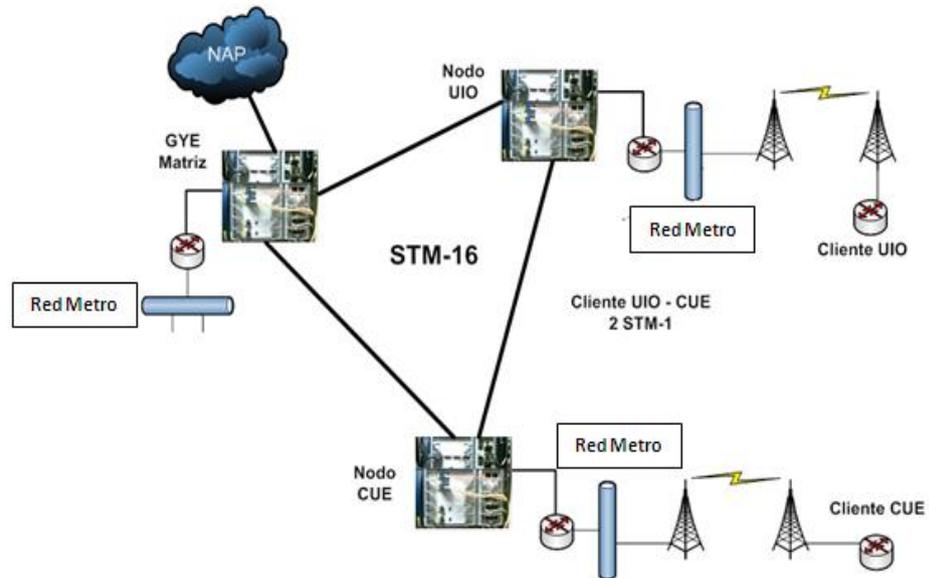
**Nodo GYE:** Conformado por un Switch de marca Cisco modelo Catalyst C3560G para el Core Network y un Switch Cisco Catalyst 2960 para la capa de distribución.

**Nodo UIO:** Conformado por un Switch Cisco Catalyst 3560G para el Core y dos Catalyst 2960 para la capa de distribución.

**Nodo AMB:** De la misma forma que el nodo UIO un Catalyst 3560G para core y dos Catalyst de la serie 2960 para distribución.

El valor total (sin IVA) del gasto que se haría en la adquisición de los equipos para la MEN es de **\$ 30.315,38** el mismo que luego se sumaría al monto de costos generalizados en la implementación del proyecto.

Concluyendo así la RED a nivel de BACKBONE como se detalla en la figura 4.1 y la red metropolitana analizada.



**Figura 4.1** Diagrama RED BACKBONE

#### 4.4 CALCULOS DE INGENIERIA ECONOMICA

Para analizar la rentabilidad del presente proyecto se ha procedido a identificar dos escenarios: Implementación del proyecto (Proveedor A) y alquiler (Proveedor B), con el propósito de poder identificar cual de las dos opciones resulta más conveniente para realizar la inversión y el que nos dará mayor utilidad se ha procedido a aplicar dos parámetros que son: el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) herramientas financieras utilizadas en los estudios de factibilidad, dado que mediante sus resultados se podrá

establecer y decidir cuál de los dos escenarios es el que dará mayor rentabilidad.

### **Calculo del Valor Actual Neto Implementando el Proyecto.**

Para la inversión del proyecto se necesitará la cantidad de \$15.446.140,86; debido a que los socios participantes del proyecto no cuenta con la cantidad total de la inversión, se va a proceder a realizar un préstamo correspondiente del 70% de la inversión total, mientras que el 30% será el aporte de los socios. El préstamo se lo efectuará en la Corporación Financiera Nacional por un plazo de 5 años que es el tiempo de duración del proyecto, y la tasa de interés considerada es del 9,08% anual, la cual es la que está establecida para los proyectos de telecomunicaciones en la CFN, como mostramos en la tabla 4.7 .

<b>ESTRUCTURA DEL CAPITAL</b>		
<b>%</b>	<b>INVERSIÓN</b>	<b>\$ 15.446.140,86</b>
70%	DEUDA	\$ 10'812.298,60
30%	CAPITAL	\$ 4'633.842,258

**Tabla 4.7 ESTRUCTURA DEL CAPITAL**

Moneda		Dólares U. S.			
INVERSIÓN		15.446.140,86	PAGOS= $c*i/(1-(1+i)^{-n})$		3.979.332,66
Interés anual	9,08%	0,757%			
Períodos	Anual	5			

Años	SALDO	PAGO	CAPITAL	INTERÉS	SALDO FINAL
0					\$ 15.446.140,86
1	\$ 15.446.140,86	\$ 3.979.332,66	\$ 2.576.823,07	\$ 1.402.509,59	\$ 12.869.317,79
2	\$ 12.869.317,79	\$ 3.979.332,66	\$ 2.810.798,60	\$ 1.168.534,06	\$ 10.058.519,19
3	\$ 10.058.519,19	\$ 3.979.332,66	\$ 3.066.019,12	\$ 913.313,54	\$ 6.992.500,07
4	\$ 6.992.500,07	\$ 3.979.332,66	\$ 3.344.413,65	\$ 634.919,01	\$ 3.648.086,41
5	\$ 3.648.086,41	\$ 3.979.332,66	\$ 3.648.086,41	\$ 331.246,25	\$ 0,00

**Tabla 4.8 TABLA DE AMORTIZACIONES**

DESCRIPCIÓN	AÑOS				
	1	2	3	4	5
REGENERADORES	12.374,40	12.374,40	12.374,40	12.374,40	12.374,40
TENDIDO FIBRA ÓPTICA (955 KM)	1.490.176,64	1.490.176,64	1.490.176,64	1.490.176,64	1.490.176,64
EQUIPO COMUNICACIÓN SDH	35.781,51	35.781,51	35.781,51	35.781,51	35.781,51
EQUIPO RED METRO	3.031,54	3.031,54	3.031,54	3.031,54	3.031,54
VEHÍCULO	6.400,00	6.400,00	6.400,00	6.400,00	6.400,00
<b>TOTAL</b>	<b>1.547.764,09</b>	<b>1.547.764,09</b>	<b>1.547.764,09</b>	<b>1.547.764,09</b>	<b>1.547.764,09</b>

**Tabla 4.9 TABLA DE DEPRECIACIONES**

La tabla 4.8 nos muestra los valores a ser amortizados por el costo de la inversión y la tabla 4.9 los respectivos valores de depreciación en un tiempo de 5 años. El costo mensual y anual al implementar el proyecto con el proveedor A se lo describe en la tabla 4.10, el número de Empresas que se describen en la tabla 4.11.

### CUADRO DE COSTOS MENSUALES

	MENSUAL	ANUAL
OPERADORA CABLE SUBMARINO	\$8.948,13	\$ 107.377,52
<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 8.948,13</b>	<b>\$ 107.377,52</b>

**TABLA 4.10 CUADROS DE COSTO ANUAL**

DEMANDA POTENCIAL MENSUAL 86 EMPRESAS					
INGRESOS MENSUALES					
CANTIDAD DE EMPRESAS A VENDER EL SERVICIO	MEGAS POR EMPRESA (Mb)	TOTAL MEGAS (Mb)	PRECIO MEGA (\$)	INGRESO MENSUAL (\$)	INGRESO ANUAL (\$)
23	3	69	160,00	11.040,00	132.480,00
20	4	80		12.800,00	153.600,00
18	5	90		14.400,00	172.800,00
15	10	150		24.000,00	288.000,00
9	20	180		28.800,00	345.600,00
0,5	30	15		2.400,00	28.800,00
<b>85,5</b>	<b>72</b>	<b>584</b>		<b>91.040,00</b>	<b>1.121.280,00</b>

**Tabla 4.11 INGRESOS MENSUALES**

Haciendo un análisis con las Empresas en la tabla 4.11 se encuentran ubicadas en el sector donde se va a implementar la red de fibra óptica, para ello se procedió a seleccionar 86 empresas que son las que se han mantenido en el sector por un tiempo mayor a un año y consideramos que son las que mayor probabilidad tienen de permanecer en el mercado y por lo tanto se los consideraría como clientes corporativos.

La utilidad que se obtendrá por la venta de nuestros servicios si se procede a implementar el proyecto, ver tabla 4.12, se lo podrá apreciar realizando el cálculo y análisis del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Para la aplicación de estos dos parámetros (VAN y TIR) se ha considerado un porcentaje del 9,08%, tomando como referencia la tasa de interés que cobra la CFN por el préstamo que se realizó; dado que si la respuesta del VAN es negativo el proyecto no es factible, porque se considera que no habrá rentabilidad en la inversión, y por lo tanto la TIR nos dará un porcentaje menor al 9,08% en donde la rentabilidad mínima requerida es menor a la que se obtendría si se invierte el capital en el banco. Pero si el VAN nos da un valor mayor a cero la inversión producirá ganancia por encima de la rentabilidad exigida y la TIR será mayor a la tasa mínima requerida por lo tanto se acepta el proyecto. En la tabla 4.12 se puede apreciar el Flujo de Efectivo proyectado cuando se utiliza los servicios del proveedor A determinando sus ingresos, egresos, utilidad operativa, utilidad antes de impuesto, utilidad neta y el flujo de caja neto.

**TIR** -11,87%  
**VAN 9,08%** \$ -3.665.658,42

La tabal 4.13 nos muestra los cálculos que se realizan para encontrar los valores de los parámetros de la VAN y la TIR

<b>FLUJO DE CAJA OPERATIVO</b>						
	<b>0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
<b>INGRESOS</b>						
Ventas		\$1.121.280,00	\$2.242.560,00	\$3.363.840,00	\$4.372.992,00	\$5.684.889,60
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>		<b>\$1.121.280,00</b>	<b>\$2.242.560,00</b>	<b>\$3.363.840,00</b>	<b>\$4.372.992,00</b>	<b>\$5.684.889,60</b>
<b>EGRESOS</b>						
COSTO ALQUILER OPERAD. CABLE SUB.		\$107.377,52	\$107.377,52	\$107.377,52	\$187.910,66	\$140932,995
GASTOS ADMISTRATIVOS		\$124.982,49	\$137.480,73	\$164.976,88	\$197.972,26	\$237.566,71
SUMINISTROS DE OFICINA		\$1.287,10	\$1.415,81	\$1.698,97	\$2.038,77	\$2.446,52
DEPRECIACIÓN		\$1.547.764,09	\$1.547.764,09	\$1.547.764,09	\$1.547.764,09	\$1.547.764,09
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>		<b>\$1.781.411,19</b>	<b>\$1.794.038,15</b>	<b>\$1.821.817,46</b>	<b>\$1.935.685,77</b>	<b>\$1.928.710,31</b>
<b>TOTAL DE FLUJO CAJA OPERATIVA</b>		<b>- \$660.131,19</b>	<b>\$448.521,85</b>	<b>\$1.542.022,54</b>	<b>\$2.437.306,23</b>	<b>\$3.756.179,29</b>
<b>FLUJO DE CAJA FINAL DE INVERSION</b>						
<b>TOTAL DE FLUJO CAJA OPERATIVA</b>		<b>- \$660.131,19</b>	<b>\$448.521,85</b>	<b>\$1.542.022,54</b>	<b>\$2.437.306,23</b>	<b>\$3.756.179,29</b>
INTERESES		\$1.402.509,59	\$1.168.534,06	\$913.313,54	\$634.919,01	\$331.246,25
<b>UTILIDAD ANTES PART. TRAB.</b>		<b>-\$2.062.640,78</b>	<b>-\$720.012,21</b>	<b>\$628.709,00</b>	<b>\$1.802.387,22</b>	<b>\$3.424.933,04</b>

15% PARTIC TRABA		- \$309.396,12	- \$108.001,83	\$94.306,35	\$270.358,08	\$513.739,96
<b>UTILIDAD ANTES I. R.</b>		-\$1.753.244,66	- \$612.010,38	\$534.402,65	\$1.532.029,14	\$2.911.193,09
23% IR		- \$403.246,27	- \$140.762,39	\$122.912,61	\$352.366,70	\$669.574,41
<b>UTILIDAD DEL EJERCICIO</b>		-\$1.349.998,39	- \$471.247,99	\$411.490,04	\$1.179.662,44	\$2.241.618,68
(-) INVERSIÓN INICIAL	<b>-\$15.446.140,86</b>					
(+) DEUDA	\$10.812.298,60					
(+) DEPRECIACIÓN		\$1.547.764,09	\$1.547.764,09	\$1.547.764,09	\$1.547.764,09	\$1.547.764,09
(-) AMORTIZACIÓN		\$2.576.823,07	\$2.810.798,60	\$3.066.019,12	\$3.344.413,65	\$3.648.086,41
(+) VALOR SALVAMENTO						-
<b>TOTAL DE FLUJO CAJA NETO</b>		<b>-\$2.379.057,38</b>	<b>-\$1.734.282,51</b>	<b>-\$1.106.764,99</b>	<b>- \$616.987,13</b>	<b>\$141.296,35</b>
<b>FLUJO NETO EFECTIVO</b>	<b>- \$4.633.842,26</b>	<b>-\$1.349.998,39</b>	<b>- \$471.247,99</b>	<b>\$411.490,04</b>	<b>\$1.179.662,44</b>	<b>\$2.241.618,68</b>

**Tabla 4.12 FLUJO DE CAJA OPERATIVO Y FINAL DE INVERSION**

VALOR ACTUAL NETO =	INV. INICIAL	AÑO 1 +	AÑO 2 +	AÑO 3 +	AÑO 4 +	AÑO 5
		$(1+0,0908)$	$(1+0,0908)^2$	$(1+0,0908)^3$	$(1+0,0908)^4$	$(1+0,0908)^5$
<b>VAN =</b>	- 4.633.842,26	- 1.349.998,39	- 471.247,99	411.490,04	1.179.662,44	2.241.618,68
		$(1+0,0908)$	$(1+0,0908)^2$	$(1+0,0908)^3$	$(1+0,0908)^4$	$(1+0,0908)^5$
	- 4.633.842,26	-1237622,288	-396058,4205	317047,2126	833253,6678	1451563,67
<b>VAN =</b>	<b>\$ -3.665.658,42</b>					

Tabla 4.13 CALCULO DE VAN Y TIR

Con el detalle anterior se puede apreciar que si el inversionista opta por el proveedor A, el periodo de recuperación de la inversión es de 6 años, 8 meses y 12 días., la figura 4.2 nos muestra el flujo de crecimiento de la inversión de forma anual.

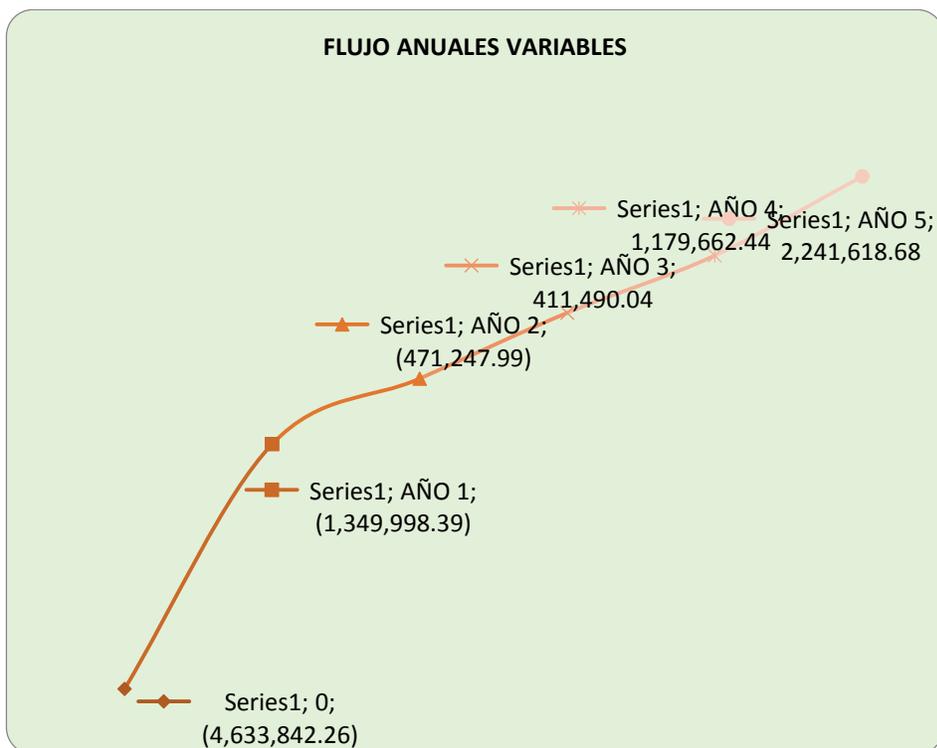
### PERIODO DE RECUPERACIÓN

<b>Inversión Inicial</b>	-	4.633.842,26	
<b>1</b>	-	1.349.998,39	-5.983.840,65
<b>2</b>	-	471.247,99	-6.455.088,64
<b>3</b>		411.490,04	-6.043.598,60
<b>4</b>		1.179.662,44	-4.863.936,16
<b>5</b>		2.241.618,68	

$$\text{PERIODO DE RECUPERACIÓN} = \frac{4.863.936,16}{2.241.618,68} \quad \mathbf{2,17}$$

$$\text{PERIODO DE RECUPERACIÓN} = 4 + 2,7$$

$$\text{PERIODO DE RECUPERACIÓN} = \mathbf{6.7}$$



**Figura 4.2** Diagrama de Flujo Anuales Variables

### **Cálculo del Valor Actual Neto considerando los valores para el alquiler de la red.**

En la tabla 4.14 se detalla el costo de alquiler mensual y anual del proveedor B., mientras que el tabla 4.15 se detalla el número de empresas que se encuentran ubicadas en el sector donde se va a implementar la red de fibra óptica. La tabla 4.16 nos muestra la utilidad del ejercicio al querer alquilar la red de transporte, se realiza el cálculo de la TIR y se determina que está por encima del porcentaje de la VAN, lo cual indica que la opción de alquilar es muy buena.

**CUADRO DE COSTOS MENSUALES**  
**MENSUAL      ANUAL**

ALQUILER PROVEEDOR A	\$23.600,00	\$283.200,00
<b>TOTAL:</b>	<b>\$23.600,00</b>	<b>\$283.200,00</b>

**Tabla 4.14** CUADOR DE COSTOS MENSUALES

DEMANDA POTENCIAL MENSUAL 86 EMPRESAS					
INGRESOS MENSUALES					
CANTIDAD DE EMPRESAS A VENDER EL SERVICIO	MEGAS POR EMPRESA (Mb)	TOTAL MEGAS (Mb)	PRECIO MEGA (\$)	INGRESO MENSUAL (\$)	INGRESO ANUAL (\$)
23	3	69	160,00	11.040,00	132.480,00
20	4	80		12.800,00	153.600,00
18	5	90		14.400,00	172.800,00
15	10	150		24.000,00	288.000,00
9	20	180		28.800,00	345.600,00
0,5	30	15		2.400,00	28.800,00
<b>85,5</b>	<b>72</b>	<b>584</b>		<b>91.040,00</b>	<b>1.121.280,00</b>

**Tabla 4.15** INGRESOS MENSUALES

<b>FLUJO DE CAJA OPERATIVO</b>						
<b>INGRESOS</b>	<b>0</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>
Ventas		\$1.121.280,00	\$1.681.920,00	\$2.522.880,00	\$3.153.600,00	\$3.942.000,00
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>		<b>\$1.121.280,00</b>	<b>\$1.681.920,00</b>	<b>\$2.522.880,00</b>	<b>\$3.153.600,00</b>	<b>\$3.942.000,00</b>
<b>EGRESOS</b>						
ALQUILER REDES		\$283.200,00	\$495.600,00	\$743.400,00	\$929.250,00	\$1.161.562,50
GASTOS ADMINISTRATIVOS		\$124.982,49	\$137.480,73	\$164.976,88	\$197.972,26	\$237.566,71
SUMINISTROS DE OFICINA		\$1.287,10	\$1.415,81	\$1.698,97	\$2.038,77	\$2.446,52
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>		<b>\$409.469,59</b>	<b>\$634.496,54</b>	<b>\$910.075,85</b>	<b>\$1.129.261,02</b>	<b>\$1.401.575,73</b>
<b>TOTAL DE FLUJO CAJA OPERATIVA</b>		<b>\$711.810,41</b>	<b>\$1.047.423,46</b>	<b>\$1.612.804,15</b>	<b>\$2.024.338,98</b>	<b>\$2.540.424,27</b>
<b>FLUJO DE CAJA FINAL DE INVERSION</b>						
<b>TOTAL DE FLUJO CAJA OPERATIVA</b>		<b>\$711.810,41</b>	<b>\$1.047.423,46</b>	<b>\$1.612.804,15</b>	<b>\$2.024.338,98</b>	<b>\$2.540.424,27</b>
INTERESES		-	-	-	-	-
<b>UTILIDAD ANTES PART. TRAB.</b>		<b>\$711.810,41</b>	<b>\$1.047.423,46</b>	<b>\$1.612.804,15</b>	<b>\$2.024.338,98</b>	<b>\$2.540.424,27</b>
15% PARTIC TRABA		\$106.771,56	\$157.113,52	\$241.920,62	\$303.650,85	\$381.063,64
<b>UTILIDAD ANTES I. R.</b>		<b>\$605.038,85</b>	<b>\$890.309,94</b>	<b>\$1.370.883,52</b>	<b>\$1.720.688,13</b>	<b>\$2.159.360,63</b>

23% IR		\$139.158,94	\$204.771,29	\$315.303,21	\$395.758,27	\$496.652,94
<b>UTILIDAD DEL EJERCICIO</b>		<b>\$465.879,92</b>	<b>\$685.538,65</b>	<b>\$1.055.580,31</b>	<b>\$1.324.929,86</b>	<b>\$1.662.707,69</b>
INVERSIÓN	-					
CAPITAL DE TRABAJO	-\$273.120,00					
(+) VALOR SALVAMENTO						
<b>FLUJO NETO EFECTIVO</b>	<b>-\$273.120,00</b>	<b>\$465.879,92</b>	<b>\$685.538,65</b>	<b>\$1.055.580,31</b>	<b>\$1.324.929,86</b>	<b>\$1.662.707,69</b>

Tabla 4.16 FLUJO PROVEEDOR B

TIR 212,65%  
\$  
VAN 9,08% 3.555.999,17

### PERIODO DE RECUPERACIÓN

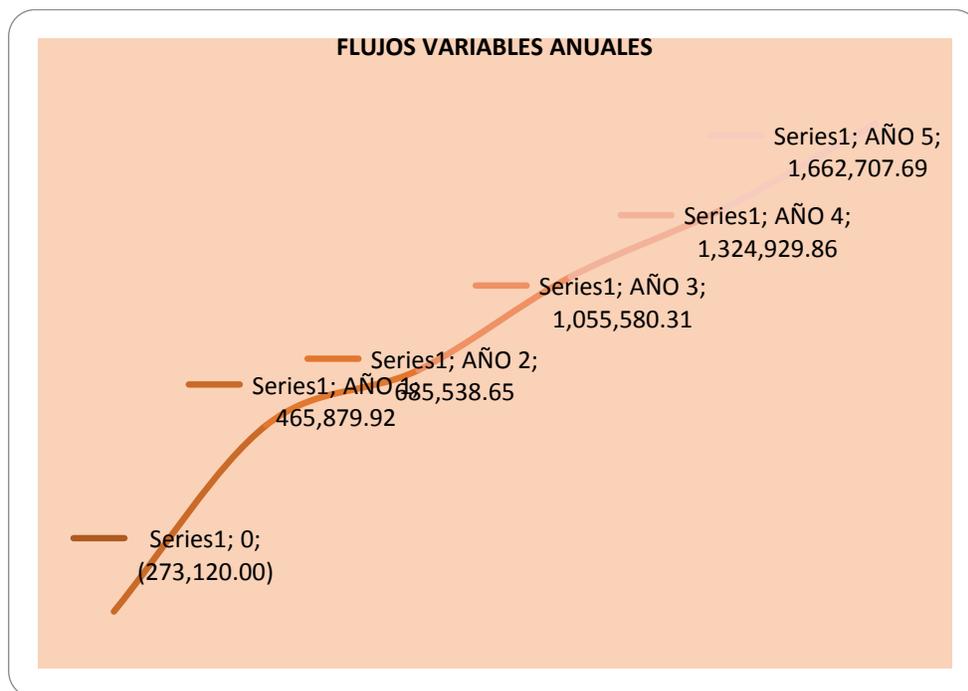
<b>Inversión Inicial</b>	-	273.120,00	
<b>1</b>		465.879,92	192.759,92
<b>2</b>		685.538,65	
<b>3</b>		1.055.580,31	
<b>4</b>		1.324.929,86	
<b>5</b>		1.662.707,69	

$$\text{PERIODO DE RECUPERACIÓN} = \frac{192.759,92}{685.538,65} \quad \mathbf{0,28}$$

$$\text{PERIODO DE RECUPERACIÓN} = 1 + 0,28$$

$$\text{PERIODO DE RECUPERACIÓN} = \mathbf{1,28}$$

Para la opción de alquilar la red se determina que el periodo de recuperación es de aproximadamente 1 año y 3 meses de acuerdo a los cálculos realizados, la figura 4.3 nos muestra el flujo de crecimiento de la inversión de forma anual.



**Figura 4.3** Diagrama de Flujo Variables Anuales

### IMPLEMENTACION DE LA RED

<b>TIR</b>	<b>-11,87%</b>
<b>VAN</b>	<b>-\$ 3.665.658,42</b>
<b>9,08%</b>	

**ALQUILER DE LA RED**

<b>TIR</b>	212,65%
<b>VAN</b>	
<b>9,08%</b>	\$ 3.555.999,17

Se determina que la opción que nos resultaría para que el proyecto sea rentable, sería cuando se alquila la red como se puede apreciar en los cuadros anteriores mediante el análisis del VAN y TIR, los análisis fueron realizados con el proveedor A.

## CAPITULO 5

### 5. Simulación del Proyecto del BACKBONE de Jerarquía Digital Síncrona Metro Ethernet y Tecnología TDMoIP

Es necesario realizar un análisis técnico del diseño de Red de Jerarquía Digital Síncrona, para las configuraciones con los equipos del Laboratorio de Telecomunicaciones de la ESPOL, se utiliza el software T2000-SERVER y el T2000-CLIENTE.

A continuación nombre los equipos que se utilizaron para emular el proyecto en el Laboratorio de Redes Ópticas de la ESPOL.

Optix OSN 1500B.

Optix iManager T-2000.

Rack-2.2-2500.

Subrack-1500.

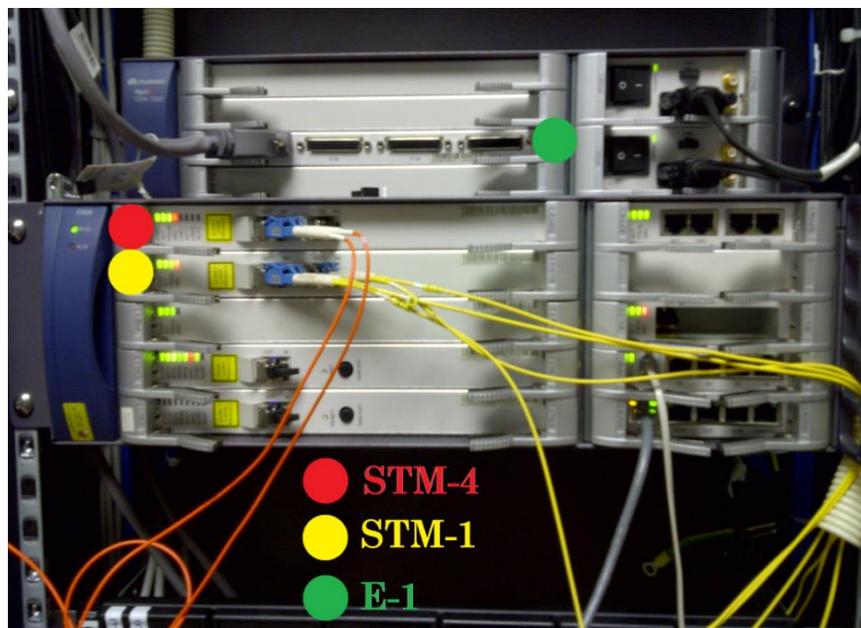
Power Meter JOINJW3206.

La ESPOL adquirió licencias las cuales me permiten utilizar hasta tres equipos Optix OSN 1500 y hacer uso de ellos para simular las ciudades de Quito y Ambato junto al NAP, respectivamente, para esto se estableció que las tres terminales estarían conectadas dentro del anillo SDH

(Jerarquía Digital Síncrona), ya que para acceder al NAP se utilizara la ciudad de Guayaquil para la conexión.

En la figura 5.1 mostrada a continuación, se puede observar los componentes del ADM de los equipos utilizados para realizar la simulación del proyecto a presentar.

Cada equipo Optix OSN 1500B posee:



**Figura 5.1** Equipo ADM utilizado.

**Tarjeta de Interfaz Óptica STM-4.-** Que simulara el puerto agregado del proyecto correspondiente al STM-4

**Tarjeta Óptica Cross-Conectora.-** Donde se encontrara la Interfaz óptica STM-1.

**Tarjeta de Interfaz Óptica STM-1.-** Que corresponderá al puerto tributario STM-1 requerido para brindar el servicio en estudio del proyecto.

**Tarjeta Ethernet de Transmisión transparente.-** En la que se cuenta con dos puertos Gigabit Ethernet que se conectaran a la red metro especificada en el proyecto.

**Interfaz de Conmutación Eléctrica.-** Que representaran los E1 solicitados.

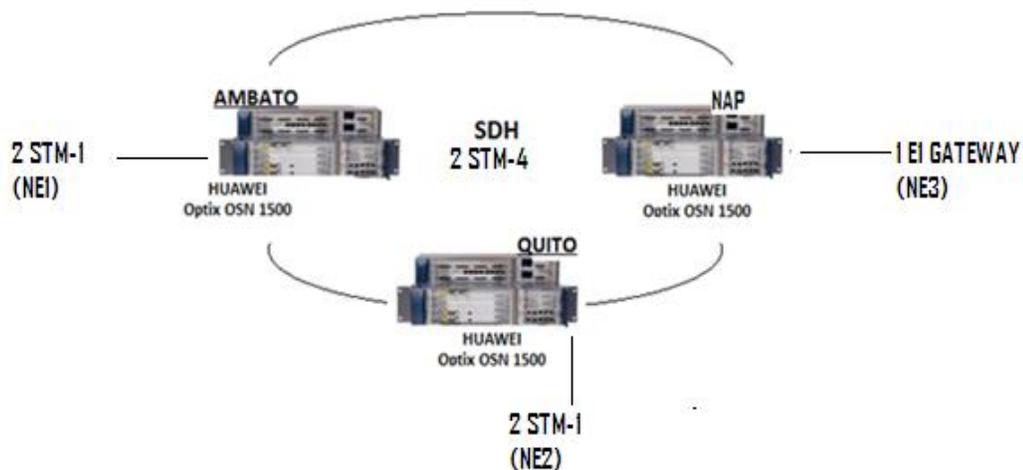
Adicional se cuenta en los equipos:

**Puertos de 10/100Mbps Ethernet,** de transmisión transparente.

**Other Wires,** utilizados para la telefonía interna del sistema.

**Tarjeta Tributaria PDH.**

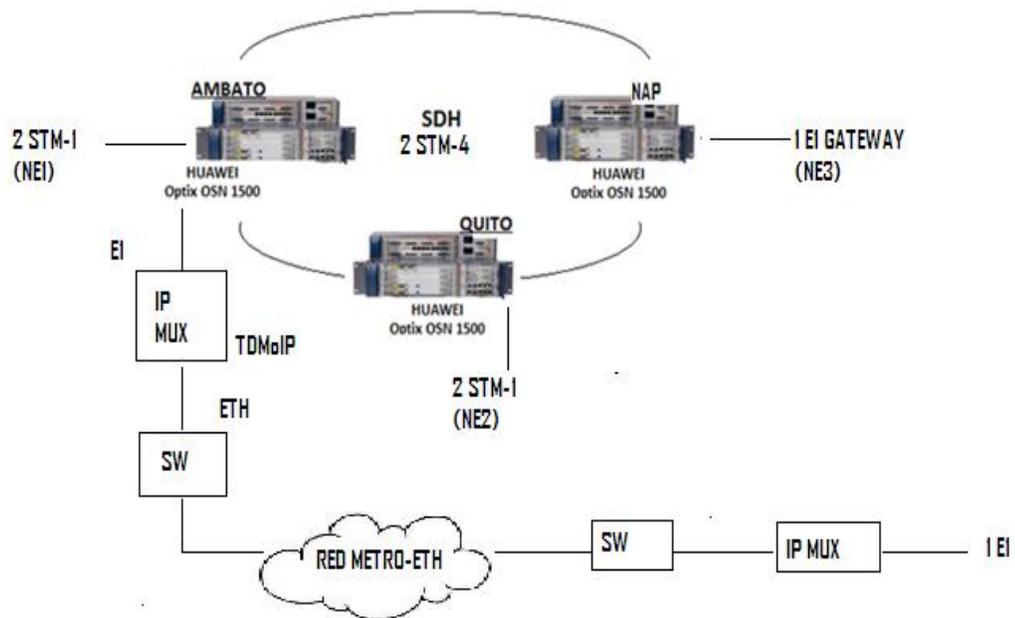
El diseño de la primera etapa del proyecto podemos observar en la siguiente figura 5.2 que consta de nodos, uno en Ambato, el otro en Quito para dar servicio de 2 STM-1 y por medio de Interfaces Gigabitethernet a 1 STM-1, interconectados por la Red de Jerarquía Digital Síncrona para dar el servicio al cliente.



**Figura 5.2** Diseño de la primera etapa del proyecto.

Continuando con la segunda parte del proyecto, vamos a describir los componentes de infraestructura que se deben considerar por una empresa para proveer a un Call Center en Ambato de 1 E1 Internacional hacia el NAP de las Américas con Metroethernet y Tecnología TDMoIP. Para esta parte del proyecto vamos a continuar considerando que el NAP está situado en la ciudad de Guayaquil.

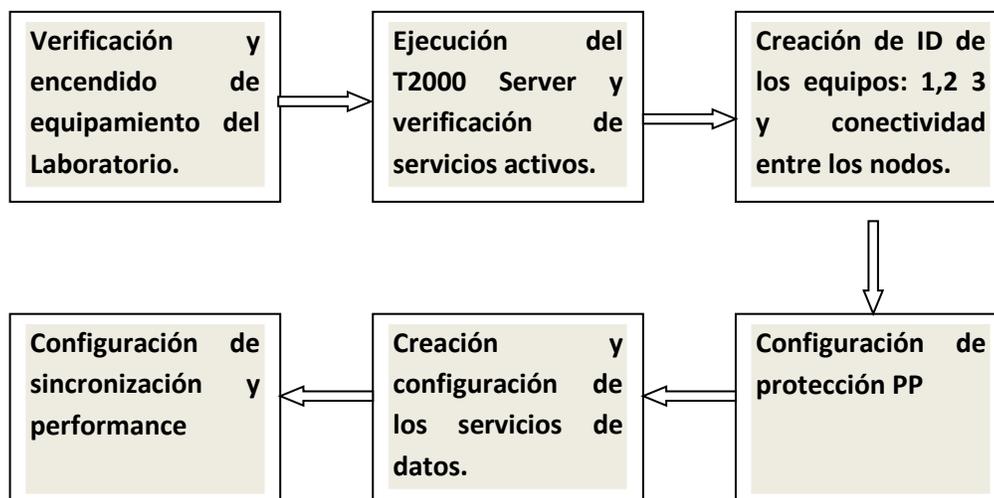
El diseño de la segunda parte del proyecto describe los tres equipos SDH (Jerarquía Digital Síncrona) ubicados en Ambato, Quito y Guayaquil. La parte del NAP es simulado en la ciudad de Guayaquil que lleva el servicio de E1 al NAP, mientras que la parte de la red Metropolitana tenemos una TDM y TDMoIP, tal como se puede observar en la figura 5.3.



**Figura 5.3** Diseño de la segunda parte del proyecto.

Con el T2000-CLIENT trabajando en el BACKGROUND se abre el T2000-SERVER para empezar con las configuraciones pertinentes.

A continuación se presenta un diagrama de bloques de los equipos SDH que se recomienda seguir una vez que se inicia el PC/Server para la configuración de las tarjetas y servicios en el software de administración T2000/Huawei.



### 5.1 Simulación de Jerarquía Digital Síncrona

Una vez entendido el diseño lo simulamos en el Laboratorio de Telecomunicaciones de la ESPOL, procedemos a revisar que el ambiente de trabajo este todo en orden, que las conexiones estén bien y continuamos a encender los equipos ON. Iniciaremos la configuración por medio del servidor el cual contiene el T2000 SERVER y el T2000-CLIENT, como los cuales levantaremos el servicio de los equipos.

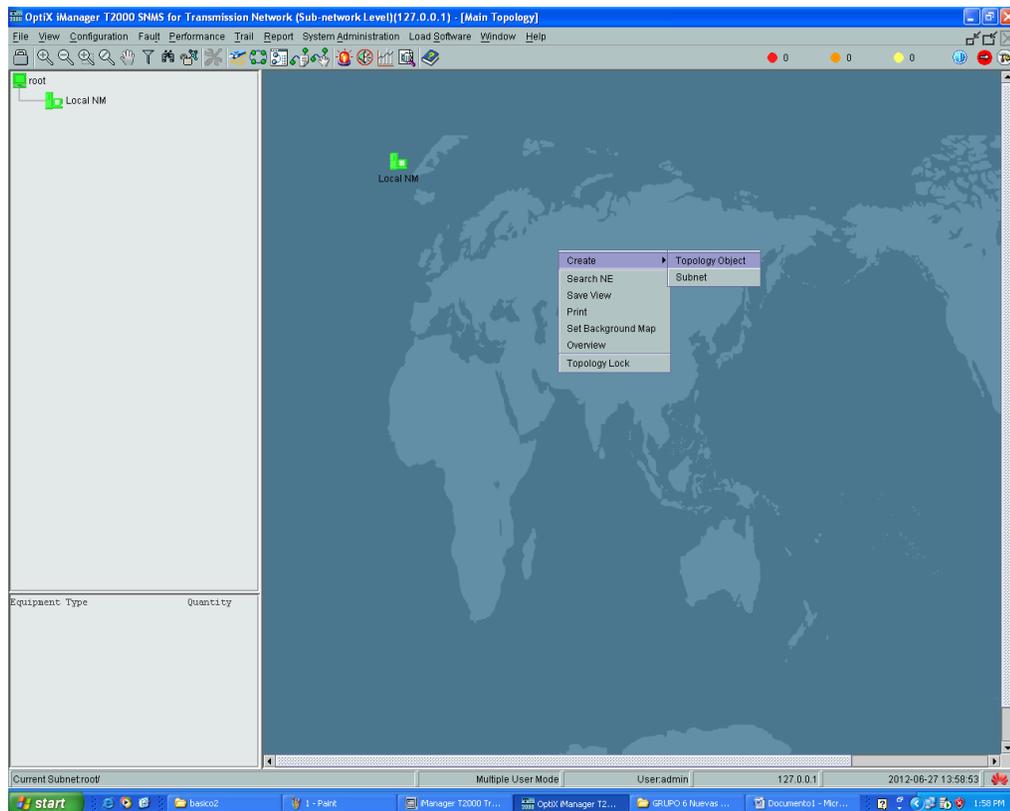
Una vez que los servicios Topo Server , Database Server y el Security Server estén en estado de “RUNNING”, como podemos observar en la figura 5.4, estos servirán para lograr las configuraciones de los equipos exitosamente y para su respectivo almacenamiento. Se procede a levantar

el software T2000-CLIENT para continuar con las configuraciones respectivas en cada equipo.

Service	State	Start Mode	CPU Used Rate(%)	Used Memory(K)	Start Time	Server Name	Detail Information
Emo Server	Running	Automatic	313	85229	2012-06-27 09:34:09	D29L792X	
Northbound Interface ...	Running	Manual	0.00	20328	2012-06-27 09:41:47	D29L792X	Provide north bound secur...
Northbound Interface ...	Running	Manual	0.00	12892	2012-06-27 09:41:34	D29L792X	Transfer alarms to the upp...
Naming Service	Running	Manual	0.00	6404	2012-06-27 09:41:40	D29L792X	Provide Naming Service fo...
Notify Service	Running	Manual	0.00	8644	2012-06-27 09:41:43	D29L792X	Provide Notify Service for n...
Scheduleless Server	Running	Automatic	0.00	11320	2012-06-27 09:34:09	D29L792X	Schedule task managemen...
Security Server	Running	Automatic	0.00	12968	2012-06-27 09:34:09	D29L792X	Security management of th...
Syslog Agent	Running	Automatic	0.00	12152	2012-06-27 09:34:09	D29L792X	Syslog Agent transmit the l...
Toolkit Server	Running	Automatic	0.00	8056	2012-06-27 09:34:09	D29L792X	NE Upgrade software
Topo Server	Running	Automatic	0.00	12288	2012-06-27 09:34:09	D29L792X	Topology management of t...
Database Server Proc...	Running	External	0.00	80048	2012-06-27 09:33:11	D29L792X	Provide database service

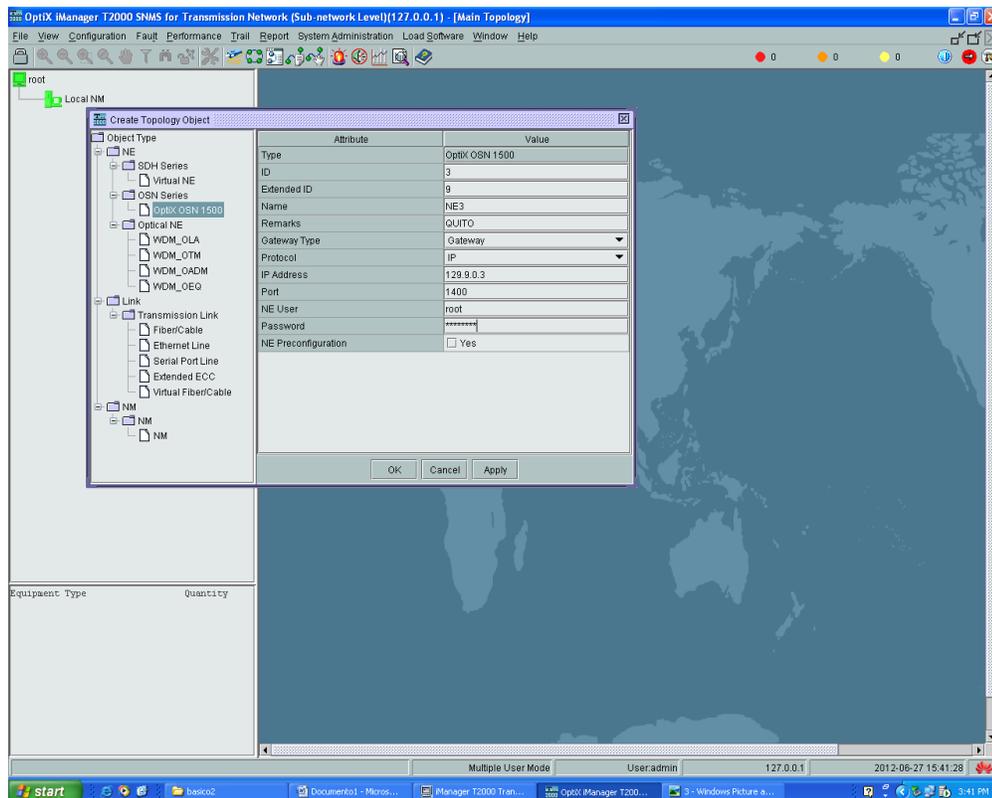
**Figura 5.4** Verificación de Servicios Recomendados.

Inicializamos el T2000-CLIENT, procedemos a crear los Network Elements NE del anillo especificando el Gateway y los afiliados a este, al igual que su dirección IP y comentarios al nodo a crear, hacemos click derecho en la pantalla central y a través de la opción “CREATE” seleccionamos “TOPOLOGY OBJETIC” como se muestra la fig. 5.5



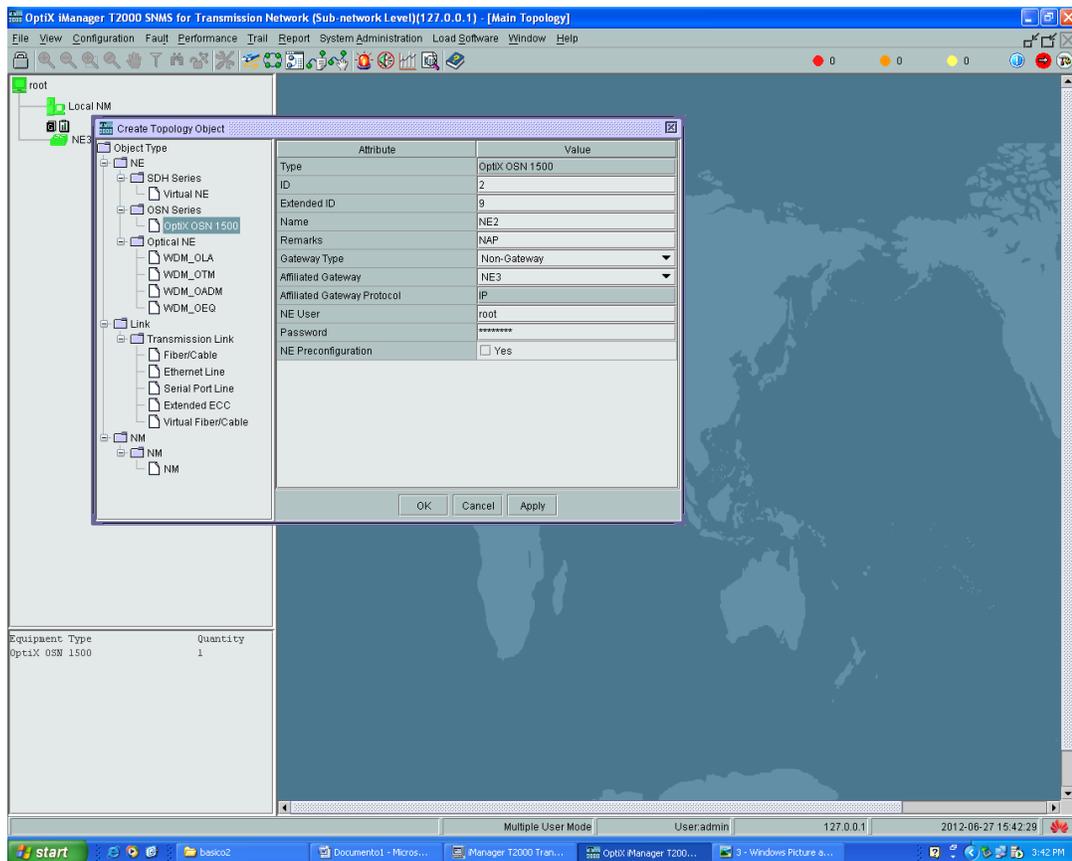
**Figura 5.5** Creando el Network Element.

Procedemos a seleccionar el tipo de equipo “Optix OSN 1500” y a ingresar la información más relevante del Network Element (NE) a crear, como se muestra en la fig. 5.6. Configuramos el NE principal que en este caso es el NE3 (Gateway Server), el cual es el mas cercano al servidor T2000. Los parámetros mas importantes a considerar para esta configuración son: ID, Name, Gateway, Type, User y Password; los demás parámetros se configuran automáticamente. Finalmente hacemos click en “Apply”.



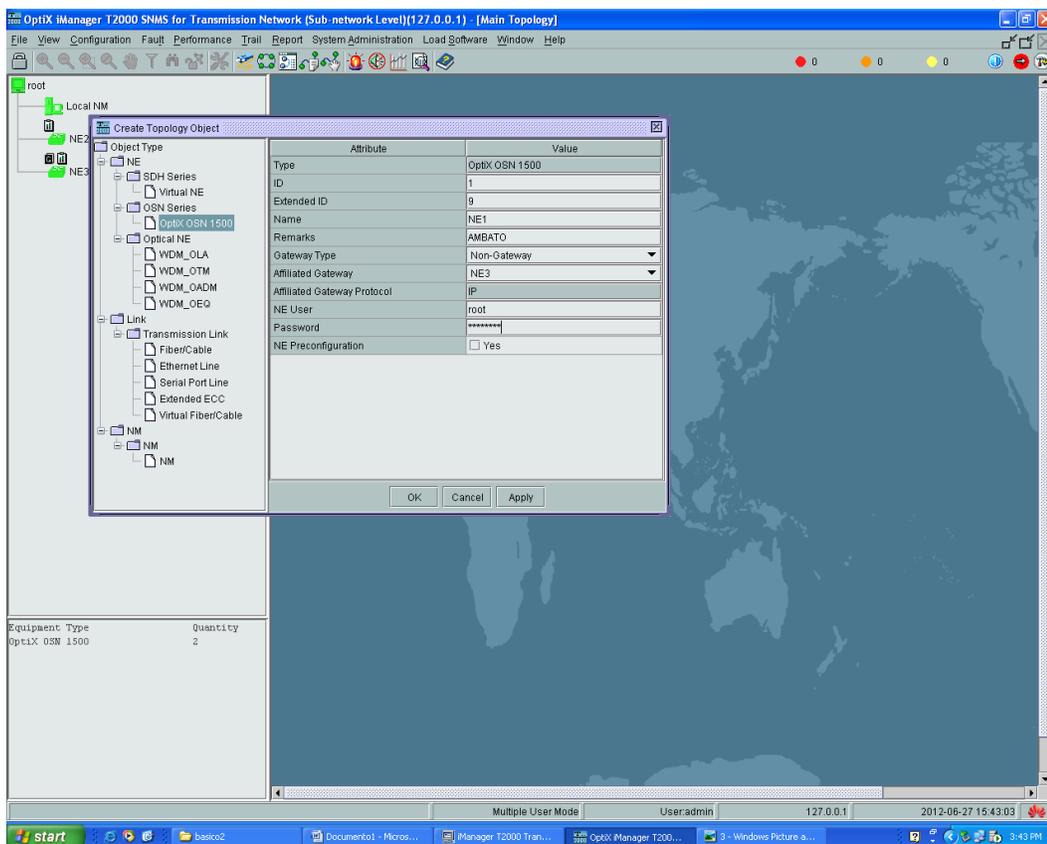
**Figura 5.6** Información del Network Elements.

Una vez configurado los parámetros como la IP, el Nombre, el Password, damos click en Apply. Siguiendo con el proceso se crean los nodos restantes, NE1 y NE2, configurando las mismas características que el NE3, con la diferencia que el parámetro de estos NE's es "NON-GATEWAY", aplicando los cambios y obteniendo los tres nodos configurados. La tabla de configuración de los nodos la apreciamos en la fig. 5.7.



**Figura 5.7** Información del NE2 en la red

Continuando con la configuración, seguimos con la información del siguiente nodo, tomando en cuenta que solo es configurado como Gateway, y dando click en “APPLY” obtendremos los 3 nodos configurados, una vez creado los NE’s de la red, el siguiente paso es establecer la conectividad entre los nodos. Para esto, en el software se señala el icono de la barra de herramientas “Create Fibre/Cable”, el cual permitirá seleccionar el origen y el destino.

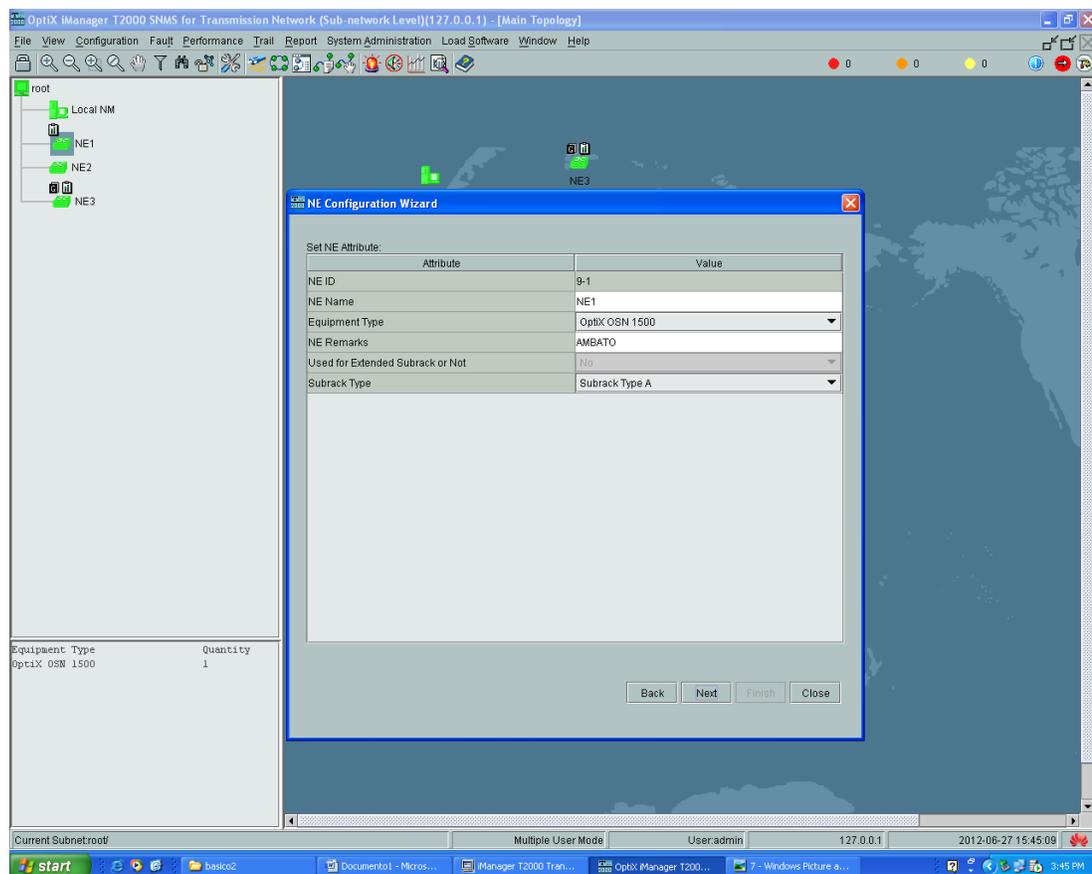


**Figura 5.8** Creando el NE1 en la red.

Una vez realizado las respectivas configuraciones para todos los tres nodos, se debe tomar en cuenta el “BACKBONE de la RED, en el caso de los equipos utilizados esta tarjeta posee dos puertos, el puerto 1 de la tarjeta STM-4 se lo tomara como referencia para detallarlo como puerto de origen, mientras que el puerto dos se lo detallara como puerto destino, únicamente con la finalidad de mantener y establecer un orden a lo largo de las configuraciones. Para empezar se conectara el NE3, donde se

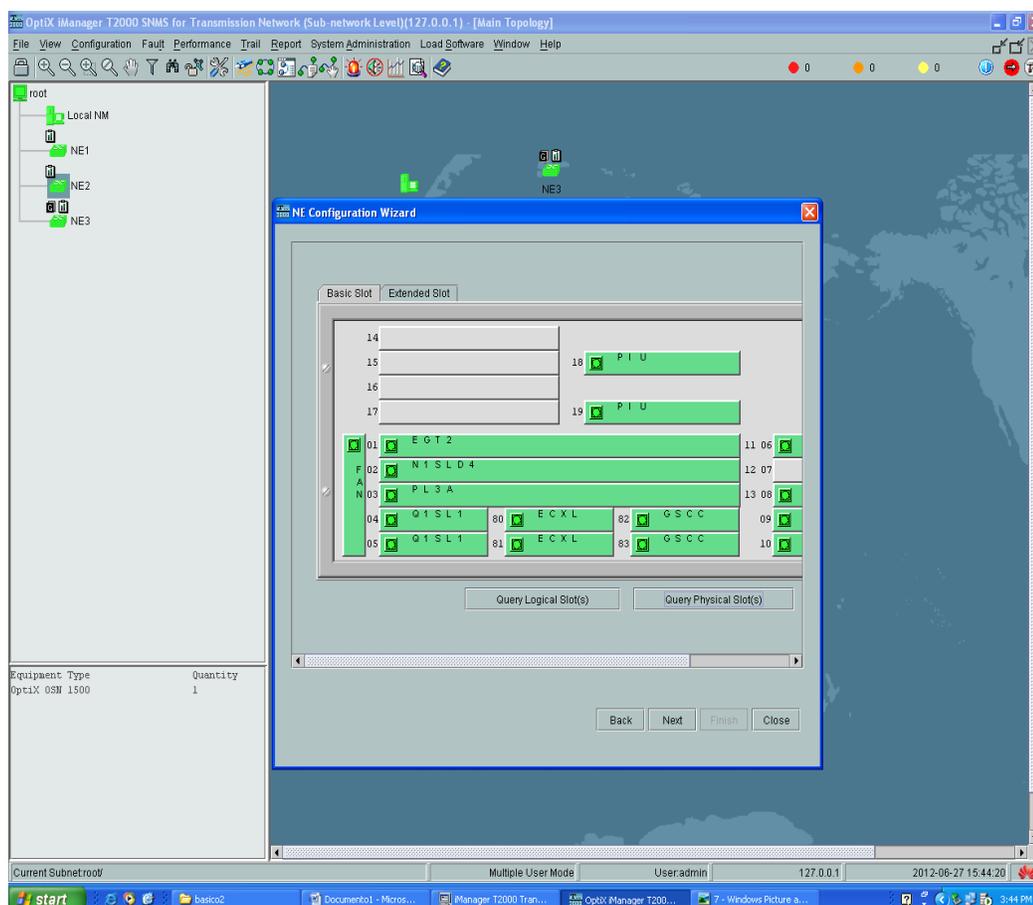
mostrara la ventana “NE Configuration Wizard” y se seleccionara “Manual Configuration”.

En la fig. 5.9 muestra una ventana donde se configurara el parámetro “Subrack Type” que para los equipos utilizados se debe elegir “Subrack Type B” y el parámetro “NE Remarks” que es opcional en el cual se puede poner un comentario para luego hacer click en “NEXT”.



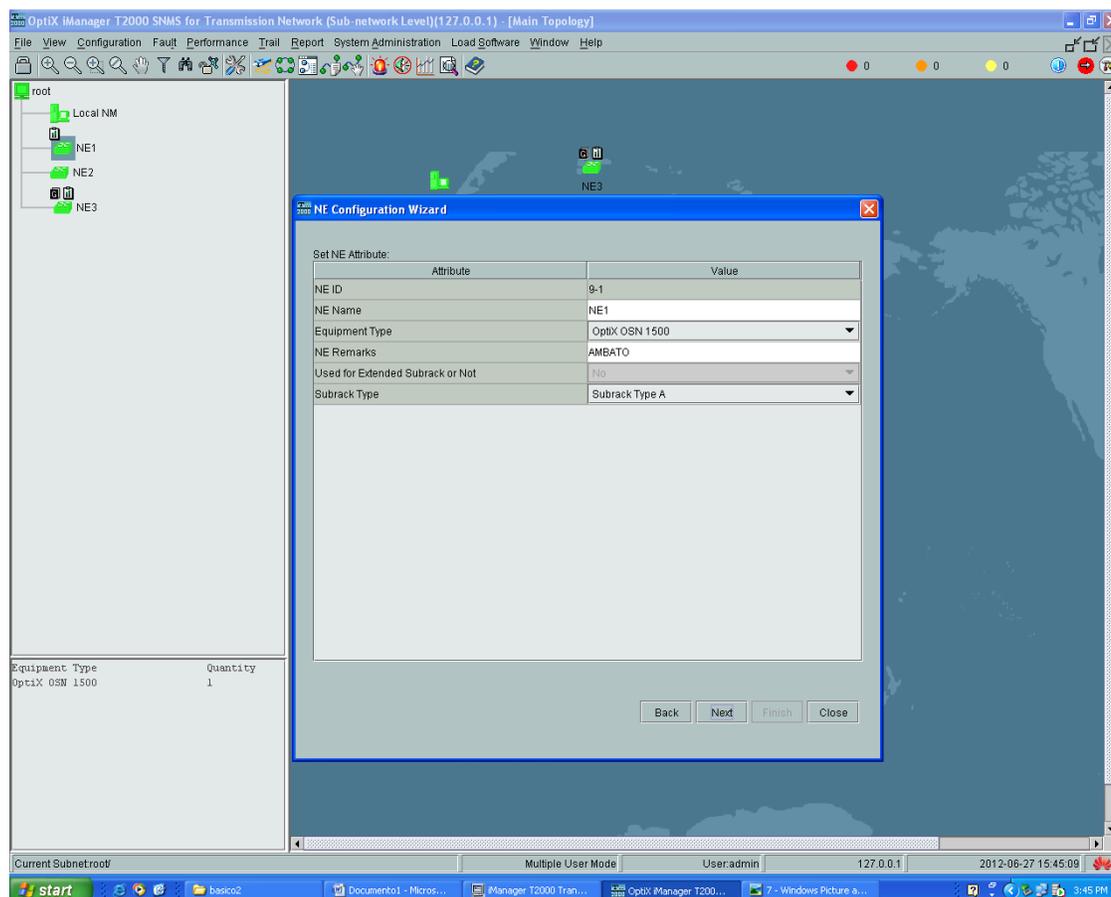
**Figura 5.9** Conectividad de parámetros de conexión.

Luego, procedemos a hacer click en “Query Physical Slot(s)”, donde se mostraran todas las tarjetas que el equipo OSN OPTIX 1500 tiene instaladas. Seleccionando la tarjeta “N1SLD4” la cual tiene dos puertos; se elegirá el puerto a conectar en base al orden establecido y hacemos click en ”NEXT” para guardar la configuración, finalmente en “CLOSE”. En la fig. 5.10 se muestra las tarjetas instaladas en el OSN 1500 DEL LABORATORIO.



**Figura 5.10** Tarjetas instaladas en el equipo OSN 1500.

Procedemos a guardar la configuración del equipo y continuar con la configuración del “Network Element”, en la fig. 5.11 podemos observar la configuración.

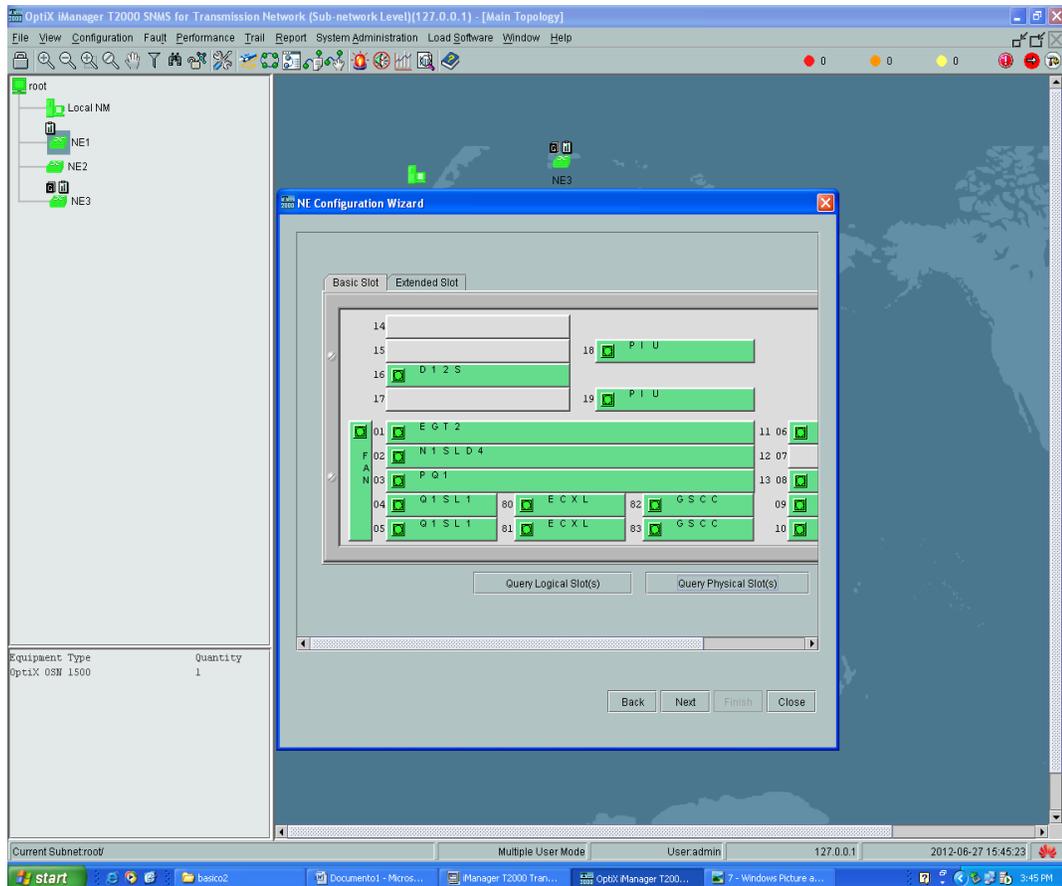


**Figura 5.11** Eligiendo el SUBRACK a seleccionar.

Nos aparecerá una nueva ventana donde configuraremos el parámetro “Subrack Type”, para nuestro caso debe elegirse “Subrack Type B”, y el parámetro “NE Remarks” que es opcional y en el cual se puede añadir un

comentario, para identificar la ruta de la conexión y luego hacemos click en “NEXT”.

La configuración del subrack se puede observar en la fig. 5.12..

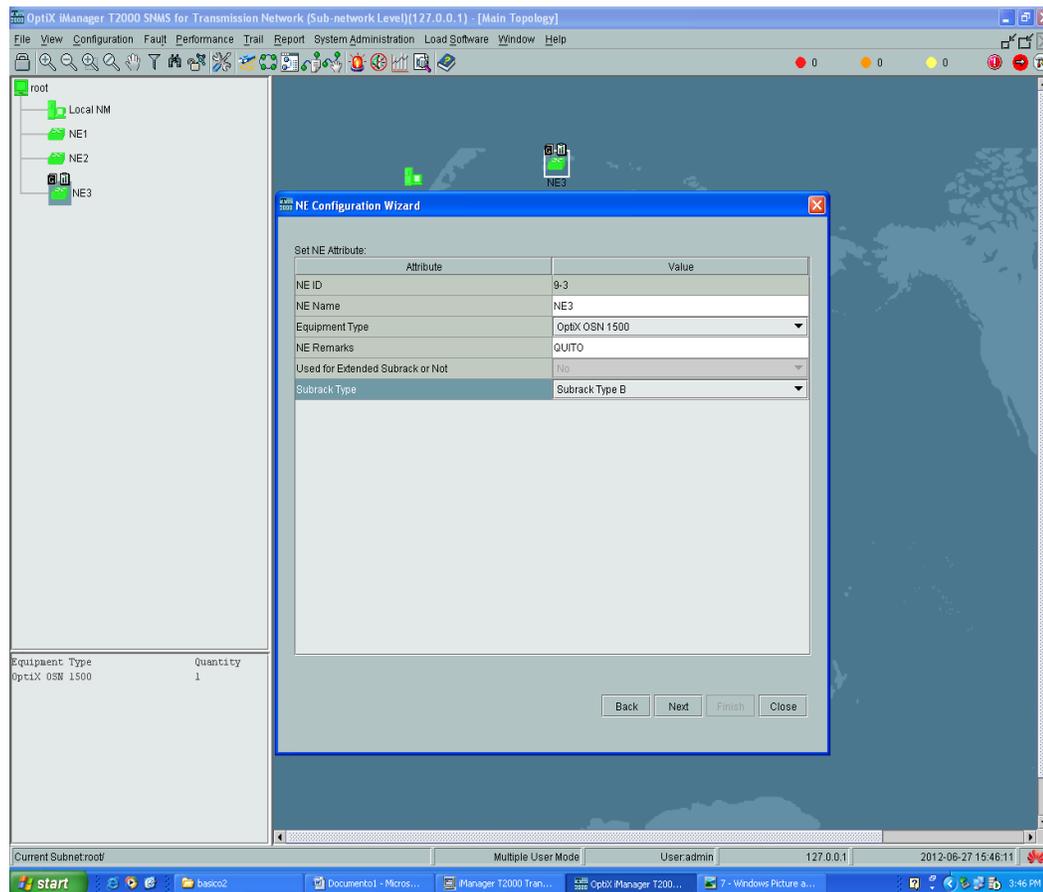


**Figura 5.12** Tarjetas instaladas en el equipo.

Finalmente continuamos con la configuración del ultimo parámetro “Subrack Type”, considerando el “Subrack Type B” y el parámetro “NE

Remarks” que es opcional, para identificar la ruta de la conexión hacemos click en “NEXT”.

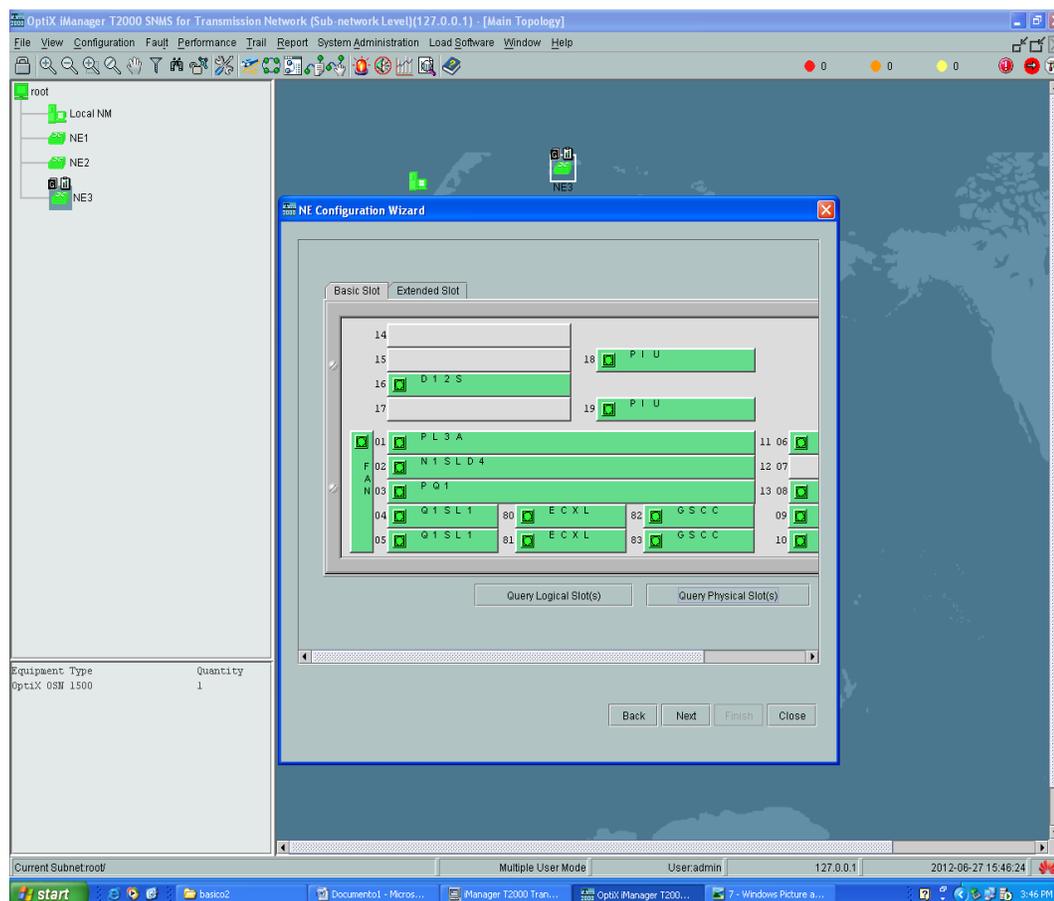
Observamos en la fig. 5.13 el procedimiento.



**Figura 5.13** Parámetros de conexión.

En la siguiente ventana nos aparecerá las tarjetas mínimas recomendadas por el fabricante para que el equipo pueda estar en funcionamiento. Las tarjetas mínimas son: (FAN), Fuentes de poder (PIU), Tarjeta Cross-Connect (ECXL) y la tarjeta de configuración (GSCC). En la tarjeta GSCC,

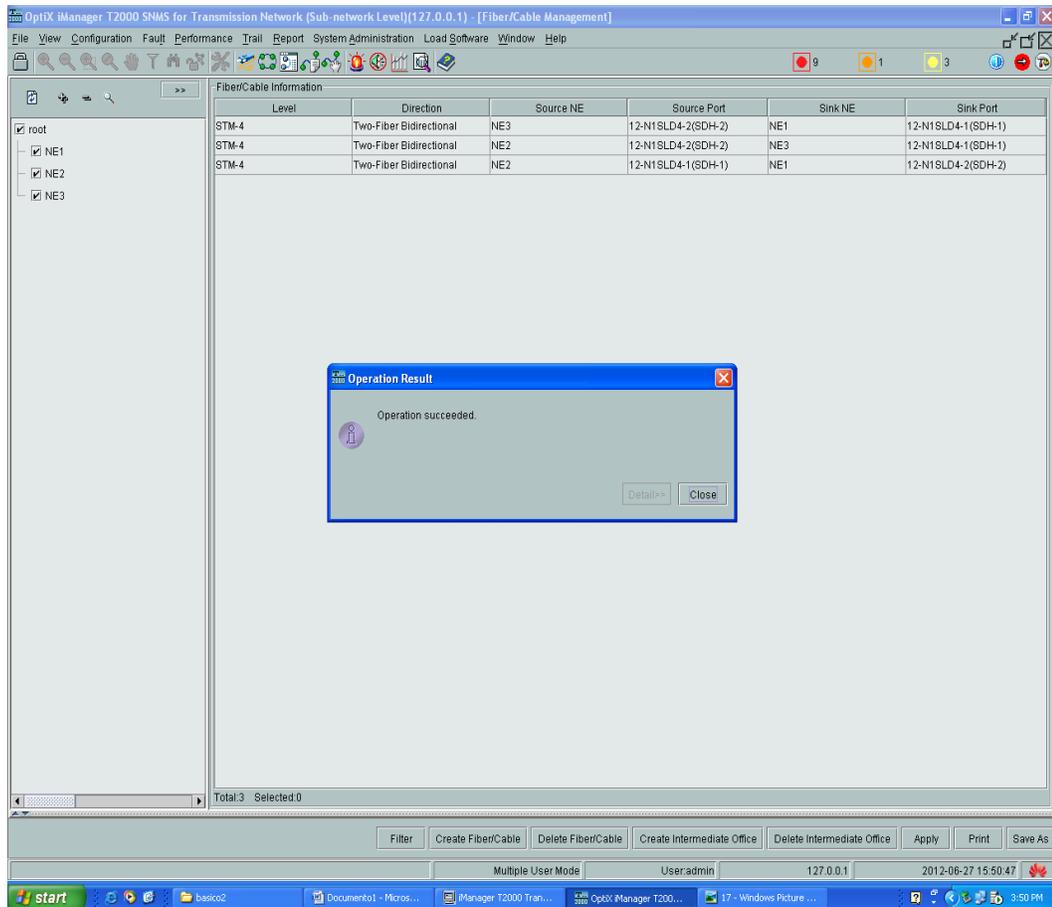
es donde se guardan las configuraciones y base de datos de los equipos. En la fig. 5.14 se visualizan las tarjetas instaladas en OSN 1500 del laboratorio.



**Figura 5.14** Tarjetas instaladas en el equipo OSN 1500.

Continuamos con la configuración de la parte de datos, para esto sobre el nodo NE3 se da un click derecho y se elige “Service Configuration”, elegimos el tipo de tarjeta (EGT2), que es la tarjeta de Gigabit Ethernet y se selecciona en las opciones que se visualizan en el lado lateral izquierdo

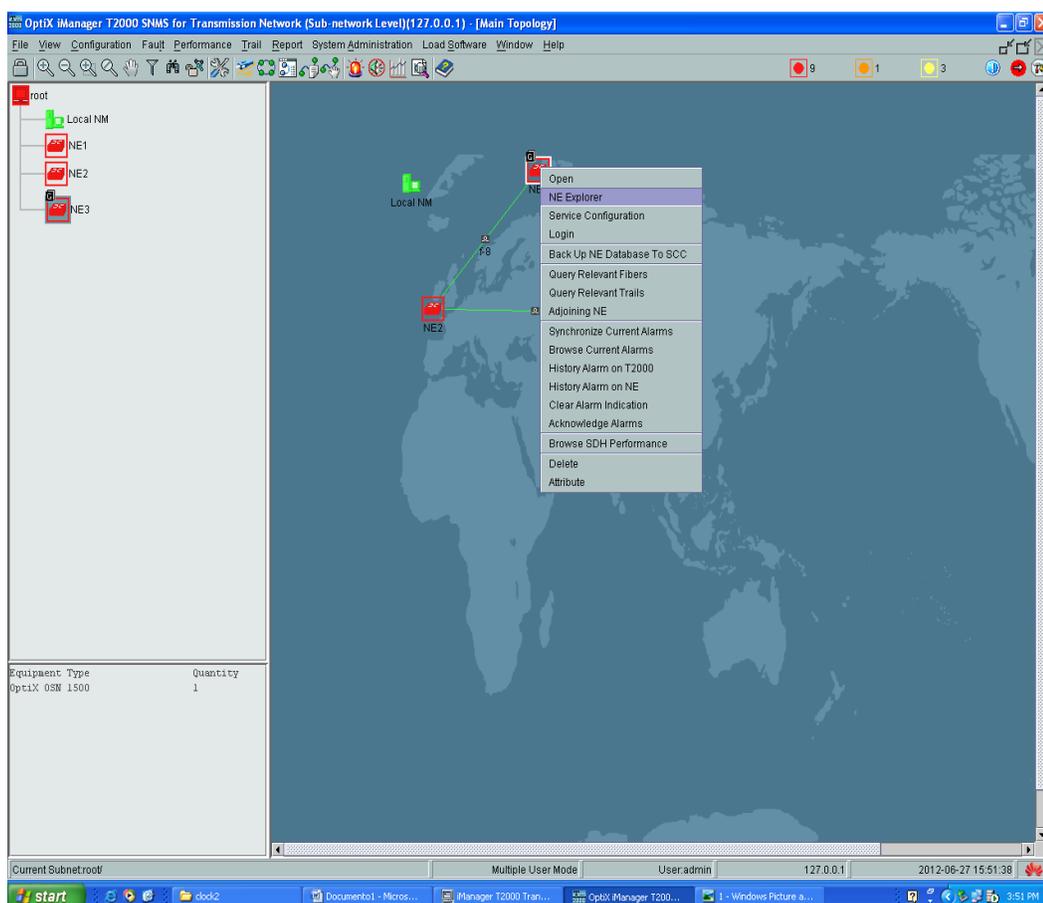
la opción “Ethernet Interface Management” y luego “Ethernet Interface”. A continuación se configura el Internal Port”. En el “Internal Port” se configura el encapsulamiento y mapeo, seleccionando siempre “GFP” como tipo de encapsulamiento.



**Figura 5.15** Configurando level.

Continuamos con la configuración del “CLOCK” para tener sincronización en la red de Jerarquía Digital Síncrona; el “CLOCK” fundamentalmente lo sincronizaremos en sentido horario, el cual es el orden tal cual se realizo

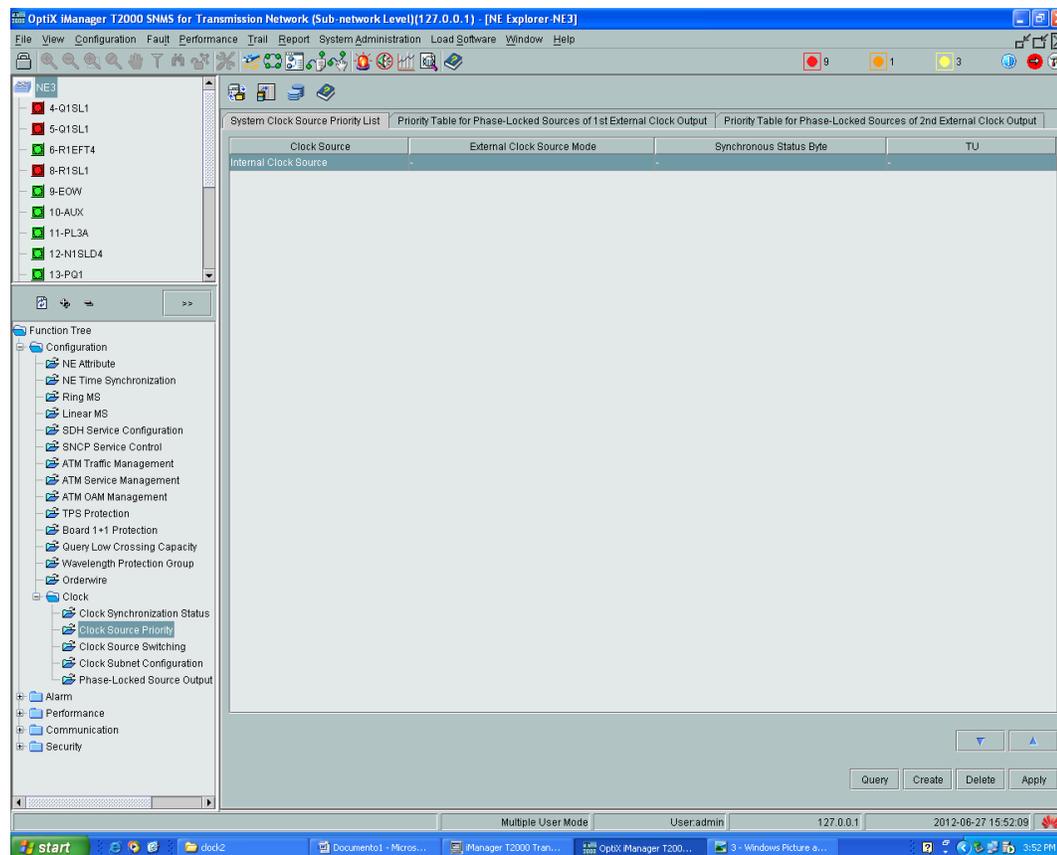
la conectividad de los nodos, iniciando desde el NE3 que será el nodo que representa la ciudad de Quito donde se tendrá la base. Se inicia dando click en el nodo y eligiendo la opción “NE EXPLORER”, en este caso en el NE3 que es el Gateway Server, donde aparecerá un submenú como el mostrado en la fig. 5.16.



**Figura 5.16** Configurando la Sincronización.

A continuación observamos una ventana de varias opciones en el lado lateral izquierdo y seleccionamos “CONFIGURATION” seguido de

“CLOCK”. En la fig. 5.17 se muestra la ventana para seleccionar las prioridades y los “CLOCK” del nodo.

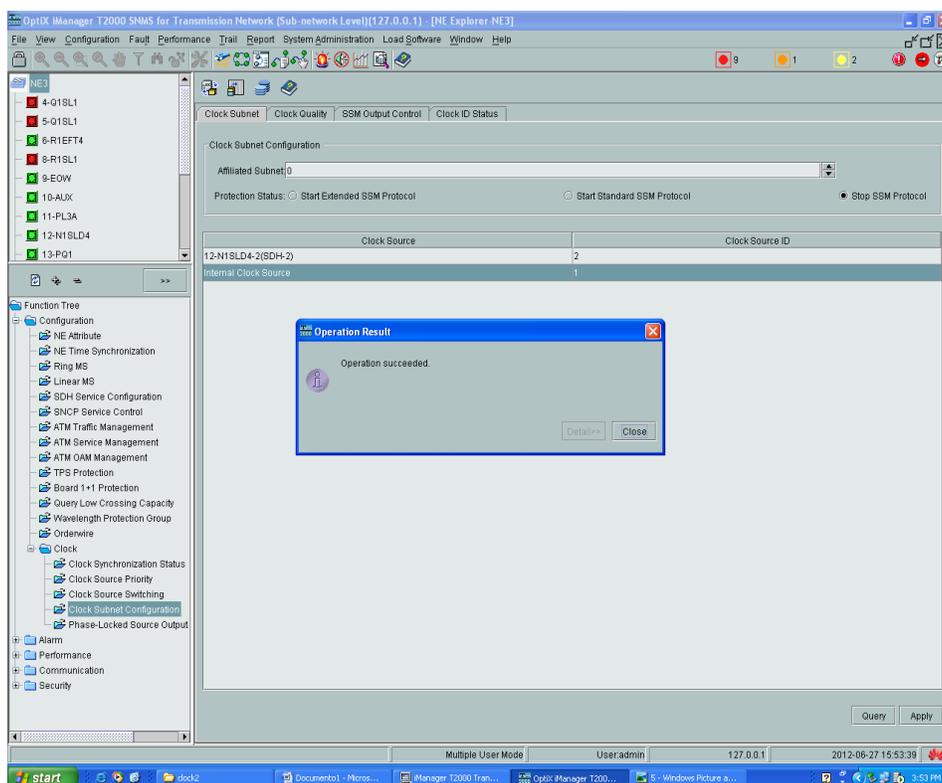


**Figura 5.17** Seleccionando Clock Source Priority.

Continuando con la configuración debemos tomar en cuenta que se debe considerar el puerto del que provendrá el clock, ya sea en sentido horario (NE3-NE2-NE1) o en sentido anti horario (NE3-NE1-NE2); elegiremos la prioridad del clock, (CLOCK SOURCE PRIORITY) basado en los puertos, eligiendo, en nuestro caso la prioridad para el nodo3: “Clock Internal” y

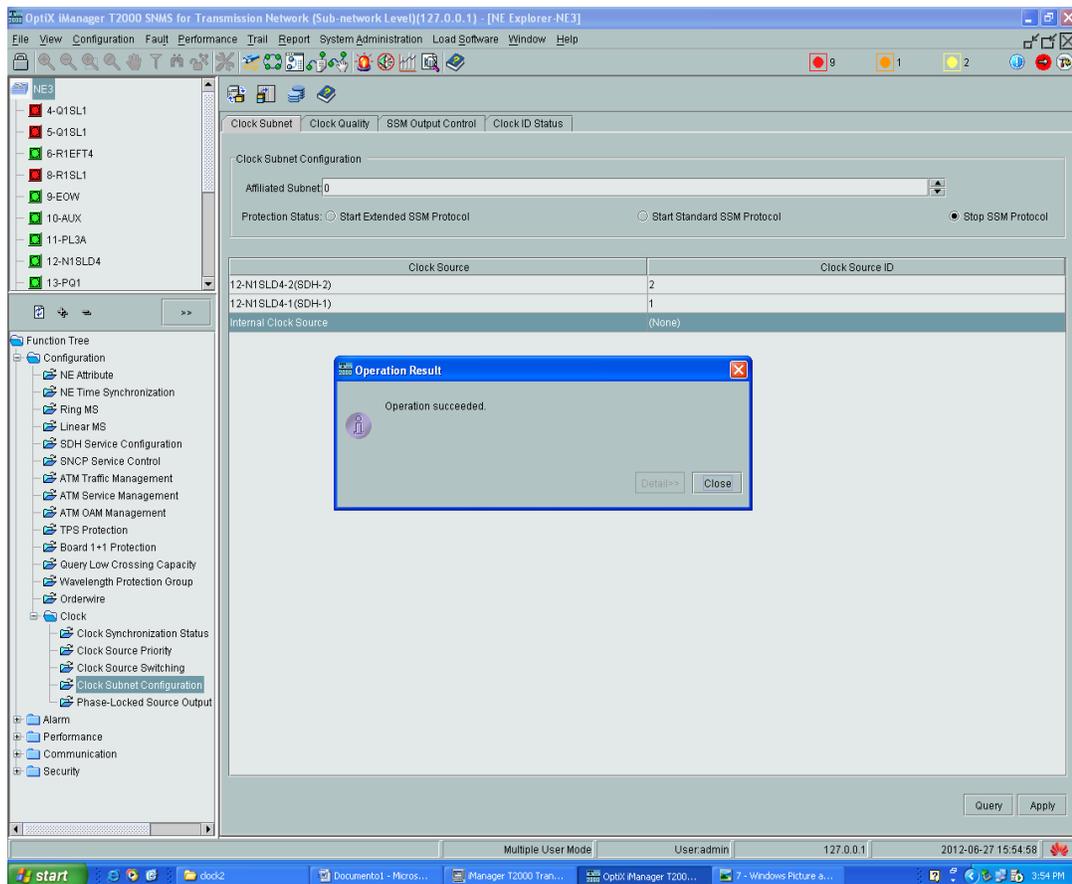
para que el clock interno, hacia el port2: N1SLD4-2 (SDH-2), luego damos click en "Apply". Este procedimiento se lo realiza en la pestana "System Clock Source Priority List", la elección se realiza dando click derecho en y eligiendo "Add Clock". Ahora en la opción "CLOCK SOURCE SWITCHING", en la pestana "Clock Source Parameter", establecemos el "Clock Source WTR Time" en 5 minutos y también en "Auto Revertive".

El parámetro "Clock Source WTR Time", indica el máximo de tiempo de falla de un servicio al momento de producirse algún incidente en la red. Se deberá elegir la prioridad del Clock en el nodo (CLOCK SOURCE PRIORITY) basado en los puertos en este caso según la referencia asignada horaria, puerto 1 como fuente y puerto 2 como destino la prioridad para el nodo 3 por el puerto 1: Clock Internal y por el puerto 2: N1SLD4 (SDH2) y damos click en "Apply", mostrado en la fig. 5.18 este procedimiento se lo realizo en la pestana System Clock Source Priority List, la elección se realiza dando click derecho y eligiendo Add Clock.



**Figura 5.18** Configuración de Prioridad del Clock NE3.

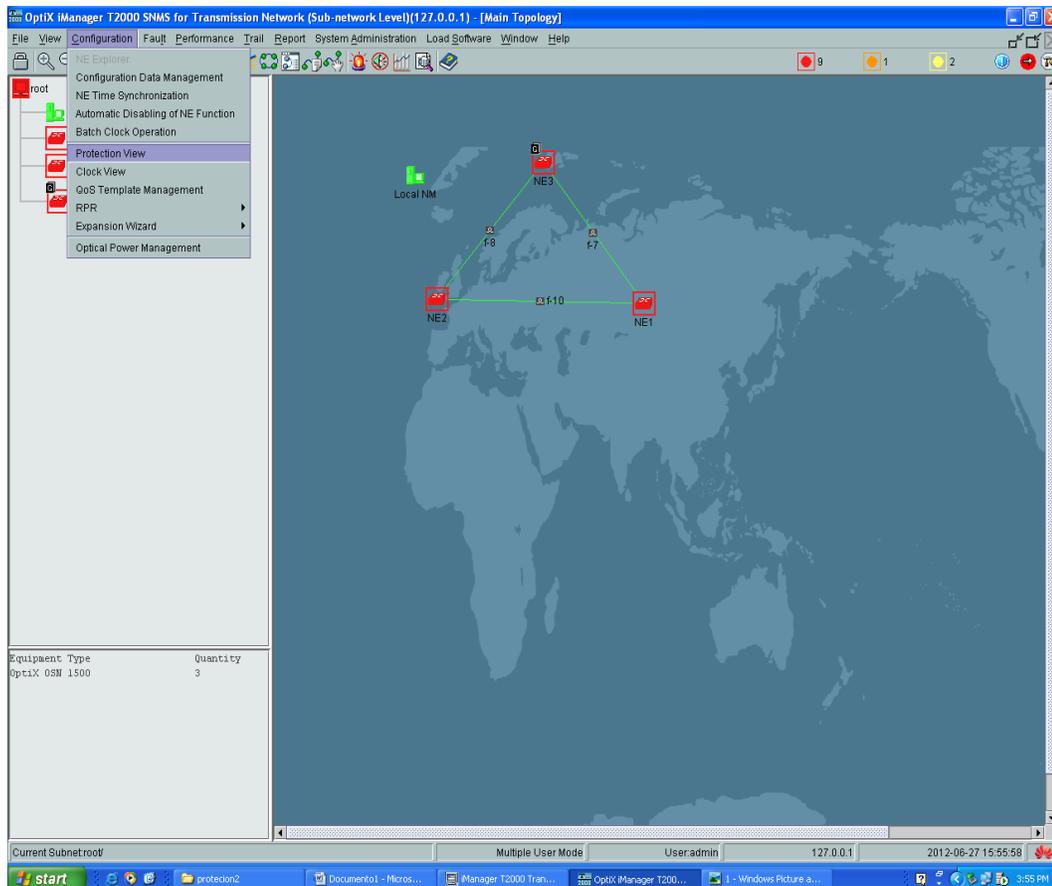
Para el NE2, se procedió a realizar los mismos pasos pero se seleccionara 3 clases de relojes: “Internal Clock Source” con prioridad 3, el 12-N1SLD4-2(SDH-2) con prioridad 2 ya que a través del puerto 2 de este NE (puerto destino) provendrá el reloj asignada del Gateway en sentido horario y el 12-N1SLD4-1 (SDH-1) con prioridad 1, ya que si le sucede algo al clock del Gateway, el sentido de transporte de datos se revertirá y este NE enviara el clock al siguiente NE conectado. Como vemos en la fig. 5.19.



**Figura 5.19** Eligiendo las clases de clock y dándole prioridad en el nodo NE2.

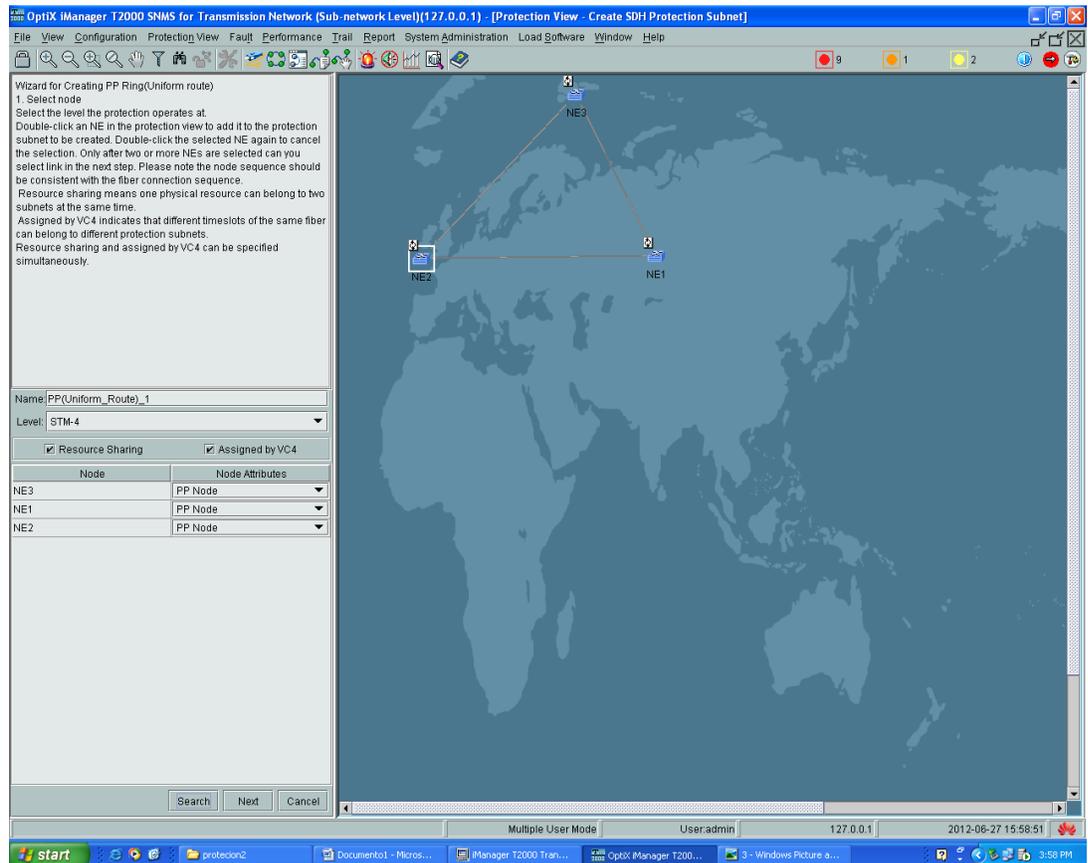
Avanzando con el proceso de configuración, se procede a crear el tipo de protección que tendrá la RED, mostrado en la fig. 5.20, ya sea MSP o PSP, que por asuntos de licencia del Laboratorio de Telecomunicaciones de la ESPOL, solo permite crear una protección PSP, es decir protección PP UNIFORM, que es la que admitirá crear los E1's.

En la barra de menú se selecciona "Configuration" y elige "Protection View".



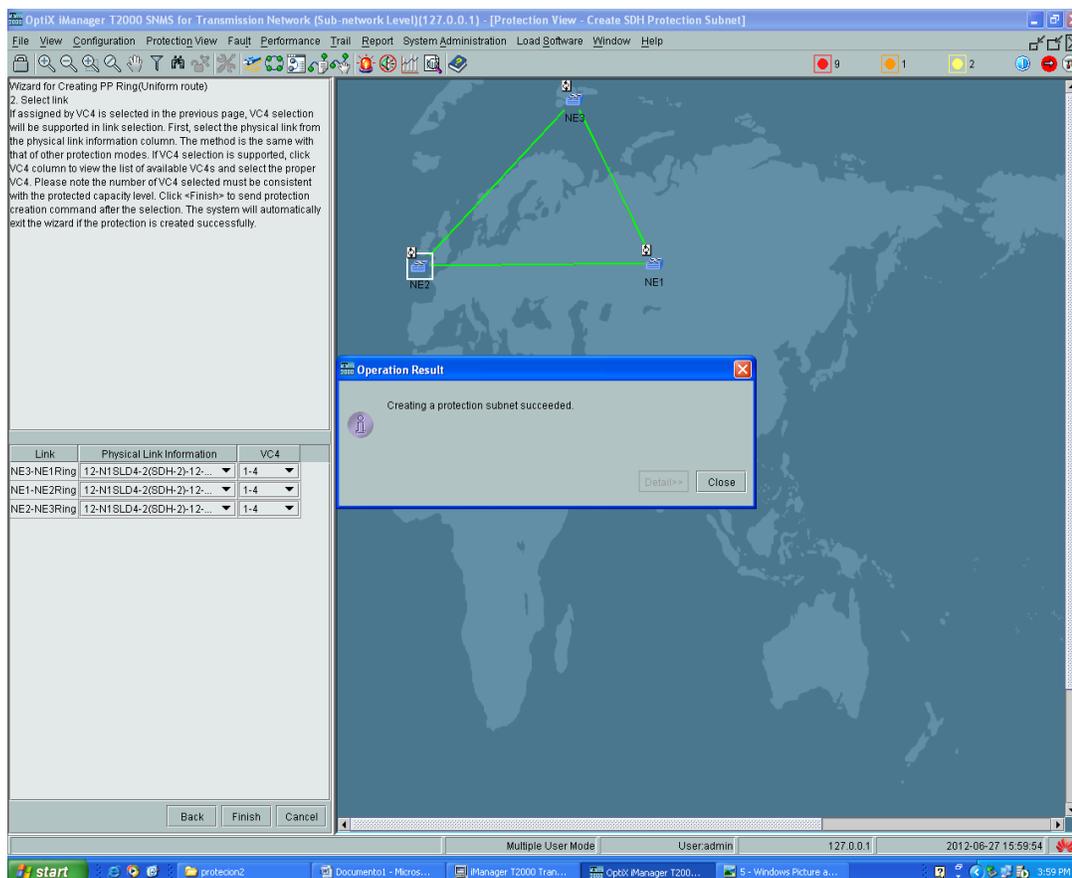
**Figura 5.20** Creando las Protecciones entre los Nodos.

En este nuevo menú, se hace click en "Create SDH Protection" y se escoge "PP (Uniform Route)". Luego de ese paso, se abrirá una nueva ventana, donde se debe elegir el "Level", que para el caso es a nivel de STM-4. Se procede a seleccionar los nodos a proteger (NE1, NE2 y NE3), se seleccionan las casillas Resources Sharing y Assigned by VC-4, mostrado en la fig. 5.21, para luego dar click en "NEXT".



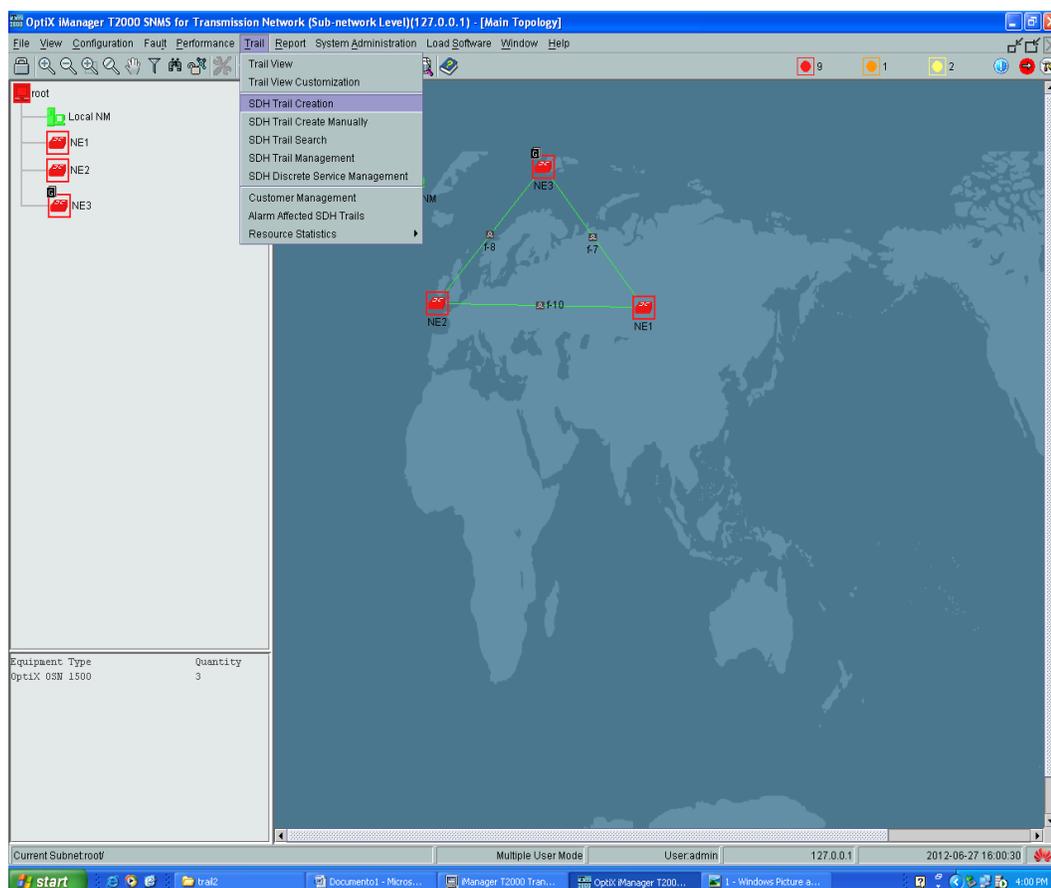
**Figura 5.21** Protección PP (Uniform Route).

Posteriormente aparecerá una ventana con las rutas que se crearon para las protecciones y se hace click en "Finish" luego aparece un submenú notificando que los cambios fueron aplicados satisfactoriamente, como se muestra en la fig. 5.22.



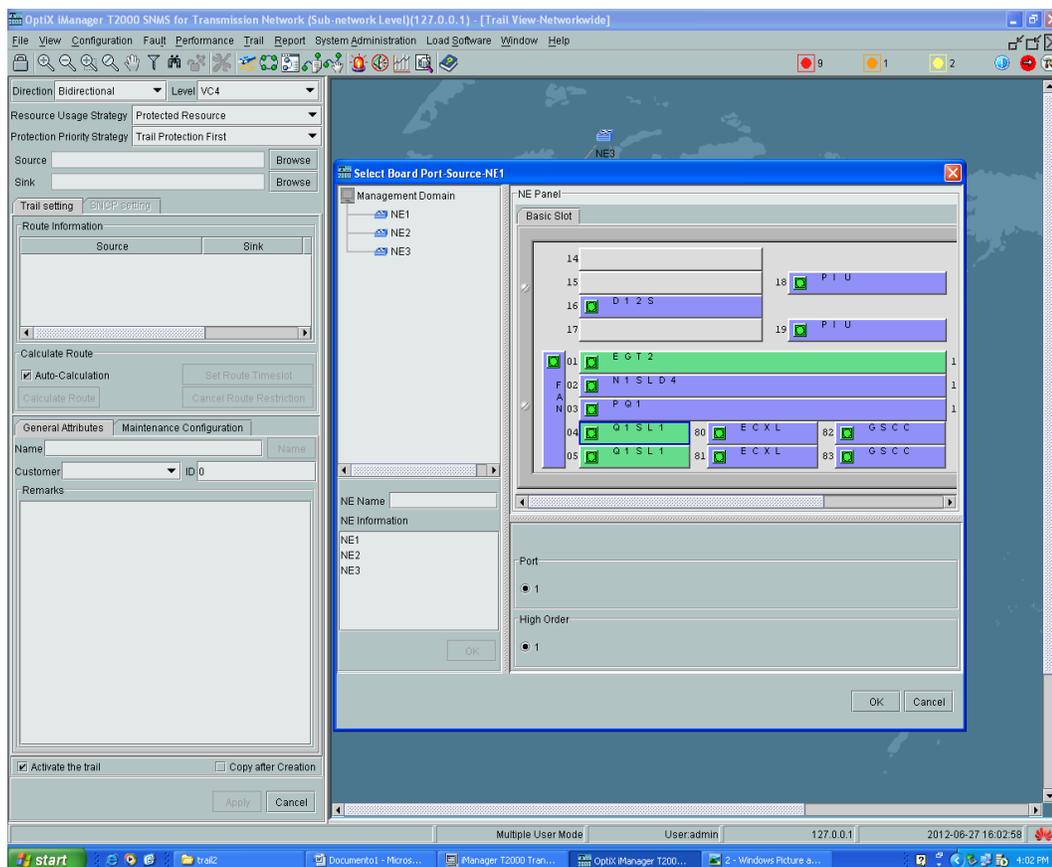
**Figura 5.22** Creación de Protección Exitosa.

Se continúa con la creación de los servicios que se desean levantar en el equipo, para brindar lo solicitado en el proyecto, 2 STM-1 entre Quito (NE3), Ambato (NE1) y NAP (NE2). En la barra de menú, se selecciona TRAIL y se hace click en la opción "SDH Trail Creation", tal como se muestra en la fig. 5.23.



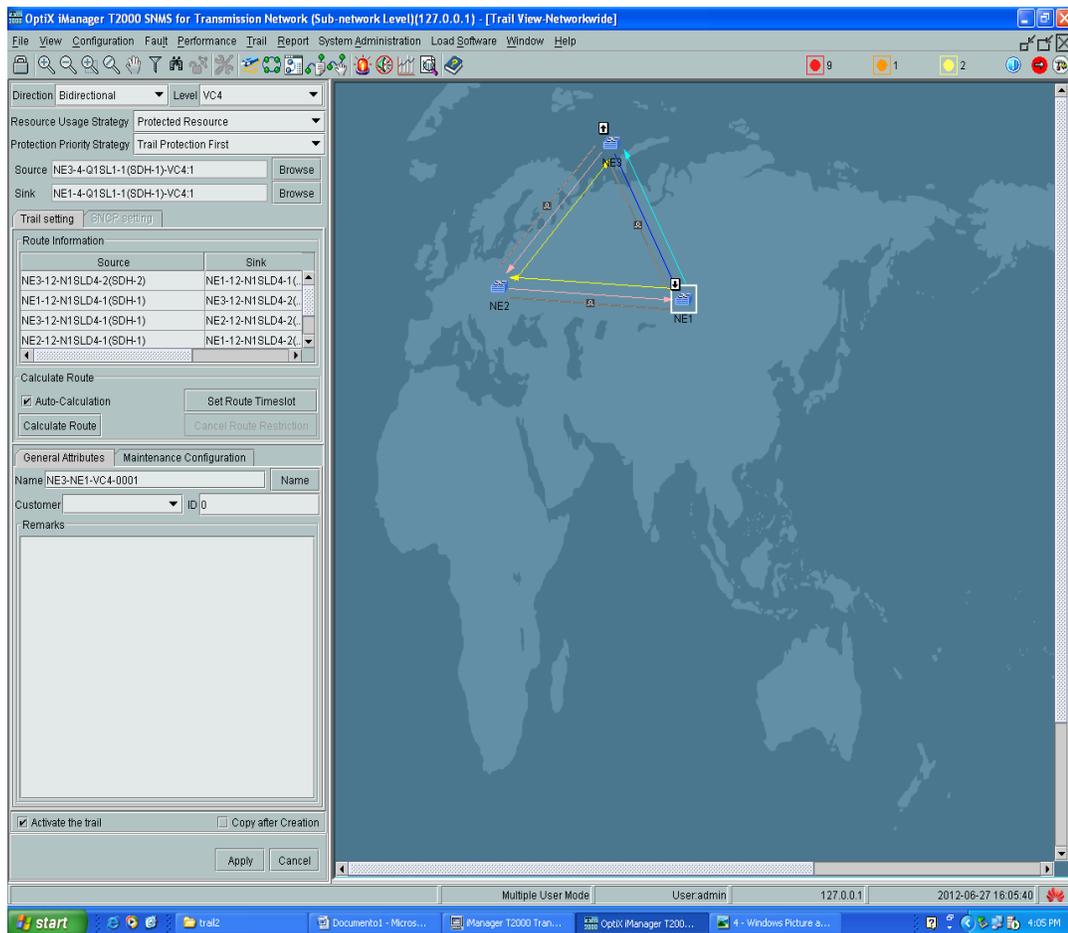
**Figura 5.23** SDH Trail Creation.

Luego aparecerá una ventana con los nodos a seleccionar y las tarjetas con las cuales se deberá realizar la conexión, como se observa en la fig. 5.24. Eligiendo el nodo de origen (Source) y el nodo destino (Sink), de la misma manera seleccionando la tarjeta Q1SL1 (STM-1) de cada nodo.



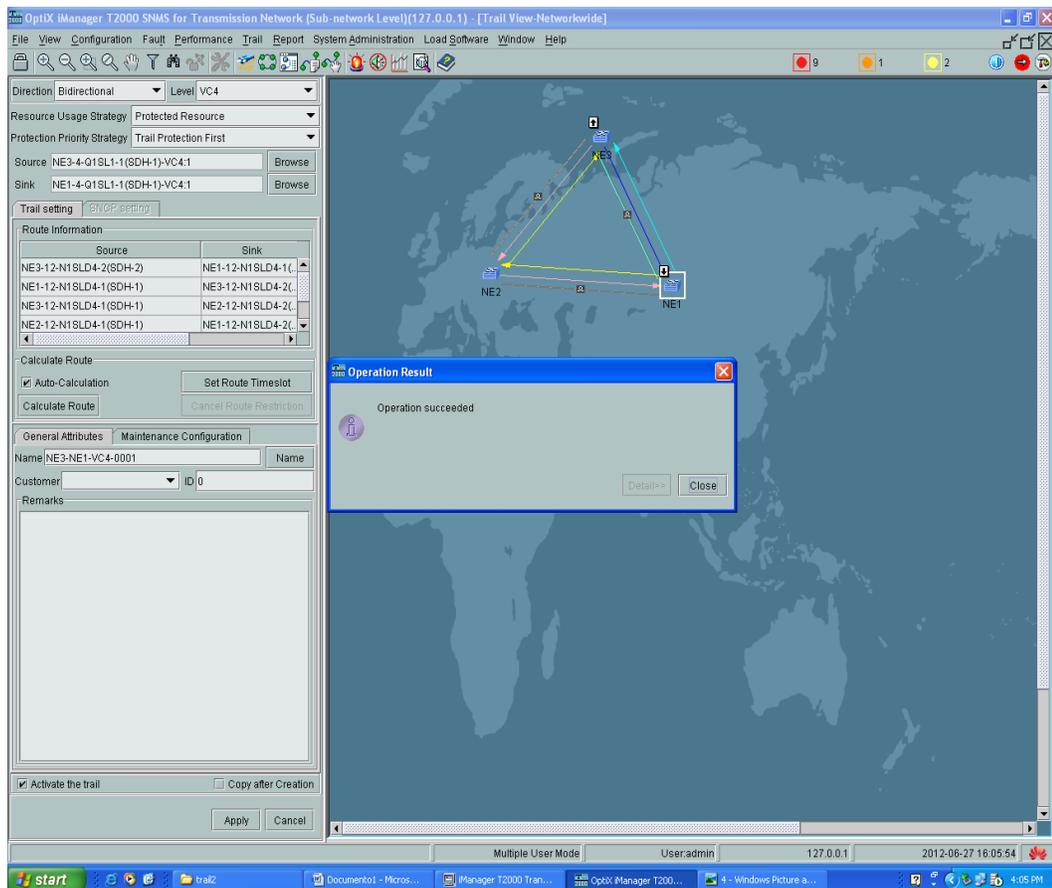
**Figura 5.24** Elección de Tarjeta.

Para requerimientos del proyecto, se desea levantar un servicio entre NE3, NE1. Al seleccionar el nodo, la tarjeta Q1SL1 (correspondiente al STM-1 deseado) y dando "OK", aparecerá una ventana como la mostrada en la Fig. 5.25, donde se observa el nodo Source elegido y se selecciona el destino, también se debe elegir "Direction: Bidirectional" y "Level: VC4". Además seleccionamos las casillas "Auto-calculation", "Activate the Trail" y damos click en "Apply".



**Figura 5.25** Configuración de Parámetros de Servicios.

Al crear los servicios exitosamente se diagramaran todas las posibles rutas de los paquetes, en condiciones normales y en condiciones de cortes de fibra como observamos en la fig. 4.26.



**Figura 5.26** Creación de Servicios Exitosa.

Una vez creados los servicios a nivel de STM-1 solicitados, se procede a la configuración de la parte de datos GB/Ethernet. En la barra de menús se selecciona TRAIL y se escoge la opción “SDH Trail Creation”, donde aparecerá una ventana en la que se elegirá la tarjeta (EGT2) y puerto, tanto en origen como para el destino, como aparecerá en la fig. 5.27. En este caso se utilizara los nodos NE3 y NE1. Tener en cuenta que se



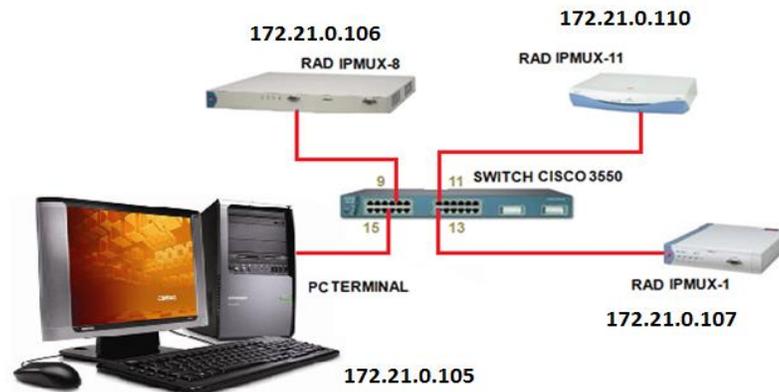
IPMUX1, de marca RAD para dar el servicio TDMoIP. Los puertos que se utilizaran del Switch CISCO 3550 son los numero 9, 11, 13 y 15. Los cuales se conectaran de acuerdo a lo que indica la tabla 5.1.

Switch 3550	
Puerto	Equipo
9	IPMUX 8
11	IPMUX 11
13	IPMUX 1
15	PC

**Tabla 5.1** Esquema de Puertos del SWITCH 3550.

Notamos que todos los IPMUX se están interconectando a través de los puertos FAST ETHERNET y se comunican por medio de la IP lógica. Las direcciones IP's de los IPMUX deben pertenecer a la misma SUB RED, de acuerdo a esta premisa se utilizaron la IP Clase B 172.21.0.x/29.

La tabla 5.2 muestra las IP's de los IPMUX. Los IPMux por medio de la red IP/ETHERNET tendrán conectividad tal como detallamos en la siguiente figura.



**Figura 5.28** Conectividad de Equipos RED METROETHERNET.

IP de Equipos	
Equipo	IP
IPMUX 8	172.21.0.106/29
IPMUX 11	172.21.0.110/29
IPMUX 1	172.21.0.107/29
PC	172.21.0.105/29

**Tabla 5.2** Configuración IP de los IPMUX.

Con los puertos asignados procedemos a la configuración de los IPMUX.

## CONCLUSIONES

1. Para el proceso de implementación de una RED jerarquía digital síncrona, se debe considerar factores de diseño, performance, troubleshooting, SLA y costos, todo este proceso debe ser desarrollado por el área técnica y presentado a la gerencia para la toma de decisiones en el desarrollo del proyecto con lo cual se pueda brindar un buen servicio al cliente.
2. El tipo de fibra que se vaya a utilizar dependerá básicamente de la Red a implementarse, adicionalmente se debe tomar en cuenta las especificaciones técnicas de las tarjetas ópticas a utilizar, debido a que ciertas tarjetas vienen fabricadas de tal manera que se empleen fibras ópticas que cumplan ciertas características.
3. El Proyecto contempla la instalación de 8 Regeneradores mas los ubicados en las ciudades principales con lo cual se tiene un total de 11 Nodos en la RED jerarquía digital síncrona, se debe recordar que en cada nodo Regenerador no se cuenta con las Interfaces ni equipos de Red Metroethernet.

4. Los grandes Proveedores de SDH Y DWDM han crecido en la medida de sus demandas y reinversión en infraestructura, por lo que es valido mencionar que este Proyecto cuenta con una Infraestructura escalable y expandible.
5. Las principales razones para la reducción de costos de los Equipos de Transmisión son la posibilidad de integrar las funciones de transmisión, multiplexación e interconexión en un solo equipo.
6. Al incorporar información de gestión en las tramas de información de datos permite realizar un mantenimiento centralizado con rapidez y exactitud en la localización de fallas, al igual que el re enrutamiento automático y la monitorización permanente del circuito.
7. Se tiene una amplia gama de ancho de banda de transmisión y la posibilidad de acceder directamente a las señales de cualquier nivel sin necesidad de demultiplexar en los niveles inferiores.
8. El procesamiento de la señal se la lleva a cabo a nivel de STM-1 donde las señales de velocidades superiores son síncronas entre si y están en fase por ser generadas localmente por cada nodo de la RED.

9. La compatibilidad eléctrica y óptica entre los equipos de los distintos Proveedores se da gracias a los estándares Internacionales. Un STM-1 tiene la capacidad de agrupar E1 y T1 de forma Multiplexada variada.
10. La necesidad de sincronismo entre los nodos de una RED de Jerarquía Digital Síncrona es requerida para que todos los servicios trabajen bajo una misma referencia de temporización.
11. Por medio del cálculo de la TIR y VAN se concluye que el proyecto es factible cuando se opta por alquilar la red. Dado que el Valor Actual neto dio como resultado un valor positivo y la Tasa Interna de Retorno fue mayor a la tasa como mínima requerida (costo de oportunidad) de acuerdo a la fijada para realizar el análisis del proyecto (9,08%).

## RECOMENDACIONES

1. Para medir valores de Potencia en los Equipos se recomienda utilizar un medidor de potencia óptico con la finalidad de no quemar o saturar los equipos en la recepción, para estas mediciones se deben utilizar atenuadores.
2. Es recomendable medir la potencia en la ventana de los 1550 nm ya que el valor obtenido sería el máximo soportado.
3. Se debe considerar que las condiciones eléctricas en cada uno de los nodos deben estar a tierra ya que de lo contrario existiría un alto riesgo para la avería de las tarjetas.
4. Es recomendable tener un reloj de fuente externa como prioridad principal con la finalidad de sincronizar la red.
5. Para el tendido de la fibra óptica entre los nodos se recomienda dejar una holgura del 8% en cada carrete y 3 db por aprovisionamiento.

6. La materia Nuevas Redes de Telecomunicaciones nos llevo al aprendizaje de Redes SDH y de Red DWDM con lo cual se vio la necesidad de un mejor y mayor equipamiento de Equipos Ópticos para el desarrollo de Laboratorios.
  
7. Es necesario la adquisición de nuevas licencias en Redes MPLS y equipos SDH con la finalidad de hacer pruebas con mas Nodos lo cual hará ganar experiencia en Troubleshooting y emular aspectos mas cercanos a la realidad con diferentes Topologías en redes SDH.

## BIBLIOGRAFIA

[<sup>1</sup>] ESPOL, Diseño de una Red SDH para dar Servicios de 2STM-1 y dotar a un Call Center con 8 E1 utilizando una Red Metro Ethernet con Tecnología TDMoIP, fecha de consulta febrero 2012

[<sup>2</sup>] Wikipedia, Fibra Optica, [http://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/FIBRA\\_OPTICA](http://ES.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/FIBRA_OPTICA), fecha de consulta febrero 2012

[<sup>3</sup>] Wikipedia, STM-1, [http://es.wikipedia.org/wiki/STM-](http://es.wikipedia.org/wiki/STM-1), fecha de consulta febrero 2012

[<sup>4</sup>] Universidad Publica de Navarra, [https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/rba/rba06\\_07/slides/15-MultiplexacionSDH.pdf](https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/rba/rba06_07/slides/15-MultiplexacionSDH.pdf), fecha de consulta febrero 2012

[<sup>5</sup>] NEC International Training, Sistemas de Transmision SDH, <http://es.scribd.com/doc/76016935/26/Elementos-de-una-red-SDH>

[<sup>6</sup>] Jacinto Ruiz Catalan, Rede y Comunicaciones, <http://www.mailxmail.com/curso-redes-comunicaciones-internet-3/redes-sdh>, fecha de consulta febrero 2012

[7] [Data Communications, What is SDH \(Synchronous Digital Hierarchy\)](http://www.pulsewan.com/data101/sdh_basics.htm) [http://www.pulsewan.com/data101/sdh\\_basics.htm](http://www.pulsewan.com/data101/sdh_basics.htm), fecha de consulta febrero 2012

[8] Espol, Análisis del Diseño de una Red para dar Servicios de Trafico de Telecomunicaciones, <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream>, fecha de consulta febrero 2012

[9] Espol, Análisis del Diseño de una Red para dar Servicios de Trafico de Telecomunicaciones <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/19971/2/Tesina>

[10] Calvete Silvia, Metro Ethernet, <http://www.scribd.com/doc/52968952/METRO-ETHERNET>, fecha de consulta febrero 2012

[11] Calvete Silvia, Metro Ethernet, <http://www.scribd.com/doc/52968952/METRO-ETHERNET>, fecha de consulta febrero 2012

[12] Sanchez Gustavo, Metro Ethernet, <http://www.slideshare.net/iyepes/presentacin-trama-ethernet>, fecha de consulta febrero 2012

[13] Sanchez Gustavo, Metro Ethernet, <http://www.slideshare.net/iyepes/presentacin-trama-ethernet>, fecha de consulta febrero 2012

[14] Espol, Análisis del diseño de una red para dar servicios de tráfico de Telecomunicaciones, <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/19971/2/Tesina>, fecha de consulta febrero 2012

[15] Espol, Análisis del diseño de una red para dar servicios de tráfico de Telecomunicaciones, <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/19971/2/Tesina>, fecha de consulta febrero 2012

[16] Espol, Análisis del diseño de una red para dar servicios de tráfico de Telecomunicaciones, <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/19971/2/Tesina>, fecha de consulta febrero 2012

[17] Espol, Análisis del diseño de una red para dar servicios de tráfico de Telecomunicaciones, <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/19971/2/Tesina>, fecha de consulta febrero 2012

