



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación

**“DISEÑO DE UNA RED SDH ENTRE CUENCA Y AMBATO PARA DAR
SERVICIOS DE 2 STM-1 Y PROVEER A UN CALL CENTER EN
CUENCA DE 2 E1'S INTERNACIONALES HACIA EL NAP DE LAS
AMÉRICAS CON METROETHERNET Y TECNOLOGÍA TDMoIP”**

TESINA DE SEMINARIO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES E

INGENIERO EN TELEMÁTICA

Presentada por:

ALEXANDRA ELIZABETH ROMERO JIMÉNEZ

MARÍA EUGENIA CARRASCO FARÍA

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año 2012

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por sus infinitas bendiciones, a mis padres Neshito y Yolita, a mis hermanos Eli, Belli y Andrey (+), a mis sobrinos y familia que son el motor de mi vida; a mis amigos que son los hermanos que Dios me permitió escoger y a una conversación que gracias a sus palabras estoy terminando lo que un día comencé.

Alexandra Elizabeth Romero Jiménez

Agradezco a Dios por cada día que me presta de vida, a mis padres, a mi hermano, amigos y a todas las personas que han contribuido para finalizar este objetivo; y en especial a Daniel que con su apoyo, cariño y dedicación me da las fuerzas para seguir adelante.

María Eugenia Carrasco Faría

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres, hermanas, sobrinos, cuñado y especialmente a mi hermana Eli por ser mi apoyo incondicional, gracias a toda mi familia por sus enseñanzas, valores y por su infinito amor, por ayudarme a ser una mujer positiva, luchadora, independiente, valiente y llena virtudes para salir adelante ante la adversidad.

Alexandra Elizabeth Romero Jiménez

A toda mi familia y en especial a mi mamá quien es para mí un pilar de fortalezas y ejemplo de lucha ante las adversidades, a mi papá quien siempre ha creído en mí, y a la memoria de mi abuelita Marujita, quien ha sido un ejemplo de amor y entrega total a su familia y demás seres queridos.

María Eugenia Carrasco Faría

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

ING. HÉCTOR FIALLOS
PROFESOR DEL SEMINARIO DE GRADUACIÓN

PhD. BORIS RAMOS
PROFESOR DELEGADO POR LA UNIDAD ACADÉMICA

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de esta Tesina de Grado nos corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Alexandra Romero J.

Ma. Eugenia Carrasco F.

RESUMEN

El proyecto consistió en diseñar un red SDH para una empresa de portadores de servicios de Telecomunicaciones, la cual fue diseñada con un uplink o interfases agregadas STM-4 con dos fibras ópticas, Tx y Rx, con protección tipo anillo; teniendo como nodos principales las ciudades de Cuenca y Ambato, donde se proveen 2 STM-1 como servicio o puerto tributario entre ambas ciudades para una compañía de Telefonía Celular del país.

Además, se diseñó un circuito Clear Channel de 2 E1 con tecnología TDM pura y con TDMoIP entre la ciudad de Cuenca hacia el NAP de las Américas hasta el Meetme Room o MMR, con salida internacional hacia un cable de fibra submarino cuyo POP se situó en la ciudad de Quito, para brindar servicios a un call center de la ciudad de Cuenca.

Se analizaron los costos de implementación de todos los circuitos con las recomendaciones respectivas, así mismo se definió la solución más robusta, entre TDM puro o TDMoIP, para así poder dar un SLA 99,90% para el circuito de 2 E1 Clear Channel; especificándose las conclusiones y observaciones al CEO de la compañía.

En el **Capítulo I** se presentan los fundamentos teóricos necesarios para el entendimiento de las tecnologías a usarse en el proyecto, tales como SDH, TDM, TDMoIP y MetroEthernet.

En el **Capítulo II** se presenta el diseño técnico y económico del proyecto, donde se plantea las posibles rutas a escogerse y las razones de nuestra mejor ruta. Adicional, se especifican los equipos y toda la infraestructura a utilizarse en la implementación del proyecto junto con sus respectivos precios para poder brindar los 2 STM-1 y 2 E1 por medio de la red TDMoIP.

En el **Capítulo III** se muestra la Simulación del proyecto con los 3 nodos principales, Ambato, Cuenca y Quito, realizado paso a paso en el Laboratorio mediante el Servidor Huawei iManager T2000, con las configuraciones de los equipos utilizados tanto en SDH como en TDMoIP, así como también la emulación del proyecto.

En el **Capítulo IV** se presenta el estudio de factibilidad económica necesario para la implementación del proyecto, junto con la solución más solvente de si se implementa o se alquilan las redes, bajo la estimación de la inversión económica a realizarse y el tiempo aproximado de recuperación de la misma.

Finalmente se muestran nuestras **Conclusiones y Recomendaciones** a las que llegamos a establecer como principales para el desarrollo del proyecto.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVII
ABREVIATURAS.....	XX
INTRODUCCIÓN.....	XXII
CAPÍTULO 1.....	1
1. PRINCIPIOS TECNOLÓGICOS PARA EL PROYECTO	1
1.1 Redes de Transporte Óptico	1
1.1.1 Características de una red SDH.....	5
1.1.2 Ventajas de la Red SDH	6
1.1.3 Niveles de la Red SDH	8
1.1.4 Estructura de la trama sincrónica.....	9
1.1.5 Sincronización de una red SDH	12
1.1.6 Estructura de la Multiplexación	12
1.1.7 Componentes de una red SDH	14
1.1.8 Topología de una red SDH.....	16
1.1.9 Esquemas de protección para una red SDH.....	19
1.2 Redes Metro Ethernet, TDM y TDMoIP.....	22

1.2.1 Red Metro Ethernet.....	22
1.2.1.1 Trama Ethernet.....	24
1.2.1.2 Descripción de Metro Ethernet.....	25
1.2.1.3 Servicios Metropolitanos.....	26
1.2.2 TDM (TIME DIVISION MULTIPLEXING).....	27
1.2.2.1 Trama de un E1	28
1.2.3 TDMoIP	30
1.2.4 COMPARACIÓN ENTRE TDM Y TDMoIP.....	31
1.3 FIBRA ÓPTICA.....	32
1.3.1 Características y Ventajas.....	33
1.3.2 Tipos de fibra óptica.....	33
1.3.3 Instalación y Explotación.....	34
CAPÍTULO 2.....	36
2. DISEÑO Y COSTOS DE UNA RED SDH, TDMoIP CON METRO ETHERNET	36
2.1 Diseño de la red SDH entre las ciudades de Cuenca y Ambato, para proveer 2 STM-1 con protección tipo anillo con infraestructura propia.	37
2.1.1 Estudio de la mejor ruta principal y de redundancia.....	38
2.1.2 Análisis de costos de implementación de la red SDH.....	44
2.2 Diseño de un circuito clear channel de 2 E1's con tecnología TDM ó TDMoIP en la ciudad de Cuenca hacia el Nap de las Américas con salida internacional por el POP instalado en la ciudad de Quito.....	55
2.2.1 Activación de 2 E1's Cuenca - Nap de las Américas con tecnología TDM.....	55
2.2.2 Activación de 2 E1's Cuenca - Nap de las Américas con tecnología TDMoIP.....	59

2.2.3 Comparación de costos de servicio SDH y TDMoIP entre infraestructura propia, subarrendar y alquilar el servicio de acuerdo a los requerimientos del CEO de la empresa.	63
---	----

CAPÍTULO 3..... 65

3. SIMULACIÓN DEL PROYECTO SDH Y METRO ETHERNET CON TECNOLOGÍA TDMoIP/TDM EN EL LABORATORIO DE TELECOMUNICACIONES.....	65
3.1 Simulación del proyecto SDH	65
3.1.1 Flujograma de la simulación de una red SDH	67
3.1.2 Configuración de los equipos SDH	69
3.1.3 Mediciones y análisis de potencia de los equipos activos.....	105
3.1.4 Resultados de las pruebas realizadas	107
3.2 Simulación del proyecto TDMoIP/TDM	112
3.2.1 Flujograma de la simulación de la red metro Ethernet TDMoIP	113
3.2.2 Configuración de los equipos TDMoIP/TDM	114
3.2.3 PRUEBAS DE LOOP.	134

CAPÍTULO 4..... 137

4. ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL PROYECTO	137
4.1 Análisis de inversión para implementar el proyecto SDH y TDMoIP ...	141
4.2 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS FINANCIERO IMPLEMENTANDO EL PROYECTO	147
4.3 Análisis de inversión en caso de alquilar la capacidad para subalquilar.....	147
4.4 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS FINANCIERO ALQUILANDO EL SERVICIO PARA SUBALQUILAR.	151

CONCLUSIONES	153
RECOMENDACIONES	159
ANEXO 1: RECOMENDACIONES DE LA ITU-T RELATIVAS A LOS SISTEMAS SDH	163
ANEXO 2: TIPOS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO.....	166
ANEXO 3: TIPOS DE TENDIDO DE FIBRA	169
ANEXO 4: TIPOS DE CABLES SUBMARINOS EN LATINOAMÉRICA	175
ANEXO 5: DESLIZAMIENTOS ACTIVOS EN LA VIA ALOAG-TANDAPI KM.25 + 100.....	183
ANEXO 6: ALARMAS COMUNES A NIVEL DE TDMoIP	185
GLOSARIO	188
BIBLIOGRAFÍA	210

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Niveles en la red SDH [7].....	9
Figura 1.2 Estructura de la trama de una señal STM-1 [10].....	11
Figura 1.3 Estructura de multiplexación de SDH [10].....	13
Figura 1.4 Equipo Regenerador [11].....	14
Figura 1.5 Multiplexor [11]	15
Figura 1.6 Multiplexores Add/Dropp [11].....	15
Figura 1.7 Transconectores Digitales [11]	16
Figura 1.8 Topología Punto a punto [7].....	17
Figura 1.9 Topología Punto-multipunto [7].....	17
Figura 1.10 Topología Hub [7]	18
Figura 1.11 Topología tipo Anillo [7]	19
Figura 1.12 Trama Ethernet 64-1518 bytes	24
Figura 1.13 Trama Ethernet 68-1522 bytes	25
Figura 1.14 Red Metropolitana [15].....	25
Figura 1.15 Trama de un E1 [18].....	29
Figura 1.16 Red TDMolp [19].....	30
Figura 1.17 Estructura de la fibra óptica	32
Figura 2.1 Anillo STM-16 formado por la ruta principal y backup	42
Figura 2.2 Diseño de la parte de TDM	58

Figura 2.3 Diseño de la parte de TDMoIP	61
Figura 3.1 Conexión entre los nodos Cuenca y Ambato	66
Figura 3.2 Conexiones de los equipos Huawei (Optix OSN 1500).....	67
Figura 3.3 Servicios corriendo en el T2000 Server	70
Figura 3.4 Pantalla Gráfica de inicio	71
Figura 3.5 Creando el primer Network Element	72
Figura 3.6 Configuración del NE3 – UIO.....	73
Figura 3.7 Elementos de nuestra red.....	74
Figura 3.8 Configuración Manual	75
Figura 3.9 Tipo de subrack del Optix OSN 1500B	75
Figura 3.10 Pasos para activar las tarjetas SDH	76
Figura 3.11 Tarjetas activas en el SDH NE1 (CUE).....	77
Figura 3.12 Tarjetas activas en el SDH NE3 (UIO).....	77
Figura 3.13 Tarjetas activas en el SDH NE2 (AMB)	78
Figura 3.14 Verificación de la configuración realizada.....	79
Figura 3.15 Cambio de nombres de los NE	80
Figura 3.16 Ícono de la fibra	80
Figura 3.17 Anillo STM-4 con Optix OSN 1500.....	81
Figura 3.18 Creación de la fibra entre los equipos SDH UIO-CUE	82
Figura 3.19 Fibra entre los equipos SDH UIO-CUE.....	83

Figura 3.20 Fibra entre los equipos SDH CUE-AMB	84
Figura 3.21 Fibra entre los equipos SDH AMB-UIO.....	84
Figura 3.22 Anillo STM-4 Cerrado	85
Figura 3.23 Creación de la Protección en los nodos.....	86
Figura 3.24 Pasos para configurar protecciones en los nodos	87
Figura 3.25 Rutas de protección creadas en los tres nodos	88
Figura 3.26 Confirmación que la protección es satisfactoria.....	89
Figura 3.27 Configuración del trail en el nodo CUE en el VC-4	90
Figura 3.28 Configuración del trail en el nodo AMB en VC-4.....	91
Figura 3.29 Configuración del trail CUE-AMB a nivel de VC-4	92
Figura 3.30 Configuración del trail en el nodo CUE	93
Figura 3.31 Configuración del trail en el nodo Ambato	94
Figura 3.32 Creación satisfactoria del trail CUE-AMB a nivel Gigabit.....	95
Figura 3.33 Trail a nivel de VC-12	96
Figura 3.34 Pasos para la configuración de la Gigabit.....	97
Figura 3.35 Configuración del puerto externo de la Giga en CUE	98
Figura 3.36 Configuración del puerto interno de la Gigabit Ethernet	99
Figura 3.37 Inicio del clock en el 2do puerto de la tarjeta STM-4 UIO.....	100
Figura 3.38 Configuración en el Clock Quality G-811	102
Figura 3.39 Status del clock habilitado	102

Figura 3.40 Selección del clock y prioridad en el equipo de UIO	103
Figura 3.41 Selección del clock y prioridad en el equipo de CUE	103
Figura 3.42 Selección del clock y prioridad en el equipo de AMB.....	104
Figura 3.43 Configuración del clock en los tres nodos.....	105
Figura 3.44 Toma fotográfica de la conexión de los Routers en el laboratorio..	108
Figura 3.45 Router#2 Gi0/2	109
Figura 3.46 Router#3 Gi0/2	110
Figura 3.47 Ping Router#3 IP destino: 192.168.50.1	111
Figura 3.48 Diagrama de 2 E1's CUE-NAP	112
Figura 3.49 Pasos para ingresar al HyperTerminal.....	114
Figura 3.50 Etiqueta del archivo	115
Figura 3.51 Escoger la velocidad del PROMPT	116
Figura 3.52 Pantalla principal del lpmux	117
Figura 3.53 Menú principal del lpmux.....	117
Figura 3.54 Diagrama de flujo del menú configuración.....	118
Figura 3.55 Menú Inventario	119
Figura 3.56 Menú Configuración.....	119
Figura 3.57 Configuración de la IP para la gestión y monitoreo	120
Figura 3.58 Configuración de la hora.....	121
Figura 3.59 Diagrama de flujo de la opción PhysicalLayer	121

Figura 3.60 Opciones de tipos de Clock	122
Figura 3.61 Modos de operación del E1	123
Figura 3.62 Configuración del Canal ID	124
Figura 3.63 Configuración del Puerto Ethernet	125
Figura 3.64 Configuración del bundle	126
Figura 3.65 Diagrama de flujo de la opción Monitoring	126
Figura 3.66 Opciones del Menú Monitoreo	127
Figura 3.67 Estadísticas del TDM	128
Figura 3.68 Estadísticas de errores de conexión	128
Figura 3.69 Opciones de Estado en el Menú de Status	130
Figura 3.70 Estado de la conexión del E1	131
Figura 3.71 Logs o eventos en el equipo	133
Figura 3.72 Loop Internal	135
Figura 3.73 Loop External	136
Figura 3.74 Toma de errores con el Analizador (HBT)	136
Figura 4.1 Diagrama de flujo de caja para la implementación del proyecto	144
Figura 4.2 Diagrama de bloques comparativo del flujo de caja	146
Figura 4.3 Diagrama de flujo de caja para alquilar servicios	150
Figura 4.4 Diagrama de bloques comparativo del VAN	152
Figura 4.5 Diagrama de bloques comparativo del TIR	152

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Recomendaciones ITU-T sobre SDH.....	3
Tabla 1.2 Equivalencia entre SONET y SDH.....	4
Tabla 1.3 Tabla comparativa de Ethernet Vs. Tecnologías alternativas [16]	24
Tabla 2.1 Rutas propuestas para principal y backup	38
Tabla 2.2 Rutas propuestas con mejor solución	40
Tabla 2.3 Tipos y parámetros de módulos ópticos provistos por SDH.....	43
Tabla 2.4 Umbrales de la Tarjeta Óptica EGT2	44
Tabla 2.5 Cálculos en el anillo de la ruta interurbana principal.....	47
Tabla 2.6 Cálculos en el anillo de la ruta interurbana backup.....	47
Tabla 2.7 Cálculos de la ruta urbana	48
Tabla 2.8 Costo del software de gestión de la red.....	48
Tabla 2.9 Costo total de implementación de un nodo principal.....	49
Tabla 2.10 Costo total de implementación de un nodo secundario.....	50
Tabla 2.11 Costos de la fibra en la ruta Principal.....	51
Tabla 2.12 Costos de la fibra en la ruta backup.....	52
Tabla 2.13 Costos Total de Inversión en el anillo SDH interurbano.....	52
Tabla 2.14 Costos para la ruta urbana en la Ciudad de Cuenca	53

Tabla 2.15 Costos para la ruta urbana en la Ciudad de Ambato	54
Tabla 2.16 Costo total para el tendido urbano	54
Tabla 2.17 Costos TDM Cuenca - Nap de las Américas.....	58
Tabla 2.18 Costos TDMoIP Cuenca - Nap de las Américas	62
Tabla 2.19 Comparación de costos de alquiler entre dos proveedores	63
Tabla 2.20 Costos de la implementación de nuestro proyecto	64
Tabla 3.1 Identificación de cada NE	85
Tabla 3.2 Nodos con su respectiva prioridad	101
Tabla 3.3 Atenuaciones entre los 3 nodos principales.....	107
Tabla 3.4 Alarmas típicas a nivel de conexión	129
Tabla 3.5 Alarmas típicas a nivel Ethernet.....	132
Tabla 3.6 Alarmas comunes en los Log's del equipo.....	134
Tabla 4.1 Interpretación del VAN.....	139
Tabla 4.2 Distribución lógica de los VC-4 en el anillo STM-16	140
Tabla 4.3 Cantidad de STM-1 vendidos por tramos.....	141
Tabla 4.4 Cantidad de STM-1 proyectados a vender anualmente.....	141
Tabla 4.5 Estructura del Capital.....	142
Tabla 4.6 Pago de Capital e Intereses de la Deuda.....	142
Tabla 4.7 Flujo de Caja implementando el proyecto a 5 años	143
Tabla 4.8 Resultados financieras implementando el proyecto	145

Tabla 4.9 Flujo de Caja implementando el proyecto	146
Tabla 4.10 Payback Real.....	146
Tabla 4.11 Alquilamos al Proveedor A.....	148
Tabla 4.12 Plan de Venta subalquilando	148
Tabla 4.13 Capital de Trabajo	149
Tabla 4.14 Flujo de Caja alquilando el servicio.....	149
Tabla 4.15 Resultados financieros alquilando	150

ABREVIATURAS

Abreviaturas	Inglés	Español
ADM	Add/Drop multiplexer	El multiplexor de extracción-inserción
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Modo de Transferencia Asíncrono
APS	Automatic Protection Switching	Protección de switcheo automatic
AU	Administrative Unit	Unidad Administrativa
AUG	Administrative Unit Group	Grupo de Unidades Administrativas
CE	Customer Equipment	Equipo del Cliente
EVC	Ethernet Virtual Connection	Conexión Ethernet Virtual
EVPL	Ethernet Virtual Private Line	Línea Ethernet Virtual Privada
ITU	International Telecommunication Union	Unión Internacional de Telecomunicaciones
ISP	Internet Service Provider	Proveedor de servicio de internet
MEF	Metro Ethernet Forum	Metro Ethernet Foro
MEN	Metro Ethernet Network	Red Metro Ethernet
MMR	Meet me room	Cuarto de Conexiones
MPLS	Multiprotocol Label Switching	Conmutación Multi-Protocolo mediante Etiquetas
MSOH	Multiplex Section Overhead	Tara de Sección de Multiplexación
MSP	Multiplex Section Protection	Protección de Sección de Multiplexación
NAP	Network Access Point	Punto de Acceso a Redes
NE	Network Element	Elemento de Red
NM	Network Management	Ayudante de Red
OAM	Operation, administration and management	Celdas de operaciones, administración y mantenimiento
OTDR	Optical Time Domain Reflectometer	Reflectómetro de dominio Tiempo óptico
PBX	Private Branch Exchange	Intercambio de canales privados

PCM	Pulse Code Modulation	Modulación por impulsos codificados
PDV	Packet Delay Variation	Variación de paquetes de retardo
POP	Point of Presence	Punto de presencia
PRC	Primary Reference Clock	Reloj Principal de Referencia
PSN	Packet switching Network	Red de conmutación de paquetes
QoS	Quality of service	Calidad de Servicio
RSOH	Regenerator section overhead	Tara de sección de Regeneración
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	Jerarquía Digital Sincrónica
SLA	Service Level Agreement	Acuerdo de Nivel de Servicio
SNCP	Sub-Network Connection Protection	Protección de Conexión de Red
SOH	Section Over Head	Tara de Sección
STM	Synchronous Transport Module	Módulo de Transporte Síncrono
TDM	Time Division Multiplexing	Multiplexación por división de tiempo
TDMoIP	Time division multiplexing over IP	Multiplexación por división de tiempo sobre el protocolo IP
TU	Tributary Unit	Unidad Tributaria
TUG	Tributary Unit Group	Grupo de Unidades Tributarias
UNI	User to Network Interface	Interfaz Usuario a Red
VC	Virtual Container	Contenedor Virtual
VLAN	Virtual Local Area Network	Red de área local virtual
VoD	Video on Demand	Video bajo demanda
VoIP	Voice over Ip	Voz sobre Ip
VPN	Virtual Private Network	Red privada virtual

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, diversos factores tanto técnicos, económicos y sociales han propiciado el desarrollo tecnológico de los equipos y servicios en el mundo de las telecomunicaciones, como la reducción de barreras culturales; el crecimiento económico de los países desarrollados e imperialistas; y la demanda de telefonía celular y de la red Internet, obteniendo tasas de crecimiento de usuarios y tráfico superiores al 100% y 200% anuales, respectivamente. Además, del desarrollo de novedosas tecnologías de acceso como cable módems, ATM, RDSI, ADSL, Gigabit Ethernet, etc. que ofrecen a los usuarios servicios interactivos y de multimedia, tales como videoconferencia, televisión digital de alta definición, transmisión de grandes cantidades de datos entre redes de computadoras, etc; que estiman un incremento en la demanda de ancho de banda de más del 300% en los años siguientes.

Tornándose de esta manera imperante el desarrollo de tecnologías que soporten dicha demanda de ancho de banda y altas velocidades; ya que si bien es cierto nos encontramos en un mundo globalizado con mayores beneficios, también a medida que avanza la tecnología se crean mayores necesidades, y por ende a nivel de cantidad y calidad de servicio, el mercado se vuelve más competitivo día a día.

CAPÍTULO 1

1. PRINCIPIOS TECNOLÓGICOS PARA EL PROYECTO

1.1 Redes de Transporte Óptico

En los últimos años, la demanda de velocidades en las telecomunicaciones y los avances realizados en fibras ópticas y semiconductores que se han aplicado a la transmisión de señales, han provocado una notable evolución técnica y económica, convirtiéndose las redes de transporte óptico en la plataforma ideal de transporte de grandes cantidades de tráfico a alta velocidad a nivel de las telecomunicaciones; siendo un conjunto de elementos ópticos conectados por fibra óptica, capaces de proveer transporte, multiplexación, enrutado, gestión y supervisión de las señales ópticas. [1]

Además, son la transición gradual de analógico a digital con el objeto de dotar de mayor consistencia y versatilidad a las redes ópticas para poder soportar la demanda de mayores velocidades binarias, desarrollándose así algunas tecnologías de transporte óptico como **PDH**.

Debido a que las velocidades de transmisión de PDH no son las mismas para EEUU y Japón que para Europa, las pasarelas entre redes de ambos tipos resultaron más complejas y costosas, por lo que surgió **SDH**, también conocida como **SONET**, un estándar internacional para redes ópticas de telecomunicaciones de alta capacidad, introducida por el año 1992 y que ha tenido un gran desarrollo desde entonces, llegando a convertirse en la tecnología de transporte dominante en las redes metropolitanas de los proveedores de servicios de telecomunicaciones.

La última tecnología de transmisión en aparecer, que se la considera aun en desarrollo, ha sido **DWDM**, caracterizada por sus altísimas capacidades de transmisión, por su transparencia sobre los datos de jerarquías inferiores, y por una transmisión totalmente óptica, alcanzando anchos de banda de hasta 400 Gbps. [2]

Tecnología de Transporte SDH, técnicamente, es un sistema de transporte digital sincrónico que se ha desarrollado en todos los niveles de

la infraestructura de las redes, incluyendo las redes de acceso y de larga distancia; diseñado para proveer una infraestructura más sencilla, económica y flexible para redes de telecomunicaciones mediante fibra óptica.

Está basado en la superposición de una señal multiplexada sincrónica sobre un haz de luz transmitido sobre un cable de fibra óptica. SDH también está definido para funcionar con enlaces de radio, cobre, satélite e interfaces eléctricas entre los equipos. [3]

Se lo conoce también como SONET porque son tecnologías similares que tienen la misma utilidad, pero tienen ciertas diferencias técnicas. SONET, es utilizada en Estados Unidos, Canadá, Corea, Taiwan y Hong Kong y sus estándares están definidos por la ANSI (Instituto Nacional de Estándares Americanos); mientras que SDH es utilizada en el resto del mundo y está regulado por la ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones), la cual recoge las siguientes recomendaciones como indica la tabla 1.1:

Recomendación ITU-T	Descripción
G.707	Velocidad de bits de SDH
G.708	Interfaz de nodos en la red para SDH
G.709	Estructura de multiplexación sincrónica

Tabla 1.1 Recomendaciones ITU-T sobre SDH

En el **Anexo 1** podemos encontrar todas las recomendaciones ITU para el uso de SDH.

En la tabla 1.2 se muestra la equivalencia entre SDH y SONET en cuestión de velocidades o tasas de bits que se refieren a la velocidad que es transportada a través de la fibra óptica.

Tasa de Bit	SONET	Capacidad SONET	SDH	Capacidad SDH
51,84 Mbps	STS-1, OC-1	28 DS1 o 1 DS3	STM-0	21 E1
155,52 Mbps	STS-3, OC-3	84 DS1 o 3 DS3	STM-1	63 E1 O 1 E4
622,08 Mbps	STS-12, OC-12	336 DS1 o 12 DS3	STM-4	252 E1 O 4 E4
2488,32 Mbps	STS-48, OC-48	1344 DS1 o 48 DS3	STM-16	1008 E1 O 16 E4
9953,28 Mbps	STS-192, OC-192	5376 DS1 o 192 DS3	STM-64	4032 E1 O 64 E4
39813,12 Mbps	STS-768, OC-768	21504 DS1 o 768 DS3	STM-256	16128 E1 O 256 E4

Tabla 1.2 Equivalencia entre SONET y SDH

Las recomendaciones del ITU definen un número de velocidades de transmisión básicas en SDH:

155 Mbps, STM - 1

622 Mbps, STM - 4

2,4 Gbps, STM - 16

10 Gbps, STM - 64

Estas recomendaciones definen también una estructura de multiplexación, donde una señal STM-1 puede portar señales de menor tráfico, permitiendo el transporte de señales PDH entre 1,5 Mbps y 140 Mbps. [4]

1.1.1 Características de SDH

Algunas de las características de SDH son:

Auto-Reparable, re-enrutamiento automático del tráfico sin interrupción del servicio.

Servicio/demanda, rápida provisión de servicios punto a punto bajo la demanda del mercado.

Acceso flexible, administración flexible de una gran variedad de servicios de ancho de banda fijo. [5]

El estándar SDH también favorece la creación de estructuras de redes abiertas, incrementando la competencia en la provisión de servicios.

1.1.2 Ventajas de la Red SDH

Simplificación de la red, Uno de los mayores beneficios de la jerarquía SDH es la simplificación de la red en comparación a PDH, por el hecho de ser sincrónico, lo que permite multiplexación y demultiplexación en niveles simples, eliminando el hardware complejo sin necesidad de utilizar una cascada de multiplexores, lo que reduce los costos de equipamiento sin degradar la señal.

Estandarización, Los estándares SDH permiten la interconexión de equipos de distintos fabricantes en el mismo enlace, permitiendo a los usuarios libertad de elección de suministradores y evitando los problemas asociados a estar cautivo a la solución de un único fabricante.

Fiabilidad, En una red SDH los elementos de red se monitorizan extremo a extremo, incluyendo varios mecanismos automáticos de protección y recuperación ante posibles fallas de manera transparente, controlados desde un sistema de gestión que permiten la inmediata identificación de algún evento en la red, garantizando la **continuidad**

de los servicios y previniendo que se colapse la red, y por ende un desastre financiero para el proveedor.

Software de control, SDH emplea un sistema estándar de control total y monitorización de la red desde un lugar centralizado, no solo con funcionalidades típicas de gestión de alarmas, sino otras más avanzadas como monitorización del rendimiento, gestión de la configuración y recursos; seguridad, planificación y diseño de la red, entre otras; permitiendo a los proveedores reaccionar rápida y fácilmente, ahorrando tiempo de desplazamiento físico a equipos remotos.

Plataforma a prueba de futuro, Los sistemas SDH logran velocidades de 10 Gbit/s hasta la actualidad, siendo así la plataforma ideal para múltiples servicios, con la tecnología más adecuada para los equipos de backbone de una red amplia de telecomunicaciones, pudiéndose brindar diversos servicios desde telefonía tradicional, redes RDSI o telefonía móvil hasta las comunicaciones de datos; e igualmente servicios más recientes como el video bajo demanda (VOD) o la transmisión de video digital vía ATM.

Uno de los objetivos de la implementación de esta jerarquía era el proceso de adaptación al sistema plesiócromo ya implementado. Ésta es la razón por la que la ITU-T normalizó el proceso de transportar las antiguas tramas en la nueva. [6]

1.1.3 Niveles de la Red SDH

Esta tecnología sincrónica ha sido mapeada en una estructura jerárquica de 4 niveles:

Fofónico, El cual trata del nivel físico, especificando el tipo de fibra óptica, al igual que los valores de potencias mínimas requeridas, la atenuación de los láseres y sensibilidad de los receptores.

Sección de regeneración, Crea los niveles de los Frames, convirtiendo las señales eléctricas en señales ópticas.

Líneas o sección de Multiplexación, Controla el nivel de sincronización, el multiplexado de datos en las tramas, protección de funciones de mantenimiento y conmutación.

Conexión de camino, Se refiere al transporte punto a punto de los contenedores virtuales (VC), donde lee, interpreta o modifica el overhead para el switcheo automático, la figura 1.1 hace referencia a lo especificado:

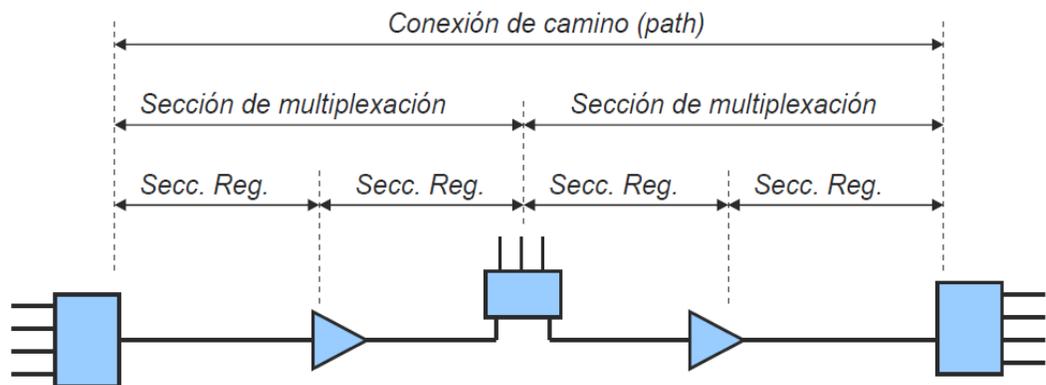


Figura 1.1 Niveles en la red SDH [7]

1.1.4 Estructura de la trama sincrónica

La trama básica de SDH es el STM-1, con una velocidad de 155 Mbps, que consiste en una matriz de 9 hileras de 270 bytes cada una, donde 1 byte tiene 8 bits. Cada trama va encapsulada en una estructura especial denominada contenedor, donde se añaden cabeceras de control que identifican el contenido de la estructura, y luego de un proceso de multiplexación se integra dentro de la estructura STM-1.

Los niveles superiores se forman a partir de multiplexar a nivel de bytes varias estructuras STM-1, dando lugar a los niveles STM-4, STM-16 y STM-64.

La trama se transmite de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. La frecuencia de la trama es igual a 8Khz, seleccionada de modo que 1 byte de la trama pueda corresponder a la velocidad de transmisión de un canal de 64kbps. De esto resulta que la capacidad de transmisión es de:

$$\mathbf{STM-1 = a \times b \times c}$$

Donde:

a= Número de bits de los que se compone cada byte

b= Número de bytes contenidos en una trama

c= Frecuencia de la trama, corresponde a la tasa de muestreo de un canal PCM de Kbps.

Reemplazando esta expresión por sus valores numéricos, obtenemos que:

$$\mathbf{STM-1 = 1 * 8000 * (270 \text{ octetos} * 9 \text{ filas} * 8 \text{ bits}) = 155 \text{ Mbps}}$$

$$\mathbf{STM-4 = 4 * 8000 * (270 \text{ octetos} * 9 \text{ filas} * 8 \text{ bits}) = 622 \text{ Mbps}}$$

$$\mathbf{STM-16 = 16 * 8000 * (270 \text{ octetos} * 9 \text{ filas} * 8 \text{ bits}) = 2.5 \text{ Gbps}}$$

STM-64 = $64 * 8000 * (270 \text{ octetos} * 9 \text{ filas} * 8 \text{ bits}) = 10 \text{ Gbps}$

STM-256 = $256 * 8000 * (270 \text{ octetos} * 9 \text{ filas} * 8 \text{ bits}) = 40 \text{ Gbps [8]}$.

Cada trama se compone principalmente de:

Sección Overhead, representada con la sigla SOH, que utiliza los 9 primeros bytes de cada hilera, excepto la cuarta, que se usa para la transmisión de información de servicio.

Un campo, de 261 x 9 bytes más los 9 primeros bytes de la cuarta hilera del STM-1, que constituye la Unidad Administrativa (AU – 4) donde se carga la información útil a transportar; en la figura 1.2 se hace referencia. [9]

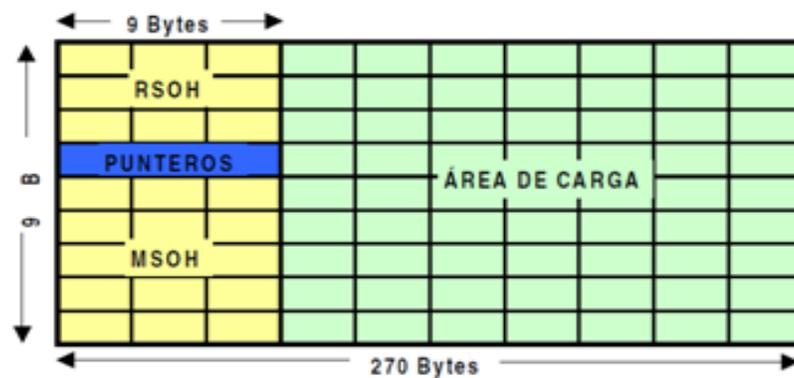


Figura 1.2 Estructura de la trama de una señal STM-1 [10]

1.1.5 Sincronización de una red SDH

Antes de realizarse cualquier multiplexación en los equipos de una red SDH, deben sincronizarse primero las distintas señales en el lado de entrada de los equipos, ya que estas señales de transporte pueden estar desalineadas tanto en la fase de temporización como en la tasa de bits.

La sincronización de una red SDH consiste en el proceso de establecer la señal de "CLOCK" de un equipo principal, para que en la operación de los otros elementos de la red la tomen como referencia y los procesos que se ejecuten coincidan en el tiempo. [5]

1.1.6 Estructura de la Multiplexación

En la multiplexación y generación de las tramas SDH se presentan dos estados de multiplexación en cascada, el primero a nivel de unidades tributarias (TU), y el otro de Unidades Administrativas (AU), donde es posible realizar el proceso de sincronización de los flujos numéricos que sirven para construir la trama SDH.

Los contenedores son empaquetados en STM por los NE, que junto con una cabecera de camino (POH) dan lugar al **contenedor virtual (VC)**, conociendo la posición exacta del VC dentro de la carga útil (PAYLOAD) de la trama.

La agrupación de los VCs más el puntero (AU-PTR), forman las **Unidades Tributarias (TU)**, donde el puntero indica la posición del VC dentro de la TU. La Unidad Tributaria es empaquetada en **Grupos de Unidades Tributarias (TUG)** y estos a su vez son agrupados para formar los **Grupos de Unidades Administrativas (AUG)** y así las AUGs forman el **STM-1**. Podemos apreciar a continuación en la figura 1.3 la estructura de multiplexación de SDH.

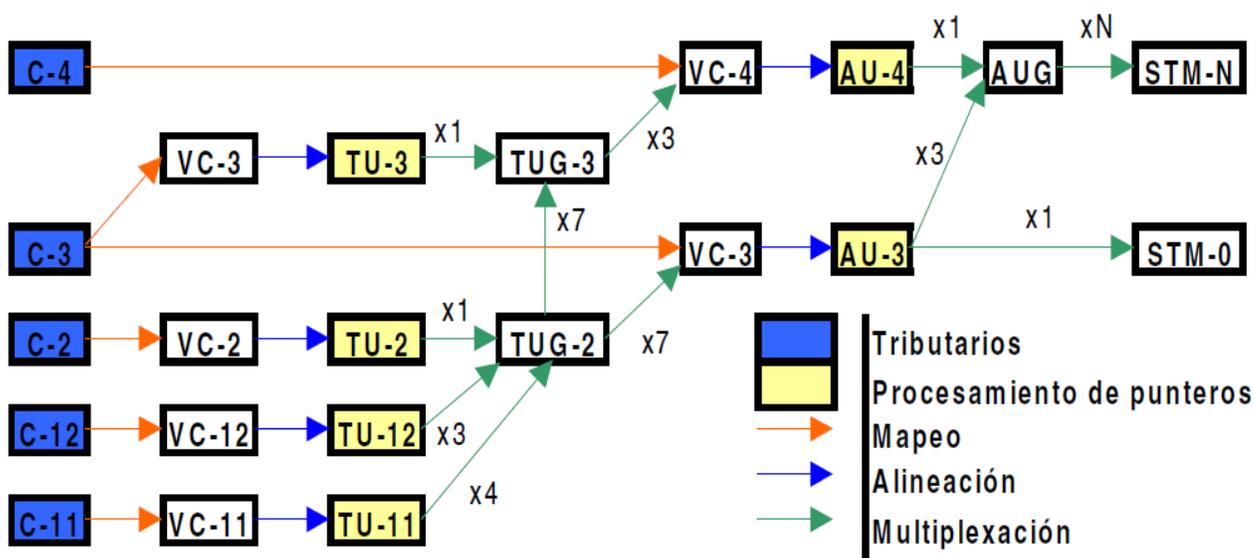


Figura 1.3 Estructura de multiplexación de SDH [10]

1.1.7 Componentes de una red SDH

Las redes síncronas deben ser capaces de transmitir las señales plesiócronicas, y al mismo tiempo, ser capaces de soportar servicios futuros como ATM para lo que se requiere el empleo de distintos tipos de elementos de red. Las redes SDH actuales están formadas básicamente por cuatro tipos de elementos.

Regeneradores, Como su nombre implica, estos equipos se encargan de regenerar el reloj y la amplitud de las señales de datos entrantes que han sido atenuadas y distorsionadas por la dispersión y otros factores. En la figura 1.4 podemos observar el funcionamiento de un equipo regenerador.

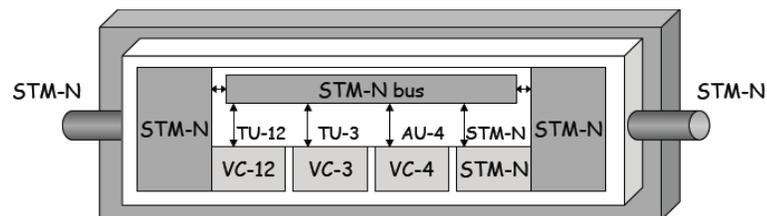


Figura 1.4 Equipo Regenerador [11]

Multiplexores, Se emplean para combinar las señales de entrada plesiócronicas y terminales síncronas en señales STM-N de mayor velocidad, como se refiere en la figura 1.5.

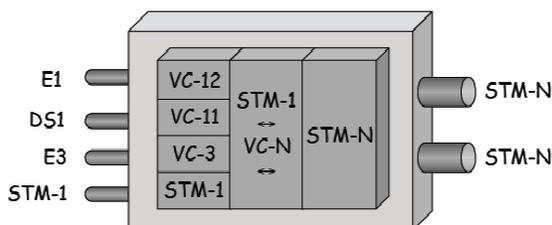


Figura 1.5 Multiplexor [11]

Multiplexores Add/Drop (ADM), Permiten insertar y extraer señales plesiócronas y síncronas de menor velocidad binaria en el flujo de datos SDH de alta velocidad y se estructura como se indica en la figura 1.6, lo que posibilita la configuración de estructuras tipo anillo, que permite conmutar automáticamente a un trayecto de reserva en caso de fallo de algún elemento en el trayecto.

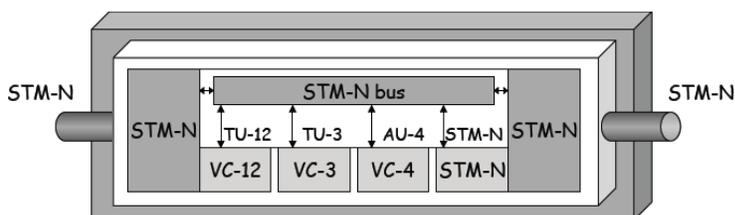


Figura 1.6 Multiplexores Add/Drop [11]

Transconectores Digitales (DXC), Este es el elemento que más funciones brinda, entre las cuales mapear las señales tributarias PDH en contenedores virtuales, así como conmutar múltiples contenedores,

incluso VC-4, en la figura 1.7 se puede observar los transconectores.

[12]

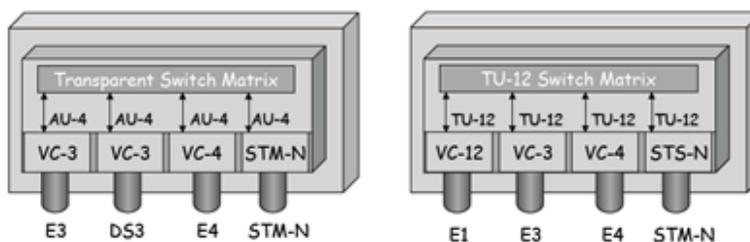


Figura 1.7 Transconectores Digitales [11]

1.1.8 Topología de una red SDH

La topología de red se define como la cadena de comunicación entre los nodos que la conforman, donde el elemento principal es el ADM, del cual se pueden colocar varios en una configuración para tráfico bidireccional o unidireccional. La disposición de varias topologías en una sola, crean nuevas redes o subredes internas y externas, según la implementación que se requiera realizar y de los servicios que se demande a futuro.

Punto a punto, La configuración de red punto a punto es la más sencilla, está formada por dos multiplexores terminales, unidos por medio de una fibra óptica en los extremos de la conexión y con la posibilidad de un regenerador en medio del enlace en caso de hacer

falta, miremos la figura 1.8 para una mejor visualización de lo comentado.

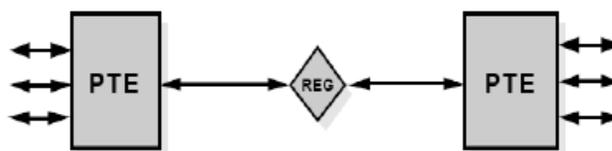


Figura 1.8 Topología Punto a punto [7]

Punto a multipunto, Esta topología incluye elementos de red ADM a lo largo de su recorrido. El **ADM** es el único elemento especialmente diseñado para esta tarea, evitando las incómodas arquitecturas de red de demultiplexado, conectores en cruz y luego de volver a multiplexar. Se coloca el ADM a lo largo del enlace para facilitar el acceso a los canales en los puntos intermedios de la red, como se indica en la figura 1.9.

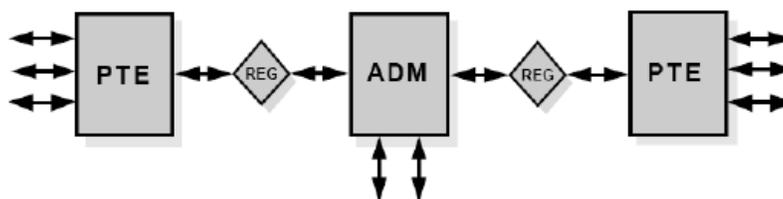


Figura 1.9 Topología Punto-multipunto [7]

Red Hub, Esta arquitectura es útil para los crecimientos inesperados y cambios producidos en la red de una forma más sencilla que las redes punto a punto. Un **hub** concentra el tráfico en un punto central y distribuye las señales a varios circuitos, como se puede apreciar en la figura 1.10.

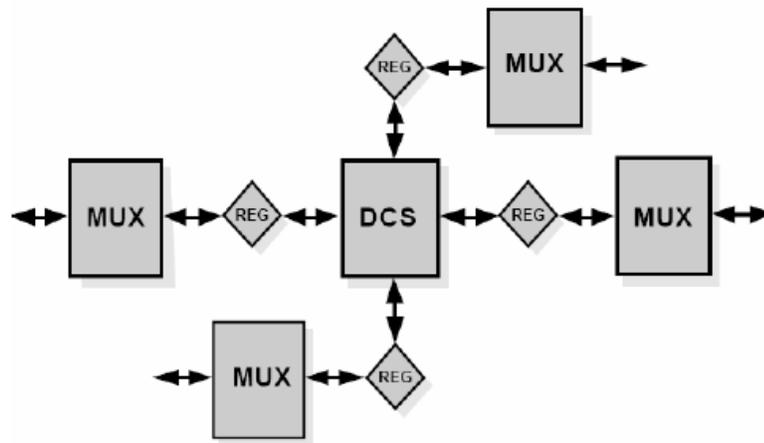


Figura 1.10 Topología Hub [7]

Arquitectura en anillo, La principal ventaja de la topología tipo anillo es su seguridad; si un cable de fibra se rompe o se corta, los multiplexores tienen la inteligencia necesaria para desviar el tráfico a través de otros nodos del anillo sin ninguna interrupción como se indica en la figura 1.11; por lo cual se ha convertido en la topología de mayor confianza para los proveedores de servicios de telecomunicaciones.

[13]

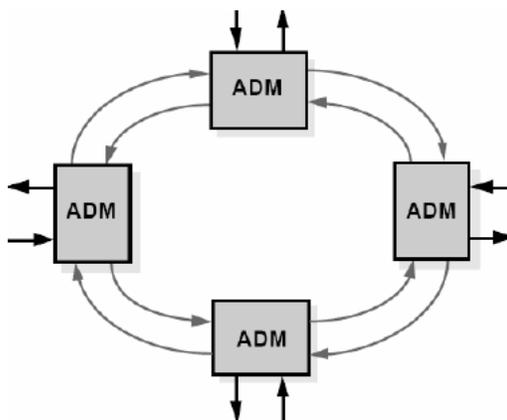


Figura 1.11 Topología tipo Anillo [7]

1.1.9 Esquemas de protección para una red SDH

En toda red es indispensable agregar protecciones para disminuir el riesgo de fallos. En SDH, las protecciones están estandarizadas y permiten agregarse en todos los nodos de manera redundante para asegurar la disponibilidad del tráfico. Para los proveedores de servicios de telecomunicaciones, la protección de la red es imprescindible, ya que este factor contribuye a mantener un servicio de calidad garantizado, medido por el SLA, que se define como el acuerdo de nivel del servicio para los clientes, el cual se basa en medidas de supervivencia de la red, tales como la tasa de fallos y los tiempos de reparación, que buscan una fiabilidad del 99.999%, es decir, máximo 4 segundos de caída por mes.

El equipamiento conocido como Carrier Class es muy necesario para el respaldo físico de la red, el cual consiste en duplicar el equipamiento de cada NEs a nivel local como las fuentes de alimentación de energía eléctrica, los sistemas de relojes, unidades tributarias, entre otros.

Un proceso importante en la protección de la red SDH, es la restauración de las rutas de extremo a extremo, mediante algoritmos de enrutamiento que trabajan sobre toda la red, re-enrutando tráfico para mantener el servicio cuando el Network Management (NM) o sistema de gestión detecta alguna falla, donde los tiempos de restauración son relativos, pudiendo variar desde segundos, minutos, hasta incluso horas, por lo que se debe hacer un estudio detallado con el fin de reducirlos.

Estos algoritmos de enrutamiento son programados por el software de los NEs, descartando tráfico de menor prioridad o usando capacidad extra entre nodos que debe ser asignada, mientras que la capacidad libre puede ser compartida, resultando así la restauración más flexible.

Se conocen 2 tipos de arquitecturas de protección, que se mencionan a continuación:

Automatic Protection Switching (APS), permite la recuperación automática ante la presencia de fallas o pérdida de señal cuando se detecta un alto porcentaje de errores (BER) en el enlace. En caminos muy largos a pesar del retardo de propagación puede obtenerse tiempos de recuperación promedios de 50-60ms.

Multiplex Section Protection (MSP), opera con una sección de tráfico ubicada entre dos nodos adyacentes con dos fibras diferentes, la operativa o principal y la de protección conocida como back-up. Ante un evento de fallo en el enlace, el tráfico que pasa por la fibra principal es conmutado por el back-up, disminuyendo el tiempo de indisponibilidad de los servicios provistos por la red. Hay tres tipos diferentes de protección MSP, que son:

Protección 1:1, es un esquema de doble extremo, donde el tráfico es enviado por el enlace activo únicamente. Se detecta el fallo en el extremo contrario cuando no se recibe tráfico por un periodo prolongado de tiempo, por lo que se conmuta a la otra línea.

Protección 1:N, es similar al 1:1 con la excepción de que varios canales operativos pueden ser protegidos por un único canal de back-up.

Protección 1+1 (MSP), se usa cuando el tráfico es enviado tanto por la ruta activa como por la ruta de protección. Si se detecta una pérdida de tráfico, en el extremo receptor se comienza un proceso de conmutación hacia el camino de protección.

Adicional, se conoce otro tipo de protección llamada **Sub-Network Connection Protection (SNCP)**, de tipo 1+1 y unidireccional, es decir, la señal va por dos caminos diferentes y se selecciona la mejor ruta, cuyo objetivo es proteger todo el camino de la conexión. [11]

1.2 Redes Metro Ethernet, TDM y TDMoIP

1.2.1 Red Metro Ethernet

Una red Metroethernet es un conjunto de estándares de la capa física y MAC para la transmisión de datos, inventado por Robert M. Metcalfe en 1973 que luego se estandarizó por el IEEE bajo los estándares 802.3.

Ethernet, ha logrado dominar la LAN por su infraestructura simple, facilidad y bajo costo; sin embargo, se ha mantenido con dicho entorno debido a sus limitaciones técnicas.

Los organismos de estandarización (IEEE, IETF, ITU) y los acuerdos entre fabricantes, están influyendo en su evolución; llegando a crear el MEF (Metro Ethernet Forum), organismo dedicado únicamente a definir Ethernet como servicio metropolitano. [14]

Los beneficios que MetroEthernet ofrece son:

Facilidad, Interconectando con Ethernet se simplifica las operaciones de red, administración, manejo y actualización.

Economía, Los servicios Ethernet reducen el capital de inversión y operación de tres formas: se emplean interfaces Ethernet que son las más usadas para las soluciones de Networking; ofrecen un bajo costo en la administración, operación y funcionamiento de la red; y permiten a los usuarios acceder a conexiones de banda ancha a menor costo.

Flexibilidad, Las redes Ethernet permiten modificar y manipular de una manera más dinámica, versátil y eficiente, los anchos de banda y cantidad de usuarios en corto tiempo.

Es así que podemos comparar a Ethernet con varias tecnologías alternativas como lo indica la tabla 1.3. [15]

	Ethernet	FR	ATM
Escalabilidad	10M a 10G	56K a 45M	1.5M a 622M
QoS	Soportado	Limitado	Si
Flexibilidad del Servicio	Alta	Baja	Baja
Eficiencia del Protocolo	Alta	Media	Baja
Optimizado para IP	Si	No	No
Aprovisionamiento	Rápido	Lento	Lento
CPE: Costo por Puerto	\$	\$\$	\$\$\$
Costo/Mb	\$	\$\$	\$\$\$

Tabla 1.3 Tabla comparativa de Ethernet Vs. Tecnologías alternativas [16]

1.2.1.1 Trama Ethernet

Los datos transmitidos se encapsulan en un contenedor, que se llama **trama**, de la cual existen dos tipos de trama soportados dentro de la IEEE 802.3:

La trama de Ethernet puede variar desde 64 a 1518 bytes, como se puede ver en la figura 1.12.

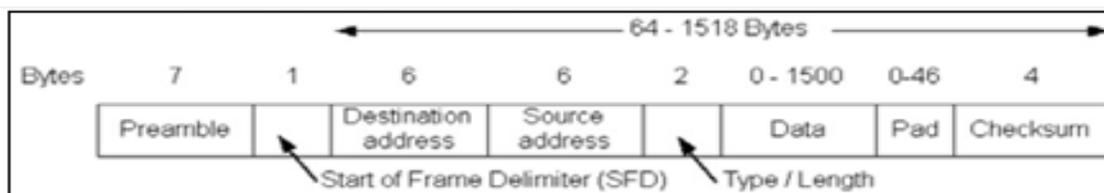


Figura 1.12 Trama Ethernet 64-1518 bytes

Cuando se utiliza el tag de vlan va de 68 a 1522 bytes, como lo indica la figura 1.13.

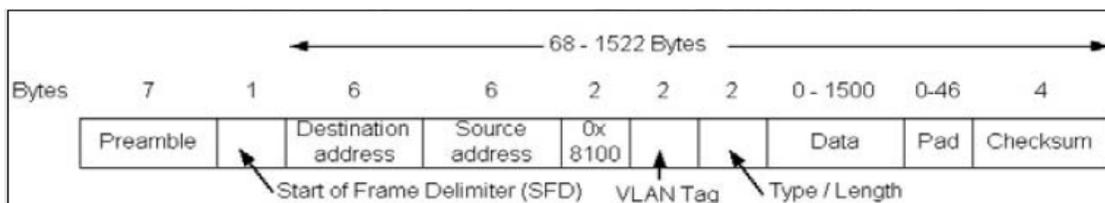


Figura 1.13 Trama Ethernet 68-1522 bytes

1.2.1.2 Descripción de Metro Ethernet

El modelo básico de los servicios Metro Ethernet está compuesto por una Red switchheada denominada MEN (Metro Ethernet Network), ofrecida por el proveedor de servicios, en la figura 1.14 podemos apreciar una Red Metropolitana.

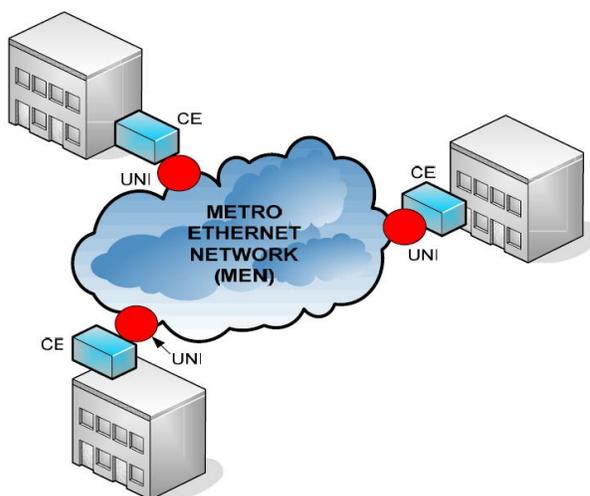


Figura 1.14 Red Metropolitana [15]

El dispositivo instalado del lado del usuario, como Routers o Switches llamados Customer Equipment (CE), que ayudan a que los datos viajen de manera segura.

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

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

1.2.1.3 Servicios Metropolitanos

Algunos de los servicios que se derivan de una red metropolitana son:

- Conectividad Internet.
- Transparent LAN service (punto a punto LAN to LAN).
- L2VPN (punto a punto o multipunto a multipunto LAN to LAN).
- LAN a Frame Relay/ATM VPN.

- Conectividad a centro de backup
- Storage area networks (SANs)
- Metro transport (backhaul) y QoS, VoIP, etc. [16]

1.2.2 TDM (TIME DIVISION MULTIPLEXING)

Multiplexación por división de tiempo, es la más utilizada en la actualidad, especialmente en los sistemas de transmisión digitales. En esta tecnología el ancho de banda total del medio de transmisión es asignada a cada canal durante una fracción del tiempo total. Es decir, es una técnica de multiplexado que combina los canales de datos, asignándole un margen de tiempo distinto a cada uno, para luego transmitir reiteradamente una secuencia fija de datos durante cada uno de esos márgenes sobre un canal de transmisión. [17]

Entre las características más importantes de un TDM puro tenemos:

- El Ancho de Banda es fijo para el cliente y puede ser controlado remotamente.
- Los costos de implementación son relativamente altos.

- Utilizan un canal dedicado, es decir no permite transmitir información a diferentes nodos a la vez sin una conexión específica.
- Maneja Clock y este se crea en el destino y no en la fuente.
- El transporte TDM representa la base de numerosas aplicaciones corporativas, entre las que destaca la interconexión de centrales telefónicas o PBX. Debido a esto, en telnet se ha desarrollado varios productos y topologías que garantizan los niveles de servicio.

Usando un sistema TDM, un número de comunicaciones puede ser combinado en una portadora. Cada comunicación está representada por una serie de muestras, de las cuales cada una se representa en forma de código digital.

1.2.2.1 Trama de un E1

En Europa ha sido estandarizado por la UIT un sistema TDM de 32 canales, donde cada canal tiene 8 bits. Al conjunto de 32 canales se le llama **trama** (frame) y tiene 256 bits. Una llamada es asignada a un canal en una trama, esto significa que se

pueden enviar 8 bits en cada trama; como se indica en la figura 1.15.

Como una señal 96 de voz es muestreada cada $125\mu\text{s}$ debido al Teorema de Nyquist ($T_s=1/(4\text{kHz}\cdot 2)$), la muestra de un usuario es realizada en 8 bits cada $125\mu\text{s}$.

Por lo tanto la duración del canal es de: $(125\text{s}/32)= 3.906\text{s}$.

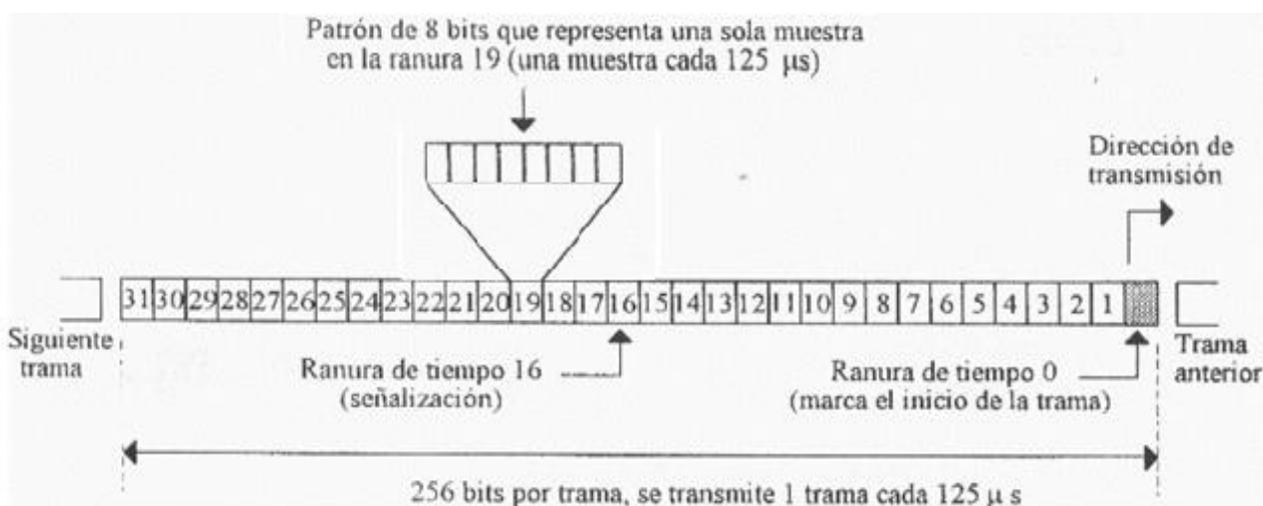


Figura 1.15 Trama de un E1 [18]

La asignación de los canales en la trama es:

Canal 0: Sincronización de la trama (alineación).

Canal 16: Señalización.

Canal 1-15 y 17-31: Voz/Datos.

1.2.3 TDMoIP

En las redes de telecomunicaciones, TDMoIP es la emulación de la multiplexación por división de tiempo (TDM) sobre una red de conmutación de paquetes (PSN), como se indica en la figura 1.16. TDM se refiere a un T1, E1, T3 o E3 de la señal, mientras que el PSN se basa tanto en IP o MPLS o en primas Ethernet.

TDM sobre IP es una tecnología de transporte que consiste en circuitos de voz, video o datos en las redes de conmutación de paquetes, de manera transparente y económica. Es una alternativa sencilla a la VoIP, que protege sus inversiones en PBX al tiempo que permite una migración sin problemas a la IP, Ethernet y MPLS.

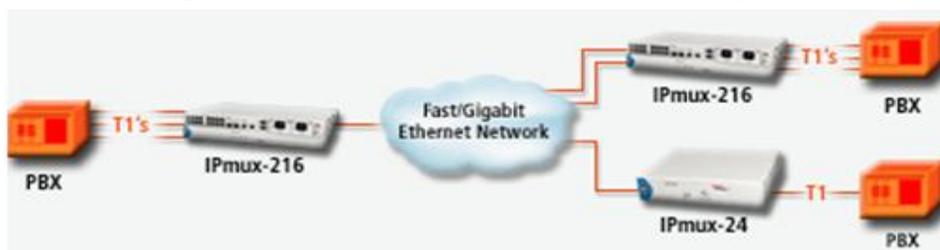


Figura 1.16 Red TDMoIP [19]

TDMoIP es un tipo de pseudowire, sin embargo, a diferencia de otros tipos de tráfico que se pueden realizar más de pseudowires, como ATM, Frame Relay y Ethernet. TDM es un flujo de bits en tiempo real,

lo que a TDMoIP le hace tener características únicas. Además, las redes convencionales TDM tienen numerosas características especiales, en particular aquellas que sean necesarias para llevar la voz de grado en canales de telefonía. Estas características implican los sistemas de señalización que apoyan una amplia gama de funciones de telefonía, con una literatura rica de normalización, las operaciones bien desarrolladas y los mecanismos de gestión (OAM).

1.2.4 COMPARACIÓN ENTRE TDM Y TDMOIP

Lo más destacable de TDMoIP es su bajo costo y mayor rentabilidad, frente al TDM puro, ya que usa equipos de menor precio y tiene la ventaja que al implementar la red metroethernet también se van a derivar otros servicios, y a medida que la red necesite ir creciendo basta con aumentar switches en la metro para que se expanda la red, por esta razón escogimos esta solución para nuestro proyecto.

1.3 FIBRA ÓPTICA

Se considera el mejor medio de transmisión de datos utilizado en redes de telecomunicaciones. Consiste en un hilo muy fino de material transparente, vidrio o plástico, por el que se envían pulsos de luz con alta frecuencia que se van reflejando contra las paredes en ángulos muy abiertos, de tal forma que avanza por su centro y se pueden guiar las señales luminosas sin pérdidas en largas distancias, como se indica en la figura 1.17.

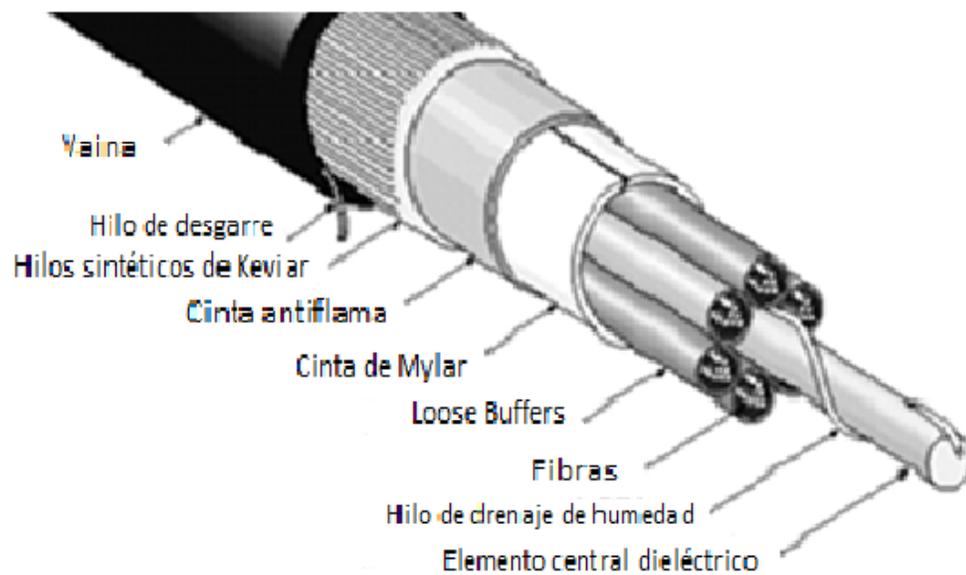


Figura 1.17 Estructura de la fibra óptica

1.3.1 Características y Ventajas

La fibra óptica se caracteriza por ser inmune a las interferencias electromagnéticas y tener una cobertura más resistente por las varias cubiertas que posee, que le proveen resistencia al agua, protección en lugares húmedos y a emisiones ultravioleta, lo que contribuye a un mayor tiempo de vida de la fibra.

Además posee un empaquetado de alta densidad, donde con el máximo número de fibras se obtiene un menor diámetro que otros cables, haciéndola más ligera, flexible y ayudando a que sea más rápida y fácil la instalación hasta en lugares estrechos.

1.3.2 TIPOS DE FIBRA ÓPTICA

Fibra Multimodo, Es aquella en la que los haces de luz pueden circular por más de un camino, llegando a tener más de mil modos de propagación de luz. Es mucho más económica y simple de diseñar, su núcleo es de mayor tamaño y con un índice de refracción superior, es más fácil de conectar y tiene una mayor tolerancia a componentes de menor precisión. Se la usa en aplicaciones de corta distancia, menores a 1 km.

Fibra Monomodo, Es la fibra óptica que se ha diseñado para la transmisión de un rayo o el modo de la luz como un vehículo portador, su núcleo es mucho más pequeño que la fibra multimodo; y se utiliza para la transmisión de señales de larga distancia (hasta 400 Km máximo), mediante un láser de alta intensidad, capaz de transmitir elevadas tasas de información (decenas de Gb/s). [20]

En el **Anexo 2** se presentan los tipos de fibra monomodo más usados con sus características principales.

1.3.3 INSTALACIÓN Y EXPLOTACIÓN

Existen ciertos factores que se deben tomar en cuenta a la hora de escoger la fibra, por ejemplo, los niveles de atenuación, costos, factores de mantenimiento ambiental, medio por el que se va a realizar el tendido, características de la red que se quiere implementar y la plataforma tecnológica que se va a usar.

Existen algunos tipos de tendido de fibra los cuales los detallamos en el **Anexo 3**, tales como el aéreo que se lo realiza sobre los postes y torres, por lo general de alumbrado eléctrico; el subterráneo o microzanjado que se realiza mediante tuberías o canaletas bajo tierra;

y el submarino que se lo cablea por medio de ríos y mares por lo general para conexión entre continentes.

Para el tendido es importante tener en cuenta la tensión máxima que debe admitirse durante el proceso para que el cable no se rompa y se garantice una vida media de unos 20 años, por lo cual se debe tomar en cuenta lo siguiente:

Técnicas de empalme, Los tipos de empalmes pueden ser:

- Empalme mecánico con el cual se pueden provocar pérdidas del orden de 0.5 dB.
- Empalme con pegamentos con el cual se pueden provocar pérdidas del orden de 0.2 dB.
- Empalme por fusión de arco eléctrico con el cual se logran pérdidas del orden de 0.02 dB. [21]

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO Y COSTOS DE UNA RED SDH, TDMoIP CON METROETHERNET

Nuestro proyecto tiene como objetivo diseñar y realizar un análisis de costos de una red anillada STM-16 sobre SDH para dar servicio de 2 STM-1 con interface Gigabit Ethernet a una compañía de Telefonía Celular del país que transmitirá sus canales de voz entre las ciudades de Cuenca y Ambato con mayor rapidez para aumentar sus ganancias, adicional tenemos que diseñar y realizar un análisis de costo de un circuito clear channel para entregar 2 E1's con tecnología TDM pura y TDMoIP en la ciudad de Cuenca hacia el Nap de las Américas con salida internacional a un cable submarino que se conecte a un POP instalado en la ciudad de Quito.

Debemos tener el criterio de escoger si los servicios a entregar lo damos por medio de nuestra infraestructura o alquilamos el servicio a proveedores locales y subarrendar el servicio en los dos esquemas SDH y TDMoIP.

A continuación detallaremos los proyectos SDH y TDM/TDMoIP por separado para su mejor comprensión.

2.1 Diseño de la red SDH entre las ciudades de Cuenca y Ambato, para proveer 2 STM-1 con protección tipo anillo con infraestructura propia.

Actualmente solo los grandes operadores, pueden realizar una inversión en diseñar e implementar una red para dar servicio con una red potente y conexiones en diferentes ciudades del Ecuador. El recurso tecnológico, financiero, experiencia y conocimiento del mercado pueden calificar a una empresa para dar un servicio altamente confiable con un alto estándar de competitividad, transparencia y compromiso de un SLA del 99,8 % de estabilidad en su red.

2.1.1 Estudio de la mejor ruta principal y de redundancia

El diseño de nuestra red tiene como objetivo escoger la mejor ruta entre las ciudades principales del Ecuador para formar un anillo STM-16 sobre SDH y brindar el servicio de 2 STM-1's con interface Gigabit Ethernet entre las ciudades de Cuenca y Ambato, para esto hemos considerado realizar un análisis de rutas para escoger el mejor camino como se indica en la tabla 2.1.

Opción Ruta#1	Distancia (Km)	Opción Ruta#2	Distancia (Km)	Opción Ruta#3	Distancia (Km)
Ambato-Riobamba	70	Ambato-Riobamba	70	Ambato-Riobamba	70
Riobamba-Alausi	83	Riobamba-Alausi	83	Riobamba-Alausi	83
Alausi-Zhud	60	Alausi-Zhud	60	Alausi-Zhud	60
Zhud-Cuenca	95	Zhud-Cuenca	95	Zhud-Cuenca	95
Cuenca-Pto. Inca	112	Cuenca-Pto. Inca	112	Cuenca-Pto. Inca	112
Pto. Inca-Gye	79	Pto. Inca-Gye	79	Pto. Inca-Gye	79
Gye-Babahoyo	75	Gye-Babahoyo	75	Gye-Babahoyo	75
Babahoyo-Quevedo	110	Babahoyo-Quevedo	110	Babahoyo-Quevedo	110
Quevedo-Sto. Domingo	105	Quevedo-Sto. Domingo	105	Quevedo-Sto. Domingo	105
Sto. Domingo-Los Bancos	60	Sto. Domingo-Chiriboga	86,5	Sto. Domingo-Tandapi	60
Los Bancos-Quito	100	Chiriboga-Quito	40	Tandapi-Quito	95
Quito-Latacunga	100	Quito-Latacunga	100	Quito-Latacunga	100
Latacunga-Ambato	50	Latacunga-Ambato	50	Latacunga-Ambato	50
Distancia Total	1099	Distancia Total	1065,5	Distancia Total	1094

Tabla 2.1 Rutas propuestas para principal y backup

Hemos considerado que la mejor ruta entre Cuenca y Ambato para el camino principal es Cuenca – Zhud – Alausí – Riobamba - Ambato y para anillar el camino de backup es el camino por Cuenca - Pto.Inca - Guayaquil – Babahoyo – Quevedo - Sto.Domingo - Chiriboga – Quito - Latacunga - Ambato; se lo ha considerado de acuerdo a la menor distancia y la utilización de la menor cantidad de equipamiento. En total levantaríamos 13 nodos SDH y utilizaríamos 1065,5 Km de fibra interurbana.

Pero tenemos que considerar que el camino de Cuenca - Pto. Inca por el Parque Nacional El Cajas es una zona de reserva ecológica y no es permitido pasar fibra óptica por tendido aéreo, micro zanjado o canalizado ya que esto causaría un impacto en el medio ambiente y está protegido por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP) y fue declarado como un Humedal de Importancia Internacional Ramsar el 14 de agosto de 2002.

Por los motivos antes mencionados el rumbo de nuestro proyecto nos hace buscar otros caminos alternativos para cerrar el anillo y hemos considerado otro tramo como se indica en la tabla 2.2.

Opción Ruta#1	Distancia (Km)	Opción Ruta#2	Distancia (Km)	Opción Ruta#3	Distancia (Km)
Ambato-Riobamba	70	Ambato-Riobamba	70	Ambato-Riobamba	70
Riobamba-Alausi	83	Riobamba-Alausi	83	Riobamba-Alausi	83
Alausi-Zhud	60	Alausi-Zhud	60	Alausi-Zhud	60
Zhud-Cuenca	95	Zhud-Cuenca	95	Zhud-Cuenca	95
Cuenca-Sta. Isabel	70	Cuenca-Sta. Isabel	70	Cuenca-Sta. Isabel	70
Sta. Isabel-El Guabo	90	Sta. Isabel-El Guabo	90	Sta. Isabel-El Guabo	90
El Guabo-Naranjal	80	El Guabo-Naranjal	80	El Guabo-Naranjal	80
Naranjal-Gye	110	Naranjal-Gye	110	Naranjal-Gye	110
Gye-Babahoyo	75	Gye-Babahoyo	75	Gye-Babahoyo	75
Babahoyo-Quevedo	110	Babahoyo-Quevedo	110	Babahoyo-Quevedo	110
Quevedo-Sto. Domingo	105	Quevedo-Sto. Domingo	105	Quevedo-Sto. Domingo	105
Sto. Domingo-Los Bancos	60	Sto. Domingo-Chiriboga	86,5	Sto. Domingo-Tandapi	60
Los Bancos-Quito	100	Chiriboga-Quito	40	Tandapi-Quito	95
Quito-Latacunga	100	Quito-Latacunga	100	Quito-Latacunga	100
Latacunga-Ambato	50	Latacunga-Ambato	50	Latacunga-Ambato	50
Distancia Total	1258	Distancia Total	1224,5	Distancia Total	1253

Tabla 2.2 Rutas propuestas con mejor solución

Además, consideramos las zonas más riesgosas con deslizamientos de tierra, no cobertura celular y en base a lo conversado con proveedores de tendido de fibra y en una investigación sobre un foro climático organizado por SNGR (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos) donde manifestaron que las zonas de alto riesgo en derrumbes y que predomina el clima Subtropical Húmedo con lluvias persistentes que originan intensa evaporación como consecuencia de

la temperatura, con una estación lluviosa de diez meses (septiembre a octubre) y una estación seca de dos meses (Julio y Agosto), la humedad relativa alcanza un valor promedio de 90%, la nubosidad en la zona de estudio está en 5 octas durante todos los meses del año y la velocidad del viento durante la mayor parte el año está en 2,2 m/s está entre Aloag - Tandapi como lo podemos ver en el **Anexo 5**.

Cuando el tráfico es interrumpido por estos deslizamientos de tierra entre Aloag - Tandapi es desviado por la vía La Independencia - Los Bancos - Quito por tal motivo hemos escogido la opción #1 ruta principal: Cuenca – Zhud – Alausí - Riobamba y Ambato, la ruta backup: Cuenca - Sta. Isabel - El Guabo – Naranjal – GYE – Babahoyo – Quevedo - Sto. Domingo - Los Bancos – UIO – Latacunga - Ambato y nuestro anillo quedará como se expresa en la figura 2.1.

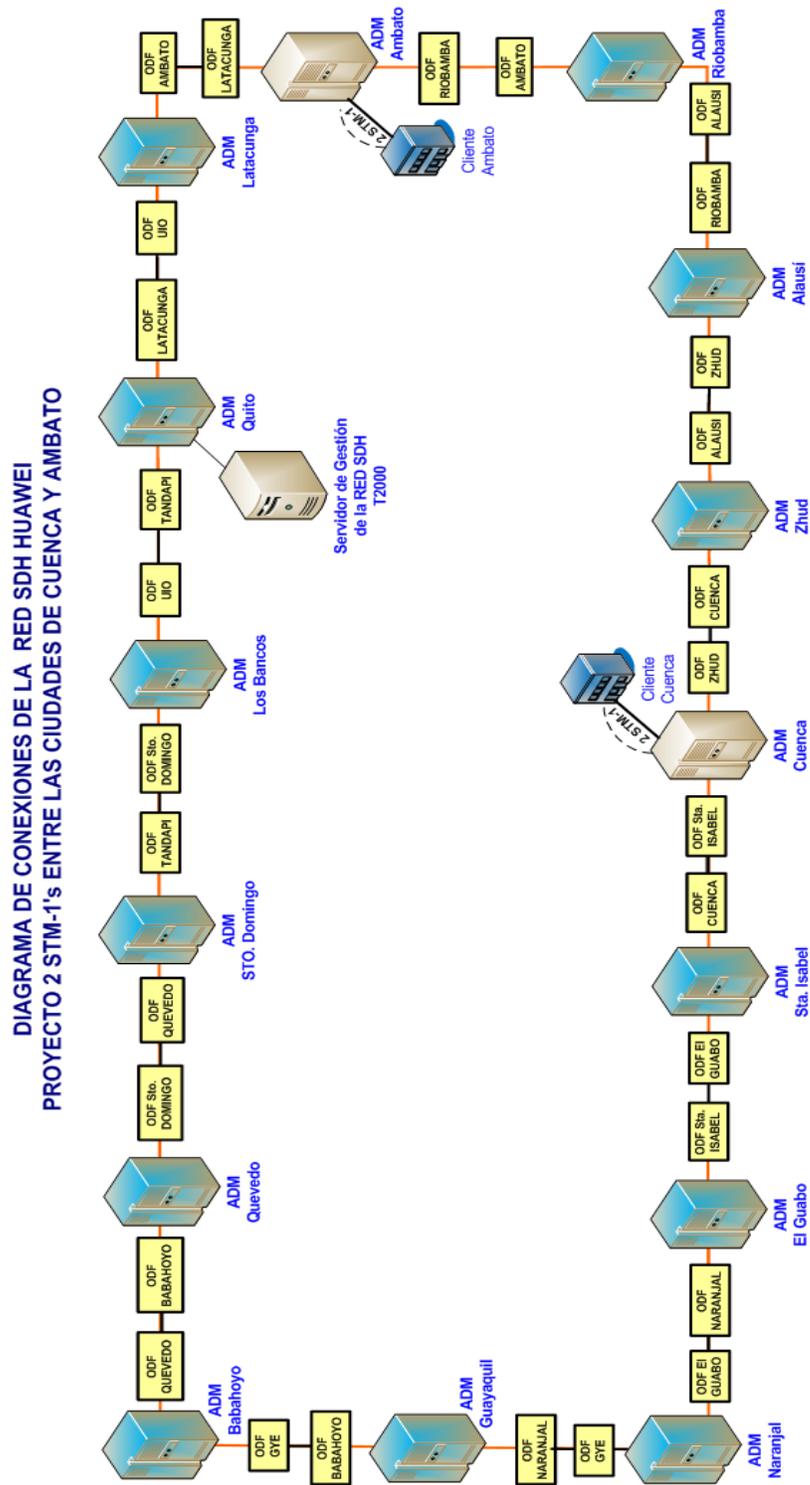


Figura 2.1 Anillo STM-16 formado por la ruta principal y back-up

Las especificaciones técnicas de los equipos que utilizaremos en nuestro proyecto son Optix OSN 1500, los mismos que nos limitan a crecer únicamente a un STM-16 que es lo máximo que soportan.

Los parámetros de los módulos de las tarjetas ópticas a considerar en el proyecto están descritos en la tabla 2.3 para el anillo SDH.

Rango de Transmisión	Nivel correspondiente	Longitud de onda (nm)	Distancia de transmisión (km)	Alcance de poder óptico (dBm)	Sensibilidad del receptor (dBm)
STM-1	I-1	1310	0-2	-15 to -8	-31
	S-1.1	1310	2-15	-15 to -8	-31
	L-1.1	1310	15-40	-5 to 0	-34
	L-1.2	1550	40-80	-5 to 0	-34
	Ve-1.2	1550	80-100	-3 to 2	-34
STM-4	I-4	1310	0-2	-15 to -8	-31
	S-4.1	1310	2-15	-15 to -8	-31
	L-4.1	1310	15-40	-3 to 2	-30
	L-4.2	1550	40-80	-3 to 2	-30
	Ve-4.2	1550	80-100	-3 to 2	-33
STM-16	I-16	1310	0-2	-10 to -3	-21
	S-16.1	1310	2-15	-5 to 0	-21
	L-16.1	1310	15-40	-2 to 3	-30
	L-16.2	1550	40-80	-2 to 3	-30
STM-16	L-16.2Je	1550	80-100	5 to 7	-31,5
	V-16.2Je (Nota)	1550	100-140	5 to 7	-31,5
	U-16.2Je (Nota)	1550,12	140-170	5 to 7	-38

Tabla 2.3 Tipos y parámetros de módulos ópticos provistos por SDH

Los parámetros de los módulos de las tarjetas ópticas EGT2 que se utilizarán para entregar la capacidad de 2 STM-1 en Cuenca y Ambato, están descritos en la tabla 2.4.

Parámetro	Valor			
Tipo de interfaz óptica	1000BASE-ZX (80 Km)	1000BASE-VX (40 Km)	1000BASE-LX (10 Km)	1000BASE-SX (0.5 Km)
Tipo de fibra	Monomodo LC	Monomodo LC	Monomodo LC	Multimodo LC
Rango de alcance de poder óptico (dBm)	-2 to 5	-5 to 0	-9 to -3	-9.5 to -2.5
Rango de operación de longitud de onda (nm)	1500 to 1580	1275 to 1350	1270 to 1355	770 to 860
Sobrecarga mínima (dBm)	-3	-3	-3	0
Parámetro	Valor			
Recepción de sensibilidad (dBm)	-23	-23	-20	-17
Mínimo radio de extinción (dB)	9	9	9	9

Tabla 2.4 Umbrales de la Tarjeta Óptica EGT2

2.1.2 Análisis de costos de implementación de la red SDH

Se tiene planificado por costos crear un anillo STM-16 sobre SDH con equipamiento Huawei, el modelo del equipo escogido para este proyecto por los datos de costos ofrecidos en el Laboratorio de

Telecomunicaciones de la ESPOL son los Optix OSN 1500, en un futuro y considerando el crecimiento de la Empresa se podría adquirir los Optix OSN 3500 y Optix OSN 2500 para tener un anillo STM-64.

Previo a las conexiones físicas debemos realizar el cálculo de los niveles de atenuación en la línea con esto podemos trabajar sobre el rango óptimo de recepción de las tarjetas, a continuación detallamos los cálculos realizados en la ruta principal y back-up; considerando el cálculo de la atenuación en la línea con la siguiente fórmula:

$$at = LaL + neae + ncac + arL$$

L = longitud del cable en Km

aL = coeficiente de atenuación en dB/Km

ne = número de empalmes

ae = atenuación por empalme en dB/Km

nc = número de conectores

ac = atenuación por conector en dB

ar = reserva de atenuación en dB/Km

Considerando los niveles de atenuación que soportan las tarjetas se ha decidido usar la fibra óptica monomodo categoría 8 porque tiene

un mensajero de protección eléctrica, de 12 hilos que viene en carretes de 4Km y cumple la norma G.652D, ya que presenta menor índice de atenuación, refracción y dispersión cromática, además de estar en el mercado a más bajo costo.

Con esta fibra de 12 hilos, se utilizará un hilo para la transmisión y otro para la recepción, quedando de respaldo para la sustentabilidad de la red. Los demás hilos se utilizarían en futuros servicios derivados que fortalezcan la productividad de la empresa.

En el tendido de la fibra óptica, es importante considerar el bucle de exceso, ya que son sobrantes de fibra óptica que nos servirán para las futuras reparaciones. Se sugiere que este bucle de exceso sea del 5% de la longitud total del carrete de fibra óptica, en nuestro proyecto es de 4 KM y por lo tanto el bucle de exceso sería de 200 metros. A continuación, se ha calculado la cantidad de fibra (distancia entre nodos + reserva de 50 mts de fibra cada 1 km +10 mts de reserva dentro de cada nodo) para el cálculo de la atenuación total y de acuerdo a la distancia calcular la cantidad de mangas, herrajes, postes a instalar en la ruta principal como se indica en la tabla 2.5 y back-up, como se indica en la tabla 2.6.

Principal Ruta	Distancia + Reserva (Km)	Modelo de la tarjeta STM-16 según la distancia	NORMA ITU at = LaL + neae + ncac + arL (dB)	Tx Tarjeta (dBm)	Atenuación Total en la línea de Fibra Óptica (at-Tx tarjeta)(dB)	Cantidad de Mangas(Distancia/4km (cada bobina de FO)	Cantidad de Herrajes cada 60 mts	Cantidad de Postes (Cda 60 mts/1 poste)
Ambato-Riobamba	60,9	L-16.2	14,31	6,3	8,01	15,28	967	967
Riobamba-Alausí	87,2	Le-16.2Je	20,21	6,3	13,91	21,84	1383	1383
Alausí-Zhud	63,0	L-16.2	14,78	6,3	8,48	15,80	1000	1000
Zhud- Cuenca	99,8	Le-16.2Je	23,05	6,3	16,75	24,99	1583	1583
TOTAL	310,80		72,35		47,15	74	4933	4933

Tabla 2.5 Cálculos en el anillo de la ruta interurbana principal

Principal Ruta	Distancia + Reserva (Km)	Modelo de la tarjeta STM-16 según la distancia	NORMA ITU at = LaL + neae + ncac + arL (dB)	Tx Tarjeta (dBm)	Atenuación Total en la línea de Fibra Óptica (at-Tx tarjeta)(dB)	Cantidad de Mangas(Distancia/4km (cada bobina de FO)	Cantidad de Herrajes cada 60 mts	Cantidad de Postes(Cda 60 mts/1 poste)
CUE-Sta. Isabel	73,5	L-16.2	17,1	6,3	10,8	18	1167	1167
Sta. Isabel-El Guabo	94,5	Le-16.2 Je	21,9	6,3	15,6	24	1500	1500
El Guabo-Naranjal	84,0	Le-16.2 Je	19,5	6,3	13,2	21	1333	1333
Naranjal-Gye	110,3	Le-16.2 Je	25,4	6,3	19,1	28	1750	1750
Gye-bab	78,8	L-16.2	18,3	6,3	12,0	20	1250	1250
Babah-qvdo	115,5	Le-16.2 Je	26,6	6,3	20,3	29	1833	1833
Qvdo-Sto. Dom	110,3	Le-16.2 Je	25,4	6,3	19,1	28	1750	1750
Sto. Dom-Los Bancos	63,0	L-16.2	14,8	6,3	8,5	16	1000	1000
Los Bancos-UIO	105,0	Le-16.2 Je	24,2	6,3	17,9	26	1667	1667
UIO-Latacunga	105,0	Le-16.2 Je	24,2	6,3	17,9	26	1667	1667
Latacunga-Amb	52,5	L-16.2	12,4	6,3	6,1	13	833	833
TOTAL	992,3		229,9		160,6	236	15750	15750

Tabla 2.6 Cálculos en el anillo de la ruta interurbana backup

Es muy importante considerar que antes de entregar un proyecto óptico, es necesario certificar la entrega de los tramos de fibra tomando lecturas con un OTDR (Optical Time Domain Reflectometer), el mismo que es un instrumento de medición óptico-electrónico utilizado para caracterizar una fibra óptica, para medir la longitud de la fibra, su atenuación, las pérdidas por empalmes, conectores y para

detectar cortes de fibra; adicional debe tener su certificado y estar calibrado por el fabricante o distribuidor autorizado.

En la tabla 2.7 detallamos los cálculos realizados para la implementación de fibra urbana, desde nuestro nodo en las ciudades de Cuenca y Ambato hacia el cliente.

Ruta Urbana	Distancia + Reserva (Km)	Modelo de la tarjeta Gigabit según la distancia	NORMA ITU at = LaL + neae + ncac + arL (dB)	Tx Tarjeta (dBm)	Atenuación Total en la línea de Fibra Óptica (at-Tx tarjeta)(dB)	Cantidad de Mangas(Distancia/4km (cada bobina de FO)	Cantidad de Herrerajes cada 60 mts	Cantidad de Postes (Cda 60 mts/1 poste)
SDH Cue-Cliente	10,5	EGT210-N1	3,0	-5	8,0	3	167	167
SDH Amb-Cliente	8,4	EGT210-N1	2,5	-5	7,5	2	133	133
TOTAL	18,9		5,4		15,4	5	300	300

Tabla 2.7 Cálculos de la ruta urbana

Para los costos de la implementación hemos realizado primero los cálculos del costo del software como se indica en la tabla 2.8, el costo de implementación de un nodo principal como se describe en la tabla 2.9 y de un nodo secundario como se indica en la tabla 2.10.

SERVIDOR GESTION T2000				
Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Servidor T2000	Licencia para cargar OSN 1500 para las estaciones	16	\$ 1.800,00	\$ 28.800,00
Administración de las estaciones	JTGO Licencia de Ejecución	1	\$ 14.458,00	\$ 14.458,00
Licencia de autorización de carga en las estaciones	Administrador de Windows Client T2000 y Software de carga	1	\$ 12.480,00	\$ 12.480,00
	Administrador T2000:Licencia de carga	1	\$ 60.000,00	\$ 60.000,00
TOTAL				\$ 115.738,00

Tabla 2.8 Costo del software de gestión de la red

NODO SDH PRINCIPAL				
Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
SS-Rack-2.2-2500	ETSI Rack emsamblado (2200x600x300mm)	1	\$ 3.123,00	\$ 3.123,00
SS-Rack-2.2-1500	Subrack	1	\$ 2.458,00	\$ 2.458,00
SS-EDW-1500	Tarjeta de conexión en alto orden	1	\$ 867,00	\$ 867,00
SS-AUX-1500-R1	Tarjeta de sistema auxiliar	1	\$ 1.388,00	\$ 1.388,00
SS-PIU-1500	Tarjeta de poder	2	\$ 135,00	\$ 270,00
SS-CXL16(S-16.1LC)-Q2	Tarjeta Óptica STM-16, 20 Gbit/s alto orden/5 Gbit/s bajo orden y conexión cruzada	2	\$ 16.000,00	\$ 32.000,00
SS-SL4(L-4-4,2)-R1	Tarjeta Óptica STM-4(L-4,2)	2	\$ 3.784,00	\$ 7.568,00
SS-EGT210-N1	Tarjeta Gigabit Ethernet de 2-Puertos (1000BASE-SX,850-LC)	2	\$ 5.376,00	\$ 10.752,00
SS-D12S	Tarjeta de interface eléctrica 32xE1/T1 (120 Ohm)	2	\$ 590,00	\$ 1.180,00
Teléfono	Teléfono, Marfil, doble Crystal/6P2C Tipo de enchufe Americano, Línea Ambiental Teléfono protección (2,2 ancho 1,7 m de largo 0.035 m de diámetro), hecho en China, modelo fijo	1	\$ 11,00	\$ 11,00
SS-DL-8E1-120-15	Cable cruzado, 45 deg, 15m, 120 Ohm, 8E1, 0.5mm, D44M-1,2*120CC8PO.5P430U(S)	2	\$ 70,00	\$ 140,00
SS-OP-LC-FC-S-20	Hilo de fibra FC/PC, LC/PC, Monomodo,2mm, 10m	2	\$ 13,00	\$ 26,00
SS-OP-LC-FC-M-20	Hilo de fibra FC/PC, LC/PC, Multimodo,2mm, 10m	1	\$ 14,00	\$ 14,00
SS-Poder 01	Juego para 4805 y accesorios 1500/2500	1	\$ 456,00	\$ 456,00
Organizadores	60x80	1	\$ 9,24	\$ 9,24
Canaletas	Canaletas aéreas para fibra	4	\$ 800,00	\$ 3.200,00
ODF	Distribuidor de fibra óptica	1	\$ 75,26	\$ 75,26
Patchcord	SC/SC SM hilos de fibra monomodo	6	\$ 12,00	\$ 72,00
Respaldo Eléctrico	Bancos de Batería, 2 Cargadores DC, 8 baterías, UPS, tarjeta de monitoreo y sistema eléctrico	1	\$ 26.660,00	\$ 26.660,00
Generador	Generador de 30KVA	1	\$ 16.000,00	\$ 16.000,00
ATS	ATS	4	\$ 300,00	\$ 1.200,00
Climatización	Split de 36000 BTU	1	\$ 2.800,00	\$ 2.800,00
Conexión a tierra	Varilla e instalación, barra de CU, cables, sistema instalación a tierra	1	\$ 3.200,00	\$ 3.200,00
Supresores de transientes	Supresores de transientes	3	\$ 900,00	\$ 2.700,00
Sistema de alarma	Sistema de alarma para detección de movimiento	1	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
Cámara de monitoreo	Cámara de video china	1	\$ 150,00	\$ 150,00
Equipo para red IP	Switch 3550 para las cámaras	1	\$ 800,00	\$ 800,00
TOTAL				\$ 119.119,50

Tabla 2.9 Costo total de implementación de un nodo principal

NODO SDH SECUNDARIO				
Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
SS-Rack-2.2-2500	ETSI Rack Emsamblado (2200x600x300mm)	1	\$ 3.123,00	\$ 3.123,00
SS-Rack-2.2-1500	Subrack	1	\$ 2.458,00	\$ 2.458,00
SS-EOw-1500	Tarjeta de conexión en alto orden	1	\$ 867,00	\$ 867,00
SS-AUX-1500-R1	Tarjeta de sistema auxiliar	1	\$ 1.388,00	\$ 1.388,00
SS-PIU-1500	Tarjeta de poder	2	\$ 135,00	\$ 270,00
SS-CXL16(S-16.1LC)-Q2	Tarjeta Optica STM-16, 20 Gbit/s alto orden/5 Gbit/s bajo orden y conexión cruzada	2	\$ 16.000,00	\$ 32.000,00
Teléfono	Teléfono, Marfil, doble Crystal/6P2C Tipo de enchufe Americano., Línea Ambiental Teléfono protección (2,2 ancho 1,7 m de largo 0.035 m de diametro), hecho en China, modelo fijo	1	\$ 11,00	\$ 11,00
SS-OP-LC-FC-S-20	Hilo de fibra FC/PC, LC/PC, Monomodo,2mm, 10m	2	\$ 13,00	\$ 26,00
SS-OP-LC-FC-M-20	Hilo de fibra FC/PC, LC/PC, Multimodo,2mm, 10m	1	\$ 14,00	\$ 14,00
SS-Poder 01	Juego para 4805 y accesorios 1500/2500	1	\$ 456,00	\$ 456,00
Organizadores	60x80	1	\$ 9,24	\$ 9,24
Canaletas	Canaletas aéreas para fibra	4	\$ 800,00	\$ 3.200,00
ODF	Distribuidor de fibra óptica	1	\$ 75,26	\$ 75,26
Patchcord	SC/SC SM hilos de fibra monomodo	6	\$ 12,00	\$ 72,00
Respaldo Eléctrico	Bancos de Batería, 2 Cargadores DC, 8 baterías, UPS, tarjeta de monitoreo y sistema eléctrico	1	\$ 26.660,00	\$ 26.660,00
Generador	Generador de 30KVA	1	\$ 16.000,00	\$ 16.000,00
ATS	ATS	4	\$ 300,00	\$ 1.200,00
Climatización	Split de 36000 BTU	1	\$ 2.800,00	\$ 2.800,00
Conexión a tierra	Varilla e instalación, barra de CU, cables, sistema instalación a tierra	1	\$ 3.200,00	\$ 3.200,00
Supresores de transiente	Supresores de transientes	3	\$ 900,00	\$ 2.700,00
Sistema de alarma	Sistema de alarma para detección de movimiento	1	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
Cámara de monitoreo	Cámara de video china	1	\$ 150,00	\$ 150,00
Equipo para red IP	Switch 3550 para las cámaras	1	\$ 800,00	\$ 800,00
TOTAL				\$ 99.479,50

Tabla 2.10 Costo total de implementación de un nodo secundario

Con los cálculos obtenidos sobre el equipamiento a usar y las estaciones que vamos a instalar, es necesario realizar el cálculo del costo del tendido de la fibra interurbana para el anillo principal como se detalla en la tabla 2.11 y para el anillo backup como se indica en la tabla 2.12 y con estos costos estimar el costo total de inversión en el anillo SDH interurbano como se indica en la tabla 2.13.

TENDIDO DE FIBRA EN RUTA PRINCIPAL				
Ítem	Descripción	Cantidad	Precio (\$)	Total(\$)
Tendido	Mano de Obra x mts	310800	\$ 0,50	\$ 155.400,00
Fusión de Fibra	Precio de fusión por hilo	164	\$ 15,00	\$ 2.460,00
Mangas		74	\$ 150,00	\$ 11.100,00
Postes		4933	\$ 305,00	\$ 1.504.565,00
Fibra de 12 hilos	Valor x metro	310800	\$ 2,50	\$ 777.000,00
Kit de herraje por poste		4933	\$ 7,25	\$ 35.764,25
				\$ 2.486.289,25

Tabla 2.11 Costos de la fibra en la ruta Principal

TENDIDO DE FIBRA EN RUTA BACKUP				
Ítem	Descripción	Cantidad	Precio (\$)	Total (\$)
Tendido	Mano de Obra x mts	992300	\$ 0,50	\$ 496.150,00
Fusión de Fibra	Precio de fusión por hilo	518	\$ 15,00	\$ 7.770,00
Mangas		236	\$ 150,00	\$ 35.400,00
Postes		15750	\$ 305,00	\$ 4.803.750,00
Fibra 12 hilos	Valor x metro	992300	\$ 2,50	\$ 2.480.750,00
Kit de herraje por poste		15750	\$ 7,25	\$ 114.187,50
				\$ 7.938.007,50

Tabla 2.12 Costos de la fibra en la ruta backup

Costo Equipamiento Principal x 2 nodos	Costo Equipo Secundario x 3 nodos	Sistema de Gestión T2000	Sistema de Gestión de Cámaras de video	Precio de tendido fibra x mt	Renta de espacio x 5 nodos	Anillo Main
\$ 238.239,00	\$ 298.438,50	\$ 112.534,00	\$ 6.000,00	\$ 2.486.289,30	\$ 1.000,00	\$ 3.142.500,80
Costo Equipamiento Principal x 3 nodos	Costo Equipo Secundario x 8 nodos	Sistema de Gestión T2000	Sistema de Gestión de Cámaras de video	Precio de tendido fibra x mt	Renta de espacio x 11 nodos	Anillo Backup
\$ 238.239,00	\$ 895.315,50	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 7.938.007,50	\$ 2.200,00	\$ 9.073.762,00
COSTO TOTAL DE INVERSION EN EL ANILLO SDH INTERURBANO						\$ 12.216.262,80

Tabla 2.13 Costos Total de Inversión en el anillo SDH interurbano

El servicio de los 2 STM-1 lo vamos a entregar en las estaciones del cliente, se debe realizar el cálculo de la cantidad de fibra en las ciudades de Cuenca y Ambato y hemos considerado realizar el tendido con fibra canalizada para disminuir la contaminación visual y por la dificultad de permisos municipales para el tendido aéreo. Para la ciudad de Cuenca consideramos tener la distancia de 1 Km de nuestra estación al cliente y los cálculos están referenciados en la tabla 2.14 y en la ciudad de Ambato la distancia entre nuestra estación y la del cliente está a 800 mt, los cálculos están detallados en la tabla 2.15.

TENDIDO DE FIBRA URBANO EN CUENCA				
Ítem	Descripción	Cantidad	Precio (USD)	Total (USD)
Tendido	Mano de Obra	10000	\$ 0,35	\$ 3.500,00
Fusión	Precio fusión por hilo	8	\$ 15,00	\$ 120,00
Mano de obra	Mano de Obra	2	\$ 80,00	\$ 160,00
Kit para la bajante	Kit	2	\$ 151,00	\$ 302,00
Fibra 12 hilos canalizada	Valor x metro	10000	\$ 4,20	\$ 42.000,00
TOTAL				\$ 46.082,00

Tabla 2.14 Costos para la ruta urbana en la Ciudad de Cuenca

TENDIDO DE FIBRA URBANO EN AMBATO				
Ítem	Descripción	Cantidad	Precio (USD)	Total (USD)
Tendido	Mano de	8000	\$ 0,35	\$ 2.800,00
Fusión	Precio fusión por hilo	6	\$ 15,00	\$ 90,00
Mano de	Mano de	2	\$ 80,00	\$ 160,00
Kit para la bajante	Kit	2	\$ 151,00	\$ 302,00
Fibra 12 hilos canalizada	Valor x metro	8000	\$ 4,20	\$ 33.600,00
TOTAL				\$ 36.952,00

Tabla 2.15 Costos para la ruta urbana en la Ciudad de Ambato

El costo total al implementar el tendido urbano en Cuenca y Ambato está referenciado en la tabla 2.16.

CUENCA	Precio de tendido fibra x mt
	\$ 46.082,00
AMBATO	Precio de tendido fibra x mt
	\$ 36.952,00
COSTO TOTAL F.O. URBANA	\$ 83.034,00

Tabla 2.16 Costo total para el tendido urbano

El costo de implementación total de nuestro anillo SDH entregando los 2 STM-1 entre Cuenca y Ambato en las estaciones del cliente nos da un costo de **\$12'318.936,80** (Doce millones trescientos dieciocho mil novecientos treinta y seis con ochenta centavos de dólares americanos).

2.2 Diseño de un circuito clear channel de 2 E1's con tecnología TDM ó TDMoIP en la ciudad de Cuenca hacia el Nap de las Américas con salida internacional por el POP instalado en la ciudad de Quito.

Nuestro proyecto tiene como finalidad entregar 2 E1's para un Call Center en la ciudad de Cuenca por medio de una red metroethernet con tecnología TDM o TDMoIP hacia el NAP de las Américas. Por tal motivo procederemos a realizar el diseño con las dos tecnologías.

2.2.1 Activación de 2 E1's Cuenca - Nap de las Américas con tecnología TDM

Al diseñar un enlace TDM local debemos considerar que esta conexión es un clear channel de fibras oscuras, en el que se debe analizar el

tendido de la fibra, las características físicas de la fibra y los equipos de interconexión a utilizar.

Como lo analizamos en el caso anterior que nos piden 2 STM-1 entre dos ciudades y los entregaremos en interfaces Gigabit Ethernet mapeando los 2 STM-1 dentro de la red SDH ya creada; estos 2 E1's serán transportados por el mismo anillo desde la ciudad de Cuenca a Quito que es la ciudad donde está el POP para la salida internacional.

Considerando que es un TDM clear channel, no trabajará dentro de la metro IP, por lo que el acuerdo de nivel de servicio SLA (Acuerdo de nivel de servicio) para un enlace internacional en las empresas que hemos consultado es aproximadamente del 99,8%.

Utilizaremos dos multiplexores TDM con las siguientes características:

Marca: RAD

Modelo: OP-108/B/ETH/SC/SF1-SF2

Permite transportar 4 E1's y 1 puerto Ethernet sobre un hilo de FO

Fibra Óptica monomodo

Alimentación: 110 AC

Conector de F.O.: SC

Interface E1: G703 balanceado

Uno de los equipos Optimux108 estará colocado en el extremo del cliente final en este caso el Call Center y su pareja en el extremo del nodo SDH en la ciudad de Cuenca interconectados por un hilo de fibra monomodo canalizada, paso seguido mapeamos los 2 E1's en el anillo SDH hasta transportarlo a la ciudad de Quito donde está el POP de la salida internacional.

Pensando en el crecimiento de capacidad en la salida internacional, nos conectaremos con el proveedor del POP por medio de un STM-1 entre nuestra red SDH y su red SDH.

El transporte del STM-1 desde la ciudad de Quito al NAP de las Américas será por el cable submarino Arcos, del que se puede tener más conocimientos en el **Anexo 4**, la latencia entre la ciudad de Quito y Miami - Nap de las Américas es de aproximadamente 60 mseg.

En el NAP de las Américas el proveedor nos dará las posiciones en el MMR (Meet Me Room) de Terramark del STM-1 despeinado en 63 E1's y con un LOA (Letter of Agency/ Facility release authorization) damos autorización al Call Center de Cuenca hacer uso del puerto del MMR para que solicite la cross-conexión con un proveedor local en

Miami. Nuestro diseño quedaría como se indica en la figura 2.2 y los costos de implementación se expresan en la tabla 2.1

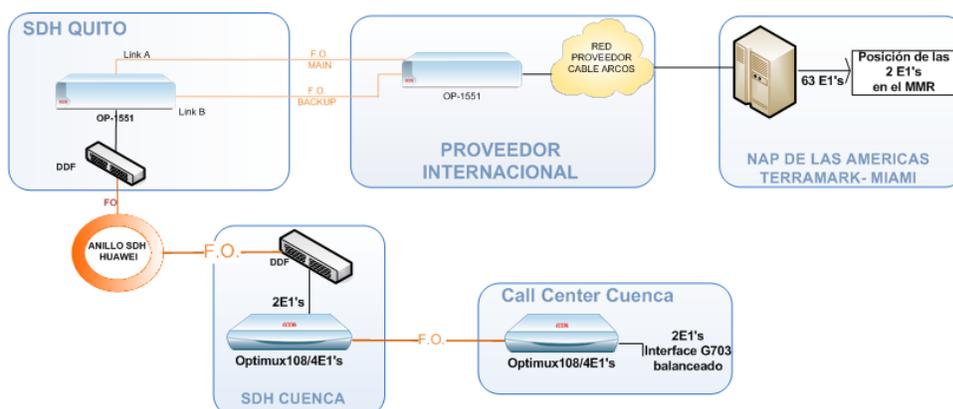


Figura 2.2 Diseño de la parte de TDM

SOLUCIÓN TDM PARA 2 E1'S CUENCA-NAP DE LAS AMÉRICAS				
Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
Equipo Optimux 108	OP-108/B/E TH/SC/SF1-SF2	2	\$ 838,00	\$ 1.676,00
Equipo Optimux 1551	OP-1551/6384/AC/PS/13LD	2	\$ 6.313,00	\$ 12.626,00
Fibra distribución urbana desde el nodo SDH Quito al Proveedor	Fibra de 12 hilos G652D x mt	4000	\$ 2,50	\$ 10.000,00
Fibra Cliente	Fibra de 12 hilos 657 x mt	500	\$ 1,00	\$ 500,00
Tendido	Mano de Obra x mts	8000	\$ 0,35	\$ 2.800,00
Fusión	Precio de fusión por hilo	8	\$ 15,00	\$ 120,00
Mano de obra para bajante		2	\$ 80,00	\$ 160,00
Kit para bajante		2	\$ 151,00	\$ 302,00
Fibra canalizada desde el nodo SDH Cuenca al cliente		4000	\$ 4,20	\$ 16.800,00
Transporte de E1's desde Quito al Nap de las Américas		2	\$ 600,00	\$ 1.200,00
TOTAL				\$ 46.184,00

Tabla 2.17 Costos TDM Cuenca-Nap de las Américas

2.2.2 Activación de 2 E1's Cuenca - Nap de las Américas con tecnología TDMoIP

Al diseñar un enlace TDMoIP debemos tener algunas consideraciones ya que es una solución de un E1/T1 soportada sobre una red de conmutación de paquetes que puede ser IP, Ethernet y MPLS. El flujo de datos que proviene del puerto E1 se convierte en paquete IP transportándose a través de puertos Fast Ethernet y viceversa. Las consideraciones que se deben tomar son:

La red debe estar soportada en una red IP L2 Gigabit Ethernet, con puertos en trunk.

Cada dispositivo tiene una única dirección IP (IP del host), una dirección IP de destino configurable que tiene asignados a los paquetes IP y una única VLAN para separar el tráfico de voz y datos, con esto aseguramos la supervivencia ante fallas por unicast flooding que pueden darse en la metro IP; por tal motivo en los switches de la metro se aplica el protocolo Spanning Tree para bloquear lógicamente las Ip's que posiblemente estén provocando lazos en la metro IP.

La configuración del ancho de banda en los puertos del switch debe ser de 5024K donde estén conectados los equipos multiplexores.

Para nuestro proyecto utilizaremos una pareja de equipos Ipmux24/4 E1's con las siguientes especificaciones técnicas:

Marca: RAD

Modelo: IPMUX24/4E1/N/UTP/UTP

Puerto de red: 1x10/100BaseT

Puerto de usuario: 1x10/100 BaseT+ 4xG703

Gestión a través del puerto de usuario

Como lo analizamos en el caso anterior que nos piden 2 STM-1 entre dos ciudades y los entregaremos en interface Gigabith Ethernet mapeando los 2 STM-1 dentro de la red SDH ya creada; estos 2 E1's serán transportados por el mismo anillo desde la ciudad de Cuenca a Quito que es la ciudad donde está el POP para la salida internacional.

Considerando que es un TDMoIP y trabajará dentro de la metro IP, el SLA para un enlace internacional en las empresas que hemos consultado es aproximadamente del 99,6 al 99,5%.

Uno de los equipos Ipmux24/4E1's estará colocado en el extremo del cliente final en este caso el Call Center y su pareja en el extremo del nodo SDH en la ciudad de Cuenca interconectados por la metro IP, paso seguido mapeamos los 2 E1's en el anillo SDH hasta transportarlo a la ciudad de Quito donde está el POP de la salida internacional y se aplicará lo ya expresado anteriormente en el enlace TDM para la interconexión al NAP de las Américas. Nuestro diseño quedaría como lo indica la figura 2.3.

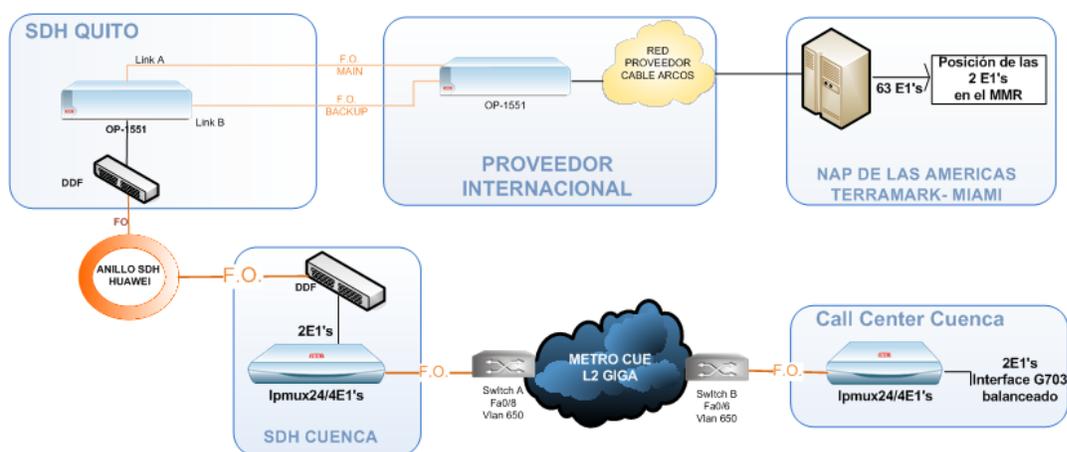


Figura 2.3 Diseño de la parte de TDMoIP

Considerando que recién estamos creando una metro IP, con un crecimiento de dos switches anillados con fibra óptica en la ciudad de Cuenca, podemos dar a conocer los cálculos obtenidos en la tabla 2.18.

SOLUCIÓN TDMoIP PARA 2 E1'S CUENCA-NAP DE LAS AMÉRICAS				
Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
Equipo Ipmux24/4E1	IPMUX24/4E1NUTPI/UTP	2	\$ 1.663,00	\$ 3.326,00
Switch para la metro IP	Switch 3550	2	\$ 850,00	\$ 1.700,00
Nodo IP	Rack, adecuación de instalación y renta	1	\$ 5.400,00	\$ 5.400,00
Convertor de fibra a Ethernet	Convertor de fibra a ethernet marca Wom 1550 y 1310	2	\$ 25,00	\$ 50,00
Cable UTP	Cable UTP Cat#5	2	\$ 2,00	\$ 4,00
Equipo Optimux 1551	OP-1551/6384/AC/R/SC/13L/D	2	\$ 6.313,00	\$ 12.626,00
Fibra distribución urbana desde el nodo SDH Quito al Proveedor	Fibra de 12 hilos G652D x mt	4000	\$ 2,50	\$ 10.000,00
Fibra Cliente	Fibra de 12 hilos 657 x mt	500	\$ 1,00	\$ 500,00
Tendido	Mano de Obra x mts	1000	\$ 0,35	\$ 350,00
Fusión	Precio de fusión por hilo	2	\$ 15,00	\$ 30,00
Mano de obra para bajante		2	\$ 80,00	\$ 160,00
Kit para bajante		2	\$ 151,00	\$ 302,00
Fibra canalizada desde el nodo SDH Cuenca al cliente		1000	\$ 4,20	\$ 4.200,00
Transporte de E1's desde Quito al Nap de las Américas		2	\$ 600,00	\$ 1.200,00
TOTAL				\$ 39.848,00

Tabla 2.18 Costos TDMoIP Cuenca-Nap de las Américas

Podemos concluir que la solución a bajo costo para rentabilidad de la empresa por la utilización de menor cantidad de fibra y costos de implementación es entregar los 2 E1's con tecnología TDMoIP.

2.2.3 Comparación de costos de servicio SDH y TDMoIP entre infraestructura propia, subarrendar y alquilar el servicio de acuerdo a los requerimientos del CEO de la empresa.

Hemos analizado el caso de arriendo de la infraestructura para subarrendar el servicio y con los costos proporcionados por dos proveedores reconocidos en el medio de las telecomunicaciones del Ecuador, como se indica en la siguiente tabla 2.19 es más rentable para el proyecto rentar el servicio; en caso que no se cuente con el capital para la inversión para armar nuestra propia infraestructura.

Proveedores	2 STM-1 CUE-AMB		2E1's CUE-NAP	
	MRC	NRC	MRC	NRC
Proveedor A	\$ 36.000,00	\$ 6.000,00	\$ 3.360,00	\$ 2.867,20
Proveedor B	\$ 39.000,00	\$ 8.000,00	\$ 4.480,00	\$ 3.472,00

Tabla 2.19 Comparación de costos de alquiler entre dos proveedores

Además hemos analizado el caso de implementar nuestro proyecto con infraestructura propia, tomando valores aproximados facilitados por proveedores y personal que trabaja día a día con este tipo de instalaciones, los valores obtenidos para armar la red SDH y TDMoIP los referenciamos en la tabla 2.20.

COSTO TOTAL DE INVERSION EN EL ANILLO SDH INTERURBANO Y URBANO	\$ 12.299.296,80
COSTO TOTAL DE INVERSION EN SOLUCION TDMoIP	\$ 39.848,00
COSTO TOTAL DE LA IMPLEMENTACIÓN SDH Y TDMoIP	\$ 12.339.144,80

Tabla 2.20 Costos de la implementación de nuestro proyecto

En el capítulo 4 realizaremos la evaluación financiera de nuestro proyecto para tomar en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, ya que estos medios matemáticos financieros son de gran utilidad para la toma de decisiones en nuestro caso del CEO de la compañía; porque un análisis financiero a futuro puede evitar posibles problemas a largo plazo.

CAPÍTULO 3

3.SIMULACIÓN DEL PROYECTO SDH Y METRO ETHERNET CON TECNOLOGÍA TDMOIP/TDM EN EL LABORATORIO DE TELECOMUNICACIONES

3.1 Simulación del proyecto SDH

Con la finalidad de homologar nuestro proyecto de entregar 2 STM-1 entre las ciudades de Cuenca y Ambato con interface Gigabit Ethernet a una Operadora de Telefonía Celular, haremos uso del equipamiento SDH instalado en el laboratorio de Telecomunicaciones de la ESPOL; considerando que por las licencias otorgadas a la institución únicamente podemos armar un anillo SDH con tres equipos los mismos que consideramos nombrarlos NE3 (UIO)- NE2 (CUE) y NE1 (AMB) y por el modelo de equipamiento y las tarjetas agregadas armaremos un anillo STM-4 sobre SDH como lo indica la figura 3.1.

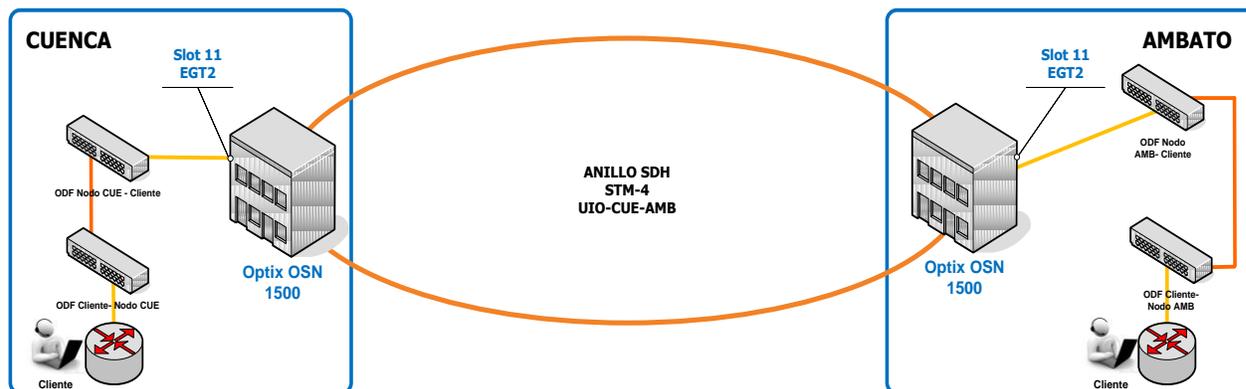


Figura 3.1 Conexión entre los nodos Cuenca y Ambato

La logística para el laboratorio está formado por:

3 Equipos SDH Optix OSN 1500 marca Huawei, con fuentes de poder y rackeados como se indica en la figura 3.2.

1 Servidor Huawei iManager T2000, incluye software y hardware para la aplicación.

2 Routers Huawei, con Fuentes de poder y rackeados

10 patch de fibra LC/LC monomodo

1 patch de fibra LC/FC

1 Cable UTP

1 Medidor de Potencia

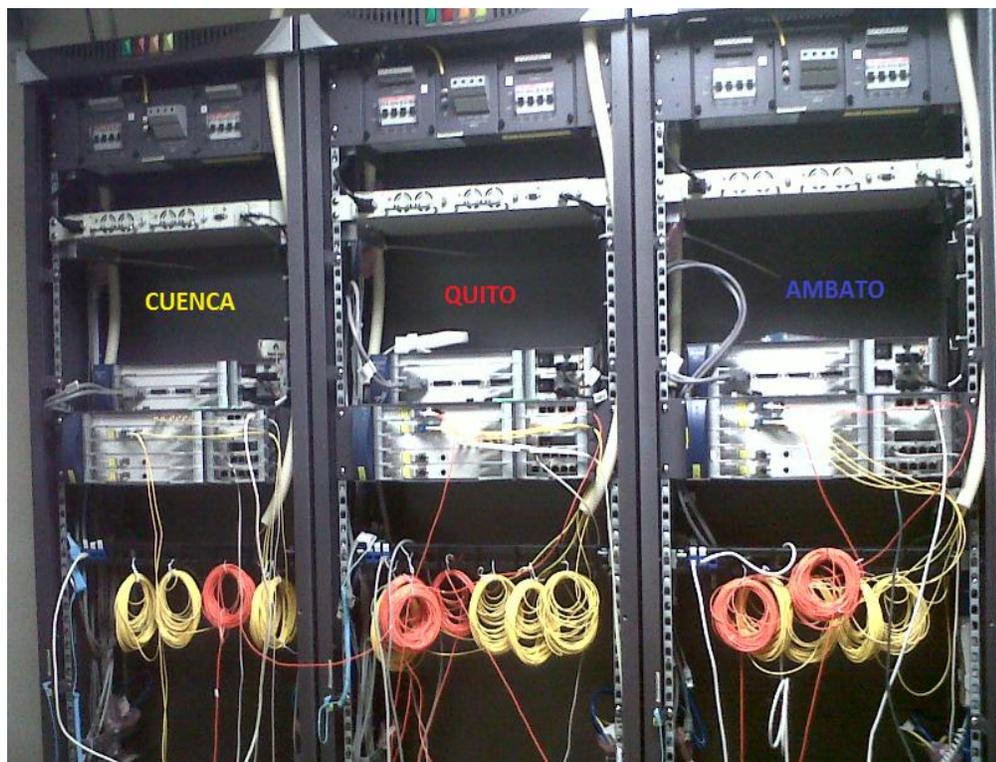
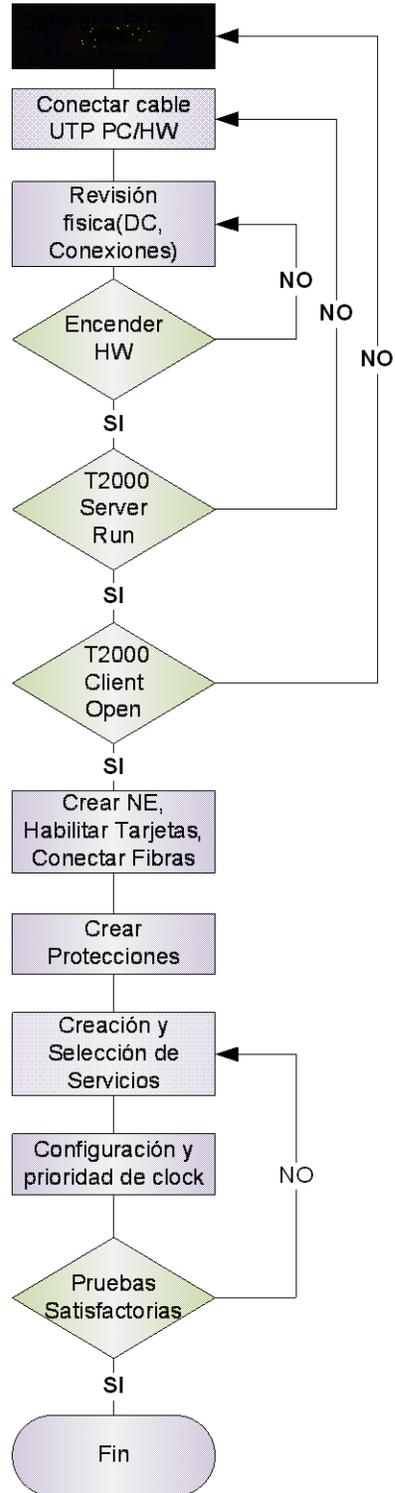


Figura 3.2 Conexiones de los equipos Huawei (Optix OSN 1500)

3.1.1 Flujograma de la simulación de una red SDH

Este flujograma nos indica los pasos a seguir en la configuración del T2000, para emular el proyecto.



3.1.2 Configuración de los equipos Huawei

Para la configuración de los equipos Huawei debemos realizar los siguientes pasos:

Paso 1: Encender la PC.

Paso 2: En el escritorio del PC, doble clic T2000 Server:

Username: admin

Password: T2000

Paso 3: En el escritorio, doble clic T2000 Client:

Username: admin

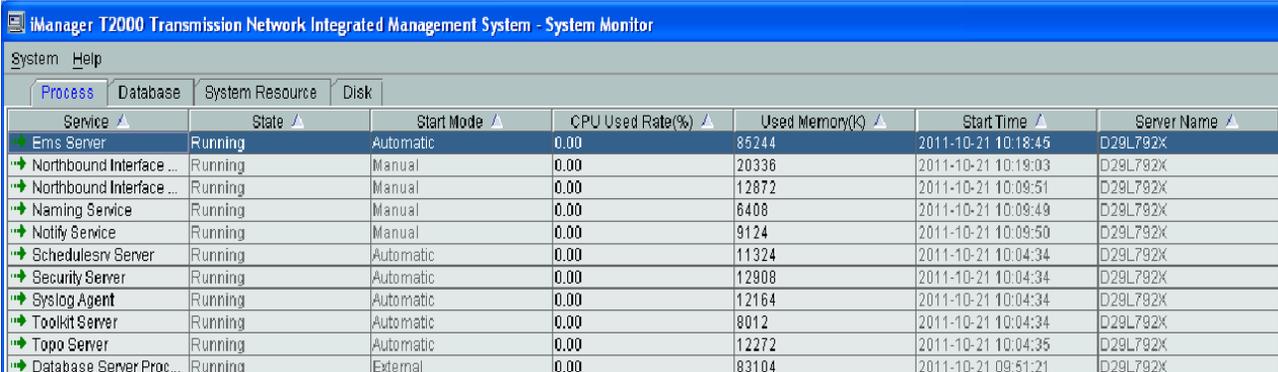
Password: T2000

Con este ícono en modo background se abre el T2000 Server para empezar con las configuraciones.

Paso 4: Verificar conectividad: ping 129.9.0.1 (Gateway: Equipo Principal).

Paso 5: Cargar los servicios y corroborar que el Servidor ha levantado sin problema y verificamos que los servicios Schedulersry server (servicios de las topologías), Topo server (tareas del servidor) y Database server process (servicios de la base de datos) estén en estado Running como lo indica la figura 3.3, estos servirán para

realizar las configuraciones de los equipos y para se graben los cambios realizados en el mismo.



The screenshot shows the 'System Monitor' window of the iManager T2000. It displays a table of services running on the server. The table has columns for Service, State, Start Mode, CPU Used Rate(%), Used Memory(K), Start Time, and Server Name. All services listed are in a 'Running' state with a CPU usage of 0.00%.

Service	State	Start Mode	CPU Used Rate(%)	Used Memory(K)	Start Time	Server Name
Ems Server	Running	Automatic	0.00	85244	2011-10-21 10:18:45	D29L792K
Northbound Interface ...	Running	Manual	0.00	20336	2011-10-21 10:19:03	D29L792K
Northbound Interface ...	Running	Manual	0.00	12872	2011-10-21 10:09:51	D29L792K
Naming Service	Running	Manual	0.00	6408	2011-10-21 10:09:49	D29L792K
Notify Service	Running	Manual	0.00	9124	2011-10-21 10:09:50	D29L792K
Schedulesrv Server	Running	Automatic	0.00	11324	2011-10-21 10:04:34	D29L792K
Security Server	Running	Automatic	0.00	12908	2011-10-21 10:04:34	D29L792K
Syslog Agent	Running	Automatic	0.00	12164	2011-10-21 10:04:34	D29L792K
Toolkit Server	Running	Automatic	0.00	8012	2011-10-21 10:04:34	D29L792K
Topo Server	Running	Automatic	0.00	12272	2011-10-21 10:04:35	D29L792K
Database Server Proc...	Running	External	0.00	83104	2011-10-21 09:51:21	D29L792K

Figura 3.3 Servicios corriendo en el T2000 Server

Suministrado el usuario y contraseña la aplicación T2000 se inicializa y procedemos a crear los Network Element (NE) que simularán los nodos de nuestro proyecto, a continuación presentamos la pantalla gráfica de inicio 3.4.

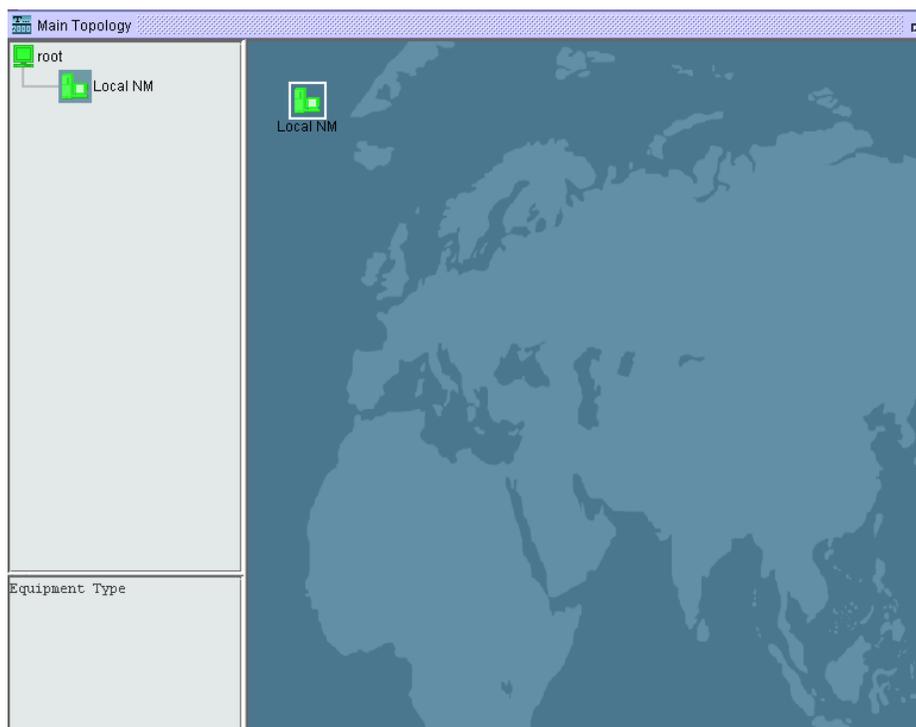


Figura 3.4 Pantalla Gráfica de inicio

Paso 6: Crear los Network Element (NE) debemos considerar crear un NE como Gateway que será el equipo conectado al servidor de administración T2000 y los siguientes nodos como No Gateway.

Para crear el primer Network Element (NE), damos click derecho en la pantalla central y escogemos la opción **Create, "Topology Object"** en la figura 3.5 podemos visualizar lo indicado.

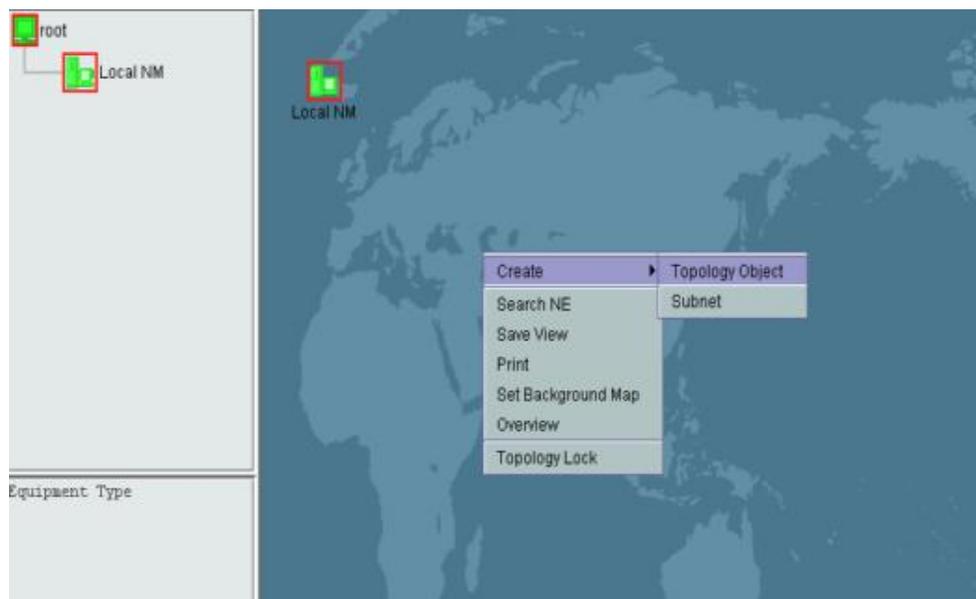


Figura 3.5 Creando el primer Network Element

Paso seguido se procede a seleccionar el tipo de Optix OSN a utilizar, en este caso en el laboratorio utilizaremos el modelo 1500; continuando con la identificación de nuestro primer NE que lo identificaremos como **NE3-UIO**.

Para ingresar los atributos del equipo SDH NE3 será el Gateway de toda la red SDH, en “**Gateway Type**”, debemos seleccionar **IP Gateway** y su IP es **129.9.0.1** como se indica en la figura 3.6. Damos click en Apply y se guarda la información en el SDH NE3 creado.

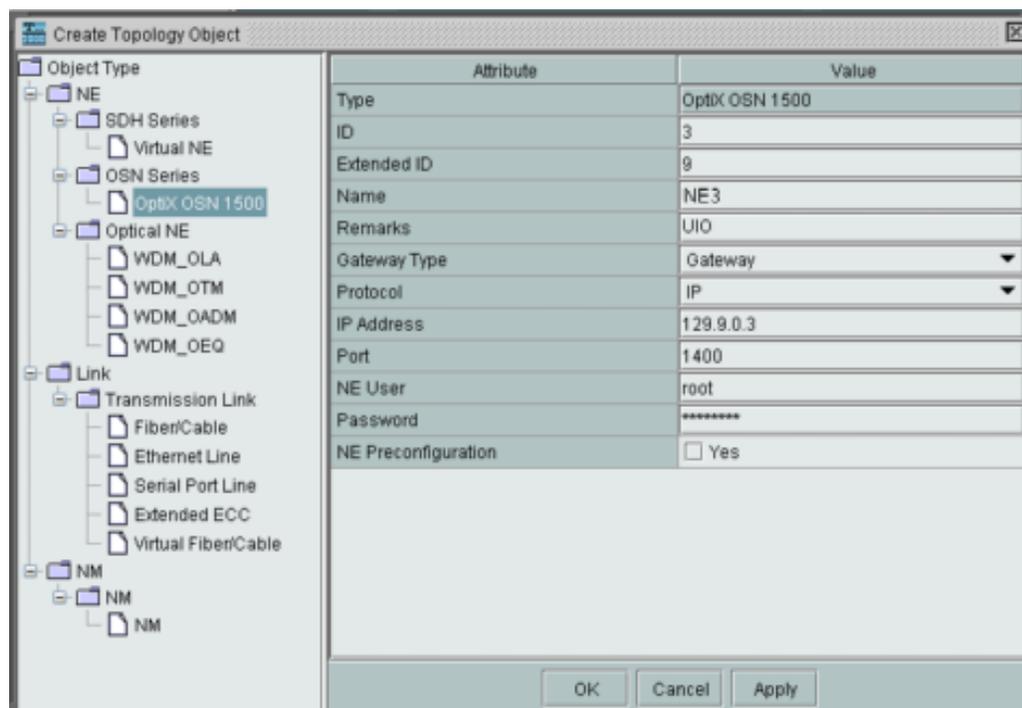


Figura 3.6 Configuración del NE3 –UIO

Para el resto de equipos SDH NE1 (CUE) y SDH NE2 (AMB) bastará colocar en “**Gateway Type**”: **Non Gateway** y en “**Affiliated Gateway**”: **NE3** y obtenemos todos nuestros NE, tal como se muestra en la figura 3.7.

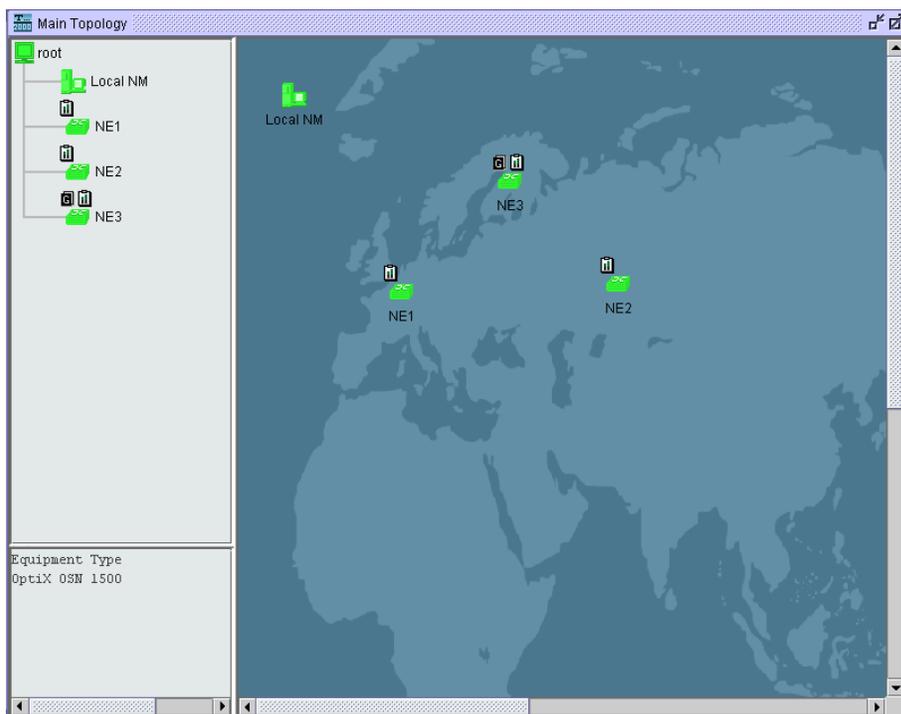


Figura 3.7 Elementos de nuestra red

Paso 7: Habilitación de las tarjetas de los equipos Huawei

Doble clic sobre cada ícono creado, seleccionamos “**Manual Configuration**”, “**Query Physical Slot**” para poder detectar automáticamente las tarjetas que contienen este equipo. Esto se debe realizar en los íconos restantes, detallamos en las figuras 3.8, 3.9 y 3.10 lo ya descrito.

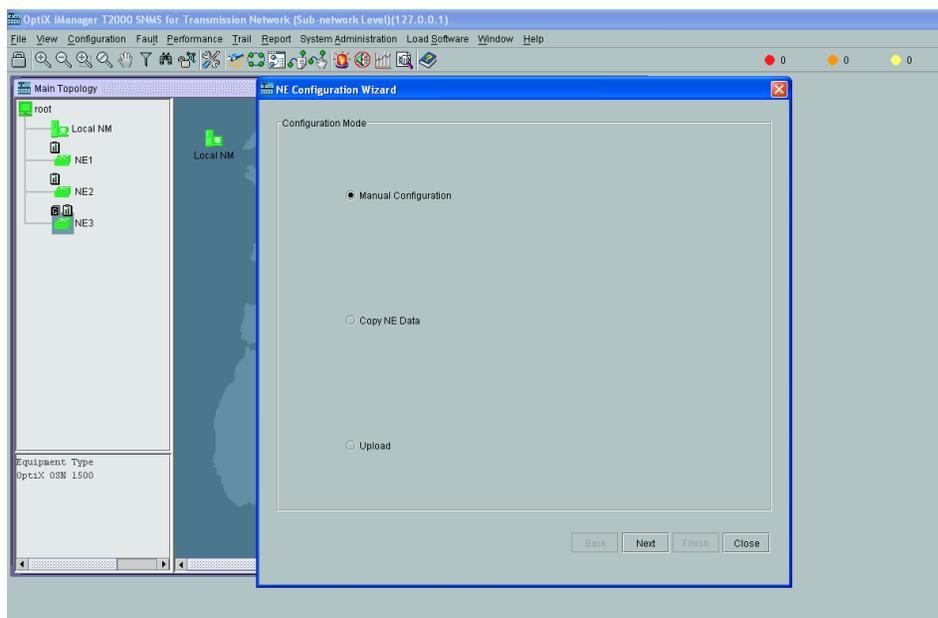


Figura 3.8 Configuración Manual

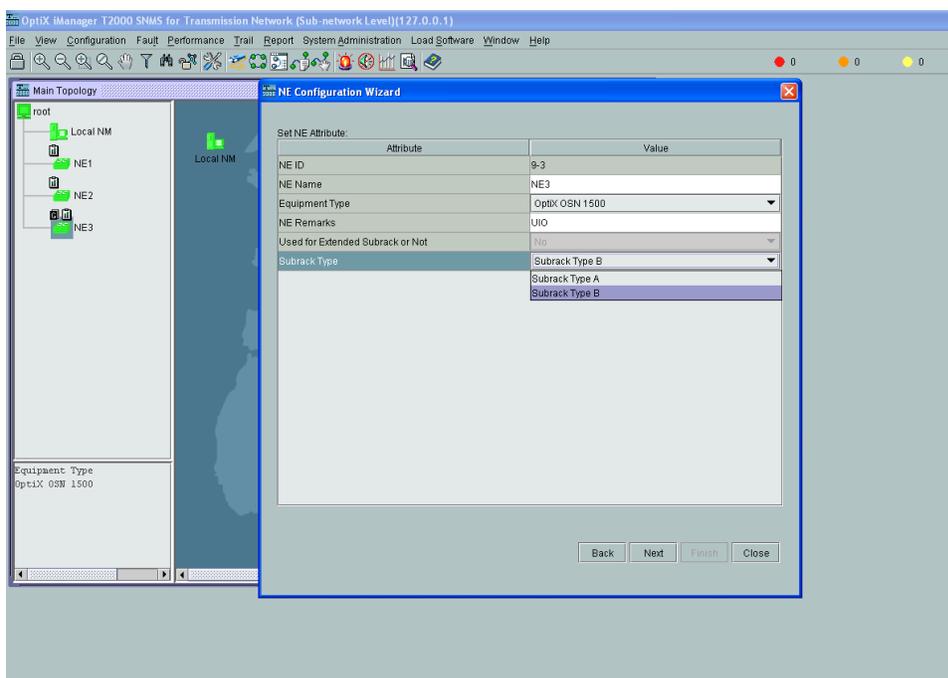


Figura 3.9 Tipo de subrack del Optix OSN 1500B

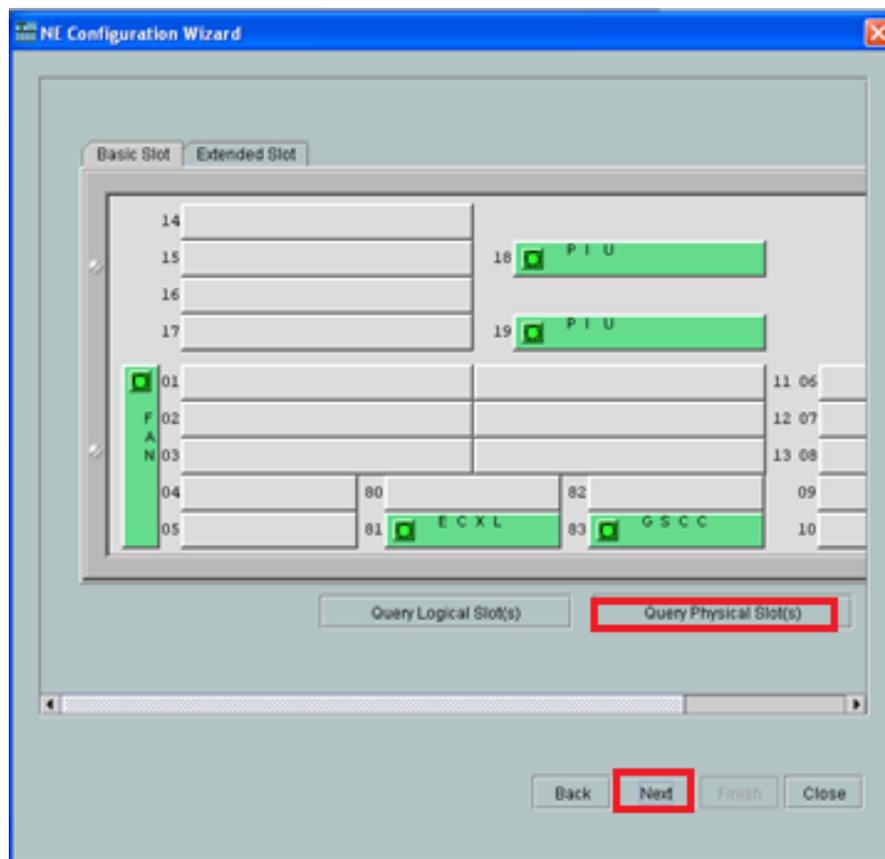


Figura 3.10 Pasos para activar las tarjetas SDH

En las figuras 3.11, 3.12 y 3.13 podemos observar las tarjetas que están físicamente instaladas y activas en el equipo Optix OSN 1500 B, para el nodo NE3 (UIO), nodo NE1 (CUE) y nodo NE2 (AMB).

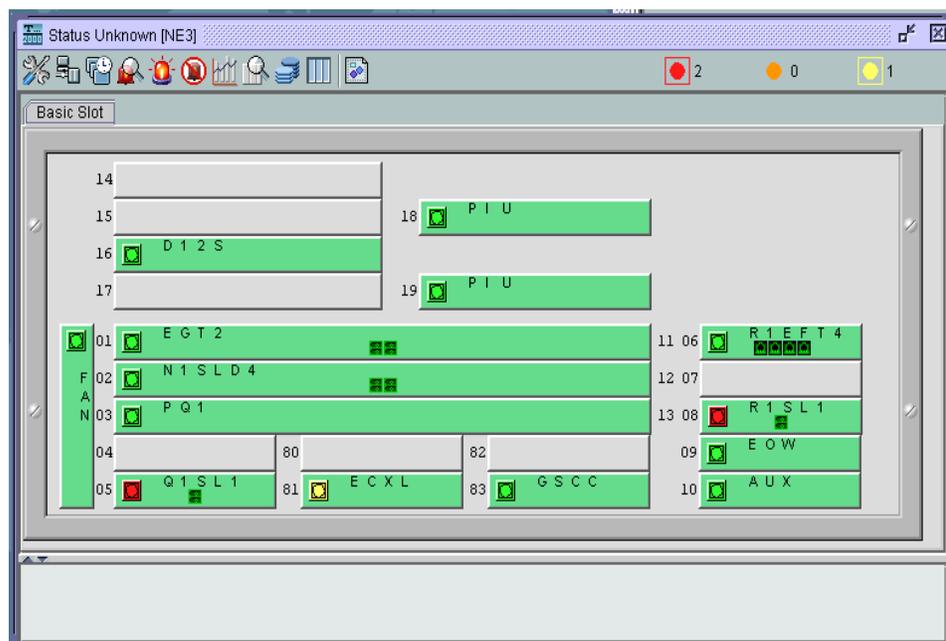


Figura 3.11 Tarjetas activas en el SDH NE1 (CUE)

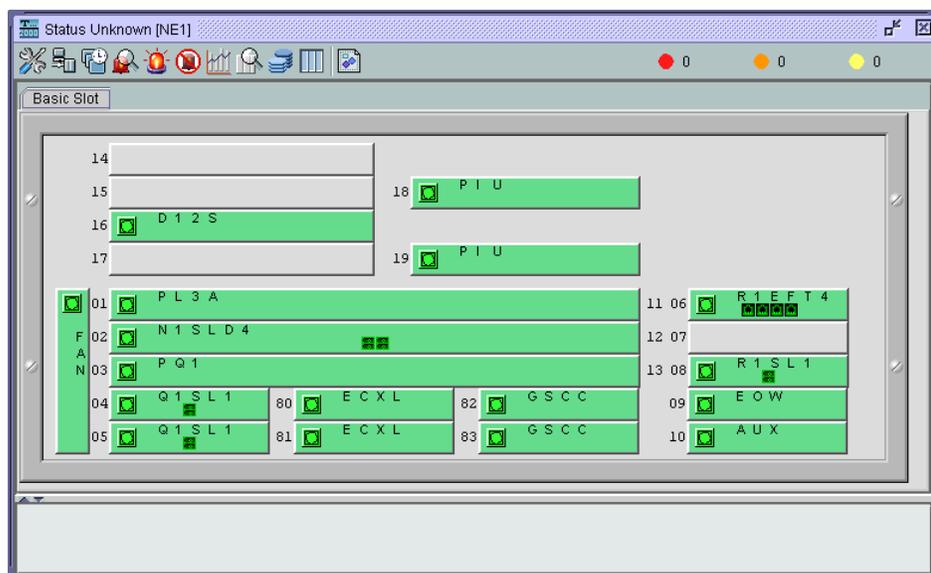


Figura 3.12 Tarjetas activas en el SDH NE3 (UIO)

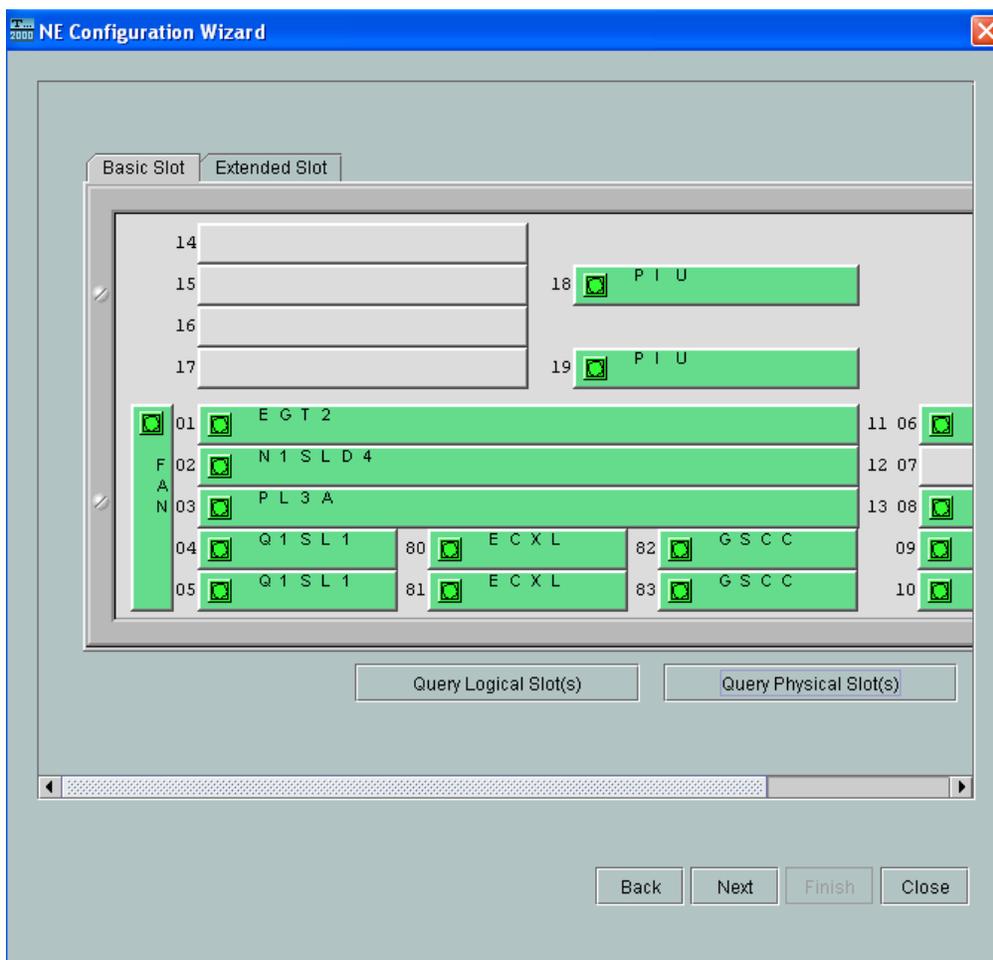


Figura 3.13 Tarjetas activas en el SDH NE2 (AMB)

Ya creados los NE1, NE2, NE3 hacemos click en Verify and Run que con esto se guarda y se ejecuta la configuración realizada, esto lo podemos ver en la figura 3.14.

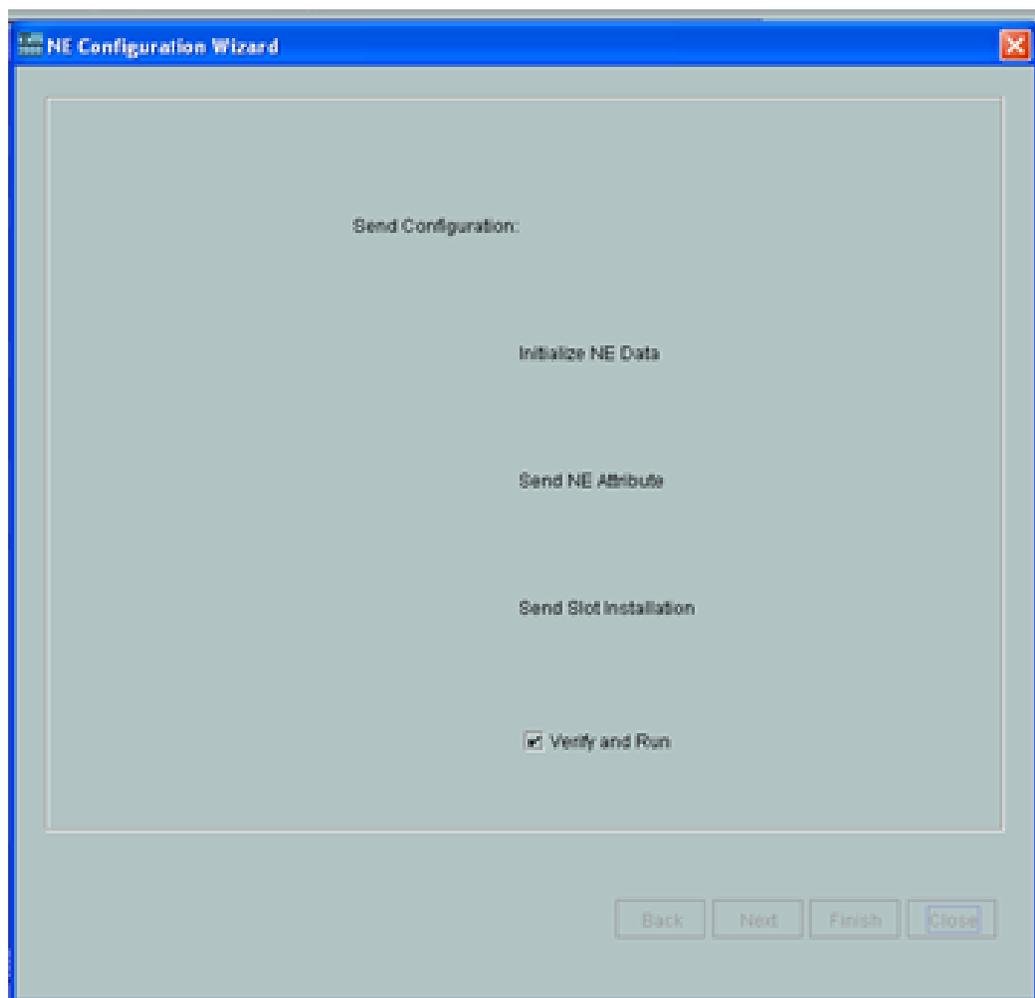


Figura 3.14 Verificación de la configuración realizada

Para una mejor apreciación de nuestro proyecto hemos cambiado los nombres a los NE, referenciados con los nombres de las ciudades; como se muestra en la figura 3.15:

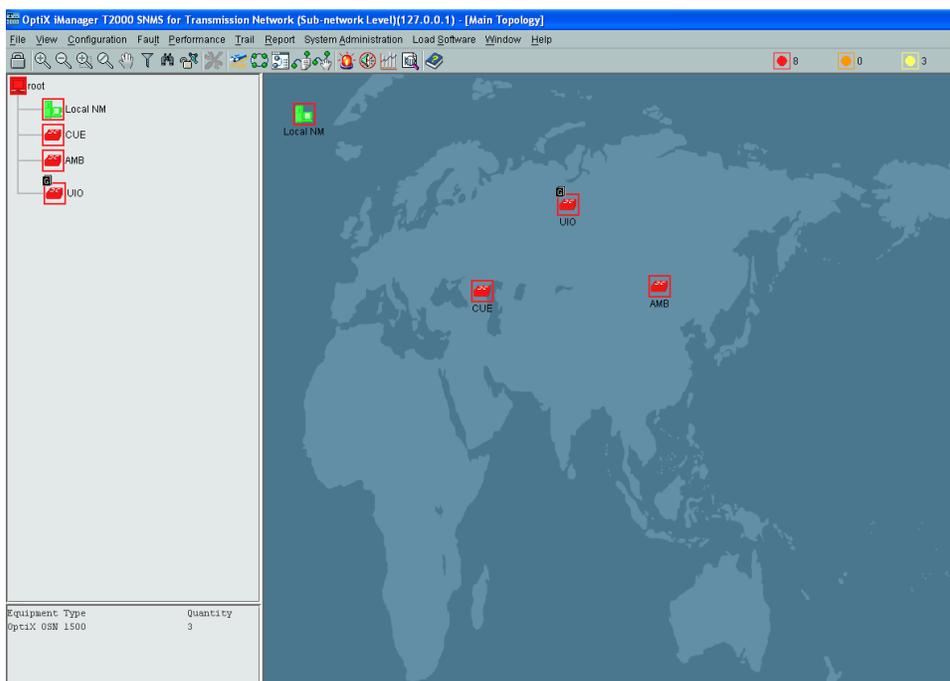


Figura 3.15 Cambio de nombres de los NE

Paso 8: Conexiones entre los nodos SDH NE

Para interconectar los NE, en la barra de herramientas podemos escoger el ícono “crear fibra” como indica la figura 3.16 y nos aparecerá “+”.



Figura 3.16 Ícono de la fibra

En nuestro diseño hemos considerado conectar los equipos SDH, armando un anillo STM-4 como se indica en la figura 3.17:

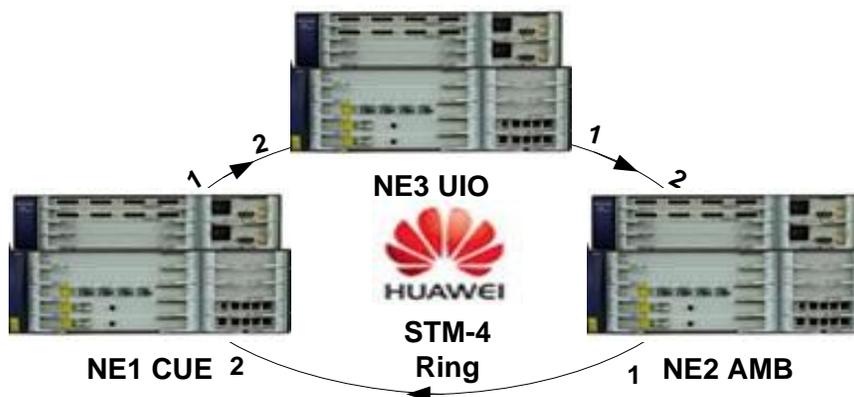
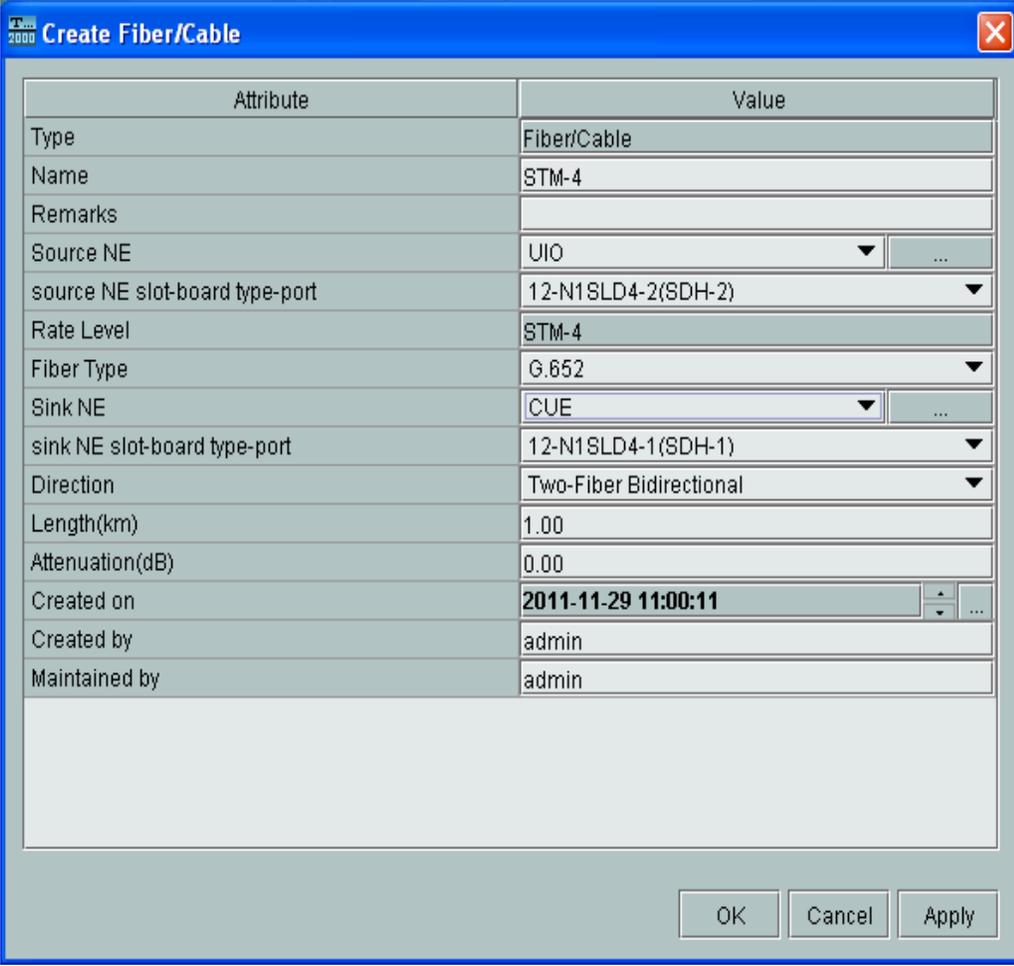


Figura 3.17 Anillo STM-4 con Optix OSN 1500

Seleccionamos el ícono del **SDH UIO**, seleccionar primero el extremo donde se encuentra la tarjeta STM-4 en el caso del equipo UIO está ubicado en el **slot 12** y el extremo final del CUE donde está ubicada la tarjeta STM-4 ubicado en el **slot 12** del ícono **SDH CUE**; como se indica en la figura 3.18.



Attribute	Value
Type	Fiber/Cable
Name	STM-4
Remarks	
Source NE	UIO
source NE slot-board type-port	12-N1SLD4-2(SDH-2)
Rate Level	STM-4
Fiber Type	G.652
Sink NE	CUE
sink NE slot-board type-port	12-N1SLD4-1(SDH-1)
Direction	Two-Fiber Bidirectional
Length(km)	1.00
Attenuation(dB)	0.00
Created on	2011-11-29 11:00:11
Created by	admin
Maintained by	admin

OK Cancel Apply

Figura 3.18 Creación de la fibra entre los equipos SDH UIO-CUE

Para una mejor apreciación cambiaremos el nombre de las fibras en nuestro anillo, como se indica en la figura 3.19, 3.20 y 3.21.

The image shows a software dialog box titled "Link Attributes[STM-4]". It contains a table with two columns: "Attribute" and "Value". The table lists various configuration parameters for a fiber link, including type, name, source and sink details, direction, rate level, fiber type, length, attenuation, and creation information. At the bottom of the dialog are three buttons: "OK", "Cancel", and "Apply".

Attribute	Value
Type	Fiber/Cable
Name	UIO-CUE
Remarks	
Source NE	UIO
source NE slot-board type-port	12-N1SLD4-2(SDH-2)
Sink NE	CUE
sink NE slot-board type-port	12-N1SLD4-1(SDH-1)
Direction	Two-Fiber Bidirectional ▼
Rate Level	STM-4
Fiber Type	G.652 ▼
Length(km)	1.00
Attenuation(dB)	0.00
Created on	2011-11-29 11:00:11 ▲ ▼ ...
Created by	admin
Maintained by	admin

OK Cancel Apply

Figura 3.19 Fibra entre los equipos SDH UIO-CUE

Attribute	Value
Type	Fiber/Cable
Name	CUE-AMB
Remarks	
Source NE	CUE
source NE slot-board type-port	12-N1SLD4-2(SDH-2)
Sink NE	AMB
sink NE slot-board type-port	12-N1SLD4-1(SDH-1)
Direction	Two-Fiber Bidirectional
Rate Level	STM-4
Fiber Type	G.652
Length(km)	1.00
Attenuation(dB)	0.00
Created on	2011-11-29 11:03:39
Created by	admin
Maintained by	admin

OK Cancel Apply

Figura 3.20 Fibra entre los equipos SDH CUE-AMB

Attribute	Value
Type	Fiber/Cable
Name	AMB-UIO
Remarks	
Source NE	AMB
source NE slot-board type-port	12-N1SLD4-2(SDH-2)
Sink NE	UIO
sink NE slot-board type-port	12-N1SLD4-1(SDH-1)
Direction	Two-Fiber Bidirectional
Rate Level	STM-4
Fiber Type	G.652
Length(km)	1.00
Attenuation(dB)	0.00
Created on	2011-11-29 11:04:46
Created by	admin
Maintained by	admin

OK Cancel Apply

Figura 3.21 Fibra entre los equipos SDH AMB-UIO

Paso 9: Colocar los nombres para estas fibras

La distribución la haremos como se indica en la tabla 3.1.

NE3 UIO	SLOT-12	Enlace Principal UIO-CUE	SLOT 12	NE1 CUE
NE2 CUE	SLOT-12	Enlace Principal CUE-AMB	SLOT 12	NE1 AMB
NE1 AMB	SLOT-12	Enlace Principal AMB-UIO	SLOT 12	NE3 UIO

Tabla 3.1 Identificación de cada NE

Se visualiza en la figura 3.22 el anillo STM-4 ya cerrado, con esto habremos logrado unir todos los equipos con sus respectivas fibras.

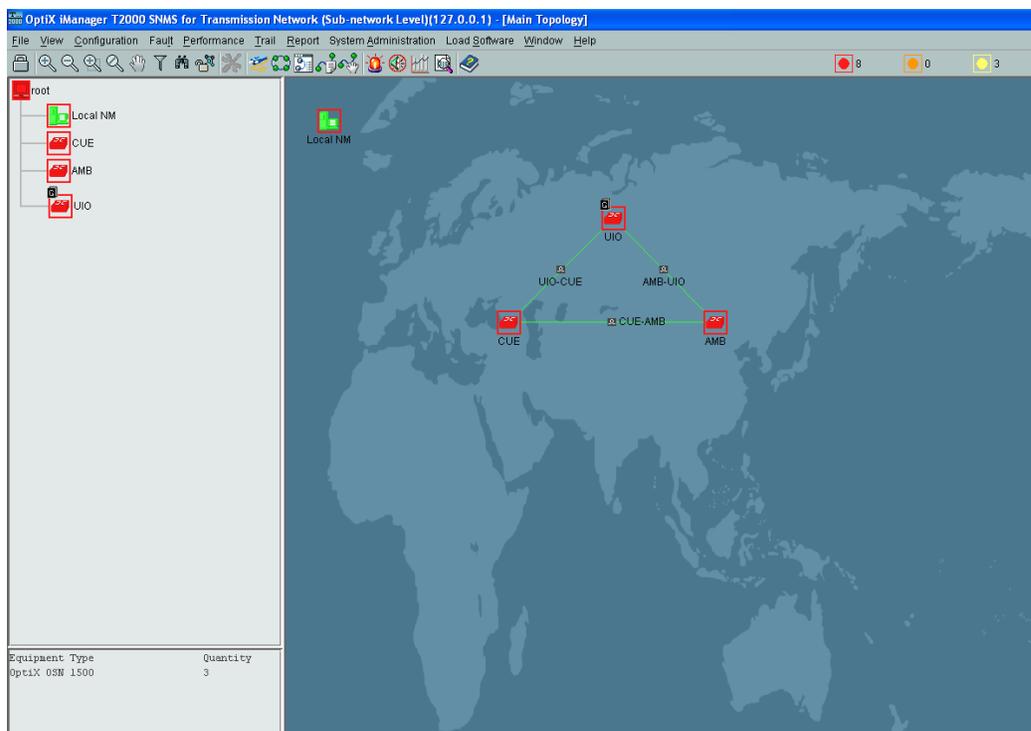


Figura 3.22 Anillo STM-4 Cerrado

Paso 10: Creación de las protecciones

A la red Huawei creada configuraremos el tipo protección **PSP**, que es la soportada por la licencia del equipo. Seleccionamos “**configuration**”, “**protection view**”, se carga una nueva pantalla Protección View. En la barra de herramientas seleccionamos la opción “**Protection View**”, “**Create SDH Protection Subnet**”, “**PP (Uniform Route)**” como indica la figura 3.23.

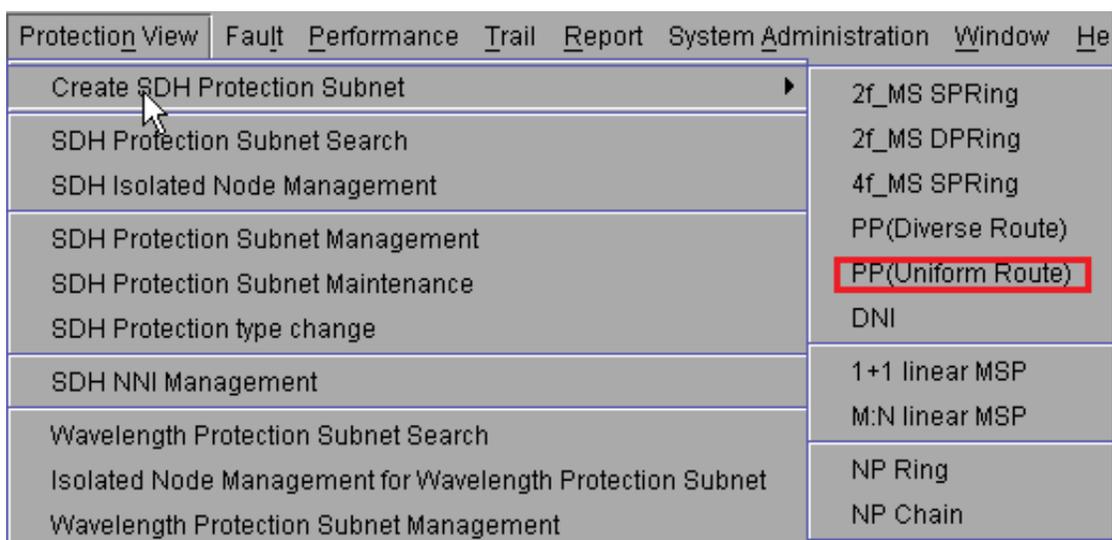


Figura 3.23 Creación de la Protección en los nodos

Se abrirá una nueva ventana donde seleccionaremos el rate, en este caso será **STM-4**, escogemos los nodos a proteger, en nuestro caso UIO-CUE-AMB; seleccionamos con un visto las casillas de

Resources Sharing y Assigned by VC-4 y hacemos click en Next y todos estos pasos lo podemos ver en la figura 3.24.

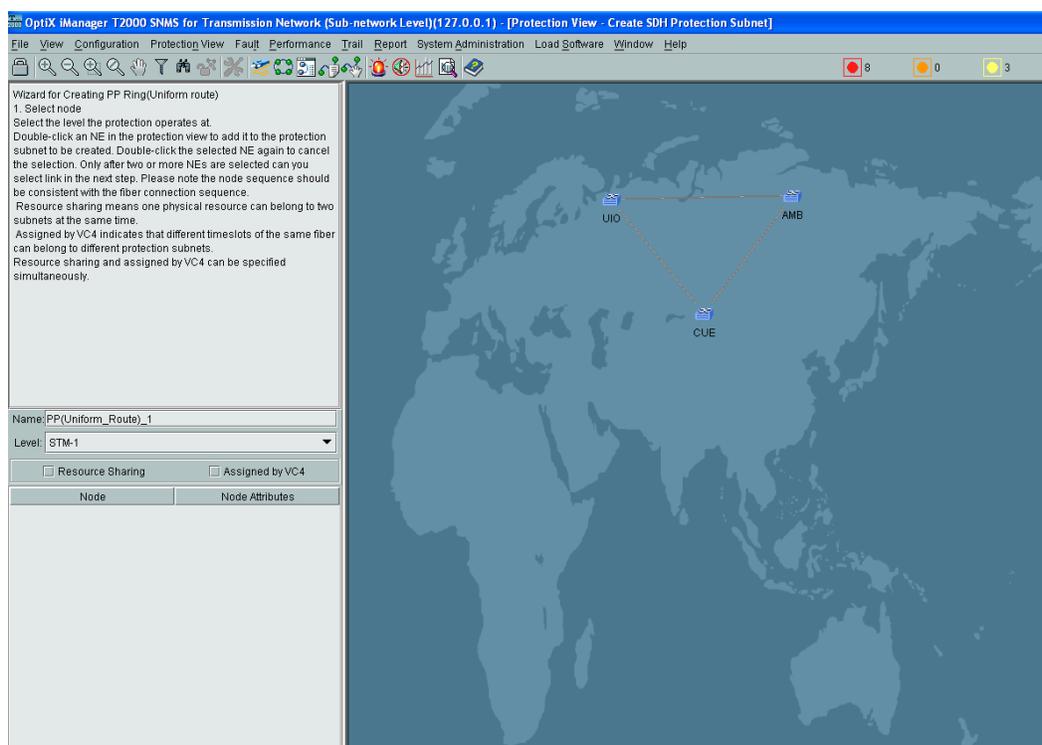


Figura 3.24 Pasos para configurar protecciones en los nodos

Se visualizará una ventana con las rutas creadas en los tres nodos y con la opción de la protección PP (Uniform), como se indica en la figura 3.25.

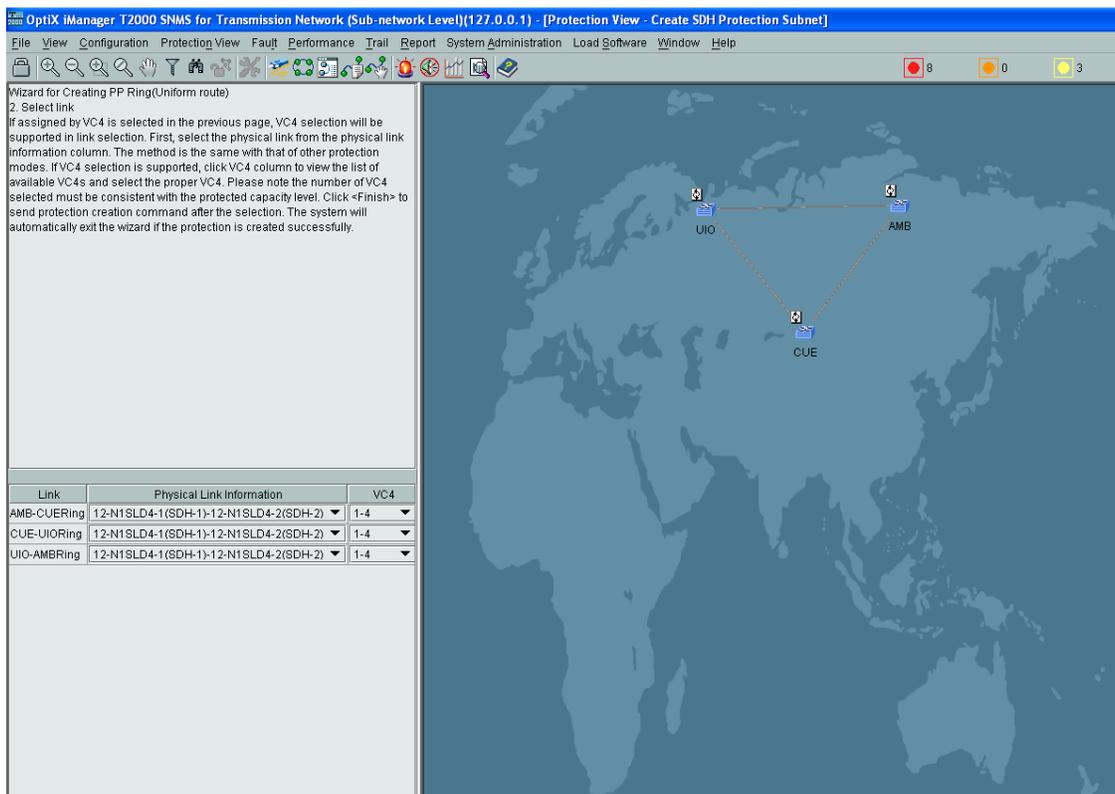


Figura 3.25 Rutas de protección creadas en los tres nodos

Finalmente nos aparecerá una ventana con un mensaje indicando que la creación de las protecciones fue satisfactorio “**Creating a protection subnet succeeded**” como lo indica la figura 3.26.

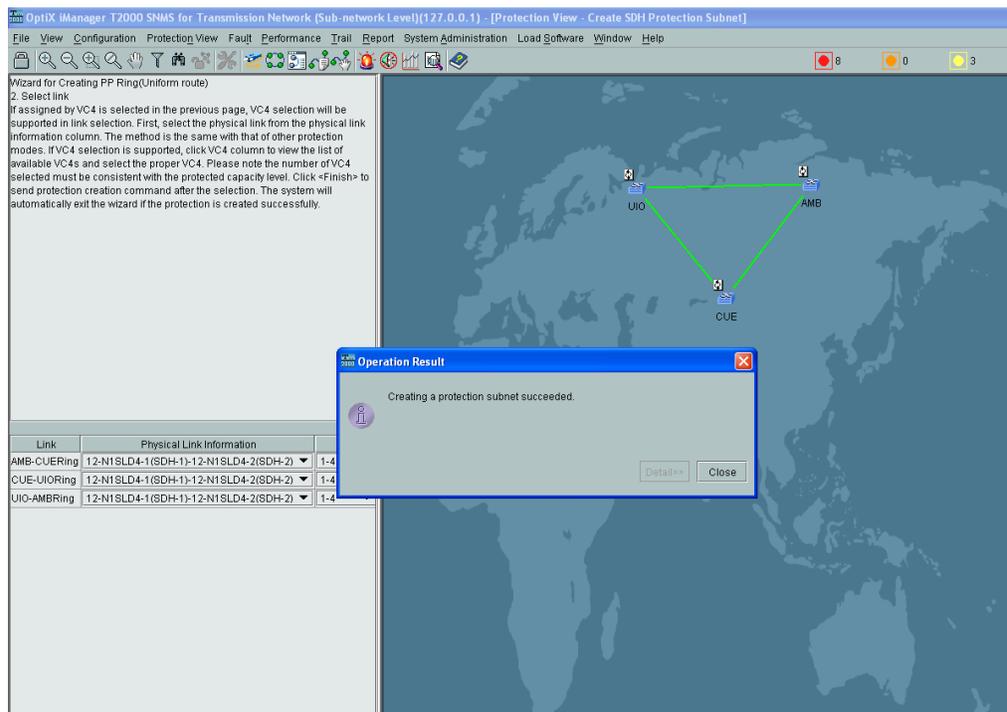


Figura 3.26 Confirmación que la protección es satisfactoria

Las protecciones son muy importantes en un anillo, las mismas nos permiten tener redundancia entre los nodos y su recuperación es más rápida en caso de existir una falla en uno de los tramos.

Paso 11: Configuración de los Trails

Configuramos el trail entre los equipos que vamos a bajar tráfico, con esta creación protegemos el servicio y damos click en “**Trail**”,

“SDH Trail Creation”. A nivel VC-4 seleccionamos como **Fuente Cuenca (CUE)**, y del ícono de CUE buscamos el **Slot 04 (Q1SL1)** y escogemos el **primer puerto**. Como se indica en la figura 3.27.

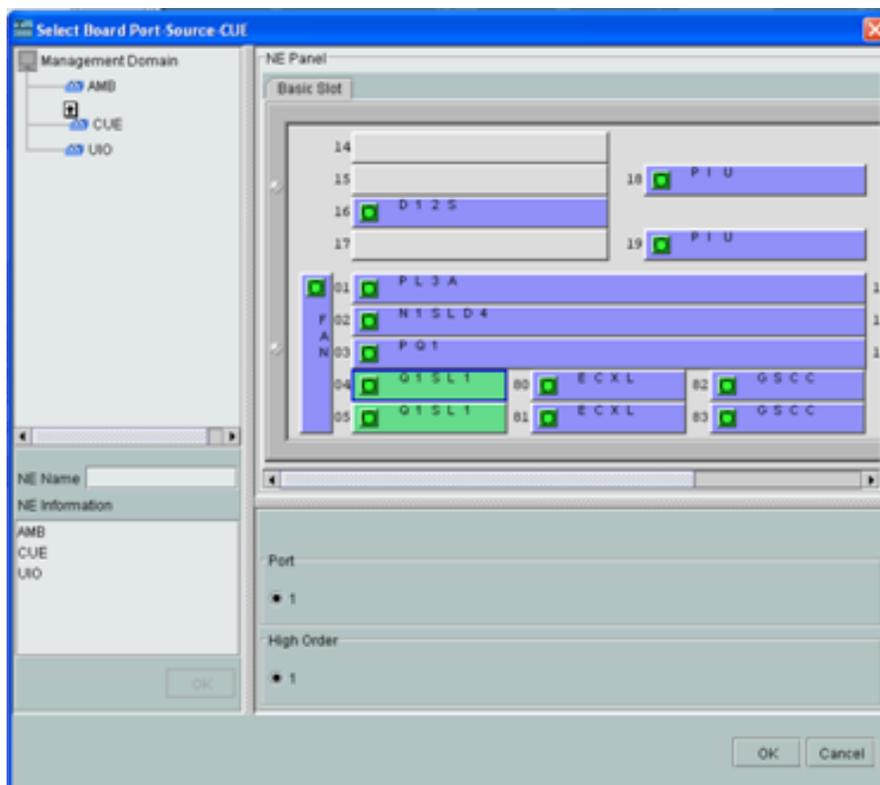


Figura 3.27 Configuración del trail en el nodo CUE en el VC-4

Seleccionamos como **destino Ambato (AMB)** y del icono de Ambato buscamos el **Slot 04 (Q1SL1)** y escogemos el **primer puerto**. Como se indica en la figura 3.28.

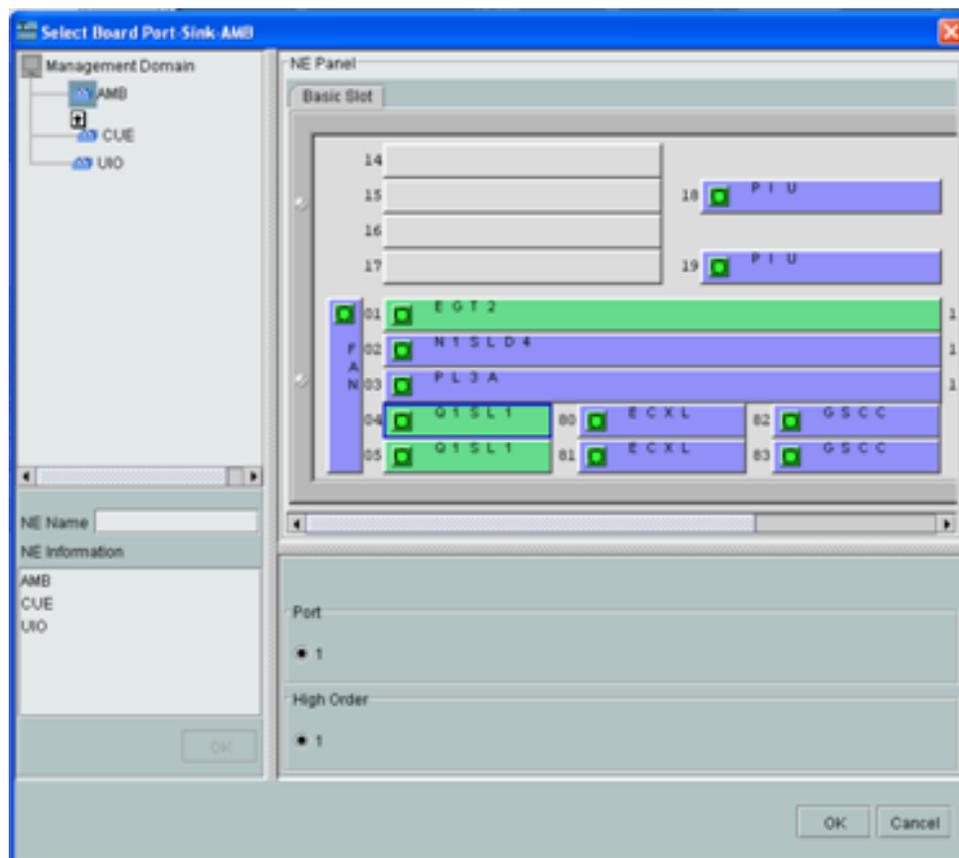


Figura 3.28 Configuración del trail en el nodo AMB en VC-4

Seleccionamos **“activate”** y **“apply”** y nos sale una ventana confirmando que el trail ha sido creado exitosamente, como se ve en la siguiente figura 3.29:

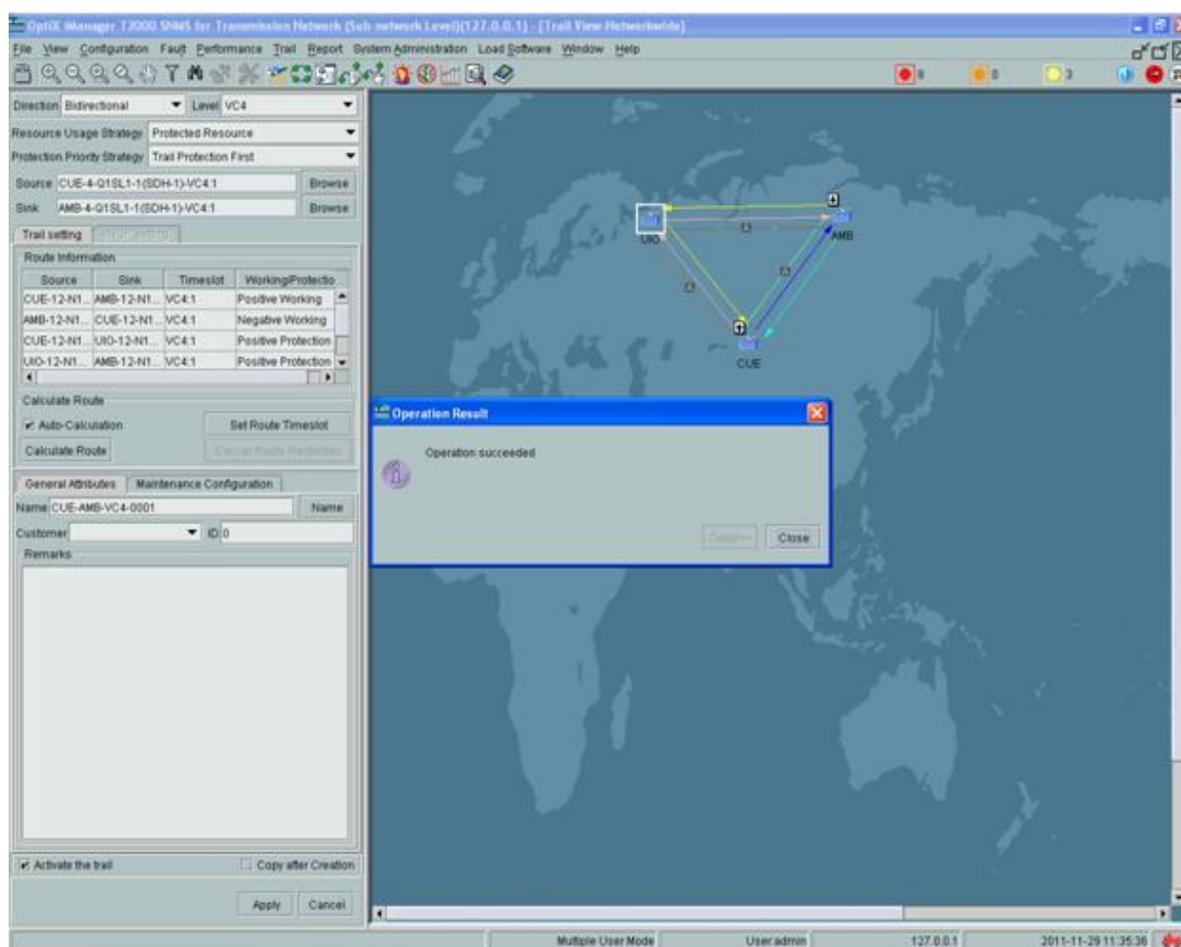


Figura 3.29 Configuración del trail CUE-AMB a nivel de VC-4

En este punto realizaremos la configuración del servicio Gigabit/Ethernet, para esto seguimos el mismo paso 11 para la creación del trail, seleccionamos el source en nuestro caso el equipo de **SDH CUE** y seleccionamos la tarjeta del **slot 11(EGT2)** como se

ve en la figura 3.30 y el destino el equipo de **SDH AMB** tarjeta del **slot 11 (EGT2)** figura como se indica en la figura 3.31:

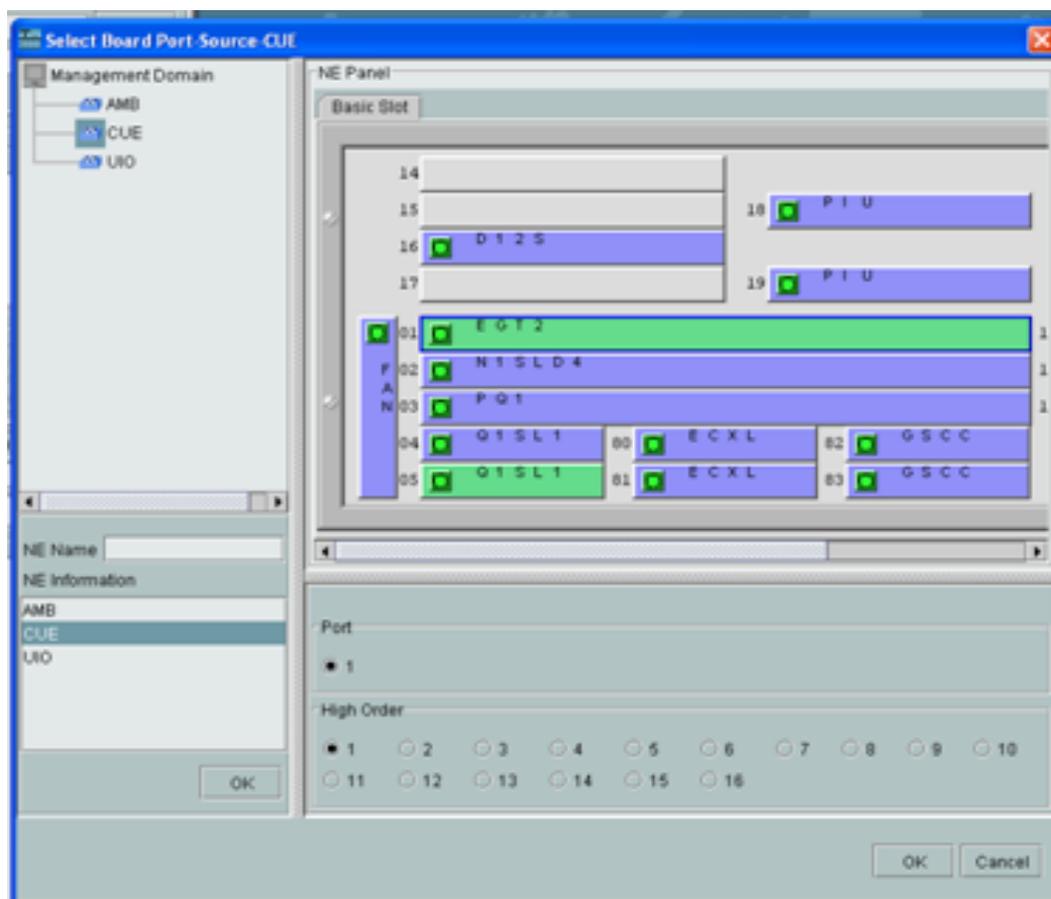


Figura 3.30 Configuración del trail en el nodo CUE

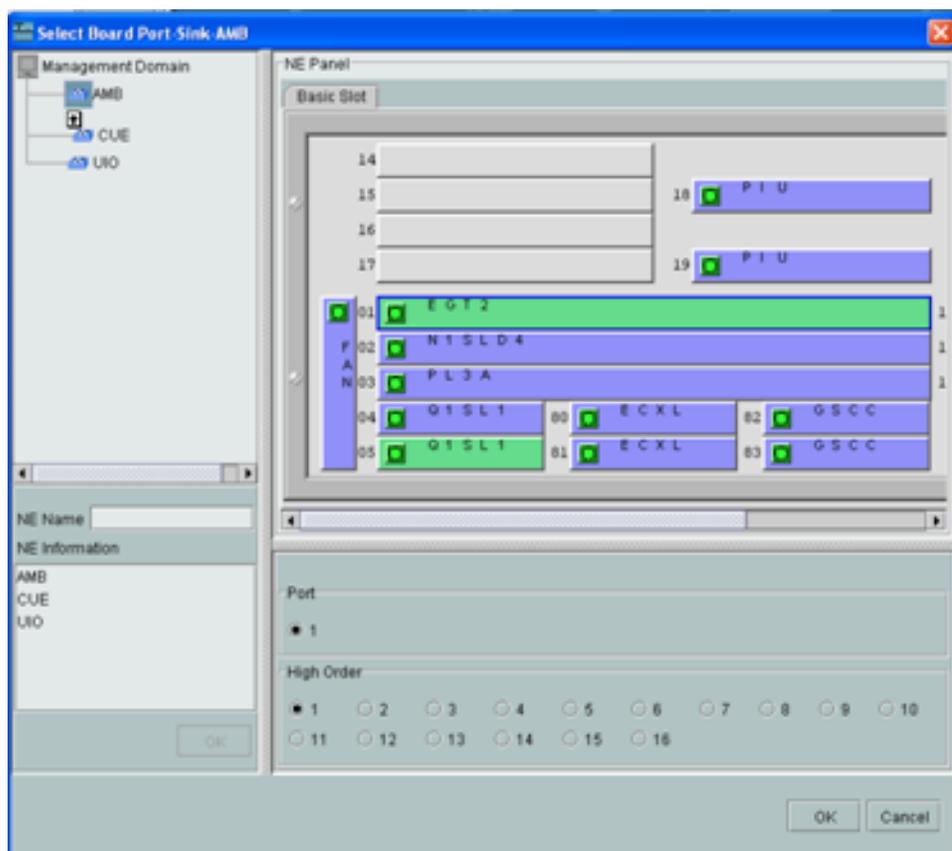


Figura 3.31 Configuración del trail en el nodo Ambato

Seleccionamos **“activate”** y **“apply”** y nos sale una ventana confirmando que el trail ha sido creado exitosamente, como se ve en la siguiente figura 3.32:

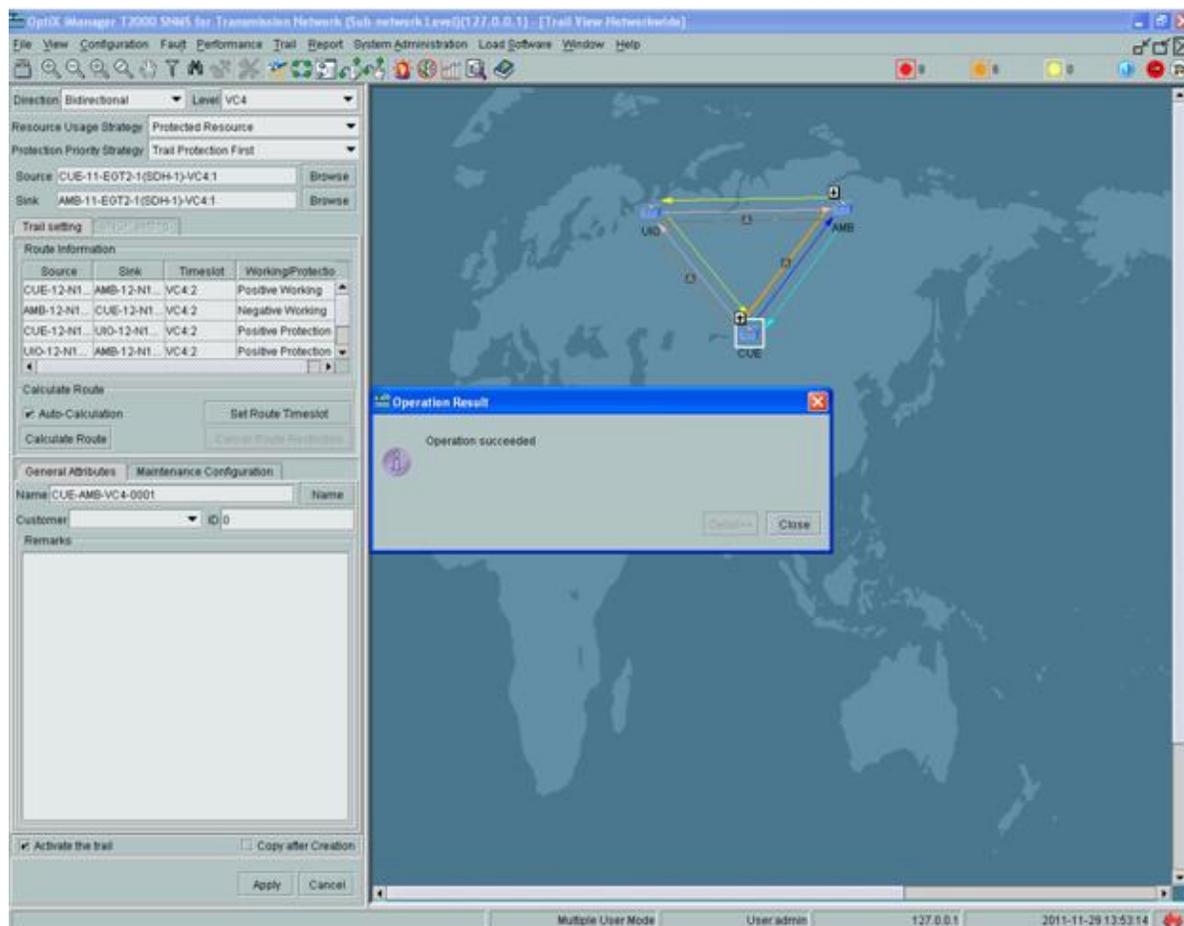


Figura 3.32 Creación satisfactoria del trail CUE-AMB a nivel Gigabit

Para la configuración del trail a nivel E1, se debe seleccionar la tarjeta PQ1 (tarjeta a nivel de E1's, controla 63 VC-12) damos OK; se configura y se crea la protección automáticamente. Se puede visualizar en la figura 3.33.

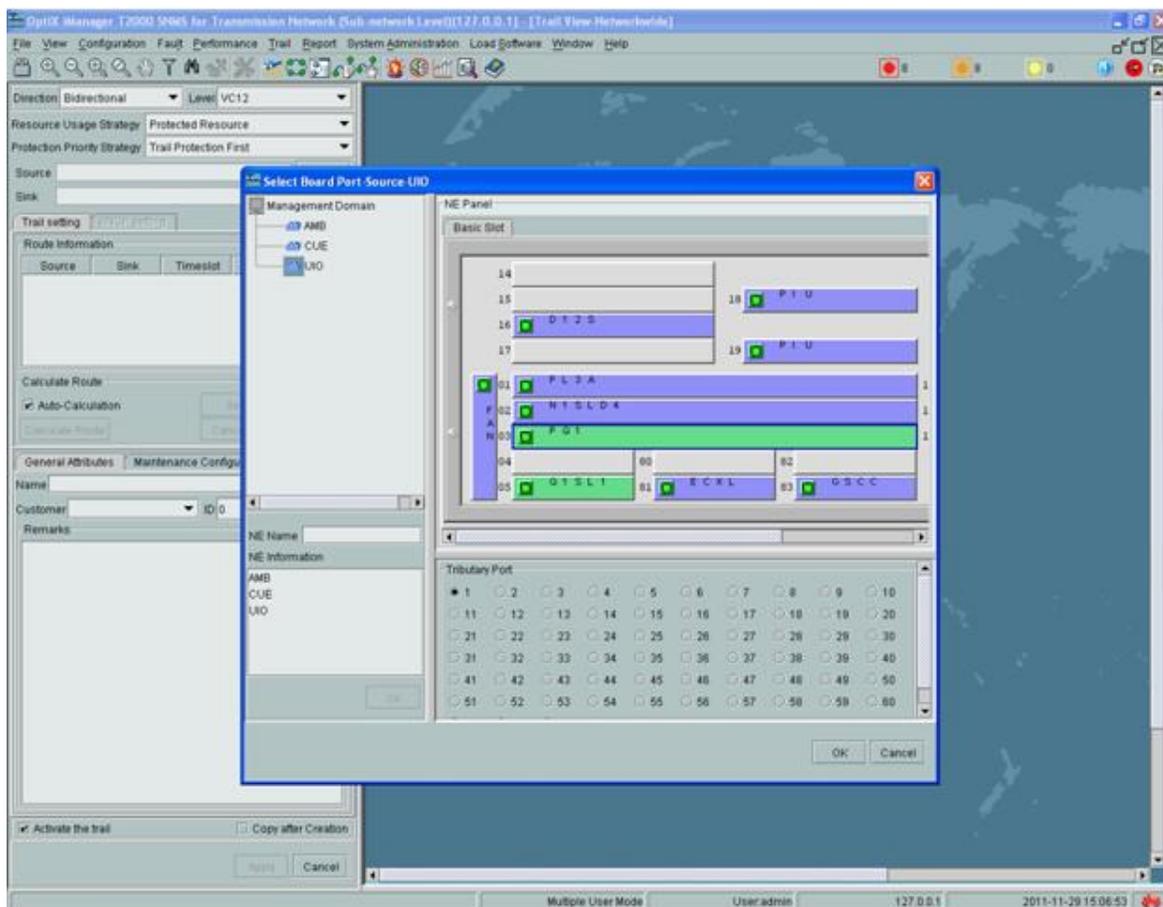


Figura 3.33 Trail a nivel de VC-12

Para configurar la parte de datos seleccionamos la tarjeta EGT2 de CUE, damos click derecho en “**Ethernet Configuration**”, “**Ethernet Interface Management**”. Esto lo podemos visualizar en la figura 3.34.

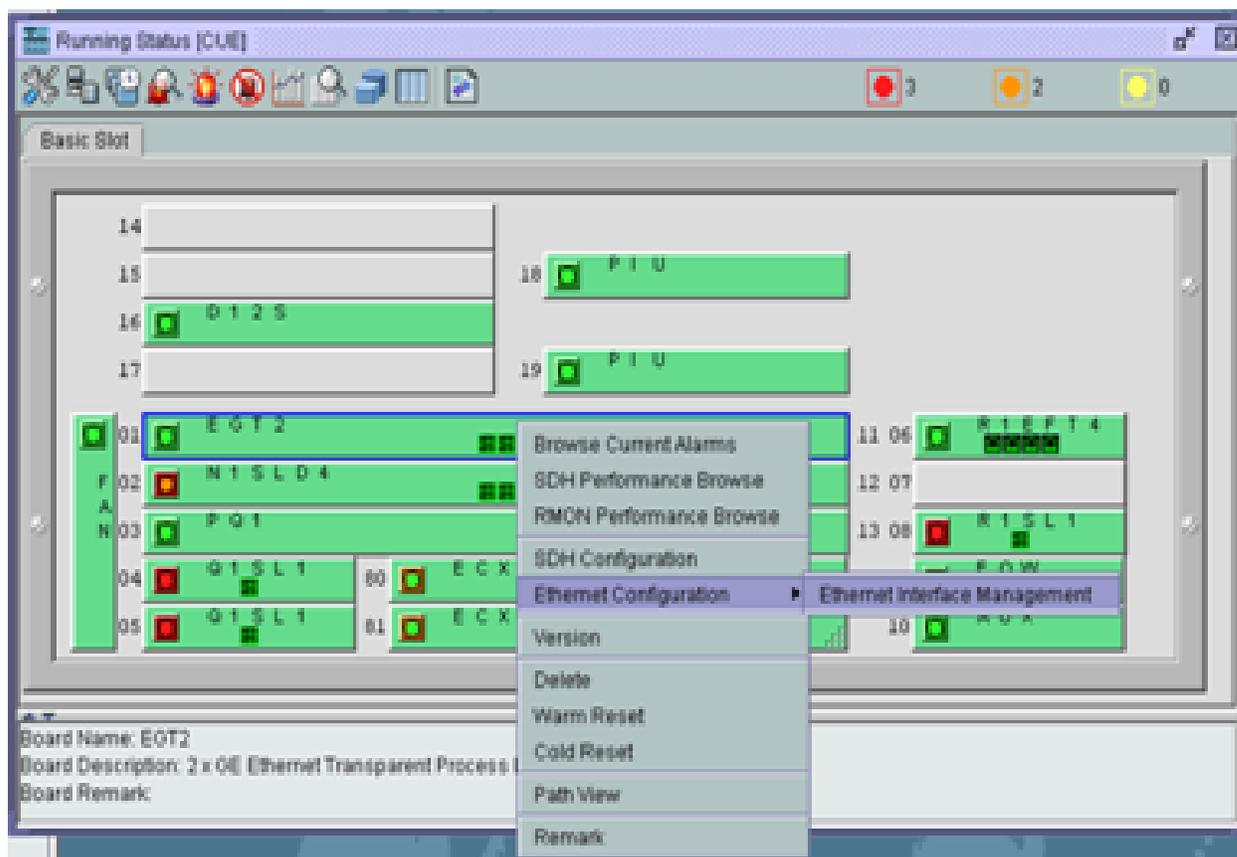


Figura 3.34 Pasos para la configuración de la Gigabit

En la configuración de la Interface Ethernet, en External Port habilitamos el primer puerto de la giga y aplicamos, como se visualiza en la figura 3.35:

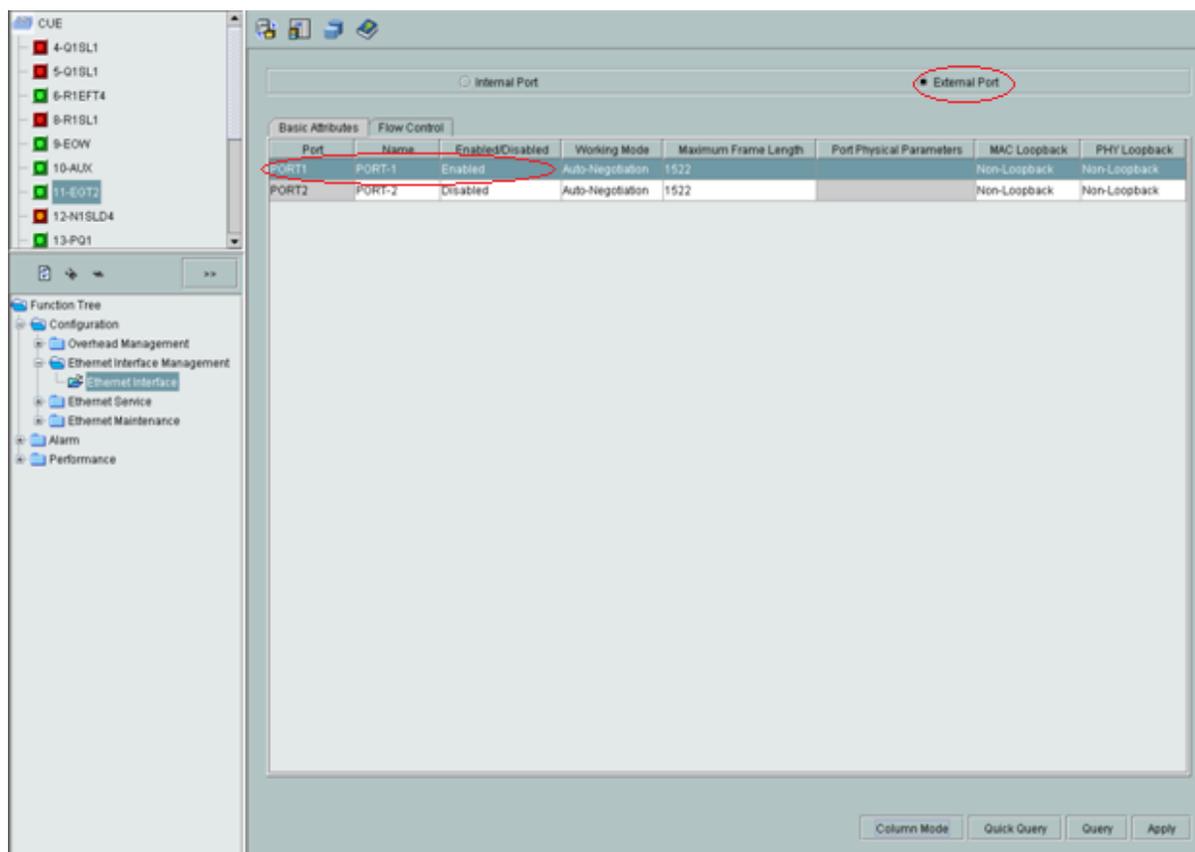


Figura 3.35 Configuración del puerto externo de la Giga en CUE

En la configuración de la Interface Ethernet, en **“Internal Port”** tenemos dos viñetas **“Encapsulation/Map”** (encapsulamiento y mapeo), en **“Mapping Protocol”** se selecciona **“GFP”** (Generic Framing Procedure la misma que es una técnica de multiplexación definida por la ITU-T G.7041) como tipo de encapsulamiento y en **“Bound Path”** (dirección del camino) en la opción **“Configuration”**, se configura el **“VCTRUNK1”**, en el Level VC-4 y bidireccional;

escogemos 2 VC-4 que son los 2 STM-1 que transportaremos entre CUE-AMB como se indica en la siguiente figura 3.36:

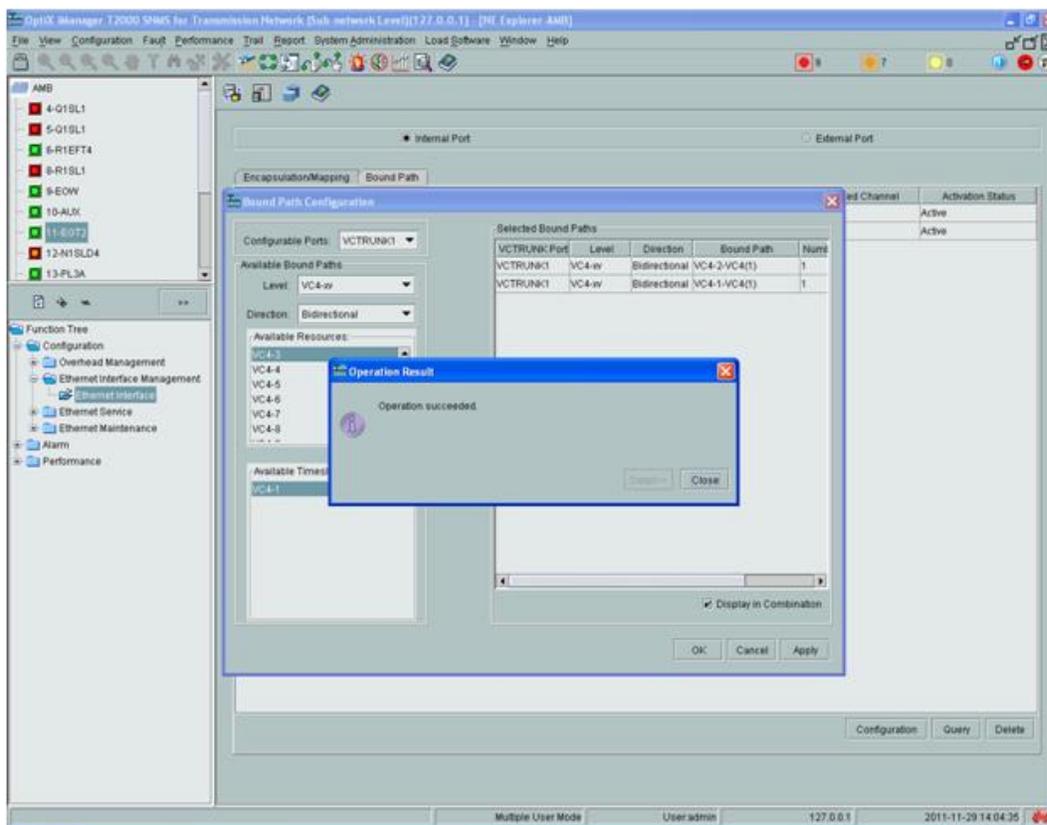


Figura 3.36 Configuración del puerto interno de la Gigabit Ethernet

Configuración del clock, este es uno de los pasos más importantes a considerar dentro de una red SDH; ya que por medio del clock la red puede sincronizarse.

En nuestro proyecto hemos configurado el clock en el sentido antihorario considerado desde UIO-CUE-AMB.

Para configurar el clock damos click derecho sobre el nodo UIO, escogemos la opción de “**Service Configuration**”, aparecerá una ventana y en la parte inferior izquierda tenemos la opción de “Clock” en donde tenemos algunas opciones de clock: Clock Synchronization Status y Clock Source Priority.

Escogemos el puerto que deseamos seleccionar para empezar con la sincronización, en este caso inicializaremos el clock desde el slot 12-N1SLD4-2(SDH-2) que es el Slot que tendrá la prioridad del clock como se indica en la figura 3.37

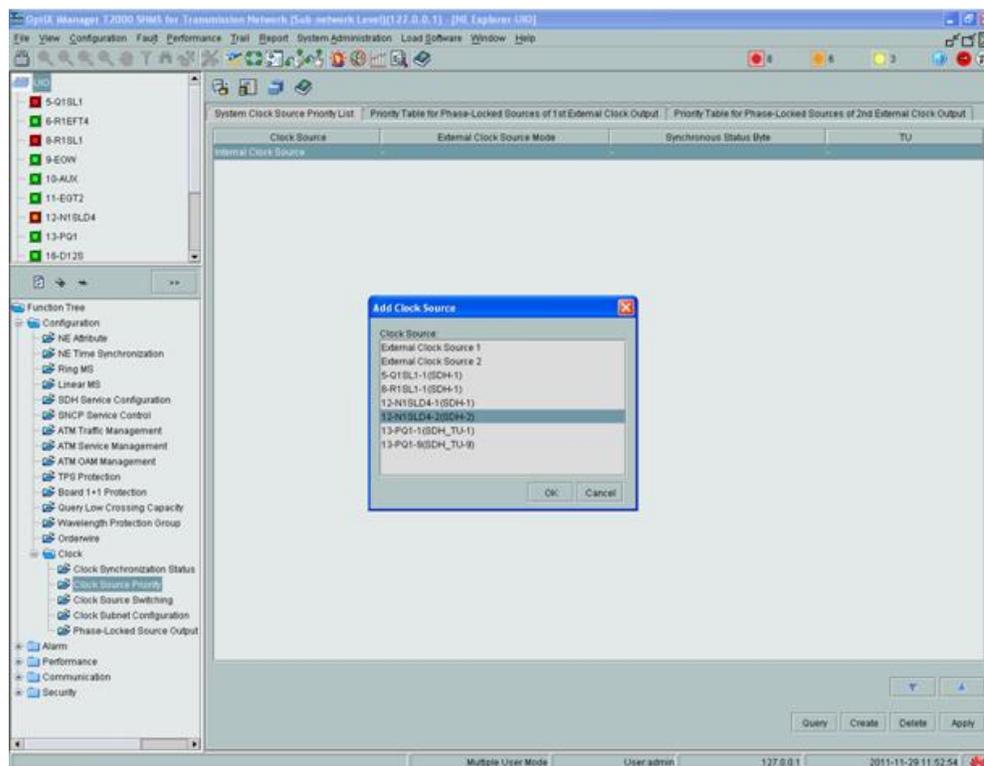


Figura 3.37 Inicio del clock en el 2do puerto de la tarjeta STM-4 UIO

Lo mismo haremos con los nodos de CUE y AMB de acuerdo a la tabla 3.2

Ciudad	Slot	Prioridad
Quito	12-N1SLD4-2(SDH-2)	1
	12-N1SLD4-1(SDH-1)	2
	Internal	3
Cuenca	12-N1SLD4-1(SDH-1)	1
	12-N1SLD4-2(SDH-2)	2
	Internal	3
Ambato	12-N1SLD4-1(SDH-1)	1
	12-N1SLD4-2(SDH-2)	2
	Internal	3

Tabla 3.2 Nodos con su respectiva prioridad

Clock Source Switching, no debemos cambiar ningún parámetro, viene configurado por default.

Clock Subnet Configuration, aquí debemos configurar:

Affiliated Subnet: 0

Protection Status: Start Extended SSM Protocol

Clock Source ID: Ver el cuadro de arriba

En **Clock Quality** escoger G-811 clock signal, escogemos G-811 porque especifica los requisitos para dispositivos primarios de reloj

de referencia en las redes de sincronización, como se puede verificar en la figura 3.38

Clock Subnet		
Clock Quality		
SSM Output Control		
Clock ID Status		
Clock Source Quality		
Manual Setting of 0 Quality Level		
Clock Source	Configuration Quality	Clock Quality
12-N1SLD4-2(SDH-2)	0.811 Clock Signal	NA
Internal Clock Source	0.811 Clock Signal	NA

Figura 3.38 Configuración en el Clock Quality G-811

Verificar que en **SSM Output Control** se encuentre todo en **enabled**.

Como se indica en la figura 3.39

Clock Subnet	
Clock Quality	
SSM Output Control	
Clock ID Status	
Line Port	Control Status
5-01BL1-1(SDH-1)	Enabled
8-R1SL1-1(SDH-1)	Enabled
12-N1SLD4-1(SDH-1)	Enabled
12-N1SLD4-2(SDH-2)	Enabled
Edernal Clock Source 1	Enabled
Edernal Clock Source 2	Enabled

Figura 3.39 Status del clock habilitado

En Phase-Locked Source Output by External Clock, no debemos cambiar ningún parámetro, viene configurado por default.

Esto lo debemos aplicar en el resto de nodos y damos click en Apply, lo configurado se lo puede apreciar en las siguientes figuras 3.40, 3.41 y 3.42.

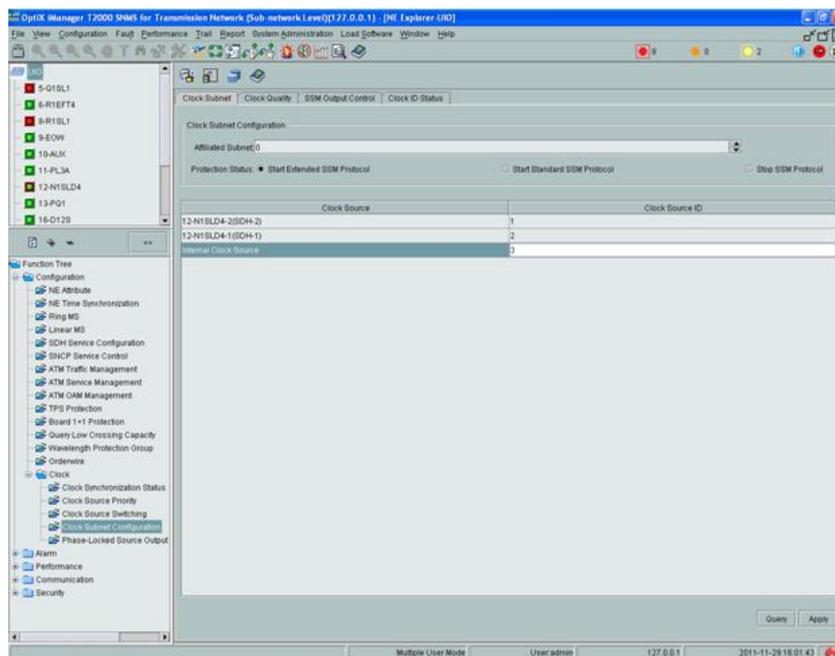


Figura 3.40 Selección del clock y prioridad en el equipo de UIO

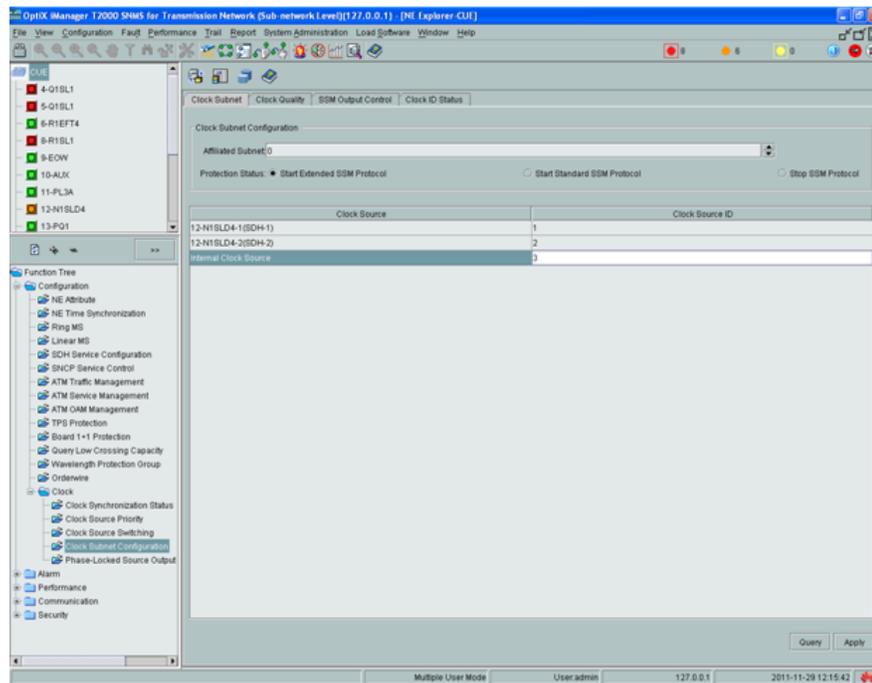


Figura 3.41 Selección del clock y prioridad en el equipo de CUE

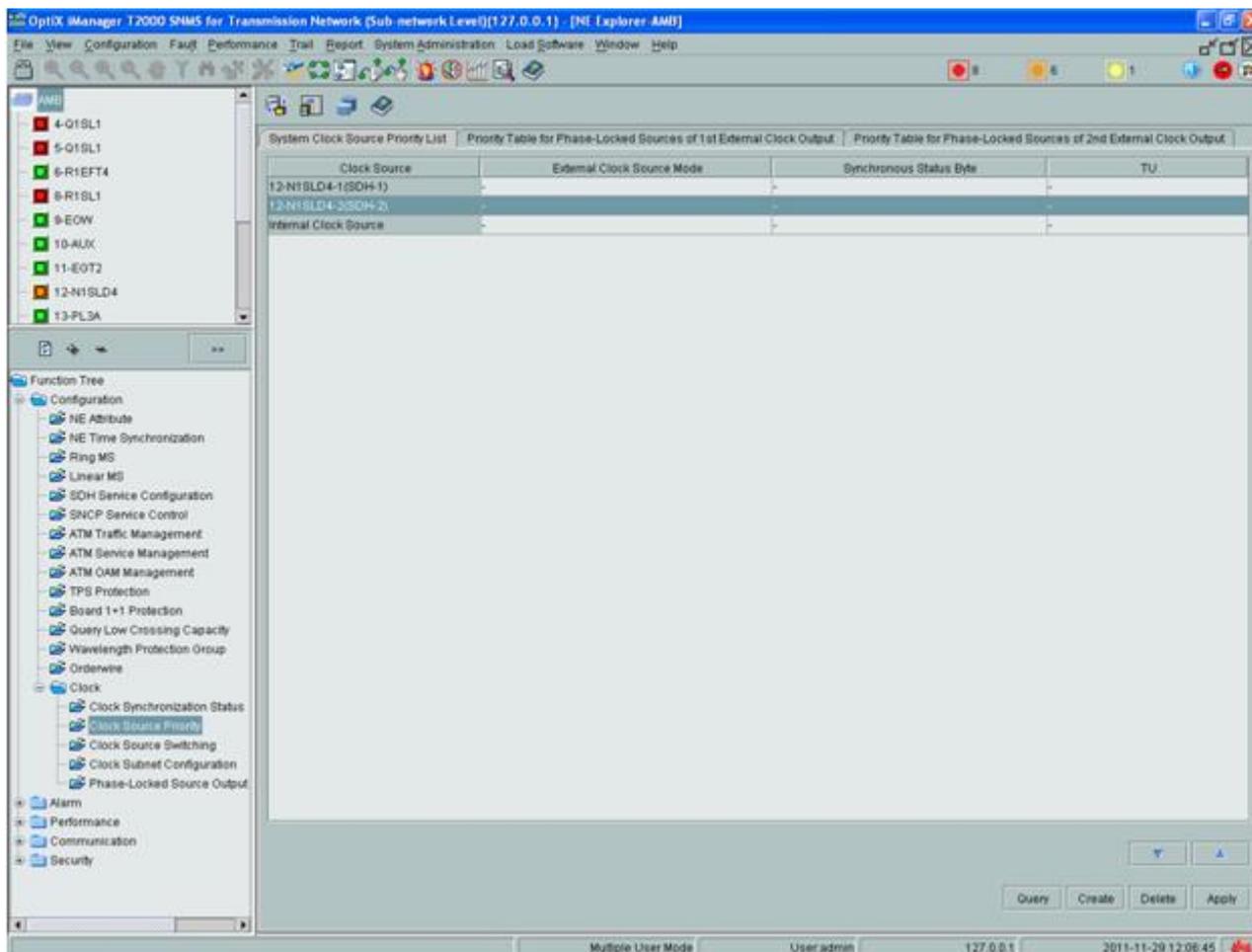


Figura 3.42 Selección del clock y prioridad en el equipo de AMB

Finalmente podemos visualizar en Clock View la configuración del clock en nuestros nodos, lo que se aprecia en la figura 3.43:

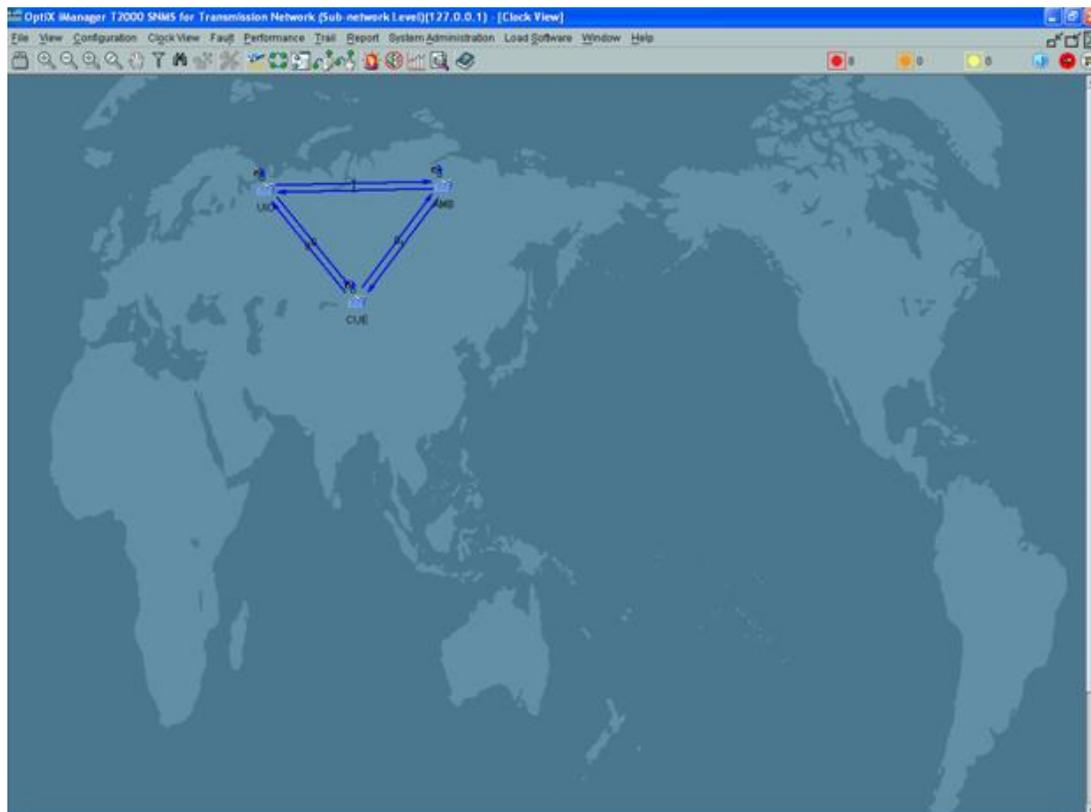


Figura 3.43 Configuración del clock en los tres nodos

3.1.3 Mediciones y análisis de potencia de los equipos activos

Es imprescindible considerar antes de realizar las conexiones físicas de la fibra entre los equipos SDH medir los niveles de potencia con cual transmiten cada una de las tarjetas agregadas, con esto evitaremos quemar las mismas por la fuerza del haz de luz.

Niveles de Potencia de las tarjetas

Con la ayuda del medidor de potencia verificamos los niveles de Recepción y Transmisión de las tarjetas SLD4 que serán las tarjetas a utilizarse para crear nuestro anillo STM-4 sobre SDH.

En el servidor T2000 revisamos los niveles de Transmisión de las tarjetas SLD4 instaladas en sus respectivos slot's.

Con los datos obtenidos podemos realizar cálculos de error de medición a nivel de Transmisión con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{\text{Valor Teórico} - \text{Valor Experimental}}{\text{Valor Teórico}} \right| \times 100$$

En la tabla 3.3 podemos visualizar los cálculos obtenidos previos a las pruebas de conectividad.

CIUDAD	Tramo	Slot en el T2000	DISTANCIA (km)	Nivel de Rx en el T2000 (dB)	Nivel de Tx en el T2000 (dB)	Nivel de Tx con el medidor de potencia $\lambda=1550$ (dB)	Error Promedio (%)
Quito (NE3)	UIO-CUE	12-N1SLD4-2(SDH-2)	0,002	-16,9			
	UIO-CUE	12-N1SLD4-2(SDH-2)	0,002		-10,2	-9,91	2,84
	UIO-AMB	12-N1SLD4-1(SDH-1)	0,001	-10,1			
	UIO-AMB	12-N1SLD4-1(SDH-1)	0,001		-10,8	-10,22	5,37
Cuenca (NE2)	CUE-UIO	12-N1SLD4-1(SDH-1)	0,001	-15,7			
	CUE-UIO	12-N1SLD4-1(SDH-1)	0,001		-10,8	-10,81	0,09
	CUE-AMB	12-N1SLD4-2(SDH-2)	0,001	-16,3			
	CUE-AMB	12-N1SLD4-2(SDH-2)	0,001		-11	-11,58	5,27
Ambato (NE1)	AMB-CUE	12-N1SLD4-1(SDH-1)	0,001	-16			
	AMB-CUE	12-N1SLD4-1(SDH-1)	0,001		-10,5	-10,1	3,8
	AMB-UIO	12-N1SLD4-2(SDH-2)	0,001	-24,4			
	AMB-UIO	12-N1SLD4-2(SDH-2)	0,001		-10,9	-10,7	1,83

Tabla 3.3 Atenuaciones entre los 3 nodos principales

3.1.4 Resultados de las pruebas realizadas

Finalizado la configuración de los tres nodos UIO-CUE-AMB y levantado el servicio de los 2 VC-4 entre CUE y AMB; procederemos a realizar una prueba de conectividad y nos ayudaremos con dos router's Huawei con interface Gigabit-Ethernet que contamos en el laboratorio de la ESPOL.

Para esto realizamos las conexiones físicas con los patch de fibra entre los nodos que vamos a bajar servicios, en nuestro caso CUE y AMB con los routers del laboratorio como se los ve en la figura

3.44 para la simulación, previa a las conexiones físicas revisamos los niveles de transmisión de los routers:

Tx Router #2 = -23,3 dBm

Tx Router #3 = -22,0 dBm



Figura 3.44 Toma fotográfica de la conexión de los Routers en el laboratorio

En la consola del router, con el comando “**display current**” se revisa la configuración de la **Gigabit Ethernet 2/0** del **Router#2** y **Router#3** tal como se muestra en la figura 3.45 y 3.46:

Router#2 configurado con la IP: **192.168.50.1**

Router#3 configurado con la IP: **192.168.50.2**

```

routers - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
0 drabbles, 0 drops, 0 no buffersthernet1/2          DOWN  --
0 frame errors:   Serial3/0: change st
Output:0 packets, 0 bytes, 0 buffers
0 broadcasts, 0 multicasts, 0 pauses1/3          DOWN  --
0 errors, 0 underruns, 0 collisions
<ISP_5>display brie
0 deferred, 0 lost carriers

GigabitEthernet2/0 current state :UP
Line protocol current state :UP
Description : GigabitEthernet2/0 Interface
The Maximum Transmit Unit is 1500, Hold timer is 10(sec)
Internet Address is 192.168.50.1/30
IP Sending Frames' Format is PKTFMT_ETHNT_2, Hardware address is 000f-e265-0f47
Media type is optical fiber, loopback not set, promiscuous mode not set
1000Mb/s, Full-duplex, link type is autonegotiation
Output flow-control is disabled, input flow-control is disabled
SFP Transceiver Info:
Vendor name:FINISAR CORP. Port hardware type:1000BASE-SX.
link length: multi-mode, 50/125um 500 Meters, 62.5/125um 300 Meters
Output queue : (Urgent queuing : Size/Length/Discards) 0/50/0
Output queue : (Protocol queuing : Size/Length/Discards) 0/500/0
Output queue : (FIFO queuing : Size/Length/Discards) 0/75/0
Last clearing of counters: Never
Last 300 seconds input rate 0.00 bytes/sec, 0 bits/sec, 0.00 packets/sec
Last 300 seconds output rate 0.00 bytes/sec, 0 bits/sec, 0.00 packets/sec
Input: 0 packets, 0 bytes, 0 buffers
0 broadcasts, 0 multicasts, 0 pauses
0 errors, 0 runts, 0 giants
0 crc, 0 align errors, 0 overruns
0 drabbles, 0 drops, 0 no buffers
---- More ----
0:05:57 conectado AN5IW 9600 8-N-1 DESPLAZAR MAY NUM Capturar Imprimir

```

Figura 3.45 Router#2 Gi0/2

```

routers - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
0 frame errors02:32:00:781 20
user-inte
  Output:0 packets, 0 bytes, 0 buffersentencation-mode scheme
        0 broadcasts, 0 multicasts, 0 pauses desc
#
interface Ethe

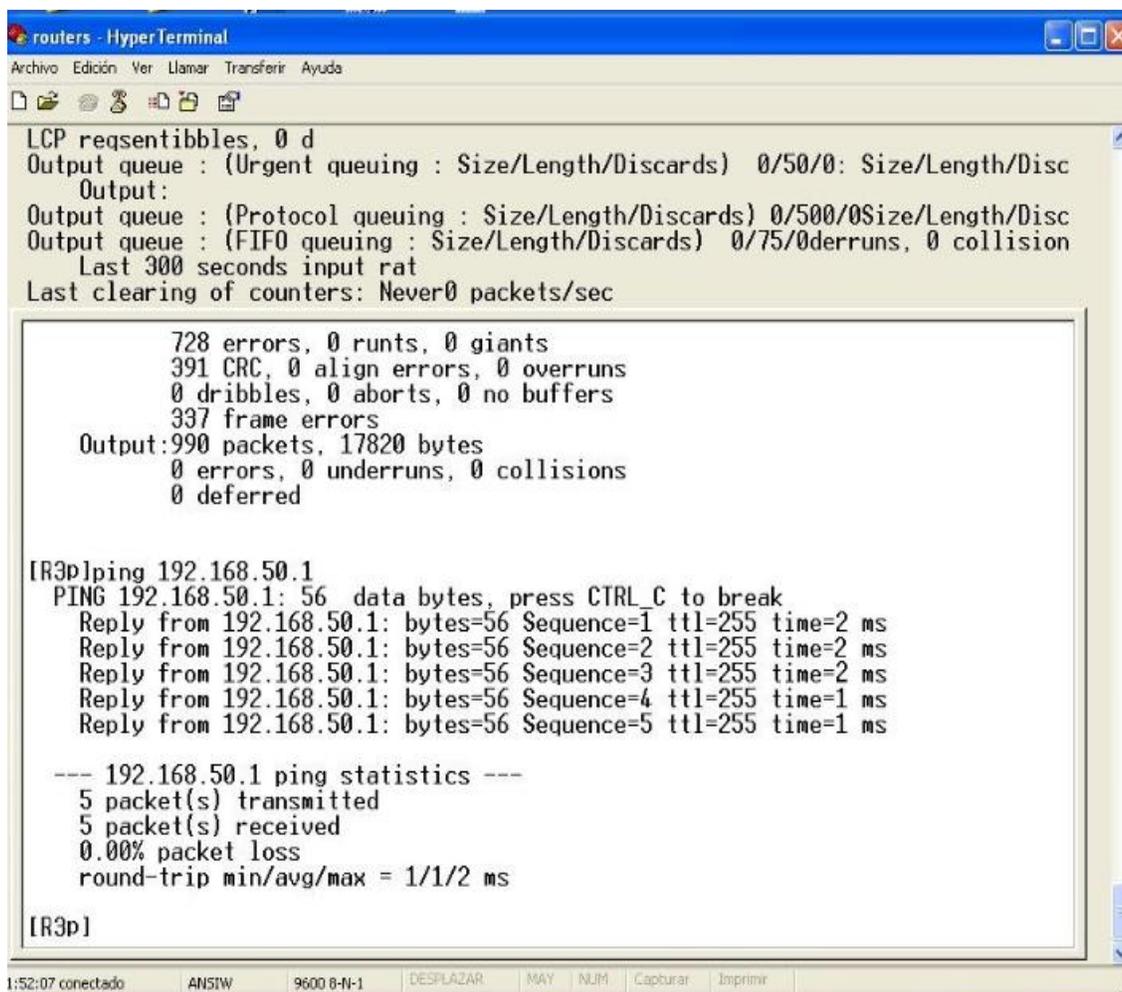
GigabitEthernet2/0 current state :UP
Line protocol current state :UP
Description : Interfaz de conexion hacia FIEC3-EGT2-PUERT01
The Maximum Transmit Unit is 1500, Hold timer is 10(sec)
Internet Address is 192.168.50.2/30
IP Sending Frames' Format is PKTFMT_ETHNT_2, Hardware address is 000f-e265-0f39
Media type is optical fiber, loopback not set, promiscuous mode not set
1000Mb/s, Full-duplex, link type is autonegotiation
Output flow-control is disabled, input flow-control is disabled
SFP Transceiver Info:
Vendor name:FINISAR CORP.. Port hardware type:1000BASE-SX.
link length: multi-mode, 50/125um 500 Meters, 62.5/125um 300 Meters
Output queue : (Urgent queuing : Size/Length/Discards) 0/50/0
Output queue : (Protocol queuing : Size/Length/Discards) 0/500/0
Output queue : (FIFO queuing : Size/Length/Discards) 0/75/0
Last clearing of counters: Never
  Last 300 seconds input rate 0.00 bytes/sec, 0 bits/sec, 0.00 packets/sec
  Last 300 seconds output rate 0.00 bytes/sec, 0 bits/sec, 0.00 packets/sec
  Input: 0 packets, 0 bytes, 0 buffers
        0 broadcasts, 0 multicasts, 0 pauses
        0 errors, 0 runts, 0 giants
        0 crc, 0 align errors, 0 overruns
        0 dribbles, 0 drops, 0 no buffers
---- More ----
0:07:40 conectado ANSIW 9600 8-N-1 DESPLAZAR MAY NUM Capturar Imprimir

```

Figura 3.46 Router#3 Gi0/2

La prueba de conectividad que aplicamos en la prueba de laboratorio es entre los dos puntos es haciendo ping a la Ip de su extremo, en este caso en el Router#2 realizaremos ping a la **IP destino: 192.168.50.2** y desde el Router#3 realizaremos un ping a la **IP destino: 192.168.50.1** con esto confirmamos que nuestro

servicio ha sido activado con éxito y podemos dar por entregado los 2 STM-1 entre las ciudades de Cuenca y Ambato. En la figura 3.47 podemos visualizar lo mencionado:



```
routers - Hyper Terminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
LCP reseqntibbles, 0 d
Output queue : (Urgent queuing : Size/Length/Discards) 0/50/0: Size/Length/Disc
Output:
Output queue : (Protocol queuing : Size/Length/Discards) 0/500/0Size/Length/Disc
Output queue : (FIFO queuing : Size/Length/Discards) 0/75/0derruns, 0 collision
Last 300 seconds input rat
Last clearing of counters: Never0 packets/sec

728 errors, 0 runts, 0 giants
391 CRC, 0 align errors, 0 overruns
0 dribbles, 0 aborts, 0 no buffers
337 frame errors
Output:990 packets, 17820 bytes
0 errors, 0 underruns, 0 collisions
0 deferred

[Router#3]ping 192.168.50.1
PING 192.168.50.1: 56 data bytes, press CTRL_C to break
Reply from 192.168.50.1: bytes=56 Sequence=1 ttl=255 time=2 ms
Reply from 192.168.50.1: bytes=56 Sequence=2 ttl=255 time=2 ms
Reply from 192.168.50.1: bytes=56 Sequence=3 ttl=255 time=2 ms
Reply from 192.168.50.1: bytes=56 Sequence=4 ttl=255 time=1 ms
Reply from 192.168.50.1: bytes=56 Sequence=5 ttl=255 time=1 ms

--- 192.168.50.1 ping statistics ---
5 packet(s) transmitted
5 packet(s) received
0.00% packet loss
round-trip min/avg/max = 1/1/2 ms

[Router#3]
```

Figura 3.47 Ping Router#3 IP destino: 192.168.50.1

3.2 SIMULACIÓN DEL PROYECTO TDMoIP / TDM

Con la necesidad de emular un enlace clear channel y entrega de 2 E1's internacionales a un Call center en la ciudad de Cuenca hasta el Nap de las Américas como se indica en la figura 3.48.

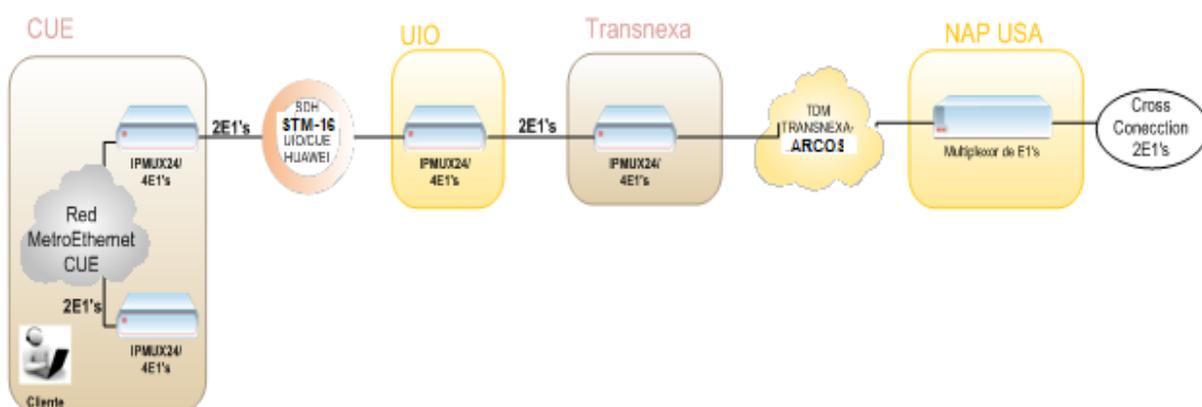


Figura 3.48 Diagrama de 2 E1's CUE-NAP

Debemos considerar la siguiente logística con equipos proporcionados por el laboratorio de Telecomunicaciones y por la empresa privada:

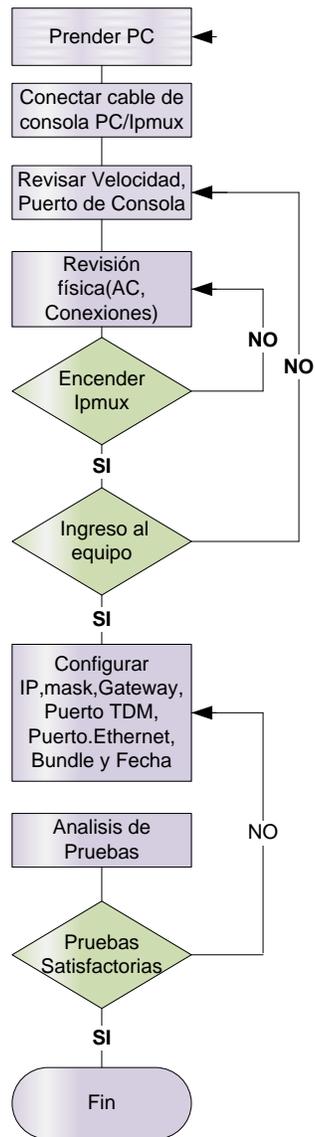
2 Ipmux-24/4 E1's con fuentes de poder

2 Switch Cisco 3550 con fuente de poder

1 Analizador de BER

3 Cables UTP

3.2.1 Flujograma de la simulación de una red metro Ethernet TDMoIP



3.2.2 Configuración de los equipos TDMoIP/TDM

Para la configuración de los equipos TDMoIP debemos ingresar al HyperTerminal como se indica en la figura 3.49, el mismo que debe estar previamente instalado en el servidor o laptop.



Figura 3.49 Pasos para ingresar al HyperTerminal

Paso seguido grabar el archivo como lo deseamos encontrar o utilizarlo para una nueva reconfiguración y damos click en ACEPTAR. Como se indica en la figura 3.50.

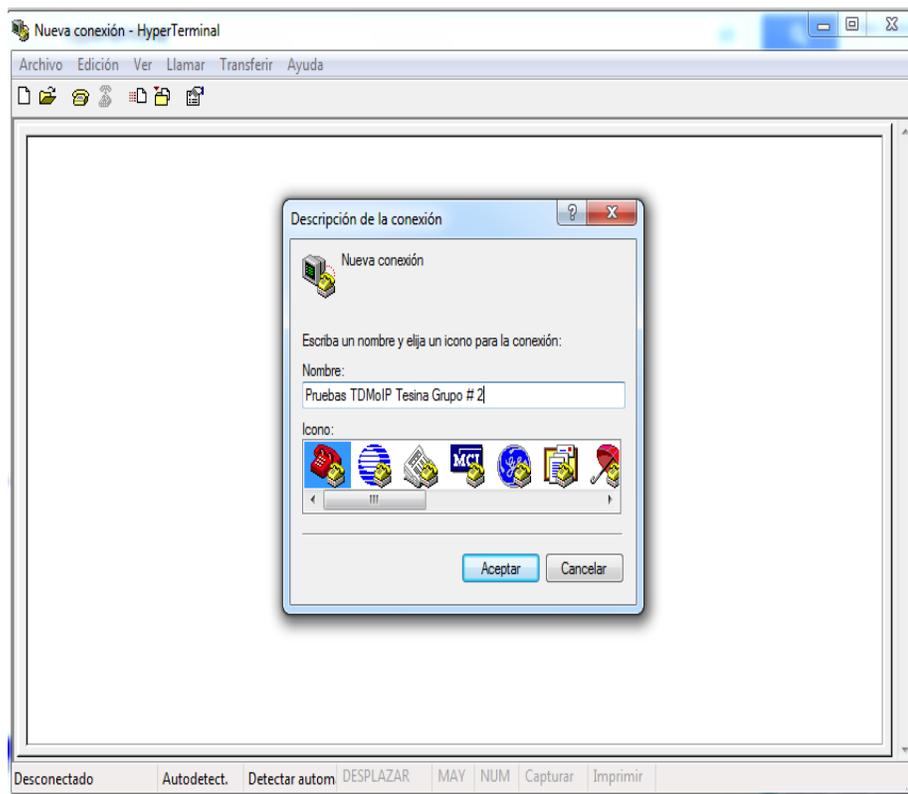


Figura 3.50 Etiqueta del archivo

Escogemos el puerto COM: En este caso en nuestra laptop está configurado en el COM5, configuramos el puerto COM5: consideramos la velocidad en la que están trabajando los equipos TDMoIP y viene por default 115200, seguido damos click en APLICAR y ACEPTAR, tal como se indica en la figura 3.51.

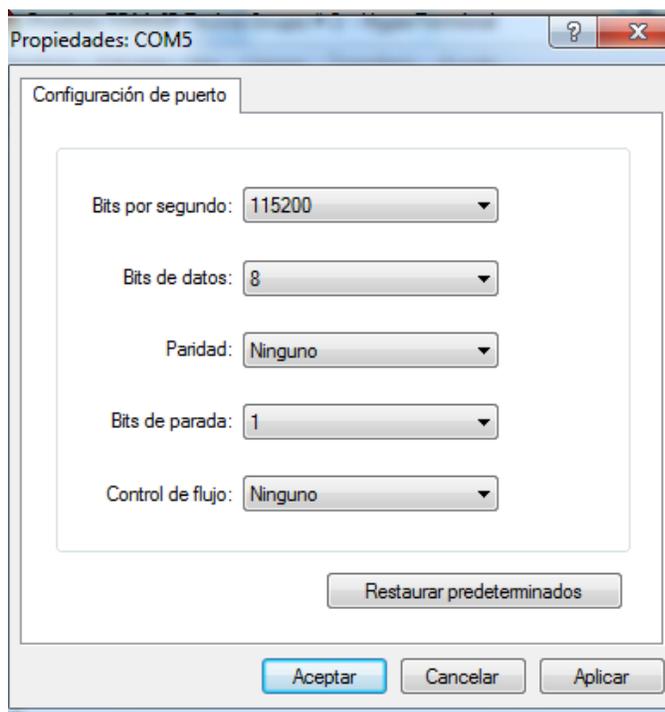


Figura 3.51 Escoger la velocidad del PROMPT

Después de seguir los pasos anteriores, el hyperterminal nos presentará la pantalla principal de ingreso al equipo como se indica en la figura 3.52, nos solicita el user y password para ingresar al modo de configuración, los mismos que dependiendo del modelo son:

Username: su

Password: XXXXXXXXXXXX (10 veces X) ó 1234

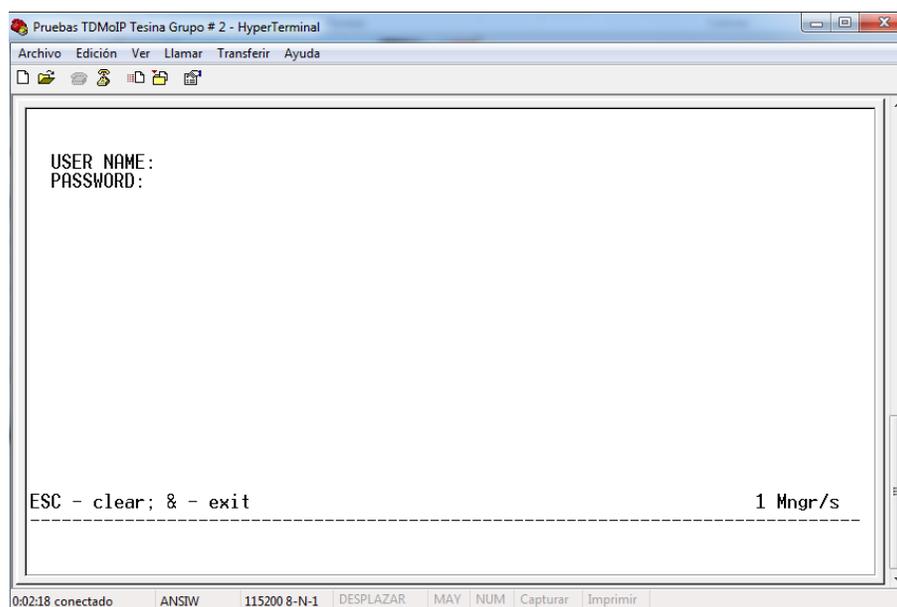


Figura 3.52 Pantalla principal del Ipmux

Ingresando al equipo podemos visualizar el menú como se muestra

en la figura 3.53

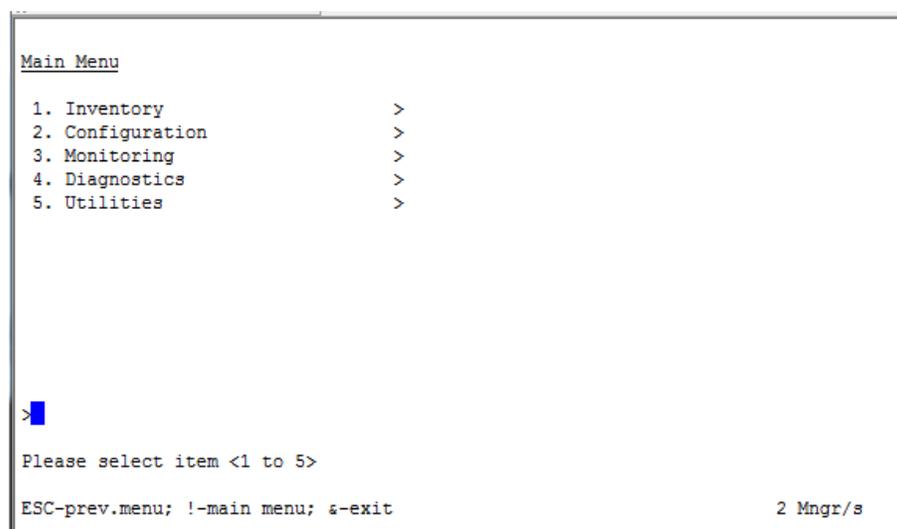


Figura 3.53 Menú principal del Ipmux

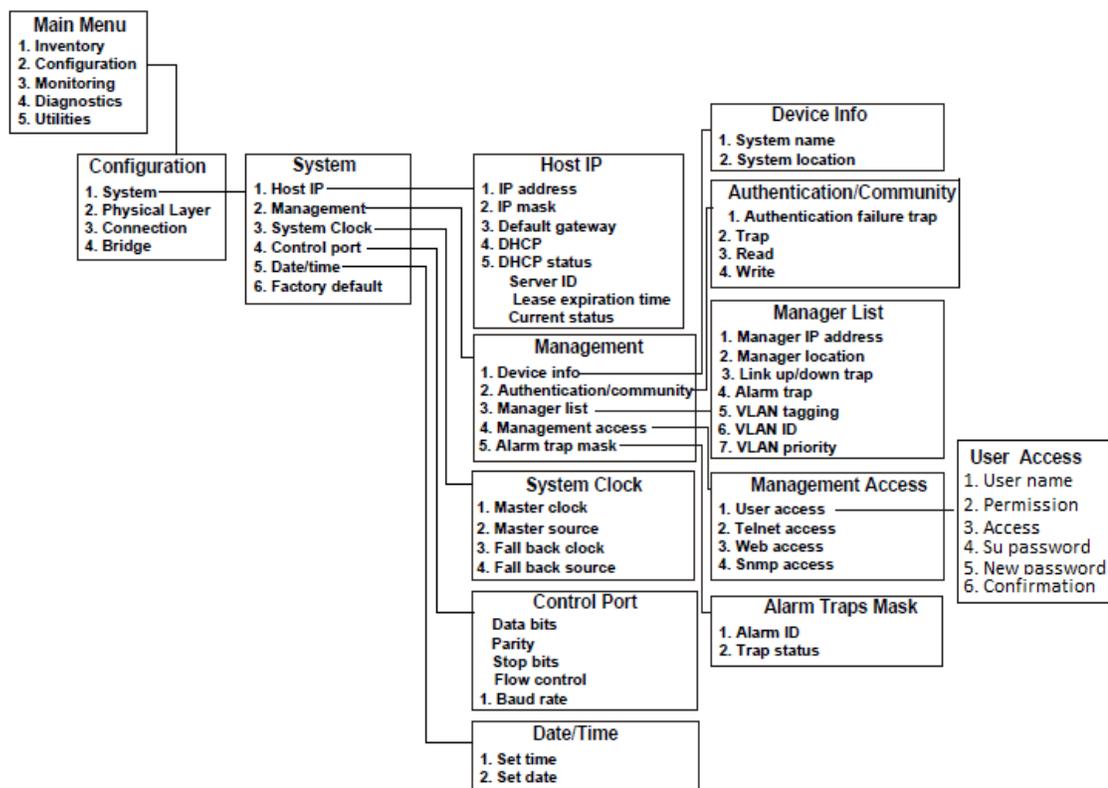


Figura 3.54 Diagrama de flujo del menú configuración

Este equipo Ipmux describe su configuración como lo indica la figura 3.54, información obtenida del manual de RAD y nos da 5 opciones en donde describiremos cada una de ellas.

Inventory, En esta opción está la información de la versión del equipo, fecha que en la que se ha activado el software y la mac del equipo (esta mac es la que se configura en el puerto Ethernet del switch de la metro IP), como se indica en la figura 3.55.

```

Inventory                                NOMBRE CLIENTE

SOFTWARE
  Boot version                          (1.30 )
  Application version                    (2.16 28/01/2010 18:03:09)
  Backup version                        (2.16 28/01/2010 18:03:09)

HARDWARE
  Version                               (0.1/TCXD)
  Host MAC address                      (0020D2366632)
  PW MAC address                       (0020D236A0B7)
  Security Key                          (SSL + SSH)

... (N)
>

ESC-prev,menu; !-main menu; &-exit                                1 M/ 2 C
-----

```

Figura 3.55 Menú Inventario

Configuration.- El menú de configuración lo podemos representar en la figura 3.56 con sus opciones:

```

Configuration                            NOMBRE CLIENTE

1. System                                >
2. Physical layer                        >
3. Connection                            >
4. Bridge                                >
5. Qos                                   >

>

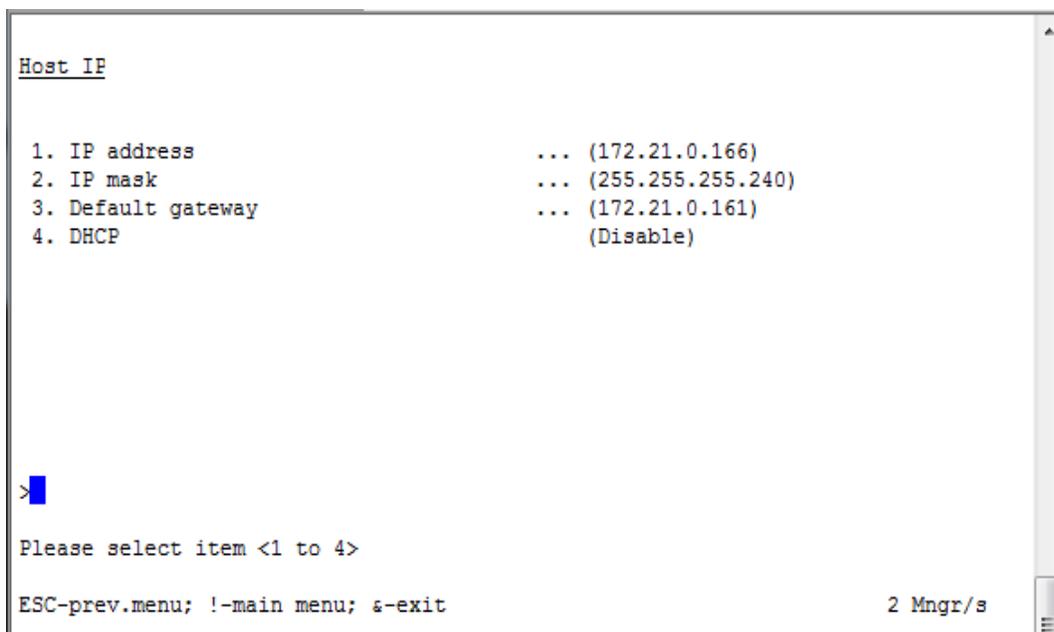
Please select item <1 to 5>

ESC-prev,menu; !-main menu; &-exit                                1 M/ 2 C
-----

```

Figura 3.56 Menú Configuración

Configuración de la IP, máscara y el default Gateway, configurando estos tres puntos tendremos gestión y monitoreo vía SNMP como se indica en la figura 3.57

A screenshot of a terminal window titled "Host IP". The window displays a menu with four options: "1. IP address ... (172.21.0.166)", "2. IP mask ... (255.255.255.240)", "3. Default gateway ... (172.21.0.161)", and "4. DHCP (Disable)". A blue cursor is positioned at the end of the first line. Below the menu, the text "Please select item <1 to 4>" is displayed. At the bottom left, the text "ESC-prev.menu; !-main menu; s-exit" is shown, and at the bottom right, "2 Mngr/s" is displayed. The terminal window has a scroll bar on the right side.

```
Host IP
1. IP address          ... (172.21.0.166)
2. IP mask             ... (255.255.255.240)
3. Default gateway    ... (172.21.0.161)
4. DHCP                (Disable)

>

Please select item <1 to 4>

ESC-prev.menu; !-main menu; s-exit                               2 Mngr/s
```

Figura 3.57 Configuración de la IP para la gestión y monitoreo

Configuración de la hora y fecha, es muy importante configurarlo porque tendremos en los log's del equipo la hora en la que posiblemente ocurra un evento, lo que podemos observar en la figura 3.58.

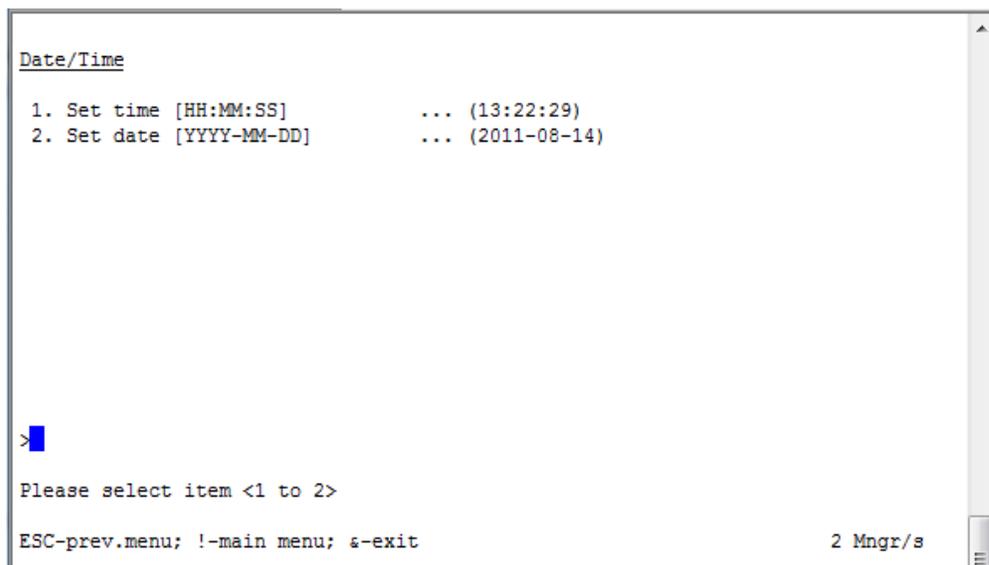


Figura 3.58 Configuración de la hora

Configuración de la trama TDM y Ethernet que están dentro de la opción Physical layer, como se indica en la figura 3.59, esta información fue obtenida del manual de RAD.

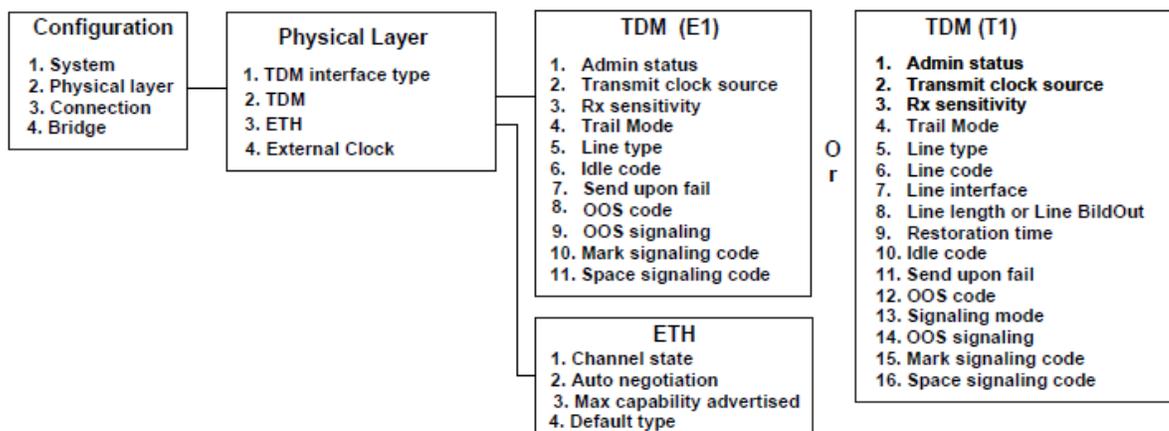


Figura 3.59 Diagrama de flujo de la opción Physical Layer

Opciones para escoger el clock del equipo, estas opciones la podemos ver en la figura 3.60.

```
NOMBRE CLIENTE
Configuration>Physical_layer>TDM>Transmit_Clock_Source_(Adaptive)
1. Adaptive
2. Loopback
3. Internal
4. System
>
Please select item <1 to 4>
ESC-prev,menu; !-main menu; &-exit 1 M/ 2 C
```

Figura 3.60 Opciones de tipos de Clock

Opciones para escoger el modo de operación del E1, que puede ser en modo Unframed o framed como se indica en la figura 3.61.

```

                                NOMBRE CLIENTE
Configuration>Physical layer>TDM>Line Type (Unframed G.703)
1. Unframed G.703
2. Framed G.704
3. Framed G.704 CRC
4. Framed MF
5. Framed MF CRC

>
Please select item <1 to 5>
ESC-prev.menu; !-main menu; &-exit                                1 M/ 2 C
```

Figura 3.61 Modos de operación del E1

Framed.- El E1 lo podemos canalizar por medio de sus time slot (2048/64) Kbps = 32 Time slot.

Unframed.- El E1 es no canalizado y lo entregamos en 2048 Kbps completos.

En nuestro laboratorio emularemos un enlace E1 en modo Unframed (2048Kbps) y se configurará como se indica en la figura 3.62.

```
TDM
Channel ID                               (1)
1. Admin status                           (Enable)
2. Transmit clock source                   > (Adaptive)
3. Rx sensitivity                          (Short haul)
4. Trail mode                              (Termination)
5. Line type                               > (Unframed G.703)

> █
Please select item <1 to 5>
ESC-prev.menu; !-main menu; q-exit                2 Mngr/s
```

Figura 3.62 Configuración del Canal ID

Configuración del puerto Ethernet a la velocidad que trabajaría en la metro IP, consideramos configurarlo a 100base T full dúplex como se lo puede visualizar en la figura 3.63 que es lo que trabaja un puerto Ethernet en un switch cisco 3550:

```
Eth
Channel > (Network-Eth1)
1. Channel state (Enable)
2. Auto negotiation (Enable)
3. Max capability advertised > (100baseT full duplex)
4. Default type > (100baseT full duplex)

>
Please select item <1 to 4>
F - Forward
ESC-prev.menu; !-main menu; &-exit 2 Mngr/s
```

Figura 3.63 Configuración del Puerto Ethernet

Configuración del bundle, En la configuración del bundle configuramos la Ip y el bundle a usar en el equipo extremo (destino), el jitter buffer que es el espacio de memoria en la cual se almacena los paquetes de la parte metro IP, el OAM connectivity y el Payload format. El Payload format puede ser V1 o V2, depende de la versión del equipo, como se indica en la figura 3.64.

```

Bundle connection
TDM channel ID: 1 Bundle ID: 1

1. Destination IP address          ... (172.21.0.162)
2. Next hop                       ... (-)
3. IP TOS[0 - 255]                ... (0)
4. Connection status              (Enable)
5. Destination bundle[1 - 8063]   ... (1)
6. TDM bytes in frame(x48 bytes) [1 - 30] ... (1)
7. Payload format                 (V2)
8. OAM connectivity              (Enable)
9. Jitter buffer [msec][3 - 300] ... (15.0)
10. VLAN tagging                  (Disable)

>

Please select item <1 to 10>
D - Delete
ESC-prev.menu; !-main menu; &-exit
2 Mngr/s

```

Figura 3.64 Configuración del bundle

Monitoring, Aquí puedo monitorear el puerto Ethernet, el puerto E1 y los log's que ha registrado el equipo; en las siguientes opciones como indican las figuras 3.65, información obtenida del manual de RAD y figura 3.66.

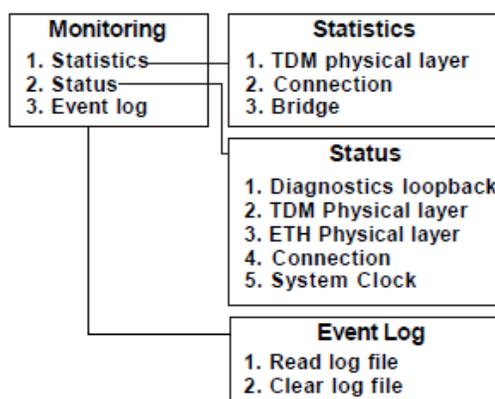


Figura 3.65 Diagrama de flujo de la opción Monitoring

```
Monitoring                                NOMBRE CLIENTE
1. Statistics                             >
2. Status                                 >
3. Event log                              >
4. Managers                               >

>█
Please select item <1 to 4>
ESC-prev.menu; !-main menu; &-exit                                1 M/ 2 C
```

Figura 3.66 Opciones del Menú Monitoreo

Statics.- Se puede verificar las posibles alarmas que registra el E1 en la parte física del TDM como se puede observar en la figura 3.67 y 3.68, con esto podemos saber donde se está originando el problema; si es responsabilidad del proveedor o del cliente final. En la tabla 3.4 podemos observar las posibles alarmas que puedan darse.

```

Monitoring>Statistics>Connection

Sequence errors:                ... (0)
Jitter buffer underflows:      ... (580)
Jitter buffer overflows:      ... (0)
Max Jitter buffer deviation [msec]: ... (5)

Time since [sec]:                (580)

1. Bundle ID[1 - 128]          ... (33)
2. Interval                    ... (0)

>

F - Forward Bundle ID; < - Prev Interval; > - Next Interval
ESC-prev.menu; !-main menu; &-exit                                2 Mngr/s

```

Figura 3.67 Estadísticas de errores en el TDM

```

TDM physical layer&

Channel ID                      (1)
LOS:                            (0)
LOF (Red):                      (0)
LCV:                            (0)
RAI (Yellow):                  (0)
AIS:                            (0)
FEBE:                          (0)
BES:                           (0)
DM:                             (0)
ES:                             (0)
SES:                           (0)
UAS:                           (0)
LOMF:                          (0)

Time since (sec):                (425)
Valid intervals:                 (96)
1. Interval                      ... (0)

> ■

^B - Prev Interval; ^F - Next Interval
ESC-prev.menu; !-main menu; &-exit                                2 Mngr/s

```

Figura 3.68 Estadísticas de errores de conexión

ALARMA	SIGNIFICADO	DESCRIPCIÓN	RECOMENDACIÓN
LOS	Loss of Signal (Pérdida de señal)	No se detecta voltaje en la interfaz E1. Los polos de conexión positivo y negativo están invertidos.	Revisar la capa física (Conectores, cables, etc)
LCV	Line Code Violations (Línea de código de violaciones)	Indica un error en la estructura del pulso eléctrico en el puerto E1.	Revisar el cable físico Malo o con mala conexión. Ruido en el cable (mal ponchado los conectores, falso contacto). Problema de impedancia entre conectores.
RAI	Remote Alarm Indicator (Alarma Indicadora de la conexión remota)	Indica que la E1 adyacente ha perdido la sincronización y genera una alarma LOF, la alarma RAI será enviada al lado opuesto de la conexión.	Revisar los cables de conexión entre el E1 del IPMUX y la E1 adyacente en donde aparece la alarma de LOF. Revisar los parámetros de la e1 que no permiten la correcta sincronización.
AIS	Alarm Indicator Signal (Alarma indicadora de falla de Señal)	Indica una falla o desconexión en la E1 adyacente, el AIS ser enviado al lado opuesto de la conexión.	Revisar si en la conexión opuesta hay un LOS.
ES, SES, UAS	Errored second, Severely Errored Second, Unavailable Second (Errores por segundo, Severos errores en segundos, Segundos de indisponibilidad)	En una segundo pueden ocurrir los siguientes errores: errores CRC, AIS. El UAS indica que se han provocado SES y ES por más de 10 seg, esta alarma desaparecerá 10 segundos después que se hayan borrado las alarmas SES, ES y LOS.	Revisar recomendaciones de AIS.

Tabla 3.4 Alarmas típicas a nivel de conexión

Status, Se puede verificar si tenemos activo un loop lógico, el status del puerto Ethernet, activación de la protección y la sincronización del E1, como lo indica la figura 3.69.

```
Monitoring>Status                                NOMBRE CLIENTE
1. Diagnostics loopback                          >
2. Physical ports                                >
3. Protection                                     >
4. Connection                                     >

>
Please select item <1 to 4>
ESC-prev,menu; !-main menu; &-exit                1 M/ 2 C
```

Figura 3.69 Opciones de Estado en el Menú de Status

Connection, En conexión podemos revisar la sincronización del E1 y si es que existe algún problema en la metro IP que afecte el normal funcionamiento del E1, esto lo podemos visualizar en la figura 3.70.

```

Monitoring>Status>Connection
NOMBRE CLIENTE
Destination IP address: (172.21.0.66)
Next hop MAC address: (00-20-D2-3A-9E-7A)

Connectivity status: > (OK )

Sequence errors: (29833)
Jitter buffer underflows: (586)
Jitter buffer overflows: (3)

1. Bundle ID[1 - 31] ... (1)

>

C-Clear counters; B-Backward Bundle ID; F-Forward Bundle ID
ESC-prev.menu; !-main menu; &-exit
1 M/ 2 C

```

Figura 3.70 Estado de la conexión del E1

Bundle ID[1 - 1] ... (1) (Este es el bundle que estamos usando).

En la conectividad del status se pueden dar los siguientes señales identificativas y debemos aplicar el siguiente troubleshooting:

OK: El E1 está sincronizado

Disable: El E1 está administrativamente dado de baja por cancelación del enlace. En el troubleshooting se debe desconfigurar el bundle del E1 que presenta esta alarma.

Unavailable: El E1 está desincronizado, en el troubleshooting se debe revisar si el equipo remoto responde al ping.

Local fail: El equipo local no se ha prendido correctamente, en el troubleshooting se debe reiniciar físicamente el equipo.

Remote fail: El equipo remoto no se ha prendido correctamente, en el troubleshooting se debe reiniciar físicamente el equipo.

Las alarmas más frecuentes con su respectivo troubleshooting se lo puede visualizar en la tabla 3.5.

ALARMA	DESCRIPCION	OCURRENCIA	RECOMENDACION
SEQUENCE ERRORS	SECUENCIA DE ERRORES	<p>► Pueden haber 2 razones por las cuales se producen los sequence errors:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ El paquete o los paquetes se pierden a lo largo de la red. ✓ Reordenamiento de paquetes por los mecanismos de colas o actualizaciones de la tabla de enrutamiento de gran tamaño. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Asegúrese que el BW sea el adecuado ✓ Asegúrese que la negociación Ethernet esta correcta. ✓ Asegúrese que la red IP/Ethernet de prioridad al trafico del IPMUX ✓ Asegúrese que los dispositivos de red (switches) no estén dropeando/perdiendo/ignorando paquetes en sus interfaces.
JITTER BUFFER UNDERFLOW	BAJO FLUJO DE PAQUETES	<p>► Las razones por las cuales se pueden generar son:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ La variación del retardo del paquete hace que el buffer se vacíe gradualmente hasta provocar un underflow. ✓ Errores de secuencia en paquetes de manera continua. ✓ Los paquetes empiezan a detenerse / perderse / dropearse. ✓ Configuración del Jitter buffer muy pequeña. ✓ Cuando el sistema no cuenta con el mismo Clock maestro. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Incrementar el jitter Buffer. ✓ Revisar la razón de los sequence errors (dropeo/CRC/input errors, etc. en los switches o routers). ✓ Revisar la referencia de clock del sistema. ✓ Revisar el mecanismo de colas en los switches o routers. ✓ Revisar que el "TDM bytes in frame" en ambos IPMUX es igual.
JITTER BUFFER OVERFLOW	SOBRE FLUJO DE PAQUETES	<p>► Las razones por las cuales se pueden generar son:</p> <ul style="list-style-type: none"> ► Una gran cantidad de paquetes que llegue al IPMUX causado por algún evento a lo largo de la RED IP/Ethernet y llene el Buffer. ► Configuración del jitter buffer muy pequeña. ► Cuando el sistema no cuenta con el mismo clock maestro. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Revise los dispositivos Ethernet de la red. ✓ Incremente la configuración del jitter buffer. ✓ Revisar la referencia de clock del sistema. ✓ Revisar que el TDM bytes in frame en ambos IPMUX es igual.
MAX. JITTER BUFFER DESVIATION	MAXIMO JITTER RECIBIDO	Este valor es el máximo nivel de Jitter que el IPMUX ha compensado en el intervalo mostrado.	

Tabla 3.5 Alarmas típicas a nivel Ethernet

Event log.- Aquí se registran los eventos ocurridos con sus horas y fechas como se indica en la figura 3.71 y en la tabla 3.6 damos una breve descripción del significado de las mismas y la acción correctiva a realizarse.

```

Read log file

Index          Log entry
 19 2011-08-14 14:46:46 LOGIN VIA TELNET
 18 2011-08-14 14:21:42 LOGIN VIA TELNET
| 17 2011-08-14 13:52:21 LOGIN VIA TELNET
v 16 2011-08-14 13:16:49 LOGIN VIA TELNET
 15 2011-08-10 09:21:04 LOGIN VIA TELNET
 14 2011-08-10 05:06:39 SN ERRORS END          TDM SLOT BUNDLE 1
 13 2011-08-10 05:05:39 JIT BUF UFLWS END     TDM SLOT BUNDLE 1
 12 2011-08-10 05:05:02 CON SYNC              TDM SLOT BUNDLE 1
 11 2011-08-10 05:04:54 CON LOCAL FAIL        TDM SLOT BUNDLE 1
 10 2011-08-10 05:04:53 CON SYNC              TDM SLOT BUNDLE 1
  9 2011-08-10 05:04:39 SN ERRORS START       TDM SLOT BUNDLE 1
  8 2011-08-10 05:04:39 JIT BUF UFLWS START   TDM SLOT BUNDLE 1
>

^D - scroll down , ^U - scroll up

ESC-prev.menu; !-main menu; &-exit; ?-help                                2 Mngr/s

```

Figura 3.71 Logs o eventos en el equipo

EVENTO	DESCRIPCION	ACCION CORRECTIVA
COLD START	El IPMUX ha sido encendido	ninguna
CON LOCAL FAIL	Los frame ethernet no son recibidos en el equipo local	Revisar el direccionamiento IP/Ethernet
CON REMOTE FAIL	Los frame ethernet no son recibidos en el equipo remoto	Revisar el direccionamiento IP/Ethernet
CON UNAVAILABLE	El IMPUX remoto no esta disponible	Revise la conexion del IPMUX remoto
CON SYNC	Falla en la conexion del bundle ha finalizado	ninguna
LINE AIS START	IPMUX recibe una alarma AIS en el puerto E1	Revise una falla en la red PDH con direccion de donde se recibe la alarma
LINE AIS END	IPMUX deja de recibir alarma de AIS	ninguna
LOS START	IPMUX recibe una alarma de LOS en el puerto E1	Revise la conexion E1. Revise que le llegue señal al IPMUX.
LOS END	IPMUX deja de recibir alarma de LOS	ninguna
UAS START	IPMUX ha detectado 10 segundos de errores SES continuos	Revisar la conexion de la Interfaz
UAS END	IPMUX ha dejado de detectar errores SES por un tiempo de 10 segundos	ninguna

Tabla 3.6 Alarmas comunes en los Log's del equipo (Ver anexo 6)

3.2.3 PRUEBAS DE LOOP

Para estar seguros que no existan fallas en la sincronización del E1 podemos realizar pruebas de loop, que son bucles o lazos que cierran un circuito y retransmiten el paquete a su fuente y con la ayuda de un analizador de E1's podemos analizar estos lazos o pueden ser analizados

en la interface del router del cliente y los debemos realizar siempre en un único sentido, para no generar dobles lazos por error.

Ventaja: Permiten determinar el tramo o segmento de la red que está presentando problemas.

Desventaja: Durante las pruebas el cliente no podrá pasar tráfico y el servicio estará caído.

Los tipos de lazo que se pueden realizar son físicos o lógicos:

Físicos: Son los que se colocan físicamente en las interfaces con conectores coaxiales, RJ45 o V.35.

Lógicos: Son los que se pueden colocar mediante software de equipamiento y los mismos se dividen en:

Loop Internal: Es el loop que mira a la parte Ethernet, como se indica en la figura 3.72 obtenida del manual de RAD.

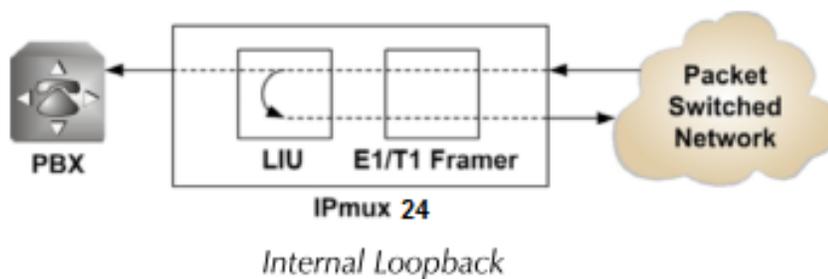


Figura 3.72 Loop Internal

Loop External: Es el loop que mira a la parte E1, como se indica en la figura 3.73 obtenida del manual de RAD.

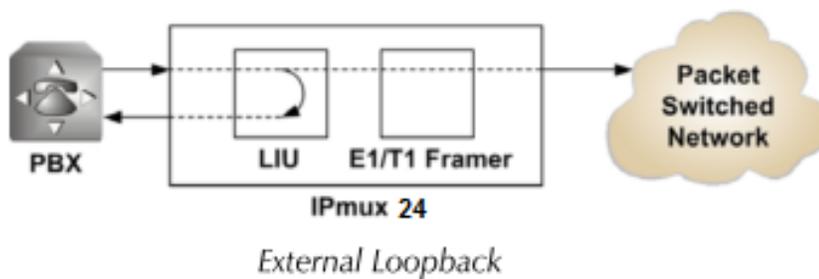


Figura 3.73 Loop External

Si las pruebas son satisfactorias, quedará el registro de cero errores como se indica en la figura 3.74 con el analizador de BER.



Figura 3.74 Toma de errores con el Analizador (HBT)

En el **Anexo 6** se muestran la mayoría de alarmas comunes a nivel de TDMoIP.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS ECONÓMICO PARA EL PROYECTO

El llevar a cabo este proyecto nos generó varias limitaciones y dudas de cuál es el medio más conveniente de realizarlo, por lo que consideramos que para llevarlo a la realidad la mejor opción es aquella que implique menor costo de inversión con la que se obtenga resultados eficaces, o si el costo es mayor de lo esperado, este se sustente en lo posible bajo la mejor solución al proyecto.

Para una empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones, se debe analizar varios aspectos antes y durante la realización del proyecto, entre eso su alcance económico en base al presupuesto con el que cuenta y la visión de crecimiento proyectada a futuro. Consideramos que para una empresa que tiene pocos años en el mercado y por ende con una cartera de clientes en crecimiento, deberá iniciar el proyecto con la solución que le represente menor inversión de capital, ya que se debe considerar no solo el costo de inversión,

sino también el costo de sostenibilidad y reparación de la red. A diferencia de otras empresas como multinacionales que cuentan con un mejor presupuesto y que podrían solventar cualquier costo adicional, sin embargo esto no las deja de estar expuestas a cualquier fracaso.

La evaluación financiera de un proyecto empresarial es de gran importancia para analizar la posible rentabilidad del proyecto y si es viable ya que un análisis financiero a futuro puede evitar posibles problemas a largo plazo.

Los parámetros que utilizamos para calcular la viabilidad de un proyecto son el VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno), los dos parámetros se basan en lo mismo y es la estimación de los flujos de caja que tenga la compañía. Al hacer la estimación de los ingresos de nuestra compañía durante el lapso de 5 años, para que el proyecto sea rentable el VAN debe ser mayor a cero, esto quiere decir que recuperaremos la inversión inicial y tendríamos más capital.

Se utiliza la siguiente fórmula para el cálculo del VAN:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I = 0$$

Donde:

F_t = Flujo de Caja

n = Es el número de periodos

I = Es el valor de la inversión inicial

Si en nuestro proyecto no hay riesgo, se usará como referencia el tipo de la renta fija, de esta manera el VAN se estimará si la inversión es mejor que invertir en algo seguro, sin un riesgo específico. Las interpretaciones de la VAN están referenciadas en la tabla 4.1.

Valor	Significado	Decisión a tomar
$VAN > 0$	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto puede aceptarse
$VAN < 0$	La inversión produciría ganancias por debajo de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto debería rechazarse
$VAN = 0$	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

Tabla 4.1 Interpretación del VAN

También realizaremos el cálculo de la TIR (Tasa Interna de Retorno)

$$TIR = \frac{-I + \sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n i * F_i}$$

La interpretación de la TIR:

Si $TIR \geq r \rightarrow$ Se aceptará el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad mayor que la rentabilidad mínima requerida (el coste de oportunidad).

Si $TIR < r \rightarrow$ Se rechazará el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad menor que la rentabilidad mínima requerida.

Hemos considerado proyectar la utilización de los STM-1 con la siguiente distribución lógica de los VC-4 dentro del anillo STM-16, tentativamente con contratos previamente acordados con los clientes proyectados como se indica en la tabla 4.2 dentro del anillo STM-16 y en la tabla 4.3 se indica los STM-1 vendidos por tramos:

Ciudad	Guayaquil	Babahoyo	Quevedo	Sto. Domingo	Los Bancos	Quito	Latacunga	Ambato	Riobamba	Alausí	Zhud	Cuenca	Sta Isabel	El Guabo	Naranjal	Guayaquil
VC-4/ Direccio namient	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East	West	East
1							2 VC-4 UID-AMB		2 VC-4 AMB-CUE				2 VC-4 GYE-CUE			
2																
3																
4	4 VC-4 GYE-UID						2 VC-4 UID-GYE									
5																
6																
7																
8	4 VC-4 GYE-UID						4 VC-4 UID-CUE (1VC-4 para los ETs)				4 VC-4 GYE-CUE					
9							2 VC-4 UID-AMB respaldo		2 VC-4 AMB-CUE RESPALDO				2 VC4 GYE-CUE RESPALDO			
10																
11	4 VC-4 GYE-UID RESPALDO						2 VC-4 UID-GYE RESPALDO									
12																
13																
14																
15																
16	4 VC-4 GYE-UID RESPALDO						4 VC-4 UID-CUE (1VC-4 para los ETs) respaldo				4 VC-4 GYE-CUE RESPALDO					

Tabla 4.2 Distribución lógica de los VC-4 en el anillo STM-16

	VC-4 GYE-UIO	VC-4 UIO-AMB	VC-4 AMB-CUE	VC-4 CUE-GYE	VC-4 UIO-CUE	TOTAL
VC-4 /ventas	10	2	2	6	4	24

Tabla 4.3 Cantidad de STM-1 vendidos por tramos

La proyección de venta anual de los STM-1 los consideramos en la tabla 4.4

CLIENTES	1 año	2año	3er	4to año	5to año
Cliente A	5	2	2	2	
Cliente B	2	4	0	4	
Cliente C	3	0	0	0	
Total	10	6	2	6	

Tabla 4.4 Cantidad de STM-1 proyectados vender anualmente

Para realizar el análisis económico más factible vamos a tomar en cuenta algunos escenarios más comunes, tales como la implementación y el alquiler de las redes SDH y Metro Ethernet a otros proveedores.

4.1 Análisis de inversión para implementar el proyecto SDH y TDMoIP

Para el cálculo de nuestra inversión debemos determinar la estructura del capital que consiste en una inversión del 30% aportado por los accionistas y un 70% será financiado por un préstamo, mismo que se realizará a la

Corporación Financiera Nacional (CFN) misma que para proyectos de telecomunicaciones, financia hasta el 70% del capital en el caso de proyectos nuevos con un plazo máximo de 10 años y una tasa de interés de hasta el 9,08%.

A continuación se muestra la composición de la estructura del capital en la tabla 4.5 y la tabla de amortización de la deuda en la tabla 4.6

ESTRUCTURA DE CAPITAL		
%	Inversión	\$ 12.339.144,80
70%	Deuda	\$ 8.637.401,36
30%	Capital	\$ 3.701.743,44

Tabla 4.5 Estructura del Capital

PAGO DE CAPITAL E INTERESES DE LA DEUDA					
	tasa de interés	9,08%			
	Saldo Inicial	Pago	Capital	Interés	Saldo Final
0					\$ 12.339.144,80
1	\$ 12.339.144,80	\$ 3.178.888,65	\$ 2.058.494,30	\$ 1.120.394,35	\$ 10.280.650,50
2	\$ 10.280.650,50	\$ 3.178.888,65	\$ 2.245.405,59	\$ 933.483,07	\$ 8.035.244,91
3	\$ 8.035.244,91	\$ 3.178.888,65	\$ 2.449.288,41	\$ 729.600,24	\$ 5.585.956,49
4	\$ 5.585.956,49	\$ 3.178.888,65	\$ 2.671.683,80	\$ 507.204,85	\$ 2.914.272,69
5	\$ 2.914.272,69	\$ 3.178.888,65	\$ 2.914.272,69	\$ 264.615,96	\$ 0,00

Tabla 4.6 Pago de Capital e Intereses de la Deuda

A continuación en la tabla 4.7 detallaremos el flujo de Caja con sus ingresos, egresos, utilidad operativa, utilidad antes de impuesto, utilidad neta y el flujo de caja neto manteniendo un horizonte de planeación de 5 años y en la figura 4.1 graficamos lo antes mencionado:

Ingresos	0	1	2	3	4	5
Instalación		\$ 39.200,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Servicio Mensual		\$ 5.416.800,00	\$ 5.687.640,00	\$ 5.972.022,00	\$ 6.270.623,10	\$ 6.584.154,26
Total Ingresos	\$ 0,00	\$ 5.456.000,00	\$ 5.687.640,00	\$ 5.972.022,00	\$ 6.270.623,10	\$ 6.584.154,26
Egresos						
Costo de Alquiler		\$ 36.000,00	\$ 37.800,00	\$ 39.690,00	\$ 41.674,50	\$ 43.758,23
Gastos Administrativos		\$ 125.000,00	\$ 131.250,00	\$ 137.812,50	\$ 144.703,13	\$ 151.938,28
Depreciación		\$ 2.467.828,96	\$ 2.467.828,96	\$ 2.467.828,96	\$ 2.467.828,96	\$ 2.467.828,96
Suministros de Oficina		\$ 1.500,00	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
Total Egresos	\$ 0,00	\$ 2.630.328,96	\$ 2.638.378,96	\$ 2.646.831,46	\$ 2.655.706,59	\$ 2.665.025,47
Utilidad Operativa	\$ 0,00	\$ 2.825.671,04	\$ 3.049.261,04	\$ 3.325.190,54	\$ 3.614.916,52	\$ 3.919.128,79
Intereses		\$ 1.120.394,35	\$ 933.483,07	\$ 729.600,24	\$ 507.204,85	\$ 264.615,96
Utilidad antes de Imp.	\$ 0,00	\$ 1.705.276,69	\$ 2.115.777,97	\$ 2.595.590,30	\$ 3.107.711,67	\$ 3.654.512,83
I/R		\$ 392.213,64	\$ 465.471,15	\$ 571.029,87	\$ 683.696,57	\$ 803.992,82
Utilidad Neta	\$ 0,00	\$ 1.313.063,05	\$ 1.650.306,82	\$ 2.024.560,44	\$ 2.424.015,10	\$ 2.850.520,01
(-) Inversión Inicial	\$ 12.339.144,80					
(+) Deuda	\$ 8.637.401,36					
(+) Depreciación		\$ 2.467.828,96	\$ 2.467.828,96	\$ 2.467.828,96	\$ 2.467.828,96	\$ 2.467.828,96
(-) Amortización		\$ 2.058.494,30	\$ 2.245.405,59	\$ 2.449.288,41	\$ 2.671.683,80	\$ 2.914.272,69
(+) Valor de Salvamento						\$ 0,00
Flujo de Caja Neto	-\$ 3.701.743,44	\$ 1.722.397,71	\$ 1.872.730,19	\$ 2.043.100,98	\$ 2.220.160,26	\$ 2.404.076,27

Tabla 4.7 Flujo de Caja implementando el proyecto a 5 años

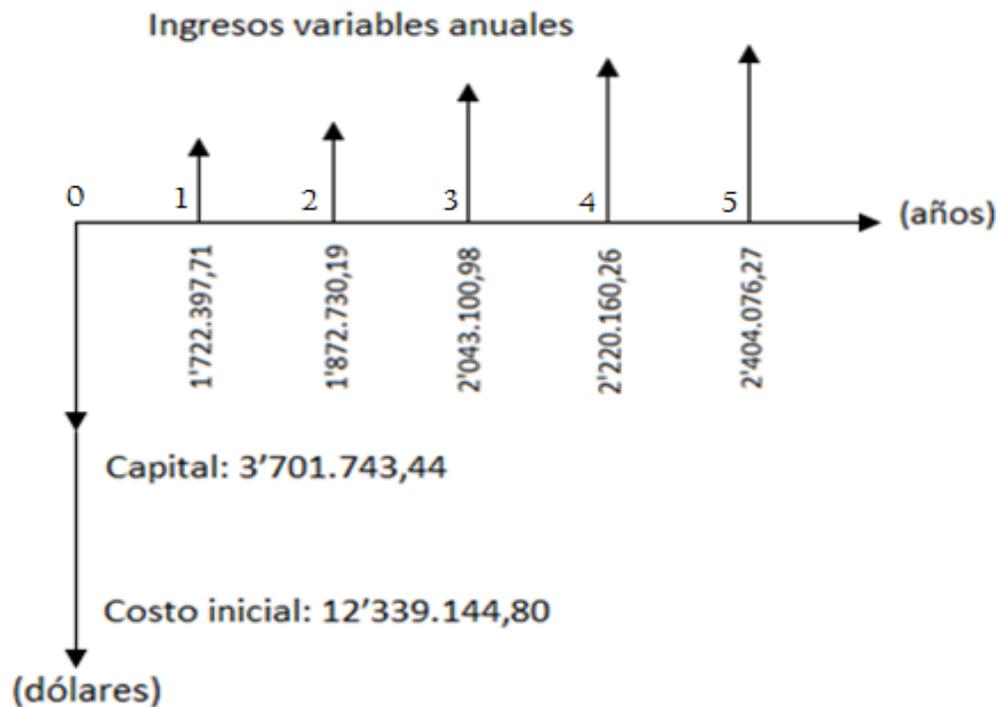


Figura 4.1 Diagrama de flujo de caja para la implementación del proyecto bajo préstamo bancario

Una vez determinado el flujo de caja neto para determinar la viabilidad y rentabilidad del proyecto, podemos hacer uso de las distintas herramientas financieras como:

- VAN (Valor actual neto)
- TIR (Tasa Interna de Retorno)
- Payback (Periodo de Recuperación de Inversión)

Estos cálculos se obtendrán con las fórmulas financieras que ofrece Excel.

Antes de realizar los cálculos, se debe determinar la tasa de rentabilidad exigida para la inversión (TMAR) tomando como referencia una empresa americana como AT&T, ya que estamos comprando con una economía fuerte dentro del sector de telecomunicaciones, obteniendo una TMAR del 30%. En la tabla 4.8 indicamos los cálculos realizados con las herramientas financieras.

TMAR	30%
VAN	\$ 1.086.080,08
TIR	44%

Tabla 4.8 Fórmulas financieras implementando el proyecto

Además realizamos el cálculo del flujo de caja real y el flujo de caja acumulado implementado en el proyecto como indica la tabla 4.9 y se visualiza gráficamente en la figura 4.2, con esto podemos calcular el payback real para recuperación del capital como se indica en la tabla 4.10.

AÑOS	0	1	2	3	4	5
FLUJO DE CAJA REAL	-\$ 3.701.743,44	\$ 1.324.921,31	\$ 1.108.124,37	\$ 929.950,38	\$ 777.339,82	\$ 647.487,64
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-\$ 3.701.743,44	-\$ 2.376.822,13	-\$ 1.268.697,75	-\$ 338.747,37	\$ 438.592,45	\$ 1.086.080,08

Tabla 4.9 Flujo de Caja implementando el proyecto

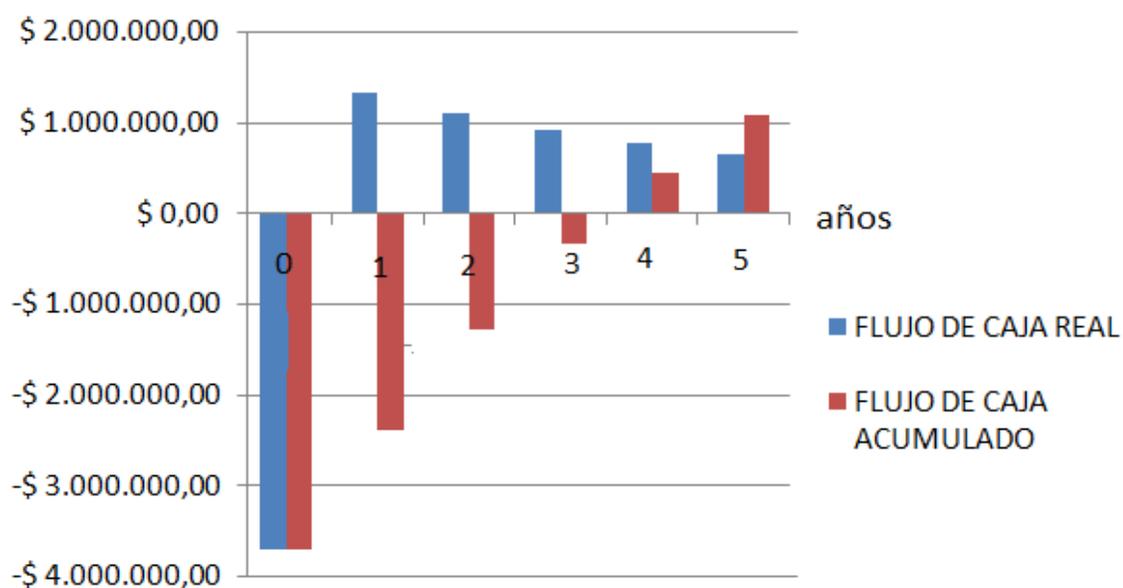


Figura 4.2 Diagrama de bloques comparativo del flujo de caja

PAYBACK REAL	4	AÑOS
	2	MESES
	4	DIA

Tabla 4.10 Payback Real

4.2 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS FINANCIERO IMPLEMENTANDO EL PROYECTO

Al concluir este estudio del presente proyecto en base a las herramientas financieras anteriormente descritas, podemos concluir lo siguiente:

El proyecto es viable desde el punto de vista del VAN, ya que esta herramienta financiera evalúa el valor presente de los flujos de efectivos futuros en donde estos deben ser mayor a cero.

Así mismo podemos determinar la rentabilidad de la inversión analizando la tasa interna de retorno (TIR = 44%) al compararla con la rentabilidad exigida (TMAR=30%); en donde a mayor TIR más rentable será nuestro proyecto.

Se ha determinado también el periodo de recuperación de la inversión (Payback) el mismo que muestra una recuperación de la inversión en 4 años, 1 meses y cuatro días.

4.3 Análisis de inversión en caso de alquilar la capacidad para subalquilar

El análisis de inversión en caso de alquilar la capacidad para subalquilar a nuestros clientes hemos escogido al proveedor A en base a la tabla 2.19 y

costo mensual y anual está indicado en la tabla 4.11, para que nos brinde el servicio ya que es el que nos alquila a un costo más bajo y tiene las mismas garantías de estabilidad que ofrece el proveedor B.

Mensual	\$ 472.320,00
Anual	\$ 5.667.840,00

Tabla 4.11 Alquilamos al Proveedor A

Hemos considerado vender los servicios en un 15% sobre el costo del proveedor A para armar nuestro capital de trabajo como se indica en la tabla 4.12.

Cantidad	12
% de Ganancia	15%
Precio	45.264,00
Mensual	543.168,00
Anual	6.518.016,00

Tabla 4.12 Plan de Venta subalquilando

Para este caso vamos a decir que nuestros clientes nos pagan en 2 meses mientras que a los proveedores se les debe pagar por mes vencido; por lo tanto nuestro capital de trabajo sería como indica la tabla 4.13.

Capital del Trabajo	\$ 481.187,00
----------------------------	----------------------

Tabla 4.13 Capital de Trabajo

A continuación detallaremos el flujo de Caja con sus ingresos, egresos, utilidad operativa, utilidad antes de impuesto, utilidad neta y el flujo de caja neto manteniendo un horizonte de planeación de 5 años, como indica la tabla 4.14 y se ha graficado en la figura 4.2.

<u>Ingresos</u>	0	1	2	3	4	5
Instalación						
Servicio Mensual		\$ 6.518.016,00	\$ 6.843.916,80	\$ 7.186.112,64	\$ 7.545.418,27	\$ 7.922.689,19
Total Ingresos		\$ 6.518.016,00	\$ 6.843.916,80	\$ 7.186.112,64	\$ 7.545.418,27	\$ 7.922.689,19
<u>Egresos</u>						
Costo de Alquiler		\$ 5.667.840,00	\$ 5.951.232,00	\$ 6.248.793,60	\$ 6.561.233,28	\$ 6.889.294,94
Gastos Administrativos		\$ 125.000,00	\$ 131.250,00	\$ 137.812,50	\$ 144.703,13	\$ 151.938,28
Suministros de Oficina		\$ 1.500,00	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
Total Egresos		\$ 5.794.340,00	\$ 6.083.982,00	\$ 6.388.106,10	\$ 6.707.436,41	\$ 7.042.733,23
Utilidad Operativa		\$ 723.676,00	\$ 759.934,80	\$ 798.006,54	\$ 837.981,87	\$ 879.955,96
Intereses						
Utilidad antes de Imp.		\$ 723.676,00	\$ 759.934,80	\$ 798.006,54	\$ 837.981,87	\$ 879.955,96
I/R		\$ 166.445,48	\$ 167.185,66	\$ 175.561,44	\$ 184.356,01	\$ 193.590,31
Utilidad Neta		\$ 557.230,52	\$ 592.749,14	\$ 622.445,10	\$ 653.625,86	\$ 686.365,65
(-) Inversión Inicial		-				
Capital de Trabajo	\$ 481.187,00					\$ 944.640,00
(+) Valor de Salvamento	\$ 0,00					
Flujo de Caja Neto	-\$ 481.187,00	\$ 557.230,52	\$ 592.749,14	\$ 622.445,10	\$ 653.625,86	\$ 1.631.005,65

Tabla 4.14 Flujo de Caja alquilando el servicio

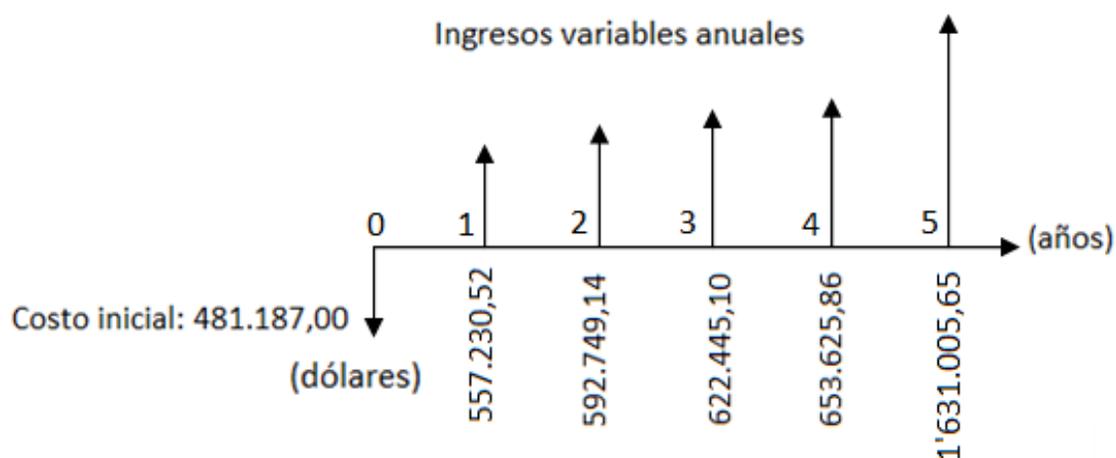


Figura 4.3 Diagrama de flujo de caja para alquilar servicios

Para determinar la viabilidad y rentabilidad del proyecto. Estos cálculos se obtendrán con las fórmulas financieras que ofrece Excel, como se indica a continuación en la tabla 4.15.

TMAR	30%
VAN	1.249.636,75
TIR	123%

Tabla 4.15 Resultados financieros alquilando

4.4 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS FINANCIERO ALQUILANDO EL SERVICIO PARA SUBALQUILAR.

En base a las siguientes figuras 4.4 y 4.5, donde se muestran las gráficas comparativas entre el VAN y el TIR, claramente se puede definir que es más económico alquilar y también rentable el subalquilar, pero la rentabilidad de esto depende del porcentaje de ganancia sobre el precio de los proveedores y si es viable a largo plazo que estos quieran alquilarnos su infraestructura. Por lo tanto esto crea una limitante, ya que se establece una dependencia total de los proveedores y además impide que la empresa crezca a futuro, ya que estaría limitada a los servicios que puede ofrecer con los 2 STM-1 y 2 E1 alquilados, sin poder abordar más servicios y clientes a mediano y largo plazo.

Lo más favorable de subalquilar, según este análisis, es porque no se corre el riesgo de contraer una deuda, en caso de que el negocio no marche como se espera.

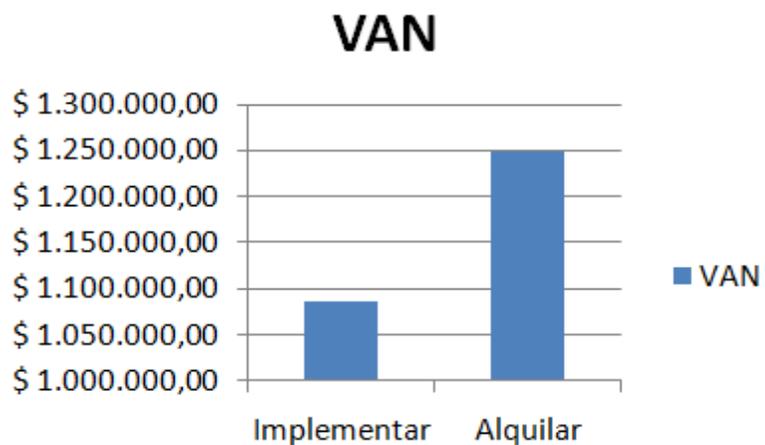


Figura 4.4 Diagrama de bloques comparativo del VAN entre implementar y alquilar

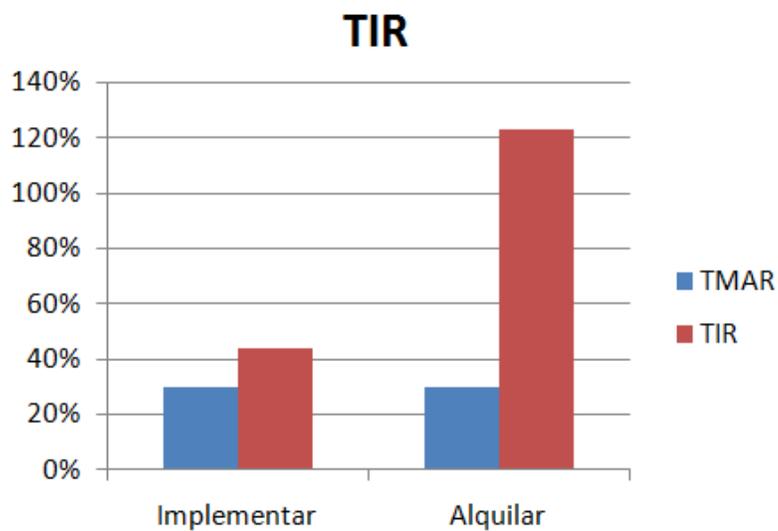


Figura 4.5 Diagrama de bloques comparativo del TIR entre implementar y alquilar

CONCLUSIONES

1. La competencia generada en los últimos años en ofrecer servicios de telecomunicaciones ha hecho necesario que los proveedores cuenten con una red más confiable, flexible y de alta capacidad, tales como SDH y TDMoIP con la finalidad de brindar servicios de calidad que den rentabilidad.
2. Las redes SDH integran la mejor parte de dos tendencias principales respecto a redes (datos y tiempo real), debido a que son redes de transporte en capa 1 y permiten encapsular cualquier tipo de información o trama de otras redes, adaptándose adecuadamente a la convergencia de redes, lo

cual permite también tener enlaces dedicados donde no hay re-uso de canal, asegurándose la calidad del servicio a entregarse.

3. Concluimos también que la solución más robusta y económica entre TDM y TDMoIP es la segunda opción, debido a que con TDMoIP los costos de instalación se ven reducidos y se pueden derivar varios servicios que ayudarían a la empresa a obtener mayores ingresos.

4. Es necesario tomar en cuenta que a pesar de que el costo de alquiler de los servicios tanto en la parte de SDH como TDMoIP resulta menor que realizar la implementación, pero el alquilar las redes no le permitirá a la empresa crecer y derivar sus servicios de telecomunicaciones. Lo cual marca la diferencia en nuestro país, entre las empresas que invierten en la implementación de dichas redes, lo cual les da la posibilidad de crecer a largo plazo, llegando a ser por su infraestructura proveedores de las empresas que lideran el mercado, debido a su facilidad de financiamiento y porque entre sus principales servicios está la telefonía celular, un servicio de mayor demanda, hasta la actualidad.

5. En caso de contar la empresa con recursos o medios de financiamiento, consideramos más conveniente la implementación del proyecto, con la derivación de diferentes productos y servicios, posibles de extraer de dichas redes y de ser ofrecidos a clientes nacionales y extranjeros. La inversión se estima ser recuperada a mediano plazo, dentro de alrededor de 5 años y con la probabilidad de supervivencia en el mercado de mínimo 15 años, sino se le realiza alguna innovación en los servicios provistos por la red.

6. Se escogió el tendido aéreo para el anillo interurbano del proyecto por su facilidad de instalación y bajo costo en comparación con la canalización o microzanjado que es aproximadamente 5 veces mayor en costo y dificultad de tendido. Además, el tipo aéreo ayuda a disminuir el tiempo de indisponibilidad de los servicios al suscitarse una incidencia, ya que permite identificar la falla en la fibra más rápidamente por estar al aire libre, lo que también lleva a una desventaja, ya que está expuesta al robo y sabotaje en mangas, empalmes, etc.

7. El equipamiento faltante del laboratorio, disminuye la posibilidad de que los datos prácticos y teóricos guarden bastante similitud, ya que al realizar la

simulación del proyecto, el software del T2000 nos permitió utilizar 3 NE, destacándose así los principales Ambato, Cuenca y Quito; mientras que nuestra red SDH a implementarse está formada por 16 nodos (5 nodos principales y 11 secundarios).

8. El uso de la topología anillo para los nodos es gracias a su característica de redundancia, que en caso de presentarse una incidencia, dada por el fallo de algún equipo o corte de fibra, esta topología ayuda a tener un alto nivel de disponibilidad, debido a que el tráfico conmutaría a la ruta disponible, lo que ayudaría a ofrecer un SLA del 99.95% a nuestros clientes.

9. Con respecto a la Metro Ethernet es necesario aplicar en los switches seguridades de acceso restringido, mediante ips o mac address y también activar el spanning tree para que la conmutación sea automática en caso de alguna falla en la red.

10. Para la salida internacional, de acuerdo a lo investigado hasta la actualidad los expertos indican que es difícil reemplazar los cables submarinos. Las

soluciones basadas con satélites son de tipo backup y complementarias, debido a su alto costo y baja calidad de servicio, ya que difícilmente los satélites pueden alcanzar los anchos de banda que se obtienen a través de cables de fibra.

11. La simulación del proyecto fue realizada con un anillo STM-4 y protección PSP sin presentarse complicaciones, ya que el equipo HUAWEI OPTIX OSN 1500 no soporta MSP, pero para el diseño de la implementación real de la red SDH se realizó con un anillo STM-16 para lo que es necesario aplicar protección MSP, con equipos de mejor tecnología y capacidad como los OPTIX OSN 2500 o 3500 si es posible para poder alcanzar una mayor capacidad y formar anillos de tipo STM-64.

12. Las redes SDH permiten empaquetar marcos Ethernet sobre la trama SDH bajo un estándar llamado EoS (Ethernet over SDH) lo cual lo ha popularizado, ya que la mayoría de redes de área local en el mundo están basadas en redes tipo Ethernet.

13. En la CAPA 3, los IPMUX suelen presentar problemas de QoS y encolamiento de paquetes. Por eso el IPMUX debe manejar un "BUFFER" que lo usa para compensar el PDV (Packet Delay Variation).

14. En TDMoIP, las pérdidas en los circuitos pueden presentarse por el encolamiento producido en el buffer del switch, que se da principalmente por la relación de ancho de banda del sistema con la capacidad de procesar los paquetes que llegan al equipo, en base a que el ancho de banda es directamente proporcional al número de particiones que sufre el paquete TDMoIP.

RECOMENDACIONES

1. En el proceso de implementación de una red SDH se recomienda tomar en cuenta varios parámetros, tales como, factores de diseño, troubleshooting, SLA, costos, etc, de lo cual los encargados del diseño de la red junto con el CEO de la empresa podrán decidir si implementar la red o no, bajo los estándares establecidos para proveer servicios con alta capacidad y calidad.
2. En el proyecto se establece como nodos principales a Cuenca, Ambato y Quito, pero se recomienda adherir dos nodos como principal, a Guayaquil y Quevedo, por ser ciudades con visión consumista de tecnología y crecimiento económico, lo que ayudaría a ser más rentable la red. Por esta razón, en la propuesta de la ruta SDH a implementarse se agregaron estos nodos, a pesar de expandirse un poco más el total de km de la ruta.

3. Los lugares para ubicar los nodos consideramos que deben ser escogidos en base a ciertas condiciones, tales como, facilidad de acceso por carretera, que posean suministro de energía eléctrica y sea posible el alquiler de cuartos o locales con disponibilidad de acceso a las 24 horas.

4. A la universidad Espol, se le sugiere comprar licencias y mejorar el equipamiento con la finalidad de que los estudiantes puedan diseñar e implementar redes más similares con la realidad y poder alcanzar valores más cercanos en el laboratorio como a nivel de campo, y así llegar a tener una mejor visión de diseño de este tipo de redes.

5. Se debe encargar al personal experimentado los trabajos referentes al tendido de la fibra en los dos tipos de redes, para prevenir gastos a futuro por cuestión de trabajos mal realizados que puedan generar incidencias y gastos.

6. Se debe tener en cuenta la seguridad de la red, ya que es necesario implementar todo tipo de seguridades para evitar sabotajes internos y

externos, realizando pruebas de las debilidades de la red y de los riesgos a la que podría estar expuesta para saber qué tipo de seguridades es necesario agregarle periódicamente.

7. Con respecto a las protecciones en red SDH, se recomienda utilizar protección MSP, ya que esta ayuda a que la capacidad del anillo aumente a medida que vaya creciendo la red.

8. Con respecto a la elección de la ruta del anillo SDH se recomienda escogerla en base a varios parámetros, tales como zonas con menos riesgo de robo de la fibra, deslizamientos de tierra en carreteras que cruzan la cordillera, facilidad de instalación y de alquiler a los nodos con acceso en lo posible las 24 horas, etc.

9. Se recomienda tener bastante precaución en cuestión a las instalaciones eléctricas de los nodos, en implementar un buen respaldo al respecto, conexiones a tierra, ups de backup, etc, ya que una conexión sin buen respaldo, podría hacer que se averíen las tarjetas por variación eléctrica en el sitio.

10. Además se debe tomar en cuenta en el diseño de la red que haya redundancia de fibras ópticas, conectores, multiplexores, fuentes de potencia, tarjetas de línea, matriz de crossconexión, etc. El equipamiento de Carrier Class es imprescindible como protección de la red SDH.

11. También se recomienda que en los equipos ADM haya un puerto agregado por tarjeta, y no 2 puertos por tarjeta, ya que en el caso de dañarse alguna, no se pierdan los puertos ni el enlace.

12. Por último se recomienda realizar un buen análisis económico para el proyecto con una proyección de los ingresos mediante los clientes estimados a tenerse, así como del costo de inversión y los gastos en lo que incurriría la empresa a corto y largo plazo.

ANEXO 1: RECOMENDACIONES DE LA ITU-T RELATIVAS A LOS SISTEMAS SDH

G.703: Características físicas/eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas.

G.707: Interfaz de nodo de red para la jerarquía digital síncrona (SDH).

G.772: Puntos de supervisión protegidos de los sistemas de transmisión digital.

G.774: Modelo de información de gestión de la jerarquía digital síncrona desde el punto de vista de los elementos de red.

G.774.01: Supervisión de la calidad de funcionamiento de la jerarquía digital síncrona desde el punto de vista de los elementos de red.

G.774.02: Configuración de la estructura de cabida útil de la jerarquía digital síncrona desde el punto de vista de los elementos de red.

G.774.03: Gestión de la protección de secciones de multiplexión de la jerarquía digital síncrona desde el punto de vista de los elementos de red.

G.774.04: Gestión de la protección de conexiones de subred de la jerarquía digital síncrona desde el punto de vista de los elementos de red.

G.774.05: Gestión en la jerarquía digital síncrona de la funcionalidad de supervisión de la conexión de orden superior e inferior desde el punto de vista de los elementos de Red.

- G.780: Vocabulario de términos para redes y equipos de la jerarquía digital síncrona.
- G.783: Características de los bloques funcionales de los equipos de la jerarquía digital síncrona (sustituye a la versión 01/94 de G.781, G-782 y G.783).
- G.784: Gestión de la jerarquía digital síncrona.
- G.803: Arquitectura de redes de transporte basadas en la jerarquía digital síncrona.
- G.810: Definiciones y terminología para las redes de sincronización.
- G.811: Requisitos de temporización en las salidas de relojes de referencia primarios adecuados para la explotación plesiócrona de enlaces digitales internacionales.
- G.813: Características de temporización de los relojes subordinados de los equipos de la jerarquía digital síncrona (SEC).
- G.825: Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía digital síncrona.
- G.826: Parámetros y objetivos de características de error para trayectos digitales internacionales de velocidad binaria constante que funcionen a la velocidad primaria o a velocidades superiores.
- G.831: Capacidades de gestión de las redes de transporte basadas en la jerarquía digital síncrona.

G.832: Transporte de elementos SDH en redes PDH.

G.841: Tipos y características de las arquitecturas de protección de las redes SDH.

G.842: Interfuncionamiento de las arquitecturas de protección de las redes SDH.

ANEXO 2: TIPOS DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO

La ITU-T estandariza tanto las descripciones de de la fibras monomodo y multimodo como las definiciones de parámetros y test de medida asociados. Las características ópticas, geométricas y de transmisión de las fibras monomodo utilizadas en los sistemas de comunicación de larga distancia utilizan habitualmente fibras G.652 y G.655.

La más recomendada de las fibras G.652 es la D:

Características de la fibra. G.652.B			Ancho de banda de transmisión
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 nm	1310 nm, 1550 y 1625 nm (Bandas O, C y L)
	Rango	8,6 - 9,5 μm	
	Tolerancia	$\pm 0,6 \mu\text{m}$	
Pendiente de dispersión cromática de 1300 - 1324 nm	S0max	0,092 ps/nm ² .km	
	Características del cable		
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm	
	Max a 1310 nm	0,40 dB/Km	
Coeficiente de atenuación	Max a 1550 nm	0,35 dB/Km	
	Max a 1625 nm	0,40 dB/Km	
Coeficiente de PMD	M	20 cables	
	Q	0,01%	
	Max PMDq	0,20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$	

Características de la fibra. G.652.D			Ancho de banda de transmisión
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1310 nm	Amplia cobertura: bandas O a L. Similar a G,652,B pero permite la transmisión en ancho de banda extendido de 1360 nm a 1530 nm. Adecuada para sistemas CWDM
	Rango	8,6 - 9,5 μm	
	Tolerancia	± 0,6 μm	
Pendiente de dispersión cromática de 1300 - 1324 nm	S0max	0,092 ps/nm ² .km	
Características del cable			
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1260 nm	
	1310 a 1625 nm	0,40 dB/Km	
Coeficiente de atenuación Máximo	1383 ± 3 nm	*	
	1550 nm	0,30 dB/Km	
Coeficiente de PMD	M	20 cables	
	Q	0,01%	
	Max PMDq	0,20 ps/ √km	

Características de la fibra. G.655.D		
Diámetro de campo modal	Longitud de onda	1550 nm
	Rango	8 - 11 μm
	Tolerancia	± 0,6 μm
Coeficiente de dispersión cromática de 1530 - 1565 nm	Dmin(λ):1460-1550 nm	$\frac{7.00}{90}(\lambda - 1460) - 4.20$
	Dmin(λ):1550-1625 nm	$\frac{2.97}{75}(\lambda - 1550) + 2.80$
	Dmax(λ):1460-1550 nm	$\frac{2.91}{90}(\lambda - 1460) + 3.29$
	Dmax(λ):1550-1625 nm	$\frac{5.06}{75}(\lambda - 1550) + 6.20$
Longitud de onda de corte del cable	Máximo	1450 nm
	Max a 1550 nm	0,35 dB/Km
Coeficiente de atenuación	Max a 1625 nm	0,4 dB/Km
	M	20 cables
Coeficiente de PMD	Q	0,01%
	Max PMDq	0,20 ps/ √km

Las fibras ópticas G.652 y G.655 presentan las siguientes pérdidas típicas:

- Atenuación fibra: G.652 0,19 dB/Km
G.655 0,20 dB/Km
- Atenuación empalmes: G.652 0,20 dB
G.655 0,30 Db

Influencia sobre el coeficiente de atenuación

A modo de ejemplo la siguiente tabla presenta los valores de atenuación de las fibras ópticas utilizadas para la fabricación de un cable de 32 fibras G.652.D, tanto en segunda como en tercera ventana, y las mismas medidas tras el proceso de fabricación. Puede observarse que las variaciones en la atenuación son mínimas, ya que los procesos no afectan a este parámetro.

ANEXO 3: TIPOS DE TENDIDO DE FIBRA

Tendido Aéreo



Tendido Aéreo

En general el tendido aéreo en redes metropolitanas es el más rentable por su facilidad de instalación con respecto al de micro-zanjado o subterráneo. Además, se suelen aprovechar las instalaciones existentes de las empresas de transporte de energía eléctrica, reduciendo los costos de instalación. En varios casos, estas mismas empresas son las dueñas de la fibra óptica y utilizan este recurso para aumentar sus ingresos.

Para los tendidos aéreos se utilizan básicamente 4 tipos de cables de fibra óptica:

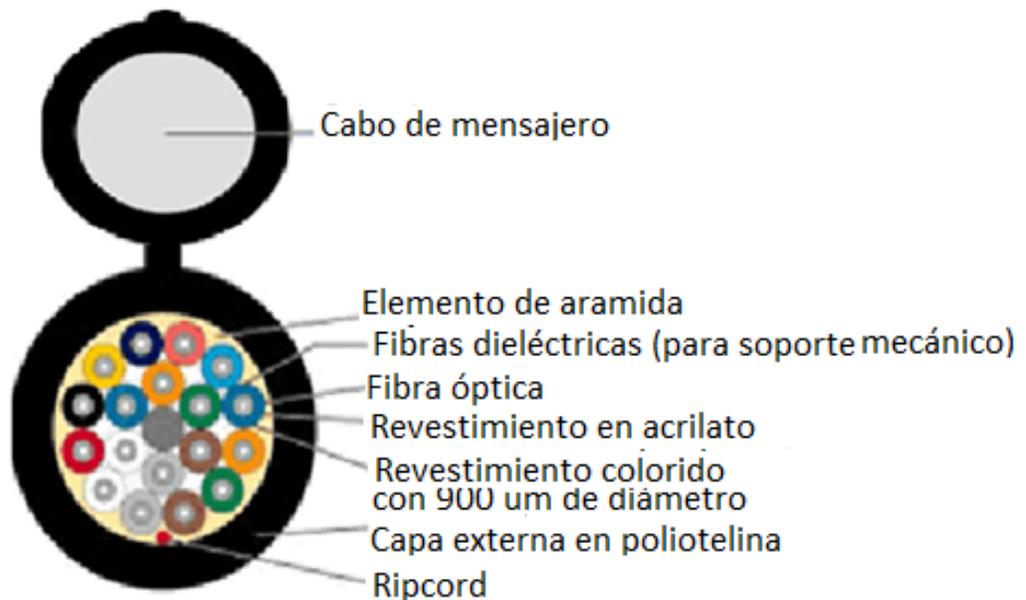
ADSS (All Dielectric Self-Supporting)

Adosado

Tipo de forma de 8 (GYXTC8Y)

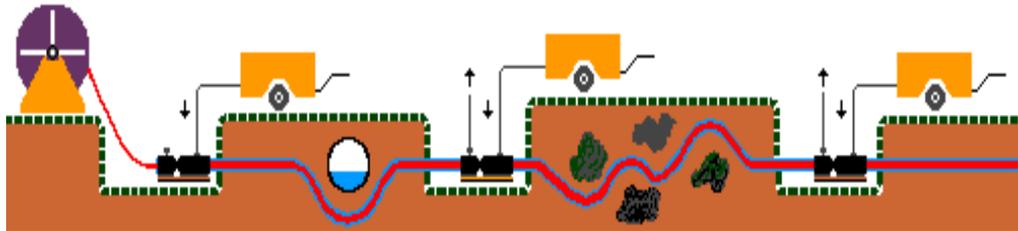
OPGW (Optical Ground Wire)

Los más recomendables son el ADSS por estar diseñado para líneas de alta tensión y el de forma de 8 porque tiene un revestimiento extra de polietileno que envuelve al cable óptico dieléctrico y al elemento de sustentación externo no metálico, lo cual proporciona la necesaria resistencia a la tracción.



Fibra monomodo en forma de 8

Tendido Terrestre



Tendido subterráneo o micro-zanjado

Para hacer un tendido terrestre se puede abrir zanjas a cielo abierto, o bien utilizar la tecnología de túneles guiados, llamados trenchless. El sistema clásico de tendido a cielo abierto trae numerosas molestias a los ciudadanos (ruidos molestos, veredas abiertas, suciedad) por lo que se recomienda que no se realice en centros urbanos, además que se complica los trabajos de mantenimiento y de restauración en caso de incidencias.

El sistema trenchless, por otro lado, es capaz de trazar túneles mediante perforaciones direccionales, evitando tener que abrir las veredas. Esto permite realizar tanto el tendido como el mantenimiento de los tubos, sin tener que abrir todo el suelo. Utilizando equipos de robótica es posible tender los cables de fibra dentro de las cloacas, a las que no se podría acceder normalmente.

Asimismo, comparando los dos sistemas, cuando se habla de pasar una cañería simple los valores son prácticamente iguales, aunque todo dependerá de la cantidad de metros a realizarse. La variación de precios se produce básicamente de acuerdo a dos ítems: el diámetro de la cañería y la cantidad de metros, que requerirá mayor costo de reposicionamiento de equipos.

Tendido Submarino



Tendido Submarino

Es usado para la interconexión de los centros más importantes del mundo. Actualmente se cuenta con una enorme y compleja infraestructura de cableado submarino conformado por fibra óptica que cruza nuestros océanos. En total se estima que la longitud es mayor a 450 mil kilómetros de acuerdo con una

división internacional de cuatro regiones: Océano Pacífico-Asia, Océano Atlántico, Europa-Asia y Sudamérica.

Estos sistemas submarinos se componen de cables de fibra óptica interconectados, a través de repetidores, que amplifican las señales y permiten alcanzar distancias de hasta nueve mil kilómetros por tramo.

Asimismo, resisten las inclemencias de la temperatura, salinidad y humedad, así como las presiones del agua, y se encuentran menos expuestos a tormentas, ya que son instalados hasta tres mil metros de profundidad, y resulta ser más barata y efectiva que la comunicación via satélite. Además, el retardo de transmisión es considerablemente menor por lo que es ideal para transmisión de telefonía internacional.



Se conectan a sistemas de transmisión y recepción, integrados por moduladores y multiplexores ópticos que constituyen los sistemas de observación y control, que junto con los amplificadores empalmados al cable cada 30 o 50 km garantizan la integridad de las señales que viajan por las fibras ópticas.

El proceso del tendido de la red submarina es complejo y largo. Como primera instancia, se realiza un estudio en el cual se traza la ruta del cableado submarino y se especifican los requisitos tecnológicos. Posteriormente, se revelan los datos geofísicos y en base a ellos se define la ruta real a utilizar. En esta fase se especifican los tipos de cable submarino, empalmes, estructuras y demás equipamiento, incluido el mecanismo de transmisión electrónica.

ANEXO 4: TIPOS DE CABLES SUBMARINOS EN LATINOAMÉRICA

Actualmente, más del 97% del tráfico de voz internacional, más del 90% de los enlaces de datos y 100% del tráfico de Internet regional pasan por estos cables submarinos. Los enlaces vía satélite han quedado como enlaces de respaldo, ya que no tienen la capacidad de ancho de banda requerido para tráfico de Internet y datos de banda ancha.

Ecuador tiene salida a los cables submarinos por Colombia, Perú, conexión directa a Panamá y los EEUU.

Tenemos una diversidad de cables submarinos en Latinoamérica que interconectan a cada país. En Panamá hay cinco cables submarinos de alta tecnología que son: Panamericano, Maya-1 y Arcos-1 (operados desde Panamá por Cable & Wireless), mientras que el PAC (Pan American Crossing) y cable SAC (South América Cables) son operados por Global Crossing.



Multinacional Columbus Networks, operadora de tres cables (ARCOS, CFX-1 Ruta Expresa y Maya-1 junto a Sprint Nextel)

El Sistema ARCOS

El "Americas Region Caribbean Optical-ring System" es un sistema de cable submarino de fibra óptica diseñado para brindar servicios de ancho de banda, desarrollado por New World Network Ltd. junto a un grupo de compañías líderes en la industria de las telecomunicaciones. New World contrató la construcción de ARCOS, con el fin de proveer la red de comunicaciones más avanzada técnicamente en el Caribe que conectara a los Estados Unidos, Bahamas,

Turcos y Caicos, República Dominicana, Puerto Rico, Curazao, Venezuela, Colombia, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, Guatemala, Belice y México.



La eficiente topología de ARCOS (en forma de anillo) convierte a la red en totalmente redundante, permitiendo que ARCOS seleccione automáticamente la señal más fuerte para una calidad de transmisión óptima y confiable mientras provee el restablecimiento de la señal de inmediato. En la eventualidad de una falla en el cable, la restauración de la red se realiza mediante SNCP (Sub Network Connection Protection).

El cambio para la protección es inmediato, la interrupción en el servicio es imperceptible y el tráfico de la red no es afectado excepto que el sistema sufra múltiples daños a la vez. Ambas señales, "Trabajando y Protegiendo", son

analizadas simultáneamente y si alguno de los lados cae por debajo de los límites preestablecidos, el trayecto se cambia en menos de 50ms (50 milisegundos).

La red comprende un anillo totalmente redundante de 8.600 Km que usa las tecnologías de punta Dense Wavelength Division Multiplexing ("DWDM") y Synchronous Digital Hierarchy ("SDH"). El sistema actualmente opera a 15 giga bits por segundo ("Gbps"), con una capacidad de mejorar la capacidad a 960 Gbps.

El cable Maya (Junto con Sprint Nextel)



Es una red de fibra óptica interamericana que utiliza tecnología SDH (Synchronous Digital Hierarchy) para proveer transporte de voz, datos y video a muy altas velocidades. Logra velocidades de hasta 2.5 Gbps (STM-16). El sistema Maya tiene 4,400 Km de fibra óptica que conecta a Estados Unidos (Hollywood), México (Cancún), Gran Caimán (Half Moon Bay), Honduras (Puerto Cortes), Costa Rica (Puerto Limón), Panamá (Colón) y Colombia (Tolú).

Cable Panamericano (Consortio: ANTELECOM, AT&T, Cable Andino, C&W Panamá, CNT, Cantv, Embratel, ENTEL Chile, SETAR, Telefónica y TELMEX)



El Cable Panamericano conecta a Chile (Arica) con las Islas Vírgenes de Estados Unidos (Saint Thomas), pasando por Perú (Lurín), Ecuador (Punta Carnero), Panamá (Ciudad de Panamá), Colombia (Barranquilla), Venezuela (Punto Fijo), Aruba (Baby Beach) y Estados Unidos (Saint Croix). Su C&MA se firmó en diciembre de 1996 y comenzó a operar en noviembre de 1998. El Panamericano permite la conectividad a nivel regional con los diferentes países de América y a nivel mundial con todos los países que tengan acceso a la red global de cables submarinos. Los países que no cuenten con estaciones terminales del Cable Panamericano, pueden acceder a éste por medio de interconexiones digitales con otros sistemas; por ejemplo, Bolivia puede acceder a través de las interconexiones digitales terrestres de fibra óptica con Perú y Chile; Argentina a través de su fibra óptica con Chile; Brasil por la interconexión con el cable submarino Américas I; los países Centroamericanos utilizando la red digital que los une con Panamá; México por la interconexión con el cable submarino Columbus II; los países Europeos y Asiáticos a través de los cables submarinos que unen América con esos continentes.

La longitud del cable es de aproximadamente 7.500 kilómetros y utiliza la más reciente tecnología para transmisión, que corresponde a la Jerarquía Digital Síncrona (SDH), con dos sistemas de 2.5 Gbps. y una vida útil de 25 años. Los

puntos terminales de la nueva configuración están ubicados en Chile, Perú, Ecuador, Colombia, Panamá, Venezuela, Aruba y Estados Unidos.

El cruce por Panamá incluye un tramo terrestre de 80 Kms. aproximadamente. El costo del proyecto fue de 300 millones de dólares. La Unidad Mínima de Inversión (MIU), referida a su capacidad de transmisión, es de 2 Mbps. Las compañías promotoras de este cable son Telefónica, Telefónica del Perú, CTC Mundo, MCI, AT&T, Telintar, Cantv, ENTEL Chile, Telecom. Italia, Sprint, Setar, EMETEL.

La inversión total para la construcción de los tres cables submarinos, Cable Panamericano, Maya 1 y Cable Arcos, realizada por los miembros de estos consorcios, es de alrededor de mil millones de dólares.

SAM-1 (Telefónica International Wholesale Services (Grupo Español Telefónica))

Comprende 25 mil kilómetros (Boca Raton, Florida, Estados Unidos - Isla Verde, Puerto Rico - Fortaleza, Brasil - Salvador, Brasil - Rio de Janeiro, Brasil - Santos, Brasil - Las Toninas, Argentina - Valparaíso, Chile - Arica, Chile - Lurín, Perú - Mancora, Perú - Puerto San José, Guatemala - Puerto Barrios, Guatemala - Salinas, Ecuador - Barranquilla, Colombia), 22 mil kilómetros se

tienden en aguas profundas y tres mil por tierra. En Colombia la ruta de fibra óptica llega por Copropiedad de este grupo y por fibra óptica extendida.



ANEXO 5: DESLIZAMIENTOS ACTIVOS EN LA VIA ALOAG-TANDAPI KM.25 + 100

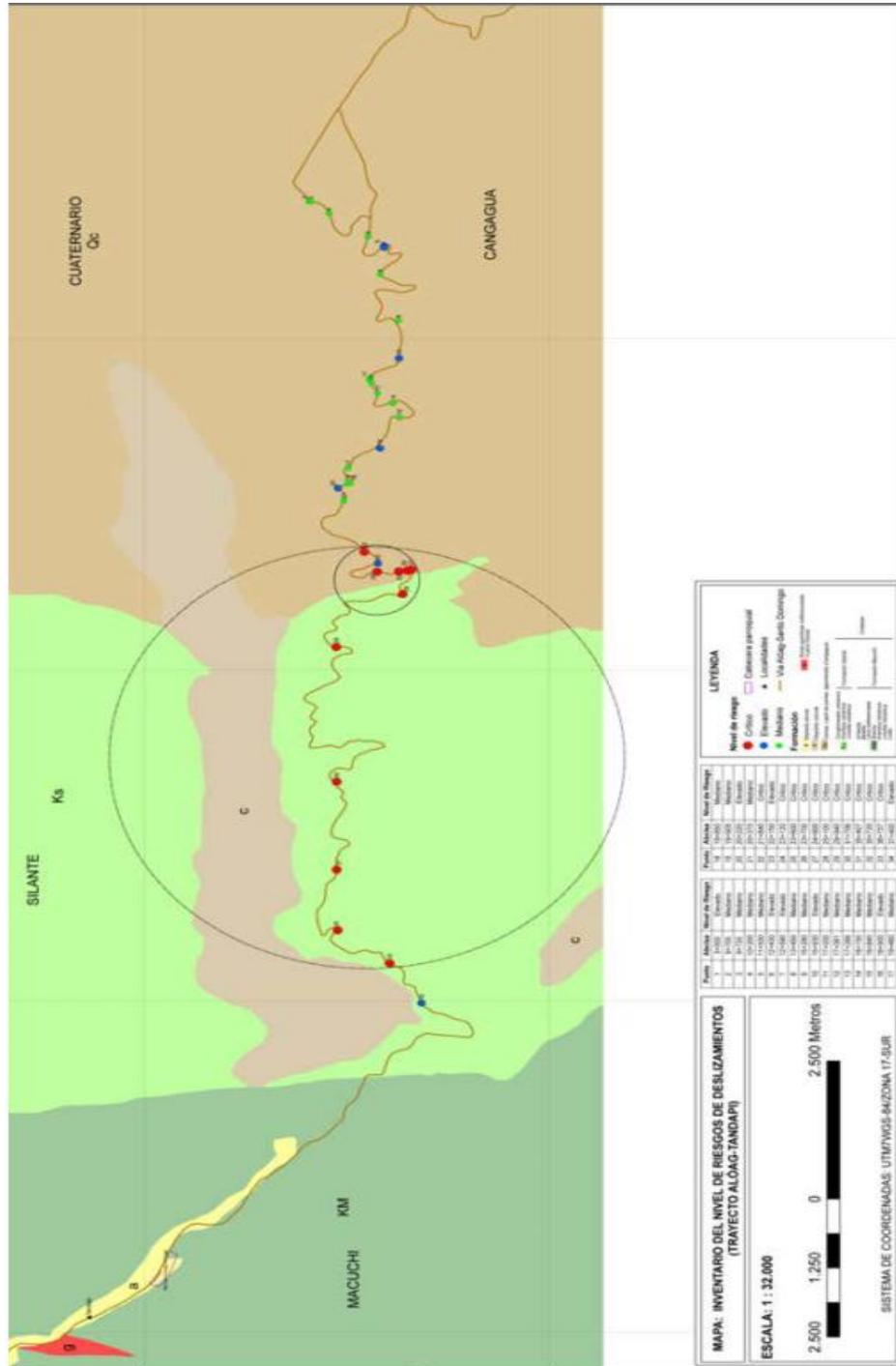
Causas y Consecuencias

Los cambios climáticos han originado que el período de lluvias afecte a todo el país, parte del impacto socio económico es la ocurrencia de fenómenos geodinámicas, su estudio nos aporta valiosa información para la evaluación de la peligrosidad y el riesgo geológico en toda la zona de influencia de la vía Aloag- Tandapi.

Vista General del deslizamiento en la vía Aloag- Tandapi



Inventario de deslizamiento en la vía Aloag-Tandapi



ANEXO 6: ALARMAS COMUNES A NIVEL DE TDMoIP

Evento		Descripción	Acción correctiva
COLD STAR	EQUIPO PRENDIDO	El Ipmux ha sido prendido	Ninguna
CON LOCAL FAIL	CON LOCAL FALLIDA	La trama Ethernet no está siendo recibida por el Ipmux local en la conexión especificada.	Chequear ruta Eth/ip
CON REMOTE FAIL	CON REMOTA FALLIDA	La trama Ethernet no está siendo recibida por el Ipmux remoto en la conexión especificada.	Chequear ruta Eth/ip
CON STANDBY	CON EN ESPERA	Conexión del bundle redundante no es la conexión activa (solo aplica cuando se usa redundancia)	Ninguna
CON TDM FAIL	CON TDM FALLIDO	LOS/LOF en la línea TDM forzó cambios de redundancia (solo aplica cuando se usa redundancia)	Chequear la línea TDM
CON SYNC	CON SINCRONIZADO	Conexión del bundle fallida ha finalizado (solo aplica cuando OAM está habilitado)	Ninguna
CON UNAVAILABLE	CON NO DISPONIBLE	El Ipmux remoto no está disponible (solo aplica cuando el OAM está habilitado)	Chequear la conexión del Ipmux remoto
CON VALIDATION FAIL	CON VALIDACIÓN FALLIDA	Conexión inválida (solo aplica cuando OAM está habilitado)	Chequear los parámetros del bundle
FATAL ERROR	ERROR FATAL	Ipmux ha encontrado un error fatal interno	El Ipmux requiere servicio
INVALID LOGIN VIA TERMINAL	LOGEO INVÁLIDO VIA TERMINAL	Fue ingresado un nombre de usuario o contraseña incorrecto cuando se pretendía acceder al Ipmux-11 vía terminal.	Ninguna
INVALID LOGIN VIA WEB	LOGEO INVÁLIDO VIA WEB	Fue ingresado un nombre de usuario o contraseña incorrecto cuando se pretendía acceder al Ipmux-11 vía web	Ninguna

INVALID LOGIN VIA TELNET	LOGEO INVÁLIDO VIA TELNET	Fue ingresado un nombre de usuario o contraseña incorrecto cuando se pretendía acceder al lpmux-11 vía telnet	Ninguna
IP x.x.x.x ASSIGNED BY SERVER x.x.x.x	IP x.x.x.x ASIGNADA POR SERVIDOR x.x.x.x	La dirección Ip actual fue asignada al lpmux-11 por un servidor DHCP	Ninguna
IP x.x.x.x REALISED	IP x.x.x.x LIBERADA	La dirección Ip actual fue liberada por el lpmux-11	Ninguna
JIT BUF OFLOWS END BUNDLE 1	JIT BUF OFLOWS FINALIZA BUNDLE 1	Sobre flujo de paquetes FINALIZADO	-
JIT BUF OFLOWS START BUNDLE 1	JIT BUF OFLOWS INICIA BUNDLE 1	Sobre flujo de paquetes Buffer INICIADO	Incrementar tamaño del jitter buffer
JIT BUF UFLOWS END BUNDLE 1	JIT BUF UFLOWS FINALIZA BUNDLE 1	Bajo flujo de paquetes FINALIZADO	-
JIT BUF UFLOWS START BUNDLE 1	JIT BUF UFLOWS INICIA BUNDLE 1	Bajo flujo de paquetes INICIADO	Incrementar tamaño de jitter buffer
LINE AIS END	LÍNEA AIS FINALIZÓ	La línea de estado AIS detectada ha sido finalizada	Ninguna
LINE AIS START	LÍNEA AIS INICIÓ	lpmux-11 tiene AIS (alarma indicadora de señal) estado en su puerto E1/T1	Chequear si hay alguna falla en la red PDH, en la dirección de recepción
LINE FEBE END	LÍNEA FEBE FINALIZÓ	Estado LINE FEBE finalizado	Ninguna
LINE FEBE START	LÍNEA FEBE INICIÓ	El lpmux-11 tiene estado LINE FEBE en su puerto E1/T1	Chequear si hay errores en la conexión E1/T1 en la dirección de transmisión
LINE RAI END	LÍNEA RAI FINALIZÓ	El estado LAIN RAI detectado ha finalizado	Ninguna

LINE RAI START	LÍNEA RAI INICIÓ	El Ipmux-11 tiene LINE RAI (indicación de alarma remota) estado en su puerto E1/T1	Chequear si hay errores en la conexión E1/T1 en la dirección de transmisión
LOGIN VIA TERMINAL	LOGEO VIA TERMINAL	La unidad fue accesada a través de la terminal local	Ninguna
LOGIN VIA WEB	LOGEO VIA WEB	La unidad fue accesada vía navegador web	Ninguna
LOGIN VIA TELNET	LOGEO VIA TELNET	La unidad fue accesada vía telnet	Ninguna
LOF START	LOF INICIA	Ipmux-11 tiene un estado LOF (pérdida de la trama) en su puerto E1/T1	1. Chequear el cable de conexión E1/T1 2. Chequear todos los parámetros de la trama en la interface E1/T1
LOF END	LOF FINALIZA	Estado LOF detectado ha finalizado	Ninguna
LOS END	LOS FINALIZA	Estado LOS detectado ha finalizado	Ninguna
LOS START	LOS INICIA	Ipmux-11 tiene un estado LOS (pérdida de la señal) en su puerto E1/T1	1. Chequear el cable de conexión E1/T1 2. Chequear la señal de entrada
PS ACTIVE	PS ACTIVO	Fuente de poder Ipmux-11 es encendida	Ninguna
SN ERRORS END BUNDLE 1	SN ERRORES FINALIZARON en BUNDLE 1	Número de secuencias de Errores finalizados	-
SN ERRORS START BUNDLE 1	SN ERRORES se INICIARON en BUNDLE 1	Número de secuencias de Errores iniciada	Chequear la red Etehernet/Ip e Incrementar tamaño del jitter buffer
SYSTEM USER RESET	SISTEMA DE RESETEO DE USUARIO	El usuario del software iniciado resetea mediante el sistema menú	-
UAS START	UAS INICIA	Diez segundos consecutivos con Severos errores fueron detectados	Chequear las conexiones de las interfaces físicas
UAS END	UAS FINALIZA	Diez segundos consecutivos sin SES fueron detectados	-

GLOSARIO

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line): Es un método de transmisión de datos a través de líneas telefónicas de cobre, que permiten altas velocidades de transferencia de datos.

Ancho de Banda: Margen de frecuencias capaces de transmitirse por una red de telecomunicación y de interpretarse en sus terminales.

ANSI (American National Standards Institute, Instituto Nacional de Estándares Americanos): Organización de Normalización estadounidense, miembro ISO, con sede en Nueva York.

Asincrónico: Describe una estrategia de comunicación que utiliza bits de inicio y parada para indicar el principio y fin de un carácter más que el uso de una coordinación temporal para transmitir una serie de caracteres.

Atenuación: Disminución del valor eléctrico u óptico recibido de una señal, con respecto a su valor original de emisión. Se expresa en decibelios "dB".

ATM (Asynchronous Transfer Mode, Modo de transferencia asíncrona): Es a modo de transferencia en la cual la información está organizada dentro de celdas o células. Es asíncrono en el sentido de que la repetición de las células contiene información de un usuario individual no necesariamente periódico. Se trata de un protocolo dentro de la capa 1 de OSI. Una celda ATM consiste de una cabecera de 5 octetos seguidos por 48 octetos de datos.

Backbone (Red Básica): Red de transmisión a través de la cual se transportan datos de los diferentes Nodos que están conectados a ella. (Parte de una red que actúa como el camino primario para el tráfico con otras redes).

Backup (Copia de respaldo): Un conjunto de datos almacenado en un medio de almacenamiento no volátil (generalmente extraíble) para fines de recuperación en caso de que se pierda la copia original de los datos o resulte inaccesible.

Banda ancha: Denominación que se aplica a un canal de comunicaciones cuyo margen de frecuencias es superior al habitual.

BER (Bit Error Rate): Medida de errores o porcentaje de bits recibidos erróneamente en una transmisión.

Bucle: Término sinónimo de "Lazo" o "Anillo". Es un término muy utilizado por definir así a un circuito telefónico con el abonado.

Cable Modem (Módem de cable): Un módem utilizado por un suscriptor para acceder a la red de alta velocidad mediante un cable coaxial, como los usados comúnmente para ofrecer servicio de televisión por cable.

Canal de voz: Canal con un margen de frecuencias de 300 a 3.400 Hz, indicado para transmisión de voz, datos, fax o servicio telegráfico.

Canal virtual: Conexión simple establecida entre una UNI o una NNI que define una ruta entre dos puntos de terminación en una red ATM.

Canal: Ruta de transmisión de comunicaciones a través de cualquier clase de medio de transmisión como cable conductor, radio, fibra óptica o de cualquier otro tipo.

Carrier (Operador): Una empresa que ofrece circuitos de comunicaciones. Los operadores son “privados” o ‘comunes”. Un operador “privado” puede negar el servicio. Un operador “común” no puede negar el servicio. La mayoría de los operadores en nuestro sector son por ejemplo las empresas locales de telefonía, AT&T, MCI WorldCom, US, Sprint, etc.

Clear Cannel (canal limpio): Es un servicio que permite la transmisión de datos de un sitio remoto a uno central. Es básicamente un enlace dedicado de datos punto a punto. Está enfocado a todas aquellas empresas que requieran enlaces dedicados de transmisión de datos entre sus oficinas, y que no requieren mayores prestaciones, únicamente un canal limpio para su comunicación. Este servicio no incluye equipo Terminal (router o similar), ni gestión al enlace.

Clock (Reloj): Denominación empleada para cualquiera de las fuentes de señales de sincronización empleadas en los canales de datos.

Concatenation (Concatenación): Un mecanismo para asignar cantidades muy grandes de ancho de banda para el transporte de una carga útil asociada con un “servicio de súper velocidad”, que es un servicio de una velocidad de transmisión superior a la velocidad máxima normal.

Conmutación: Conjunto de operaciones necesarias para unir entre sí los circuitos, con el fin de establecer una comunicación temporal entre dos o más estaciones o puestos.

DB: Unidad acústica empleada para medir la intensidad relativa de un sonido. Es la décima parte de un belio. Equivale aproximadamente a la mínima intensidad de sonido capaz de ser percibida por el oído humano.

Demultiplexación: Un proceso aplicado a una señal multiplexada para recuperar señales combinadas dentro de esta y para restaurar los distintos canales individuales de estas señales.

DTE (Data Terminating Equipment, Equipo terminal de datos): La parte de una estación de datos que sirve como una fuente de datos (origina datos para transmisión), un colector de datos (acepta datos transmitidos) o ambos.

DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing, Multiplexación por división en longitudes de onda densas): Sistemas WDM con más de ocho longitudes de onda activas por fibra.

E1: La versión europea del enlace de transmisión digital T1 con una velocidad de transmisión de 2,048 megabits por segundo.

Enrutado: es la acción de enrutar, redirigir o encaminar una conexión a un equipo en concreto que dispone de un servicio específico o un software que necesita realizar conexiones por un puerto determinado.

EoS: Se refiere a un conjunto de protocolos que permiten transmitir tráfico Ethernet sobre redes de jerarquía digital síncrona.

Ethernet: Sistema de red de área local de alta velocidad. Se ha convertido en un estándar de red corporativa, basada en transmisiones de paquetes entre puertos físicos a través de una variedad de medios eléctricos y ópticos. El término no cualificado Ethernet a menudo refiere a una transmisión de 10 Mb/s en instalaciones multipunto.

Fast Ethernet: se utiliza para denotar transmisión de 100 Mb/s, también en instalaciones multipunto con cables de cobre. Gigabit Ethernet (GbE) y 10 Gigabit Ethernet (10 GbE) utilizan transmisión por fibra óptica.

Fibra Óptica: Tipo de cable que se basa en la transmisión de información por técnicas opto-eléctricas. Se caracteriza por un elevado ancho de banda, y por tanto una alta velocidad de transmisión, y poca pérdida de señal.

Frame (Trama): Un conjunto cíclico de intervalos de tiempo consecutivos en que la posición relativa de cada ranura de tiempo puede ser identificado.

Frame Relay: (FR). Protocolo para intercambio de datos. Protocolo de comunicaciones, basado en el protocolo X.25, que trabaja solamente en los dos primeros niveles del modelo OSI (nivel físico y nivel de enlace).

Frecuencia: Número entero de períodos o ciclos alcanzados en la unidad de tiempo por una magnitud o fenómeno periódico (onda acústica o electromagnética). Es el valor inverso del período de una onda sinusoidal. Se expresa en hercios (Hz).

Gateway: También se conoce al término como Pasarela de Enlace. Una pasarela es un programa o dispositivo de comunicaciones que transfiere datos entre redes que tienen funciones similares pero implantaciones diferentes.

GB: Gigabyte. Unidad de medida de la capacidad de memoria y de dispositivos de almacenamiento informático (disquete, disco duro, CD-ROM, DVD, etc.). Un GB corresponde a 1.024 millones de bytes.

Gbps: Gigabits por segundo. Unidad de medida de la capacidad de transmisión de una línea de telecomunicación. Un Gbps corresponde a mil millones de bits por segundo y es una velocidad que en Internet hoy, año 2001, sólo está al alcance de los usuarios de redes experimentales como Internet.

Gigabit Ethernet (GbE): Describe las diferentes tecnologías para implementar redes Ethernet a una velocidad nominal de un gigabit por segundo según se define en los estándares IEEE 802.3z y 802.3ab. Gigabit Ethernet fue recientemente superada por 10 Gigabit Ethernet (10GbE), la cual a su vez fue ratificada por el IEEE en 2002 y ofrece una velocidad de datos 10 veces superior a la de Gigabit Ethernet.

Herrajes: Según el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, se entiende bajo esta denominación, "todos los elementos utilizados para la fijación de los aisladores al apoyo y al conductor, los de fijación del cable

de tierra al apoyo, los elementos de protección eléctrica de los aisladores y, finalmente, los accesorios del conductor, como separadores, etc.

Host: Ordenador anfitrión con capacidad multiusuario y grandes recursos que, mediante la utilización de los protocolos TCP/IP, permite a los usuarios acceder de forma remota a otros sistemas anfitriones de una red. Los usuarios se comunican utilizando programas de aplicación, tales como el correo electrónico, Telnet, WWW y FTP.

Hub (Concentrador): Un dispositivo para infraestructura de comunicaciones al que se conectan físicamente los nodos en un bucle o bus multipunto. Comúnmente utilizado en redes Ethernet y de canal de fibra para mejorar la manejabilidad de los cables físicos.

IEEE: Sociedad de Computación del Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica. Rama informática del IEEE (popularmente conocida como IECubo), que es una asociación de ingeniería con base en los EE.UU. y alcance mundial.

ITU (International Telecommunication Union, Unión Internacional de Telecomunicaciones): Una organización internacional creada para normalizar y

regular las radiocomunicaciones y las telecomunicaciones internacionales. La ITU asigna prefijos de indicativos de llamadas para estaciones de radio y televisión de todos los tipos

Kbps: kilobits por segundo. Unidad de medida de la capacidad de transmisión de una línea de telecomunicación. Un Kbps corresponde a 1.000 bits por segundo.

LAN (Red de área local, Local Area Network): Se refiere a redes en las que el entorno geográfico suele limitarse a un edificio o complejo industrial. Su velocidad típica es superior a 10 Mbps.

Latency (Latencia): Sinónimo para el tiempo de ejecución de una solicitud de E/S, el tiempo transcurrido entre la realización de una solicitud de E/S y la finalización de la ejecución de la solicitud. Los elementos que contribuyen a la latencia son el retraso de la luz a través de la línea de fibra óptica en la distancia, así como retrasos de los elementos de red causados por conversiones excesivas de protocolos o complejidades de enrutamiento en la red.

LOA (Letter of Agency, Carta de autorización): es un documento que autoriza a una de las telecomunicaciones proveedor para actuar en nombre de un consumidor. Este generalmente se requiere en Estados Unidos cuando se cambia de un teléfono de proveedor de servicios, manteniendo el actual número de teléfono o cualquier otro servicio que requiere la transferencia de información desde un proveedor a otro. Los reglamentos que rigen este son mantenidos por la Comisión Federal de Comunicaciones.

LOF (Loss of Frame, Pérdida de trama): Una señal en dispositivos de red o software que indica que una o más tramas de la red no atravesaron el dispositivo de red.

LOS (Loss of Signal, Pérdida de señal): Una señal en un dispositivo de red para indicar que se ha perdido una señal o conexión de red.

MAN (Metropolitan Area Network, Red de área metropolitana): Una red que conecta nodos distribuidos a través de un área metropolitana (ciudad) en oposición a una red de área local (campus) o una red de área amplia (nacional o mundial).

Mapping (Mapeo): Un procedimiento por el que las señales tributarias se adaptan de contenedores virtuales en la frontera de una red SDH.

Mbps: Megabits por segundo: unidad de medida (formada por 1.048.576 bits) de la capacidad de transmisión por una línea de telecomunicación.

Metro Transport (Backhaul, Red de retorno): es la porción de una red jerárquica, que comprende los enlaces intermedios entre el núcleo o backbone, y las subredes en sus bordes.

MMR (Meet Me Room): son centros de colocación que proporciona una oportunidad para las empresas de comunicaciones para intercambiar datos con otros cientos de los principales operadores de telecomunicaciones y proveedores de servicios Internet, ubicado en la misma instalación.

MPLS (Multi-protocol Label Switching, Conmutación multiprotocolo mediante etiquetas): Un método empleado para dirigir tráfico de datos en redes en las que se utiliza IP sobre ATM. En MPLS, los enrutadores IP en el borde de la red etiquetan paquetes de una manera que facilita enormemente su manejo por parte de conmutadores ATM en el núcleo de la red.

Multicast (Multidifusión): La transmisión simultánea de contenido a un subgrupo de más de uno de los puertos conectados a una instalación de comunicación.

Multiplexor: Equipo que efectúa la transmisión de varias señales, permitiendo que sean transmitidas por el mismo canal o la misma vía de comunicación de forma simultánea e independiente.

NAP (Network Access Point, Punto de Acceso a la Red): es el punto donde confluyen las redes de las distintas empresas proveedoras de servicios de internet, conocidas con el nombre de Internet Service Provider (ISP). A través de los NAP se intercambia el tráfico de internet entre las diferentes ISP que conectan sus routers a la red de conmutación del NAP.

NE (Network Element, Elemento de red): Cualquier dispositivo que sea parte de una ruta de comunicación y atienda una o más de las funciones de terminación de sección, línea o ruta.

Nodo: Dispositivo direccionable conectado a una red de ordenadores.

OAM (Celdas de operaciones, administración y mantenimiento): Celdas ATM especiales que realizan las funciones de administración de red.

Octas: es la medida de la nubosidad que se expresa en octavos de la bóveda celeste. De este modo se puede estimar el rango de visibilidad del observador.

OTDR (Optical Time Domain Reflectometer, Reflectómetro de dominio de tiempo óptico): Es un aparato muy usado a nivel de campo para medir la distancia de donde se encuentra una atenuación o corte en la fibra.

OTN (Open Transport Network, Red de transporte abierta): Una tecnología de red que transporta una serie de protocolos de comunicación a través de una fibra óptica. Incluye protocolos de telefonía, audio, Ethernet y video.

Overhead (Cabecera): Bits adicionales en un flujo digital que se utiliza para transportar información, además de las señales de tráfico. Orderwire, por ejemplo, serían considerados sobrecarga de información.

Payload (Carga útil): Los datos en una celda ATM o un paquete Ethernet/IP al que los abonados desean acceder (mensaje, conversación, archivo, etc.). La

carga útil se utiliza para distinguir los datos del abonado de la "carga general", que son los datos en una celda ATM o paquete IP que el equipo de red agrega a la carga útil para ayudar a guiar su transmisión a través de la red.

PBX (Private Branch Exchange): Equipo de conmutación telefónica que se dedica a un cliente y se conecta a la red conmutada pública.

PCM (Pulse Code Modulation, modulación por impulsos codificados): es un procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits (señal digital), este método fue inventado por Alec Reeves en 1937.

PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona): es una tecnología utilizada en las redes de telecomunicaciones para el transporte de grandes cantidades de datos a través de equipo de transporte digital, como fibra óptica y de microondas de radio de sistemas.

PDV (Packet Delay Variation, variación de paquetes de retardo): En las redes de ordenadores el PDV es la diferencia de extremo a extremo de una vía

de retardo entre paquetes seleccionados en un flujo con cualquier paquetes perdidos ser ignorado.

Plesiócrono: se deriva del griego y significa *plēsiós* cercano, y *cronos*, tiempo, y se refiere al hecho de que las redes PDH se ejecutan en un estado donde las diferentes partes de la red son casi, pero no del todo perfecta, por lo que se denominan una tecnología asincrónica.

POP (Point of Presence, Punto de presencia): Una instalación utilizada por un proveedor de acceso a red para alojar equipos físicos que permiten a los abonados acceder a la red. El término se utiliza para describir la ubicación donde un proveedor de servicios de larga distancia se conecta a un proveedor de servicios locales.

Pseudowire: es una emulación de una conexión punto a punto sobre una conmutación de paquetes de red.

QoS (Quality of Service, Calidad de servicio): Un conjunto de directrices para priorizar el tráfico de datos de abonados en una red ATM, así como para establecer una escala de tarifas para el transporte de dicho tráfico basándose en

garantías y parámetros específicos escalonados de disponibilidad y rendimiento de red, tales como velocidad de transmisión, nivel de retardo, rendimiento, horario, ratio de pérdida de paquetes.

RDSI (Red Digital de Servicios Integrados): Es una red digital fija que permite la transmisión de voz, de datos y video. En una red RDSI, que puede unirse a la red GSM 900, la comunicación es digital desde un teléfono hasta el otro y analógica entre la central y el teléfono.

Router (Encaminador, direccionador, enrutador): Dispositivo que distribuye tráfico entre redes. La decisión sobre a donde enviar los datos se realiza en base a información de nivel de red y tablas de direccionamiento.

Server (Servidor): Sistema que trata las peticiones de datos, el correo electrónico, la transferencia de ficheros y otros servicios de red realizados por otros sistemas u ordenadores (clientes).

Sincrónico: Una red donde el sistema de transmisión de cargas son sincronizados con un maestro (de red) de reloj y remontando a un reloj de referencia.

SLA (Service Level Agreement, acuerdo de nivel de servicio): es un contrato escrito entre un proveedor de servicio y su cliente con objeto de fijar el nivel acordado para la calidad de dicho servicio.

SOH (Cabecera de sesión): Bytes de control añadidos a las tramas STS-1 o STM-1, proporcionando funciones como facilidades de OAM, alineamiento de trama, conmutación de protección, etc.

Spanning Tree: es un protocolo de red de nivel 2 de la capa OSI (nivel de enlace de datos). Su función es la de gestionar la presencia de bucles en topologías de red debido a la existencia de enlaces redundantes (necesarios en muchos casos para garantizar la disponibilidad de las conexiones).

STM (Synchronous Transport Module, Módulo de Transporte Síncrono): Unidad de transmisión básica de la Jerarquía Digital Síncrona (SDH).

T1: Un estándar digital norteamericano para transmitir datos a 1,544 Mb/s. T1 a menudo se divide en 24 canales (señales DS0) y cada uno transmite datos a 56 kb/s o 64 kb/s.

T2000: El T2000 es un sistema de gestión de subred (SNMS). En la arquitectura de la red de telecomunicaciones de gestión, la T2000 se encuentra entre el nivel de NE y de la red, que soporta todas las funciones de nivel NE y parte de las funciones de gestión de nivel de red.

Tag (Marca, etiqueta, mandato): Instrucción que se escribe al elaborar una página HTML. Un ejemplo es, que indica el comienzo de un párrafo de texto. Cada uno de los mandatos que aparecen en una página es interpretado por el programa navegador para visualizar dicha página de forma adecuada en una pantalla.

TDM (Time Division Multiplexing, Multiplexación por división de tiempo): Un método para transmitir varias llamadas a través de una única línea; se asigna un intervalo de tiempo recurrente a cada llamada en la línea, y una pequeña porción de esa llamada se transmite a través de la línea cada vez que su intervalo de tiempo asignado está disponible.

Tributaria: Señal de velocidad más baja de entrada a un multiplexor para la combinación (multiplexación) con otras señales de baja velocidad para formar un agregado de mayor velocidad.

Troubleshooting: es una forma de resolución de problemas, a menudo se aplica a la reparación de productos o procesos fallidos. Es una búsqueda lógica y sistemática para la fuente de un problema para que pueda ser resuelto, y por lo que el producto o proceso puede ser puesto en funcionamiento de nuevo.

Trunk: En el contexto de las VLAN, el término *trunk* (troncal) designa una conexión de red que transporta múltiples VLANs identificadas por etiquetas (o *tags*) insertadas en sus paquetes.

Unicast flooding (inundación unicast): En las redes de computadoras, una inundación unicast es el comportamiento no intencional de un interruptor de tratamiento de un paquete unicast como un paquete de difusión, un paquete destinado a un host se inunda o se transmite de todos los puertos de un conmutador.

Unidad Administrativa (AU): La unidad administrativa es la entidad que contiene el contenedor de alto nivel en el esquema de multiplexación SDH. Así, la AU-4 contiene el VC-4, o el AU-3 contiene el VC-3 o STS-1. La unidad administrativa se compone por el VC mismo más un puntero, que permite la identificación del inicio del VC en el flujo de bits de la SDH.

UTP (Unshielded twisted, par trenzado no blindado): es un tipo de cable de par trenzado que no se encuentra blindado y que se utiliza principalmente para comunicaciones.

VLAN (Virtual Local Area Network, Red de área local virtual): Una red lógicamente independiente de computadoras que se comportan como si estuvieran conectadas al mismo cable, aunque pueden conectarse físicamente a segmentos diferentes de una LAN. Pueden coexistir varias VLAN en un único conmutador físico.

VoD (Video on Demand, Video bajo demanda): Sistemas que permiten a los usuarios seleccionar y mirar contenido de video en una red como parte de un sistema de televisión interactivo.

VoIP (Voice-over-Internet Protocol, Voz sobre protocolo de Internet): También conocido como telefonía sobre IP, telefonía de Internet o teléfono digital. Es el enrutamiento de conversaciones de voz a través de Internet o cualquier otra red basada en IP.

VPN (Virtual Private Network, Red privada virtual): Un servicio de red que emplea codificación y tunelización para ofrecer a un abonado una red privada segura que se extiende a través de una infraestructura de red pública.

WAN: Red de Área Amplia. Red de ordenadores conectados entre sí en un área geográfica relativamente extensa. Este tipo de redes suelen ser públicas, es decir, compartidas por muchos usuarios.

Wavelength (Longitud de onda): La longitud de una onda completa de un fenómeno de alternación o vibración, generalmente medida de cresta a cresta o de valle a valle de ondas sucesivas. La distancia entre dos crestas de una forma de onda electromagnética.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Redes OTN

http://es.wikipedia.org/wiki/Redes_de_transporte_%C3%B3ptico

[2] Introducción a SDH y DWDM

<http://www.ramonmillan.com/tutoriales/sdh.php>

La tecnología de transporte SDH

Autor: Ramón Jesús Millán Tejedor

Publicado en Windows NT/2000 Actual nº 16, Prensa Técnica S.A., 1999

[3] Concepto de SDH

<http://es.scribd.com/danielroman/d/71971050-Transmision-de-datos>

Transmisión de datos, Daniel Román Valencia, Universidad de Alejandro Humbolt, 21 de Abril de 2010

[4] Velocidades binarias

<http://www.oocities.org/espanol/nivelredes/rc/4sdh.htm>

Jerarquía Digital Síncrona (SDH)

[5] Características SDH

<http://es.scribd.com/doc/43833079/48/Conclusiones>

24 Nov 2010

Capitulo 1, Fundamentos de Transmisión, univ. Politécnica Salesiana

[6] Ventajas de SDH

<http://www.geocities.ws/acrmpos/rt/trab1.html>

REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD YACAMBU, Ing. Lesby Sánchez e Ing. Anny Rodríguez

[7] Gráfica de Niveles SDH

http://ait.upct.es/~jjalcaraz/teaching/tema_1.pdf

Tema 1: Jerarquía Digital Síncrona, SDH

Tecnologías de red de transporte de operadora

MÁSTER EN INGENIERÍA TELEMÁTICA, Profesor: Juan José Alcaraz

[8] Estructura de la Trama SDH

<http://www.ecured.cu/index.php?title=SDH&oldid=1118534>, 4 nov 2011

[9] Partes de una trama SDH

<http://es.scribd.com/doc/58983594/Introduccion-al-SDH>

[10] Gráficas de Multiplexación y Trama E1

<http://eav.upb.edu.co/banco/files/Tesisfibraopticametro.pdf>, 2006

[11] Gráfico de componentes y Arquitecturas de Protección

https://www.tlm.unavarra.es/~daniel/docencia/rba/rba06_07/slides/16-

[TopologiasSDH.pdf](#)

[12] Conceptos de componentes SDH

http://com3usac.net.au.net/Docs_SDH/PDH_Y_SDH.pdf

[13] Conceptos de topologías SDH

<http://es.wikipedia.org/wiki/SONET>, 24 oct 2011, a las 07:19.

[14] MetroEthernet

<http://www.ieee.org.ar/downloads/metroethernet.pdf>

Seminario Técnico, IEEE- Abril 2009

[15] Redes Metro Ethernet Forum

http://materias.fi.uba.ar/6679/apuntes/Metro_Ethernet_2007.pdf, realizado por Rodrigo Calero FI. UBA 2007.

[16] Tabla comparativa de Ethernet Vs. Tecnologías alternativas

www.cisco.com/web/LA/docs/ppt/MetroEthernetBDM.ppt - Brasil

[17] Concepto TDM

<http://www.ecured.cu/index.php/TDM>, 21 Feb 2012.

[18] Gráfica de Trama E1

<http://www.oocities.org/fhgmbb/Tesis-Postgrado-FH/Tesis-FH-3.htm>

[19] TDMoIP

<http://www.rad-direct.com/Application-tdmoip.htm>

[20] Fibra óptica

http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_%C3%B3ptica

[21] Técnicas de instalación de cable de fibra óptica aérea

www.cursos.ucv.cl/eie46300/presentaciones/instalación_aérea.pdf

[22] Manual de RAD

[http://www.radproductsonline.com/support/cs11c01.rad.co.il/radcnt/mediaser
ver/29864_ipmux-24_1.0_mn.pdf](http://www.radproductsonline.com/support/cs11c01.rad.co.il/radcnt/mediaser
ver/29864_ipmux-24_1.0_mn.pdf)