UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

APÉNDICES

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR *Susana Correia Ochoa*

TUTOR *Girolamo Ferrante*

FECHA *6 de Julio de 2007*

APÉNDICES

APÉNDICE A. PLAN DE UTILIZACIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA 2
APÉNDICE B. PLANOS CCT SUBRED DE ESTACIONES 8
APÉNDICE C. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 10
APÉNDICE D. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS A UTILIZAR 13
APÉNDICE E. PROTOCOLO DE PRUEBAS DE ACEPTACIÓN DE LA RED 22
APÉNDICE F. ANÁLISIS DEL FLUJO DE DATOS EN LA RED 28
APÉNDICE G. CONFIGURACIÓN DE HARDWARE DE LOS NODOS 32
APÉNDICE H. ASIGNACIÓN DE DIRECCIONES IP USANDO VLSM 35
APÉNDICE I. MANUAL DE USO Y CONFIGURACIÓN DE LA RED 39
APÉNDICE J. MATERIAL DE CAPACITACIÓN 52

APÉNDICE A. Plan de Utilización de la Fibra Óptica

Plan de Utilización de la Fibra Óptica

Uso de los Hilos Disponibles

Como se especificó en el capítulo de "Metodología y Desarrollo", la conexión de los nodos tanto de la subred de estaciones como de la corporativa, se diseñó con 8 hilos del nuevo troncal de fibra óptica monomodo, utilizando 4 para cada subred.

Independientemente de la disposición física de las estaciones, CAÑ y VEN forman parte del anillo corporativo, por lo tanto se dispuso de los 4 hilos correspondientes al anillo corporativo para conectar el CCO, PAT1, CAÑ, VEN, y MEDE, cerrando nuevamente con CCO como lo muestra la figura No.1. En cuanto al anillo de estaciones, igualmente cerrará en el CCO, conectándose éste con PRO y VER, y las estaciones adyacentes a través de conexiones punto a punto.

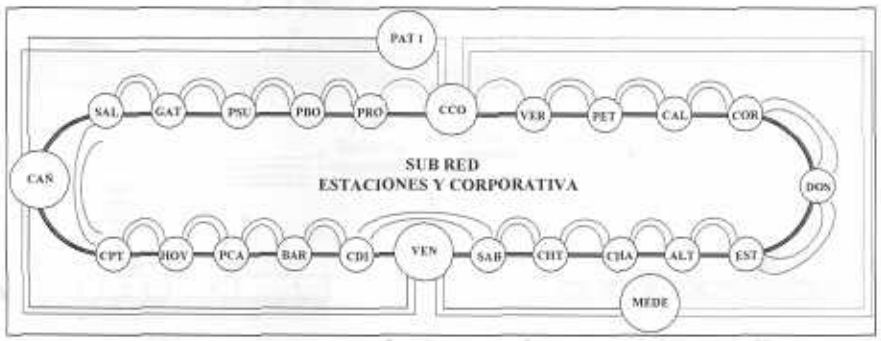


Figura No.1 Conexión de los hilos de fibra para ambos anillos
Fuente: Elaboración propia

Para el diseño de la utilización de los hilos y su interconexión en los ODF a ser instalados en los CCT (Cuarto de Control de Trenes) de cada estación, se utilizó el siguiente código de colores:

R: Rojo	**M**: Morado
A: Azul	**N**: Negro
B: Blanco	**Na**: Naranja
V: Verde	**Ma**: Marrón

Los hilos rojo y azul se utilizaron para la conexión punto a punto de estaciones adyacentes en la subred de estaciones, cerrando con el CCO con los hilos verde y blanco, siempre cuidando de cruzar la posición de los hilos de transmisión y recepción en ambos extremos. La misma técnica fue aplicada para el anillo corporativo con los hilos morado, negro, marrón y naranja respectivamente.

Como se describió en el capítulo de "Metodología", los tubos de fibra óptica con sentido "Este" se rotularon como tubos "salientes" y viceversa. En los

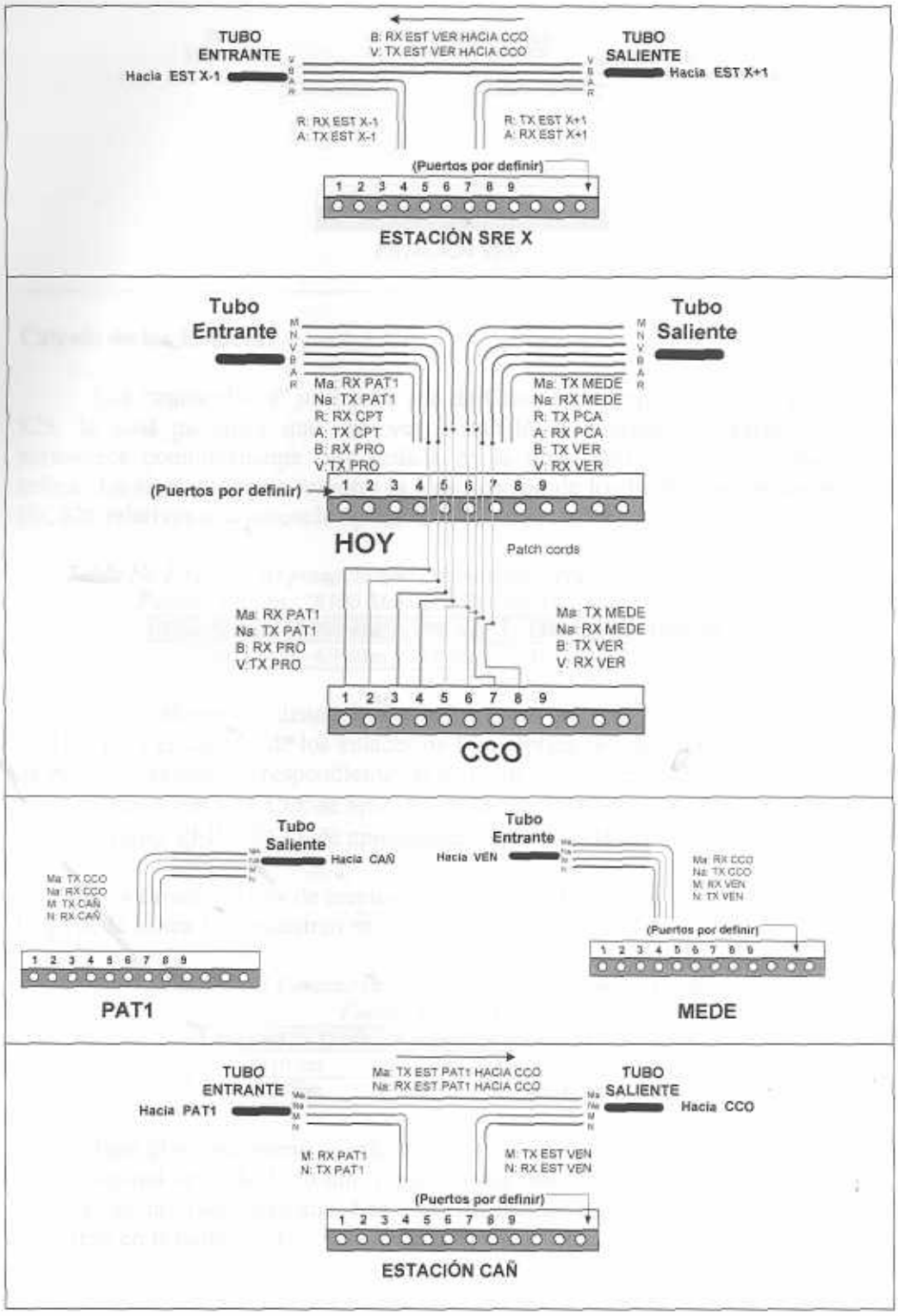
tubos salientes, los hilos rojo y morado siempre transmiten, al igual que los hilos azul y negro siempre reciben, por lo tanto lo contrario ocurre en los tubos rotulados como "entrantes". En general en sentido "Este", los hilos rojo, morado, blanco y marrón transmiten, así como reciben en sentido "Oeste", y lo opuesto ocurre con el resto de los hilos. El cruce de colores se produce en los nodos de las esquinas geográficas, como lo son PRO y VER en el anillo de estaciones, y PAT1 y MEDE en el corporativo.

En el CCT de la estación HOY, se encuentra un ODF que actúa como "espejo" de otro situado en el edificio del CCO (todos los hilos están conectados uno a uno). Por lo tanto los hilos correspondientes al CCO se conectaron mediante "*patch cords*" del ODF de la HOY al ODF "espejo". Mediante esta conexión se cierran los anillos con los nodos PRO, VER, PAT1 y MEDE correspondientes a la subred de estaciones y corporativa respectivamente.

La tabla a continuación muestra el plan de utilización de la fibra óptica, tanto para subred de estaciones como la corporativa.

Tabla No.1 Plan de Utilización de la fibra óptica
Fuente: Elaboración propia

Uso de los hilos
El siguiente esquema aplica para las estaciones **X** = PBO, PSU, GAT, SAL, CAÑ, CPT
El siguiente esquema aplica para las estaciones **X** = PCA, BAR, CDI, VEN, SAB, CHT, CHA, ALT, EST, DOS, COR, CAL, PET


TUBO ENTRANTE
Hacia EST X-1
B: RX EST VER HACIA CCO
V: TX EST VER HACIA CCO
TUBO SALIENTE
Hacia EST X+1
R: RX EST X-1
A: TX EST X-1
R: TX EST X+1
A: RX EST X+1
(Puertos por definir)
1 2 3 4 5 6 7 8 9
ESTACIÓN SRE X
Tubo Entrante
Tubo Saliente
Ma: RX PAT1
Na: TX PAT1
R: RX CPT
A: TX CPT
B: RX PRO
V:TX PRO
Ms: TX MEDE
Ns: RX MEDE
R: TX PCA
A: RX PCA
B: TX VER
V: RX VER
(Puertos por definir)
1 2 3 4 5 6 7 8 9
HOY
Patch cords
Ma: RX PAT1
Na: TX PAT1
B: RX PRO
V:TX PRO
Ms: TX MEDE
Ns: RX MEDE
B: TX VER
V: RX VER
1 2 3 4 5 6 7 8 9
CCO
Tubo Saliente
Hacia CAÑ
Ma: TX CCO
Na: RX CCO
M: TX CAÑ
N: RX CAÑ
1 2 3 4 5 6 7 8 9
PAT1
Tubo Entrante
Hacia VEN
Ma: RX CCO
Na: TX CCO
M: RX VEN
N: TX VEN
(Puertos por definir)
1 2 3 4 5 6 7 8 9
MEDE
TUBO ENTRANTE
Hacia PAT1
Ma: TX EST PAT1 HACIA CCO
Na: RX EST PAT1 HACIA CCO
TUBO SALIENTE
Hacia CCO
M: RX PAT1
N: TX PAT1
M: TX EST VEN
N: RX EST VEN
(Puertos por definir)
1 2 3 4 5 6 7 8 9
ESTACIÓN CAÑ

Cálculo de los Enlaces

Los "transceivers" utilizados son de Clase 1 y cumplen con la norma IEC 825, la cual garantiza que una vez instalado el sistema, la radiación láser permanece completamente resguardada en la fibra, entre ambos extremos del enlace. La siguiente tabla muestra la clasificación de los límites expuestos por la IEC825 relativos a la potencia óptica radiada en monomodo.

Tabla No.2 Valores de potencia correspondientes a la Clase 1 según la IEC825
Fuente: Tellabs, "6300 Managed Transport System", p. 113-114

Clasificación	780 nm	850 nm	1310 nm	1550 nm
Clase 1	-4.9 dBm	-3.6 dBm	+10.0 dBm	+10.0 dBm

Los valores de distancia de los enlaces se obtuvieron con un equipo OTDR. Para el cálculo de los enlaces de fibra óptica se seleccionaron los enlaces de mayor distancia, correspondientes al anillo de estaciones

- Tramo PRO – CCO, de aproximadamente 7.543 m
- Tramo VER – CCO, de aproximadamente 15.804 m

Las características de atenuación promedio de la fibra óptica a instalar a lo largo de la Línea 1 se muestran en la siguiente tabla:

Tabla No.3 Características de la fibra monomodo a utilizar
Fuente: fuente: CAMC

Longitud de Onda	Atenuación promedio en el cable
1310 nm	0.4 dB/Km
1550 nm	0.3 dB/Km

Para el primer tramo se seleccionó un "*transceiver*" de 15 Km, que trabaja en la longitud de onda 1310 nm, y para el segundo un "*trasceiver*" de 40 Km de alcance, en la misma ventana. Las especificaciones técnicas correspondientes se muestran en la tabla No.4.

Tabla No.4 Especificaciones Técnicas de los Transceivers
Fuente: Tellabs, "6300 Managed Transport System"

Transceiver	Ventana de trabajo	Tipo de fibra	Potencia Salida (dBm)	Sensibilidad (dBm)	Conectores
15 Km (máx.)*	1260 - 1360	monomodo	-5 a 0	0 a -18	LC Dúplex
40 Km (máx.)*	1280 - 1335	monomodo	-2 a +3	-9 a -23	LC Dúplex

* Valores nominales de distancia máxima que podrían abarcar en una situación promedio, según las especificaciones técnicas.

Según las premisas expuestas en el capítulo de "Metodología y Desarrollo", se tienen en resumen los valores de cálculo siguientes:

Pérdida por empalme = 0.1 dB
Pérdida por conector = 0.5 dB
Pérdida por "patch cord" (PCo) = 1 dB
Pérdida de potencia por kilómetro = 0.4 dB (según la tabla No.3)

Para cada tramo, según las premisas anteriores, se tienen los valores que muestra la tabla No.5, donde se expone la pérdida total de potencia en cada caso.

Tabla No.5 Pérdida total de potencia en cada tramo
Fuente: Elaboración propia

Tramo (Km)	N° Empalmes En vía	N° Empalmes "*Pigtails*"	N° Conectores	N° PCo	Pérdida De Potencia	Potencia Recibida
7.6	4	2 + 2	2 + 2	2 + 1	8.84 dB	-13.84 dBm
15.9	8	2 + 2	2 + 2	2 + 1	12.56 dB	-14.56 dBm

Como puede observarse en la tabla anterior, los valores de potencia recibida están dentro del rango de sensibilidad de los "*transceivers*" empleados para el enlace, por lo tanto la factibilidad de los mismos está comprobada, con márgenes de potencia mayores a 4dB y 8dB respectivamente.

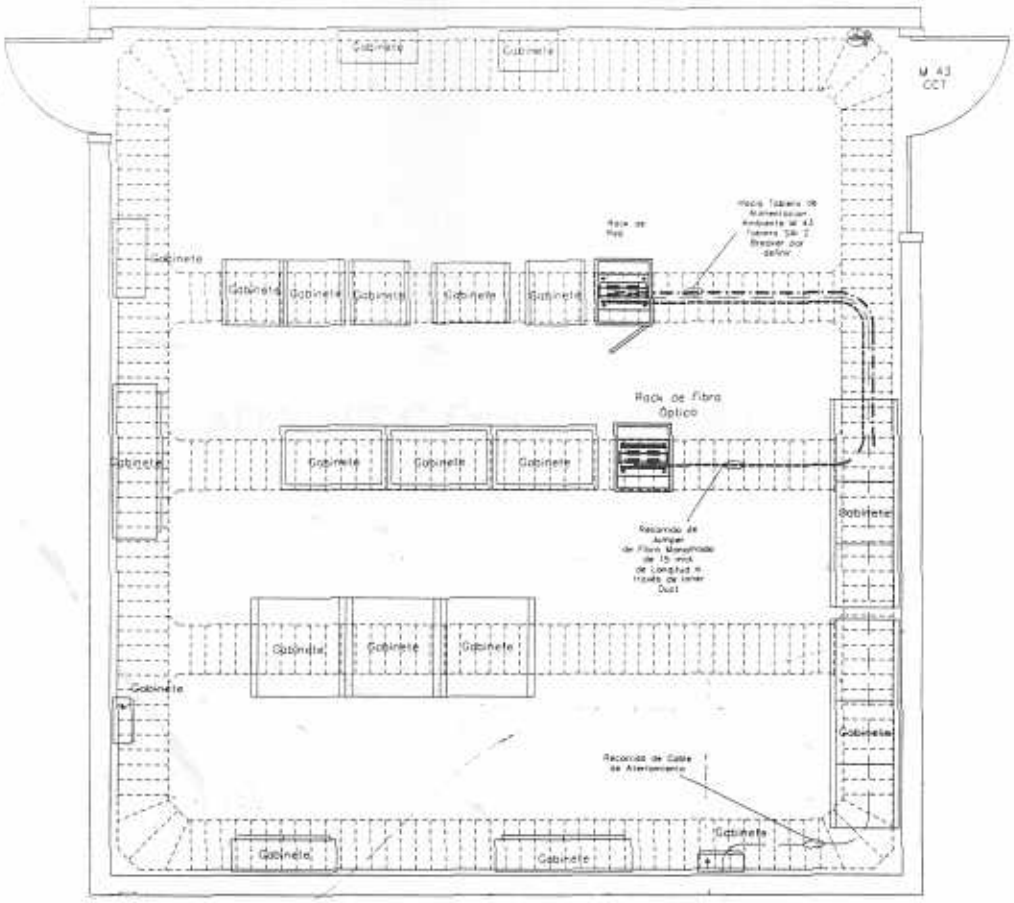
A continuación se muestra el cálculo efectuado para el tramo de 15.9 Km. Se hicieron los cálculos a partir del valor mínimo de potencia de transmisión, obteniendo un valor de potencia de recepción dentro del margen de sensibilidad en cuestión, con un margen aproximado de 8.44 dB.

$$\text{distancia} = 15.9km$$
$$P_{tx} = [-2]\text{a}[+3]dBm$$
$$S_{rx} = [-9]\text{a}[-23]dBm$$
$$\text{Pérdida}_{(\text{peor caso})} = -(12_{empalmes} \times 0.1dB) - (4_{conectores} \times 0.5dB) - (3_{PCo} \times 1dB) - (15.9_{Km} \times 0.4_{dB/Km})$$
$$\text{Pérdida}_{(\text{peor caso})} = -12.56dB$$
$$P_{rx(\text{peor caso})} = [-2]dBm - [-12.56]dB = [-14.56]dBm$$
$$\text{Margen} = |[-23]dBm - [-14.56]dB| = 8.44dB$$

APÉNDICE B. Planos CCT Subred de Estaciones

Planos CCT Subred de Estaciones

En la próxima página se anexa un ejemplo de los planos realizados para la subred de estaciones en el software "AutoCAD", correspondiente a la estación CAL (documentación interna Eproserca, modificado por fuente propia).



EPROTEL, C.A. Equipos y Sistemas Electrónicos	METRO DE CARACAS C.A.	DIBUJADO POR: SC/GJ	NOMBRE DEL PLANO: CONEXION SRE DE PLANTA INTERNA CCT LA CALIFORNIA	
		REVISADO POR: Ing. Girolamo Ferrante	N° DEL PLANO / VERSION: SRECFO_CAL_V1	ESCALA: 1 : 75
PROYECTO: ACTUALIZACION SISTEMA DE TRANSPORTE- LINEA 1	N° DEL PROYECTO / CONTRATO: MC 3416	APROBADO POR: Ing. Girolamo Ferrante	NOMBRE DEL ARCHIVO: Conex CCT SRE CAL DWG	FECHA: 14 / Feb/ 2.007

APÉNDICE C. Cronograma de Actividades

Cronograma de Actividades

En este apéndice se describen los componentes del cronograma de actividades elaborado para el proyecto, entre los cuales se encuentran los recursos humanos, las fases de desarrollo y sus características, así como un análisis de riesgos que contempla situaciones críticas que podrían retrasar la puesta en marcha de la red. A continuación se describe cada uno de ellos.

Los recursos humanos pautados se muestran en la tabla No. 1:

Tabla No.1 Recursos humanos pautados
Fuente: Elaboración propia

Recursos	Descripción
Gerente del proyecto	Encargado de los trámites administrativos, firma del contrato, y participación en la aceptación final del proyecto.
Equipo de logística	Encargado de los trámites administrativos relativos al inicio del proyecto, órdenes de compra de equipos, así como los trámites de aduana y nacionalización.
Equipos de ingeniería 1 y 2	Entre ambos equipos se distribuyen el trabajo inherente al diseño, dimensionamiento, planificación de la configuración, documentación, supervisión de la aprobación de la documentación, instalación de equipos, configuración, levantamiento de la red y realización del protocolo de pruebas de aceptación.
Equipos de instalación 1 y 2	Entre ambos equipos se distribuyen el trabajo relativo a la preparación de las áreas de instalación de los distintos nodos, y la instalación física de los mismos.

Las fases en las que se dividió el proyecto se muestran en la tabla No. 2:

Tabla No.2 Fases del proyecto
Fuente: Elaboración propia

Recursos	Descripción
Inicio del Proyecto	Abarca la firma del contrato, que constituye un hito del proyecto, así como las pautas del inicio de actividades, coordinadas tanto por el gerente del proyecto como por el equipo de logística. La duración estimada para esta etapa es de un día.
Estudios	Abarca el diseño y dimensionamiento de la red, así como la planificación de su configuración, los estudios de instalación y la planificación del protocolo de pruebas de aceptación, llevado a cabo por ambos equipos de ingeniería. La duración estimada es de 65 días.
Documentación	Abarca la elaboración de la ingeniería de detalle, con los planos respectivos, el desarrollo del documento del protocolo de pruebas de aceptación, así como la elaboración del manual de uso y configuración de la red, adicional al material de capacitación que será presentado al personal del Metro de Caracas. Para esta etapa se estimó un lapso de tiempo de 20 días, y estarán involucrados ambos equipos de ingeniería.
Control de aprobación de la documentación, reuniones y posibles cambios	Abarca la supervisión de la aprobación de la documentación, y fue dividida en dos etapas, una aprobación parcial y luego la aprobación total, de manera tal de que con la primera pudiera ponerse la orden de compra de los equipos e ir adelantando su fabricación. Para la aprobación parcial se estimaron 40 días, y para la total dos semanas más, en ambos casos uno de los equipos de ingeniería estará a cargo de asistir a las reuniones de avance, para discutir acerca de los posibles cambios que deban hacerse en la configuración, por requerimiento del cliente.

Procura de materiales y equipos	Abarca la colocación de la orden de compra tanto de los componentes importados como los nacionales, el montaje y fabricación de los equipos, las pruebas en fábrica, la llegada de los equipos a la aduana y los trámites inherentes, como los de nacionalización. Se estimó para esta fase un período de 40 días, y será llevada a cabo por el equipo de logística, el cual hará las gestiones necesarias con los proveedores y aduana.
Instalación, encendido y configuración de equipos	Abarca la preparación de las áreas de instalación tanto en los CCT de cada estación como en el CCO; la instalación del equipo de sincronismo y de los servidores de gestión en el CCO; la configuración de la red en "modo planeado", adelantando la etapa de configuración sin que los equipos estén instalados aún; la instalación de los nodos y prueba de las conexiones de fibra, usando tanto un equipo OTDR para garantizar que los hilos de fibra no presentan ninguna ruptura o empalme defectuoso, como conectando los hilos de transmisión de los nodos para garantizar que los "*pigtails*" fueron colocados de manera correcta en los dos extremos de cada enlace; la configuración IP inicial en los nodos para lograr la conectividad con los servidores de gestión; y finalmente el levantamiento de la red, que abarca la puesta "en uso" de todas las interfaces y parámetros configurados en el sistema de gestión, transfiriendo dicha configuración a los nodos. En esta etapa participarán tanto los equipos de instalación como los de ingeniería, tal como lo muestra el diagrama en Project anexo, y se estimó un lapso de 95 días para llevarlo a cabo.
Pruebas finales y aceptación	Abarca la realización del protocolo de pruebas de aceptación en sitio junto al cliente, cuya posterior aprobación dará paso a la firma del acta de aceptación del proyecto, y por tanto a la culminación del mismo. Para esta fase se estimó un período de 2 días, y participarán tanto los equipos de ingeniería en el protocolo de pruebas, como el gerente del proyecto en la firma de acta de aceptación.

En cuanto al análisis de riesgos se tomaron en cuenta las siguientes actividades como críticas para la culminación a tiempo del proyecto, debido a que pudieran retrasarse por motivos ajenos a la planificación, implementación y/o configuración de la red: la aprobación de la documentación por parte del personal de CAMC, y los trámites aduanales y de nacionalización de equipos y componentes importados.

Tratando de evitar en lo posible que estas actividades retrasen la fecha pautada para la entrega del proyecto, se tomaron en cuenta lapsos de tiempo importantes, de 40 y 20 días laborables respectivamente.

En la próxima página se anexa el cronograma de actividades del proyecto, elaborado en Microsoft Project.

APÉNDICE D. Especificaciones técnicas de los equipos a utilizar

Especificaciones técnicas de los equipos a utilizar

Equipos Tellabs 8660 y 8630

Los equipos Tellabs 8660 y 8630 constituyen una solución para la implementación de redes de MPLS, pudiendo actuar como enrutadores LSR o E-LSR con capacidades de conmutación de 42 Gbps y 14 Gbps respectivamente, cursando tráfico IPv4, IPv6 y MPLS. Soportan circuitos virtuales y permanentes en redes ATM (Modo de Transmisión Asíncrono), Frame Relay, enrutamiento estático, OSPF-TE, IS-IS-TE, MP-BGP4 y RSVP-TE. Adicionalmente, permiten la implementación de VPNs basadas en BGP4 sobre MPLS, y de "*pseudowires*", así como la configuración de servicios diferenciados por calidad de servicio.

La familia Tellabs 8600 trabaja con un sistema de gestión que permite construir, configurar, probar, y monitorear, tanto a la topología como a los servicios presentes en la red a implementar. Admite inclusive la planificación de toda la red antes de implementarla, de manera tal de que luego de instalados los nodos y de una breve configuración local para lograr conectividad con el sistema de gestión, la configuración de la red pueda transferirse a dichos nodos, y posteriormente ponerlos en servicio.

La configuración de los nodos puede llevarse a cabo de tres maneras: desde el sistema de gestión una vez configurada la conectividad IP básica desde y hacia los nodos; de manera local vía CLI (Interfaz de Línea de Comandos) o a través del puerto Fast Ethernet de gestión con "Telnet"; o de manera remota vía "Telnet" desde cualquier otro nodo de la red.

Tanto los nodos Tellabs 8660 como el 8630, utilizan una arquitectura de "*backplane*", de manera tal que se tiene una acceso frontal a las tarjetas y a los puertos disponibles, y la comunicación entre dichas tarjetas se lleva a cabo mediante conexiones en la parte posterior del equipo.

En cuanto a la sincronización de los nodos, el módulo de reloj ubicado en la tarjeta de control provee un SEC ("*Synchronous Equipment Clock*") que cumple con la recomendación G.813, el cual puede sincronizarse con una señal de reloj recibida bien sea de una interfaz STM-N o de una señal de 2.048 KHz.

El nodo Tellabs 8630 posee 6 ranuras, de las cuales 2 están diseñadas para las tarjetas de control y suministro de alimentación, y 4 para la instalación de módulos de interfaz para tráfico de datos. Como muestra la figura No.1, las ranuras están ubicadas horizontalmente, el módulo de ventilación está ubicado a la izquierda, y en este caso están instaladas ambas tarjetas de control y alimentación (primera y última tarjeta), cabe destacar que aunque el nodo puede trabajar con una sola, se incluyeron dos en la configuración para generar redundancia física, como se indica en el capítulo de "Resultados".

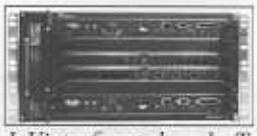


Figura No.1 Vista frontal nodo Tellabs 8630
Fuente: Tellabs, "Tellabs 8600 Managed Edge System FP2.5 Tellabs 8630 Access Switch Referente Manual"

Las especificaciones técnicas del equipo se muestran en la siguiente tabla.

Tabla No.1 Especificaciones Técnicas del nodo Tellabs 8630
Fuente: Tellabs, "Tellabs 8600 Managed Edge System FP2.5 Tellabs 8630 Access Switch Referente Manual"

Parámetro	Descripción
Dimensiones	442 x 220 x 300 mm
Gabinete de montaje	19 pulgadas
Temperatura de almacenamiento y operación	-5°C a +45°C
Temperatura de transporte	-40°C a +70°C
Humedad relativa	5% a 95%
Voltaje de entrada	-48 Vdc
Consumo típico de potencia	280 W
Consumo máximo de potencia	580 W*

* Equipado con tarjetas en todos las ranuras disponibles

El nodo Tellabs 8660 posee las mismas características del 8630, con la diferencia de la capacidad de inserción de tarjetas de interfaz para tráfico de datos, que asciende a 12. El módulo de ventilación se sitúa en la parte inferior del nodo y las ranuras de interfaz se ubican de forma vertical, como se muestra en la figura No.2.

Figura No.2 Vista frontal nodo Tellabs 8660
Fuente: Tellabs, "Tellabs 8600 Managed Edge System FP2.5 Tellabs 8660 Access Switch Referente Manual"

Las especificaciones técnicas se muestran en la tabla a continuación.

Tabla No.2 Especificaciones Técnicas del nodo Tellabs 8660
Fuente: Tellabs, "Tellabs 8600 Managed Edge System FP2.5 Tellabs 8630 Access Switch Referente Manual"

Parámetro	Descripción
Dimensiones	440 x 635 x 300 mm
Gabinete de montaje	19 pulgadas
Temperatura de almacenamiento y operación	-5°C a +45°C
Temperatura de transporte	-40°C a +70°C
Humedad relativa	5% a 95%
Voltaje de entrada	-40.5 a -60 Vdc
Consumo típico de potencia	575 W
Consumo máximo de potencia	940 W*

* Equipado con tarjetas en todos las ranuras disponibles

Módulos de Interfaz Utilizados

Al menos una CDC (Tarjeta de Control y Alimentación DC) debe colocarse en los nodos Tellabs, debido a que además de proveer el control general sobre la funcionalidad del nodo, suministra energía tanto a los módulos de interfaz, como a los ventiladores, y posee adicionalmente el módulo de sincronismo que mantiene la señal de reloj necesaria para las interfaces síncronas. Debido a la importancia de esta tarjeta, se colocan dos iguales en cada nodo, de manera tal de generar redundancia física con protección 1+1; una siempre estará activa a menos que ocurra una falla y conmute funciones con la otra, y una vez reestablecida la situación inicial, la primera tarjeta vuelve a activarse.

El módulo de sincronismo presente en la CDC posee un SEC, cuya referencia se obtiene bien sea de una fuente externa o de la señal proveniente de una de las interfaces síncronas. El SEC se encarga de distribuir la señal de reloj a las interfaces SDH, y éstas a su vez pueden transmitirla como referencia a otros nodos, siempre y cuando se configuren de manera apropiada las prioridades de selección de la fuente de sincronismo para evitar "*loops*". Si la fuente de sincronismo falla, el nodo puede entrar en un estado de "*holdover*", y mantener las oscilaciones del SEC dentro de unos límites de frecuencia y fase dados, por un tiempo no mayor a 250 días.

Las tablas a continuación muestran las especificaciones técnicas de los módulos de interfaz utilizados en la configuración de la red de Línea 1 de Metro, así como las correspondientes a la tarjeta de control y alimentación DC.

Tabla No.3 Especificaciones Técnicas de la tarjeta CDC
Fuente: Tellabs, "Tellabs 8600 Managed Edge System FP2.5 Tellabs 8630 Access Switch Referente Manual"

Parámetro	Descripción
Dimensiones	40 x 372 x 290 mm
Peso	2.5 Kg
Consumo máximo de potencia	55 W
Conector de alimentación	D-sub de alta potencia macho de 2 pines
Módulos que contiene	Módulo de sincronismo, con conectores SMB (para cable coaxial) o D-sub de 9 pines
Puerto de gestión	10/100BASE-TX, conector RJ45
Puerto CLI	RS-232, conector D-sub de 9 pines hembra. Tasa de transmisión igual a 38.400 bps
Puerto de alarma	Configurable como entrada o salida
Funcionamiento	Reemplazable "en caliente"

Tabla No.4 Especificaciones Técnicas del Módulo de Interfaz STM-16
Fuente: Tellabs, "Tellabs 8600 Managed Edge System FP2.5 Tellabs 8630 Access Switch Referente Manual"

Parámetro	Descripción
Dimensiones	25.7 x 169.5 x 230 mm
Peso	290 g
Consumo máximo de potencia	6.8 W
Tipo de transceiver	SFP
Conector	LC Dúplex

Número de puertos	1
Longitud de onda	1310 nm
Cableado	Fibra óptica monomodo (10/125 μm)
Sincronización	Desde el SEC del nodo
Características de la transmisión	2.488,32 Mbps Full-Dúplex

Tabla No.5 Especificaciones Técnicas del Módulo de Interfaz 8x10/100BASE-TX
Fuente: Tellabs, "Tellabs 8600 Managed Edge System FP2.5 Tellabs 8630 Access Switch Referente Manual"

Parámetro	Descripción
Dimensiones	25.7 x 169.5 x 230 mm
Peso	320 g
Consumo máximo de potencia	6.1 W
Interfaces	10BASE-T o 100BASE-T
Conector	RJ45
Cableado	Cat5 o UTP/STP
N° de VLAN soportado	Hasta 4.096, y hasta 1.024 por interfaz

Tabla No.6 Especificaciones Técnicas del Módulo de Interfaz 8x1000BASE-X
Fuente: Tellabs, "Tellabs 8600 Managed Edge System FP2.5 Tellabs 8630 Access Switch Referente Manual"

Parámetro	Descripción
Dimensiones	25.7 x 169.5 x 230 mm
Peso	420 g*
Interfaces	1000BASE-SX, LX o ZX
Conector	LC Dúplex
Número de puertos	8
Cableado	Fibra óptica multimodo (SX) o monomodo (LX, ZX)
N° de VLAN soportado	Hasta 4.096

* Con los 8 SFP ("*Small Form Factor*") instalados

Tabla No.7 Especificaciones Técnicas del Módulo de Interfaz de 24 puertos E1
Fuente: Tellabs, "Tellabs 8600 Managed Edge System FP2.5 Tellabs 8630 Access Switch Referente Manual"

Parámetro	Descripción
Dimensiones	25.7 x 169.5 x 230 mm
Peso	340 g
Consumo de Potencia máximo	15 W
Tipo de interfaz	E1 de 120 ohm
Conector	4 conectores Sofix
Número de puertos	24
Cableado	Par cruzado de 120 ohm
Sincronización	Desde el SEC del nodo
Características de transmisión	2.048 Mbps full-dúplex

Consumo Máximo de Potencia de los Nodos

Según la configuración de tarjetas seleccionadas, el consumo de potencia máximo en cada uno de los nodos se resume en la tabla No.8.

Tabla No.8 Consumo total de potencia de los nodos
Fuente: Tellabs, "Tellabs 8600 Managed Edge System FP2.5 Tellabs 8630 Access Switch Referente Manual"

Tarjeta	Consumo (W)	Nodos SRE		Nodos SCR	Nodo del CCO
		Con tarjeta de 24 E1	Sin tarjeta de 24 E1		
CDC	55	X 2	X 2	X 2	X 2
IFC*	35	X 2	X 2	X 3	X 6
8x10/100Base-Tx	6.1	X 1	X 1	X 1	X 3
8x1000Base-Tx	19	X 0	X 0	X 0	X 2
8x1000Base-X	19	X 0	X 0	X 1	X 1
1x STM-16 POS	6.8	X 2	X 2	X 2	X 4
24xchE1 Multiservicio	15	X 1	X 0	X 1	X 1
Ventiladores	78	X 1	X 1	X 1	X 1
TOTAL (W)		**292.7**	**277.7**	**346.7**	**515.5**
Corriente (A) con 48Vdc		**6,1**	**5,79**	**7,22**	**10,74**

* IFC (Concentrador de Módulos de Interfaz), sin incluir los módulos de tráfico

Proceso de Aterramiento de los Nodos

Para el aterramiento de los nodos se utilizó un cable de tierra de 6mm^2 de área transversal, según lo exigen las especificaciones técnicas del equipo. La siguiente figura muestra la posición en los laterales de los nodos, en donde debe fijarse dicho cable.

Figura No.3 Puntos de conexión del aterramiento
Fuente: Tellabs, "Tellabs 8600 Managed Edge System FP2.5 Hardware Installation Guide", modificado por fuente propia

Se siguieron las pautas de las especificaciones técnicas de los equipos para aterrar a todos los accesorios del gabinete donde se ubicará al equipo: puertas, topes inferior y superior, entre otros. Como lo muestra la figura No. 4, el cable de tierra vertical del gabinete se conecta a la tierra común de los CCT de cada estación. El cable de aterramiento debe fijarse al equipo con un sujetador y un tornillo adaptador, y por el otro lado a la barra de tierra, como está representado en dicha figura.

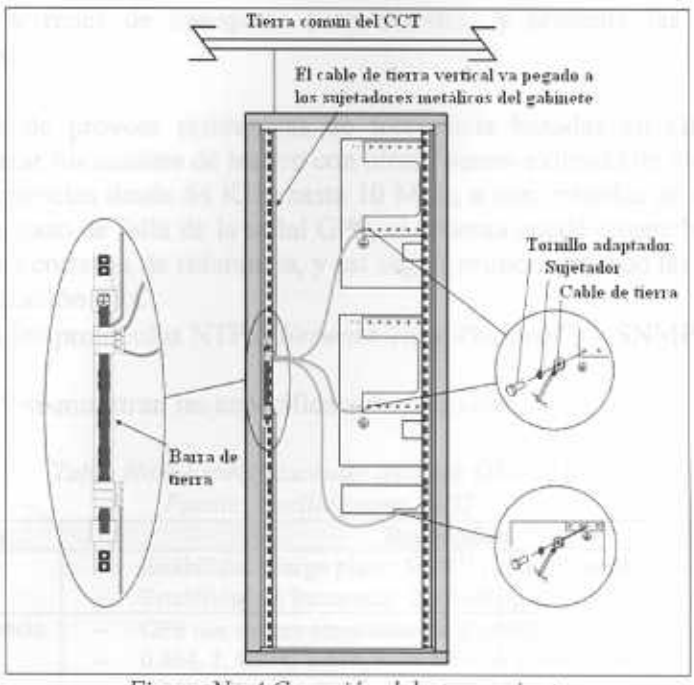


Figura No.4 Conexión del aterramiento
Fuente: Tellabs, "Tellabs 8600 Managed Edge System FP2.5 Hardware Installation Guide", modificado por fuente propia

Conexión del Sistema de Sincronismo y sus Componentes

La fuente principal de sincronismo de la red será un oscilador conectado al módulo de sincronismo de cada una de las CDC del nodo 8660 en el CCO. La figura No.5 muestra el esquema de conexión. El equipo a utilizar es el OSA 5240, mostrado en la figura No.6, el cual se seleccionó porque constituye también un receptor GPS, al que se le conectará la antena respectiva para brindarle una referencia exacta al oscilador interno.

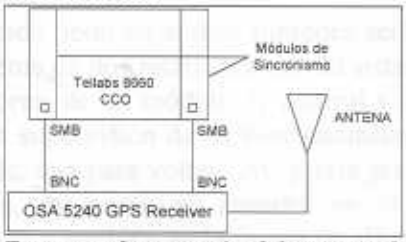


Figura No.5 Esquema de conexión del sistema de sincronismo
Fuente: Elaboración propia

Figura No.6 Equipos OSA 5240
Fuente: Oscilloquartz, 2002

El equipo generador de sincronismo a instalar OSA 5240 de Oscilloquartz fue seleccionado debido a que está específicamente diseñado para la sincronización de

redes móviles y redes de transporte SDH/SONET, y presenta las siguientes funcionalidades:

- Además de proveer referencias de frecuencia basadas en GPS, puede sincronizar los canales de tráfico con otras fuentes externas de sincronismo con frecuencias desde 64 KHz hasta 10 MHz, o con entradas de tráfico T1, E1, y en caso de falla de la señal GPS, el sistema puede engancharse a una de dichas entradas de referencia, y así seguir proporcionando las salidas de sincronización PRC.
- Soporta los protocolos NTP ("*Network Time Protocol*") y SNMP.

En la tabla No.9 se muestran las especificaciones técnicas.

Tabla No.9 Especificaciones técnicas OSA 5240
Fuente: Oscilloquartz, 2002

Característica	Descripción
Oscilador Interno	– Estabilidad a largo plazo: $5x10^{-11}$ / al mes (modo "*holdover*") – Estabilidad en frecuencia: 2x10-10 pp (de -5 °C a +55 °C)
Entradas de referencia	– GPS con rastreo simultáneo de 8 satélites – 0.064, 1, 1.544, 2.048, 5, 10 MHz ó 1.544/2.048 Mbit/s (DS1/E1)
Salidas	– 2.048 MHz cumpliendo la G.703-13 – 2.048 Mbit/s (E1) cumpliendo la G.703-9 (incl. SSM) – 1.544 Mbit/s (DS1) cumpliendo la GR-499-CORE (incl. SSM) – 64 kbit/s (CC) cumpliendo la GR-378-CORE – 10 MHz, 1 Vrms senoidal, 50. – 1 PPS, 200 ms width, rise time < 20ns, 2.5 Vpp / 50Ω
Requerimientos Eléctricos y Físicos	– Sub Rack de 19'', ocupa dos unidades (2U) – Fuente de energía de 22-40 VDC o 40-60 VDC – El consumo de potencia puede variar entre 40 y 75 watts

Conexión del Sistema de Alimentación y sus Componentes

Las dos tarjetas CDC de cada nodo en ambas subredes serán alimentadas con un voltaje de -48Vdc proveniente de dos rectificadores. El sistema de alimentación se compone de los rectificadores, de un módulo de control y monitoreo que soporta al protocolo SNMP para la supervisión de su funcionamiento en forma remota, y de dos interfaces de entrada, una para voltaje AC y otra proveniente del banco de baterías. La configuración, tal como se muestra en la figura No.7, provee redundancia física en el nodo y también en la fuente de alimentación.

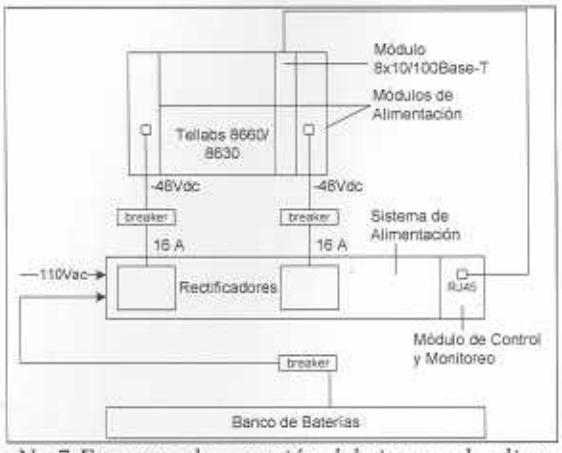


Figura No.7 Esquema de conexión del sistema de alimentación
Fuente: Elaboración propia

El sistema de alimentación seleccionado es el Gamatronic PS 1006, debido a que provee la funcionalidad de monitoreo vía SNMP, y posee seis módulos disponibles para instalar rectificadores, cada uno ofreciendo hasta 30A, dándole a la red posibilidades de ampliación en caso de colocar nuevos equipos en el gabinete que deban alimentarse con -48Vdc. Este equipo se muestra en la figura No.8, y sus especificaciones técnicas se listan en la tabla No.10.

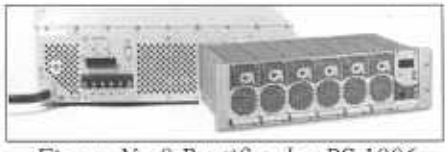


Figura No.8 Rectificador PS 1006
Fuente: Gamatronic, 2005

Tabla No.10 Especificaciones técnicas PS 1006
Fuente: Gamatronic, 2005

Característica	Descripción
Número de Rectificadores	Soporta hasta 6
Voltaje de entrada	100-240Vac
Voltaje de salida	-42 a -60 Vdc
Corriente por rectificador	12/25/30 A
Módulo de control	Soporta comunicación vía SNMP con conexión TCP/IP
Funcionalidades	– Pruebas de baterías programables – La corriente se comparte entre los rectificadores

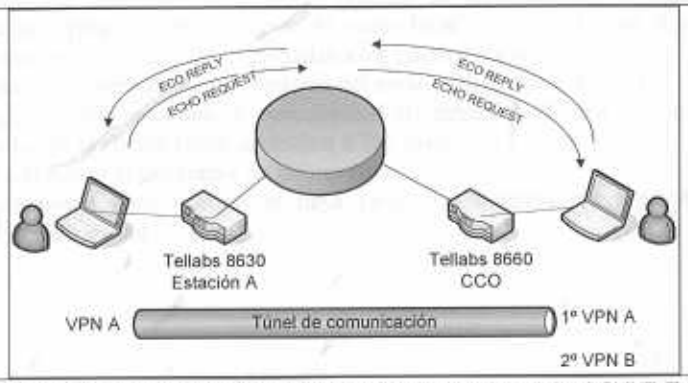
APÉNDICE E. Protocolo de Pruebas de Aceptación de la Red

Protocolo de Pruebas de Aceptación de la Red

Prueba	Objetivo	Pasos	Resultados Esperados
		PRUEBAS DE CONFIGURACIÓN INICIAL	
Instalación Mecánica	Comprobar la correcta instalación de los enrutadores Tellabs 8660 y 8630, aterramiento y voltaje de alimentación.	1)Verifique que los enrutadores se encuentren bien colocados y tensados dentro del gabinete. 2)Compruebe que los módulos físicos estén correctamente instalados. 3)Cuente y verifique que el número de "*transceivers*" instalados concuerden con los destinados para cada enrutador. 4)Asegúrese de que las ranuras para "*transceivers*" no utilizadas tengan puesto el protector correspondiente y los módulos no utilizados tengan su cubierta puesta. 5)Compruebe que todos los equipos estén correctamente aterrados en el gabinete. Verifique que los enrutadores estén alimentados correctamente con -48Vdc.	Deberá cumplirse que todos los enrutadores estén correctamente sujetados en el gabinete correspondiente, el número de "*transceivers*" instalados debe coincidir con los previstos para cada estación, las ranuras de módulos y "*transceivers*" no utilizados deben poseer su cubierta de protección, todos los enrutadores deben tener su conexión a tierra en el gabinete, y deben estar alimentados por -48 Vdc.
Inventario y Detección de Hardware	Comprobar a través de comandos CLI que los módulos instalados en los enrutadores Tellabs coinciden con la detección de hardware que realizan los mismos dispositivos.	1)Conecte una PC al puerto de cónsola del enrutador Tellabs 8660 o Tellabs 8630 en el puerto serial utilizando un cable RS232. 2)Abra el programa Hyper Terminal y establezca una conexión en el puerto COM utilizando los siguientes parámetros: **Bits por segundo**: 38400 **Bits de Datos**: 8 **Bits de Stop**: 1 **Control de flujo**: ninguno 3)Inicie sesión en el enrutador y entre al modo privilegiado mediante los siguientes comandos: Router> enable Router# 4)Utilice el comando: Router# show hw-inventory Para comprobar que todos los módulos instalados en el enrutador formen parte del "inventario de hardware" que lleva a cabo el equipo, y se encuentren "UP AND RUNNING".	El inventario de hardware mostrado en la cónsola de Hyper Terminal deberá coincidir con el número, tipo de tarjetas, y módulos instalados en el enrutador.

Medición de Potencia Óptica Recibida	Comprobar que la potencia recibida por el nodo local, proveniente de los nodos remotos, se encuentre dentro del rango de sensibilidad del "*transceiver*" en cuestión.	1)Desconecte los "*patch cords*" correspondientes a transmisión de ambos nodos remotos y conéctelos sucesivamente en el OTDR 2)Coloque al OTDR en el modo de medición de potencia, para obtener valores en dBm y en una longitud de onda de 1310 nm. 3)Verifique que los valores de potencia recibidos estén dentro del rango de sensibilidad de recepción de los "*transceivers*" locales.	Deberá cumplirse que todos los valores medidos de potencia recibida se encuentren dentro del rango de sensibilidad de recepción de los "*transceivers*" locales.
Pruebas de conexión para gestión local y remota	Comprobar la conexión a los enrutadores Tellabs tanto de manera local (conexión fuera de banda) como de manera remota desde el Sistema de Gestión (conexión en banda).	**(Conexión fuera de banda)** 1)Conecte una PC al puerto de cónsola del enrutador Tellabs en el puerto serial utilizando un cable serial RS232. 2)Abra el programa Hyper Terminal y establezca para la conexión en el puerto COM utilizado los siguientes parámetros: **Bits por segundo**: 38400 **Bits de Datos**: 8 **Bits de Stop**: 1 **Control de flujo**: ninguno 3)Inicie sesión en el enrutador y entre al modo privilegiado mediante los siguientes comandos: Router> enable Router# 4)Compruebe el acceso a la configuración del enrutador mediante el comando: (debe estar en modo privilegiado) Router# show running-config **(Conexión en Banda)** 1)Desde el servidor de comunicaciones verifique la conectividad de capa de red y de capa de aplicación con cada uno de los nodos, siguiendo los siguientes pasos: 1.1)Abra una ventana de cónsola en el servidor de comunicaciones 1.2)Introduzca los comandos: Ping/Telnet 172.31.1.X, según la estación Ping/Telnet 172.31.1.1/32 (CCO)	Al establecer una conexión fuera de banda vía cónsola, debe ser posible visualizar la configuración a través del comando "show run". Al realizar la conexión en banda, los enrutadores deben responder el comando Ping ("*Eco Request*") con los correspondientes "*Eco Reply*" al servidor de gestión, e igualmente entrar en sesiones de Telnet, comprobando así la conectividad de las siete capas del modelo OSI.

		Ping/Telnet 172.31.1.2/32 (PAT1) Ping/Telnet 172.31.1.3/32 (CAÑ) Ping/Telnet 172.31.1.4/32 (VEN) Ping/Telnet 172.31.1.5/32 (MEDE) Ping/Telnet 172.31.1.6/32 (PRO) Ping/Telnet 172.31.1.7/32 (PBO) ... Ping/Telnet 172.31.1.25/32 (PET) Ping/Telnet 172.31.1.26/32 (VER)	
Pruebas de conexión en "backbone"	Verificar la conectividad entre los enrutadores Tellabs 8630 tanto a nivel local como a nivel remoto, y verificar que sólo los puertos pertenecientes a la misma VPN pueden comunicarse entre sí. El esquema de la prueba se presenta en la siguiente figura.	1)Para cada enrutador el cliente escogerá al azar N puertos Ethernet 10/100, en los cuales se verificará la conectividad con otros N puertos en el CCO. 2)Tomar en cuenta el direccionamiento asignado para cada sistema en cada estación, y configurar la PC a utilizar con la dirección IP correspondiente. 3)Conecte dos PC mediante cables de red a los nodos Tellabs 8630 y 8660 en dos de los puertos seleccionados para probar conectividad local, que pertenezcan al mismo sistema y por tanto a la misma VPN. 4)Realice una prueba de conexión mediante el comando "Ping" y verifique el envío y recepción de paquetes ICMP. 5)Repita los pasos anteriores pero esta vez trate de realizar "ping" entre las PC conectadas a sistemas distintos, y por tanto a VPN distintos.	Deberá comprobarse la conectividad entre los puertos remotos que pertenezcan a la misma VPN, así como la no conectividad entre sistemas en caso contrario, mediante el correcto envío y recepción de paquetes ICMP.



PRUEBAS DE COMPORTAMIENTO DE LA RED EN CASO DE FALLA			
Falla de la CDC (Tarjeta de Control y de Alimentación DC) activa	Comprobar que en caso de falla de la CDC activa, la segunda se activa inmediatamente como resultado de la protección 1+1, sin afectar el funcionamiento del nodo.	1)Siguiendo los pasos de la prueba anterior (Pruebas de Conexión en Backbone) mantenga un "ping" extendido entre el nodo local y el CCO, con dos PC pertenecientes a la misma VPN conectadas a los puertos correspondientes. 2)Proceda a apagar la CDC activa del nodo. 3)Verifique que se mantenga la conectividad durante el período de conmutación de las tarjetas. 4)Vuelva a encender la CDC inicial. 5)Verifique que la CDC inicial se reestablezca como la activa en el nodo al prenderse el LED de "*Master*". 6)Verifique nuevamente que se mantenga la conectividad IP durante el período de conmutación de las tarjetas.	Deberá cumplirse que el tráfico IP no se vea afectado por la conmutación entre las CDC, y que una vez encendida la CDC activa inicialmente, ésta vuelva a reestablecerse como la "activa".
Falla un enlace STM-16	Comprobar que en caso de falla un módulo STM-16, el tráfico es re-enrutado por el segundo módulo hacia su destino.	1)Siguiendo los pasos de la prueba "Pruebas de Conexión en Backbone" mantenga un "ping" extendido entre el nodo local y el CCO, con dos PC pertenecientes a la misma VPN conectadas a los puertos correspondientes. 2)Desconecte uno de los "*patch cords*" que conectan el módulo STM-16 activo al ODF de fibra óptica. 3)Verifique que se mantenga la conectividad durante el período de conmutación de los módulos. 4)Vuelva a conectar el "*patch cord*". 5)Repita el procedimiento con el otro módulo STM-16.	Deberá cumplirse que el tráfico IP no se vea afectado por la conmutación entre los módulos STM-16.

Fuente de sincronismo interrumpida en el CCO	Comprobar que en caso de falla del generador de sincronismo ubicado en el CCO, el tráfico en la red no se ve afectado por un período de tiempo determinado, al pasar a un estado de "*holdover*".	1)Siguiendo los pasos de la prueba "Pruebas de Conexión en Backbone" mantenga un "ping" extendido entre el nodo local y el CCO, con dos PC pertenecientes a la misma VPN conectadas a los puertos correspondientes. 2)Desconecte el generador de sincronismo del nodo Tellabs 8660 del CCO. 3)Verifique que se mantenga la conectividad IP entre las PC por un período determinado por el cliente (debe ser menor a 250 días). 4)Vuelva a conectar el generador de sincronismo. 5)Verifique nuevamente que no se haya producido ninguna interrupción del "ping" extendido inicial.	Deberá cumplirse que al desconectarse el generador de sincronismo, el tráfico entre los nodos se mantenga y no se genere ninguna interrupción, asimismo cuando dicho generador vuelva a conectarse al nodo Tellabs 8660 ubicado en el CCO.

APÉNDICE F. Análisis del flujo de datos en la red

Análisis del flujo de datos en la red

En las siguientes figuras se ilustra el proceso llevado a cabo para el cálculo de la capacidad de los troncales de la red, tomando en cuenta los casos críticos tanto para la subred de estaciones como la corporativa, mostrando asimismo los resultados respectivos.

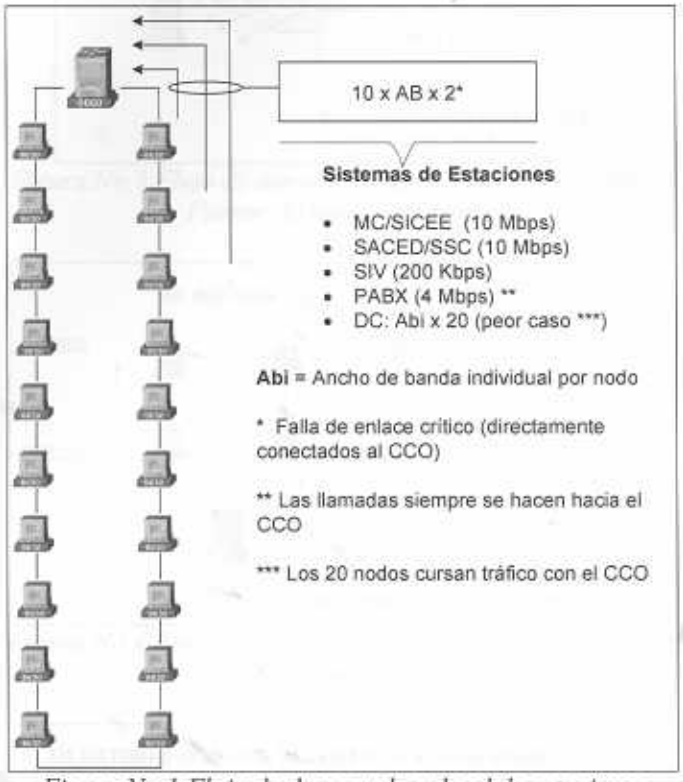


Figura No.1 Flujo de datos en la subred de estaciones
Fuente: Elaboración propia

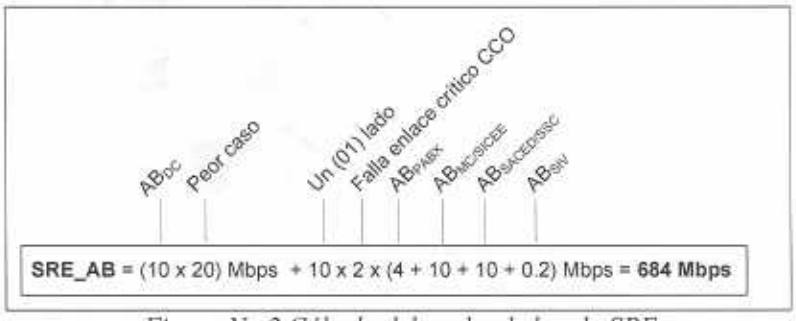


Figura No.2 Cálculo del ancho de banda SRE
Fuente: Elaboración propia

El recorrido del flujo de datos en el anillo corporativo se analizó por sistema, como lo muestran las gráficas a continuación, tomando en cuenta para los cálculos los casos de transmisión críticos.

Figura No.3 Flujo de datos Sistema DC subred corporativa
Fuente: Elaboración propia

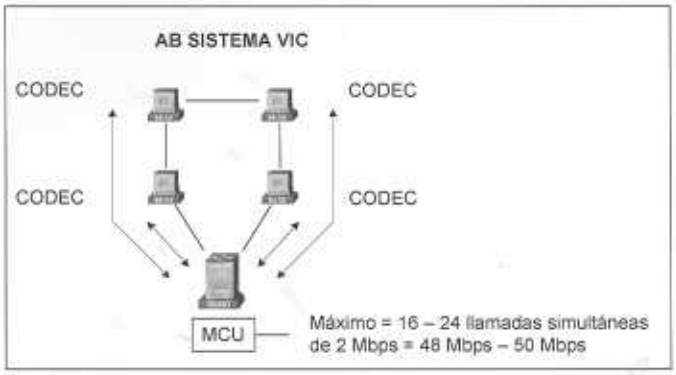


Figura No.4 Flujo de datos Sistema VIC subred corporativa
Fuente: Elaboración propia

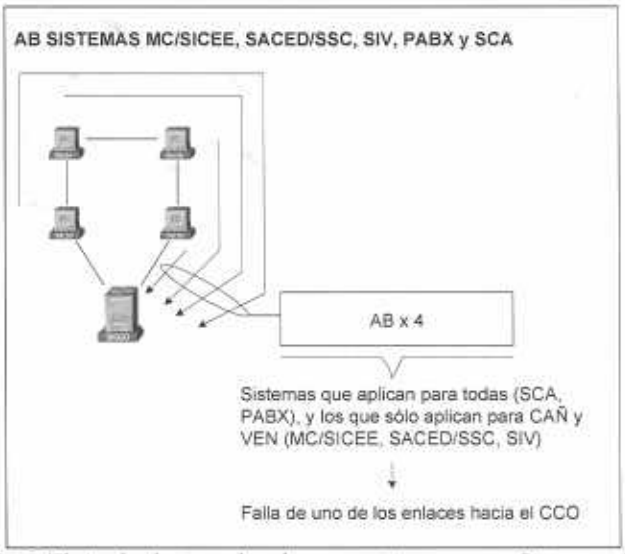


Figura No.5 Flujo de datos subred corporativa, menos Sistemas VIC y DC
Fuente: Elaboración propia

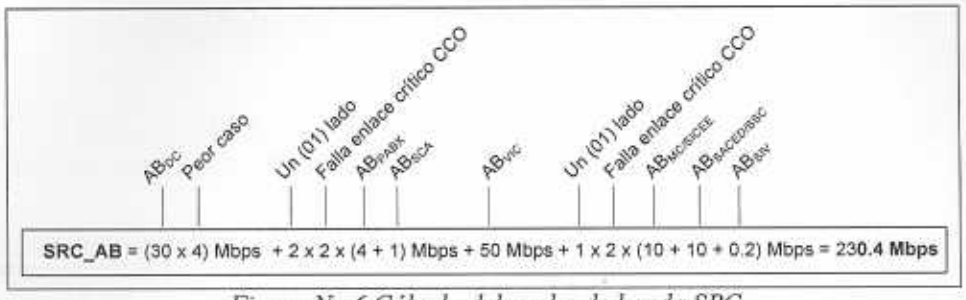


Figura No.6 Cálculo del ancho de banda SRC
Fuente: Elaboración propia

APÉNDICE G. Configuración de hardware de los nodos

Configuración de hardware de los nodos

En este apéndice se muestra la configuración de hardware de cada uno de los nodos, según lo expuesto en el capítulo de "Resultados".

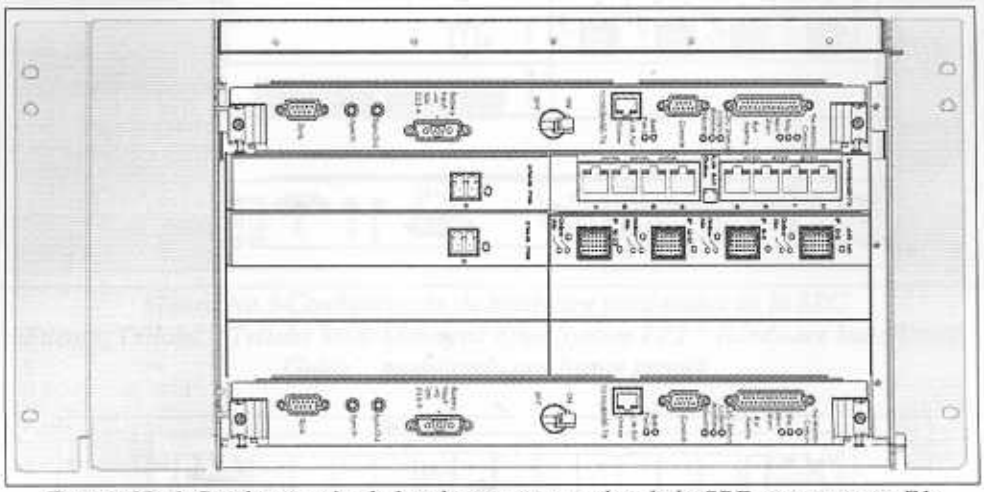


Figura No.1 Configuración de hardware para nodos de la SRE con puertos E1s
Fuente: Tellabs, "Tellabs 8600 Managed Edge System FP2.5 Hardware Installation Guide", modificado por fuente propia

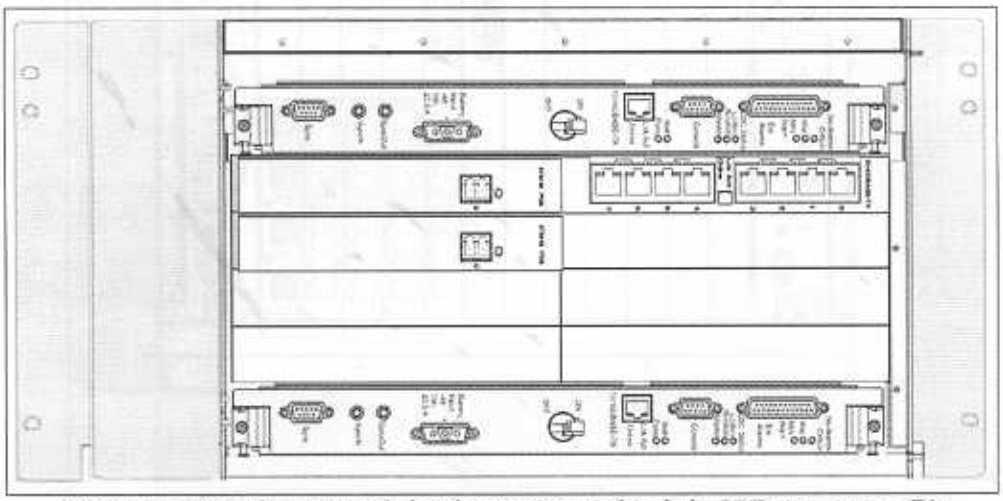


Figura No.2 Configuración de hardware para nodos de la SRE sin puertos E1s
Fuente: Tellabs, "Tellabs 8600 Managed Edge System FP2.5 Hardware Installation Guide", modificado por fuente propia

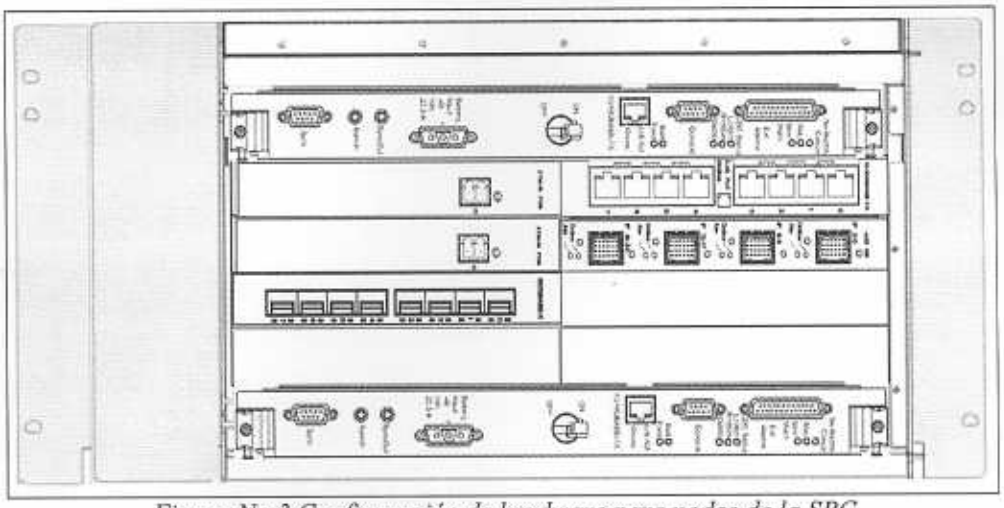


Figura No.3 Configuración de hardware para nodos de la SRC
Fuente: Tellabs, "Tellabs 8600 Managed Edge System FP2.5 Hardware Installation Guide", modificado por fuente propia

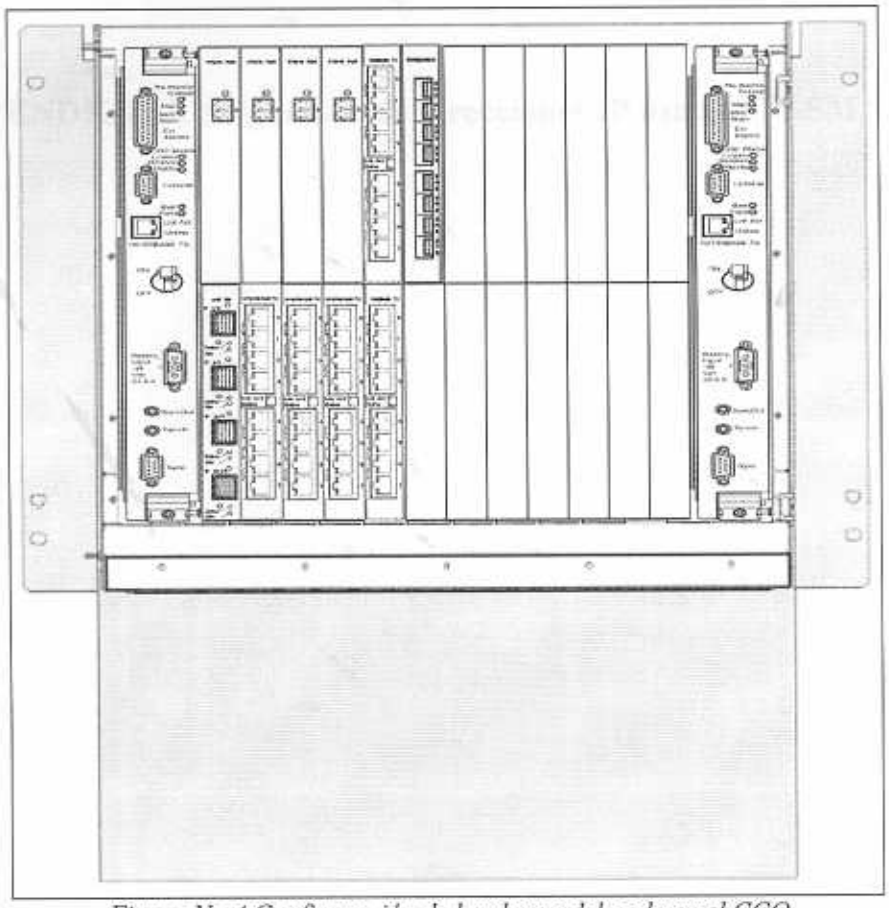


Figura No.4 Configuración de hardware del nodo en el CCO
Fuente: Tellabs, "Tellabs 8600 Managed Edge System FP2.5 Hardware Installation Guide", modificado por fuente propia

APÉNDICE H. Asignación de direcciones IP usando VLSM

Asignación de direcciones IP usando VLSM

Según lo desarrollado en el capítulo de "Metodología y Desarrollo", se muestra en la tabla No.1 el resumen de los requerimientos de direcciones IP por sistema y por estación.

Tabla No.1 Requerimiento de direcciones IP para servicios
Fuente: Elaboración propia

DC				SCA		VIC		SIV		SACED/SSC		MC/SICEE	
SRC		SRE											
CCO	1024	1	512	1	256	1	256	1	256	1	256	1	256
PAT1	512	2	512	2	256	2	256	2	256	2	256	2	256
CAÑ	512	3	512	3	256	3	256	3	256	3	256	3	256
VEN	512	...	512	...	256	...	256	...	256	...	256	...	256
MEDE	512	20	512	5	256	5	256	23	256	23	256	23	256

Ordenando de manera descendente dichos requerimientos, de manera tal de poder aplicar la técnica de VLSM para la asignación de direcciones se obtuvo la siguiente tabla.

Tabla No.2 Resumen cuantitativo de requerimientos
Fuente: Elaboración propia

Nº de subredes	Nº total de direcciones	Tamaño de la subred	Direcciones de "*hosts*" asignables
1	1024	1024	1022 x 1
24	512	12288	510 x 24
79	256	20224	254 x 79
26	4	100	2 x 26
	Total	**33.636**	**33.380**

La tabla a continuación muestra las direcciones asignadas a cada sistema por estación, aplicando VLSM para cubrir los requerimientos pautados.

Tabla No.3 Aplicación de VLSM para los distintos sistemas y enlaces punto a punto
Fuente: Elaboración propia

32768	16384	8192	4096	2048	1024	512	256		Subred	Sistema	Nodo	Nº de Direcciones
128	64	32	16	8	4	2 /22	1 /23	/24				
0	0	0	0	0	0	0	0	.				
								.	172.16.0.0/22	DC	CCO	1024
					1			.	172.16.4.0/23		PAT1	512
					1	1		.	172.16.6.0/23		CAÑ	512
				1				.	172.16.8.0/23		VEN	512
				1		1		.	172.16.10.0/23		MEDE	512
				1	1			.	172.16.12.0/23		PRO	512
								.	...		...	(idem)
		1	1			1		.	172.16.50.0/23		VER	512
		1	1		1			.	172.16.52.0/24	SCA	CCO	256
		1	1		1		1	.	172.16.53.0/24		PAT1	256
		1	1		1	1		.	172.16.54.0/24		CAÑ	256
		1	1		1	1	1	.	172.16.55.0/24		VEN	256
		1	1	1				.	172.16.56.0/24		MEDE	256
		1	1	1			1	.	172.16.57.0/24	VIC	CCO	256
		1	1	1		1		.	172.16.58.0/24		PAT1	256
		1	1	1		1	1	.	172.16.59.0/24		CAÑ	256
		1	1	1	1			.	172.16.60.0/24		VEN	256
		1	1	1	1		1	.	172.16.61.0/24		MEDE	256
		1	1	1	1	1		.	172.16.62.0/24	SACED/SSC	CCO	256
		1	1	1	1	1	1	.	172.16.63.0/24		CAÑ	256
	1							.	172.16.64.0/24		VEN	256
	1						1	.	172.16.65.0/24		PRO	256
								.	...		...	(idem)
	1		1		1			.	172.16.84.0/24		VER	256
	1		1		1		1	.	172.16.85.0/24	MC/	CCO	256

	1		1		1	1		.	172.16.86.0/24	SICEE	CAÑ	256
	1		1		1	1	1	.	172.16.87.0/24		VEN	256
	1		1	1				.	172.16.88.0/24		PRO	256
								.	...		...	(ídem)
	1	1		1		1	1	.	172.16.107.0/24		VER	256
	1	1		1	1			.	172.16.108.0/24	SIV	CCO	256
	1	1		1	1		1	.	172.16.109.0/24		CAÑ	256
	1	1		1	1	1		.	172.16.110.0/24		VEN	256
	1	1		1	1	1	1	.	172.16.111.0/24		PRO	256
								.	...		...	(ídem)
1						1		.	172.16.130.0/24		VER	256
Enlaces Punto a Punto (En total 26 enlaces)												
/24	**128**	**64**	**32**	**16**	**8**	**4 /30**	**2**	**1**				
.	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**				
.									172.16.131.0/30	CCO-PAT1		4
.						1			172.16.131.4/30	PAT1-CAÑ		4
.									...	...		(ídem)
.		1	1			1			172.16.131.100/30	VER-CCO		4

APÉNDICE I. Manual de Uso y Configuración de la Red

MANUAL DE USO Y CONFIGURACIÓN

Conexión al Sistema de gestión a la red

La conexión del sistema de gestión a la red debe hacerse como lo muestra la figura No.1. Haciendo uso del hecho de que el servidor de comunicaciones posee dos tarjetas de red, una de ellas se conecta a una subred con el servidor que actúa como base de datos, servidor de gestión y estación de trabajo, y la otra con el nodo principal de la red en el CCO.

El rango de direcciones de "*loopback*" utilizadas va de la 172.31.1.1/32 hasta la 172.31.1.25/32, pudiéndose adicionar más nodos y configurarles direcciones de este rango hasta la 172.31.1.254/32; por ejemplo 172.31.1.1/32 para el CCO, 172.31.1.2/32 para PAT1. Ambos servidores conocen las subredes a las cuales están directamente conectados, no así las direcciones de "*loopback*" de los dispositivos de red, a través de las cuales deben establecer comunicación con los mismos. Por ello se configuraron en los servidores rutas estáticas de manera tal de alcanzar a los nodos a gestionar.

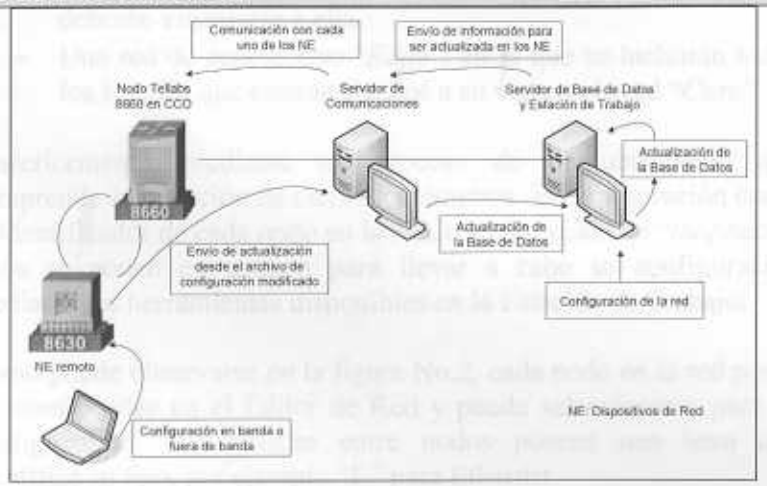


Figura No.1 Esquema de conexión del sistema de gestión
Fuente: Elaboración propia

Todo proceso de configuración se lleva a cabo en la estación de trabajo, la cual posee las interfaces gráficas que permiten la configuración y administración de la red. Los parámetros modificados en cada uno de los dispositivos son almacenados en la base de datos, y transferidos a los mismos a través del servidor de comunicaciones, el cual es el que mantiene la conexión todos los nodos.

Los nodos también pueden configurarse a nivel local, bien sea a través de un puerto de tráfico configurado para tal fin, o fuera de banda a través del puerto de gestión o vía CLI en cada dispositivo. Tanto en la configuración en banda, como fuera de banda a través

del puerto Fast Ethernet de gestión, se entra al modo de configuración del nodo a través del comando "Telnet"; en el caso de acceder vía cónsola, se podrá entrar en dicho modo utilizando un programa diseñado para ello como Hyper Terminal. Es de suma importancia que haya consistencia entre la configuración local y la guardada en la base de datos, de manera tal que se recomienda al administrador de red que elimine todas las inconsistencias de configuración no volátil como direcciones IP, protocolos de enrutamiento, entre otros, (una volátil podría ser las entradas de la tabla ARP o Protocolo de Resolución de Direcciones en el enrutador), a través del procedimiento que será descrito más adelante.

A continuación se describen los componentes del sistema de gestión, así como las herramientas que éstos ofrecen para la configuración, administración y monitoreo de la red.

Editor de Red o "*Network Editor*"

La herramienta principal que posee el sistema de gestión Tellabs 8600 es el Editor de Red. A través de esta primera ventana de configuración, se puede crear la red agregando distintos tipos de nodos, así como los enlaces entre ellos.

Independientemente de que la red posea sólo E-LSR en un entorno MPLS, deben configurarse dos tipos de redes:

- Una red "*Core*" en representación del "backbone" MPLS, a través del cual se comunican los nodos. En caso de existir enrutadores que actúen como LSR, éstos deberán vincularse a ella.
- Una red de acceso tipo "*Edge*", en la que se incluirán todos los E-LSR, que estarán ligados a su vez con la red "*Core*".

Posteriormente, mediante un proceso de descubrimiento que comprende la inserción de ciertos parámetros de configuración como el identificador de cada nodo en la red, o su dirección de "*loopback*", éstos se ponen en gestión para llevar a cabo su configuración mediante las herramientas disponibles en la Estación de Trabajo.

Como puede observarse en la figura No.2, cada nodo en la red posee su identificador en el Editor de Red y puede seleccionarse para su configuración. Los enlaces entre nodos poseen una letra que identifica su tipo, por ejemplo "E" para Ethernet.

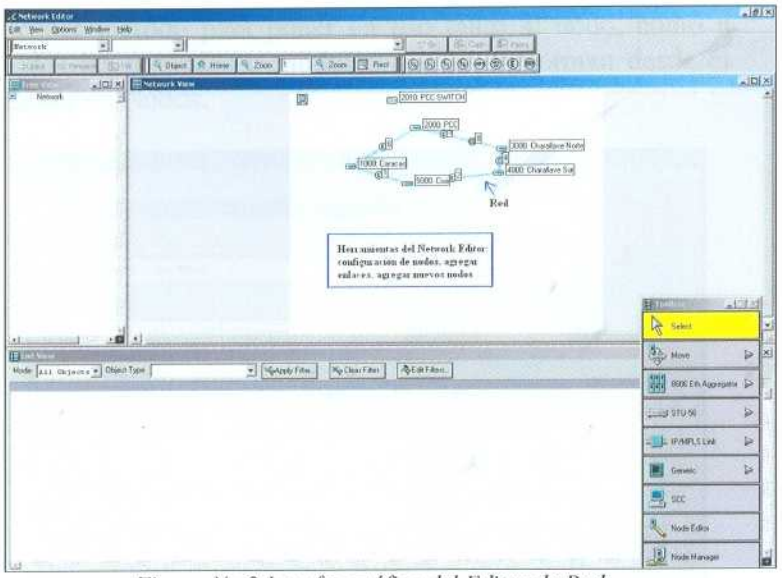


Figura No.2 Interfaz gráfica del Editor de Red
Fuente: Elaboración propia, configuración hecha para otra red

Para editar la configuración de tarjetas y módulos de cada nodo en el sistema de gestión, debe seleccionarse de la barra de herramientas del Editor de Red el "Editor de Nodos" o "*Node Editor*", y posteriormente seleccionar el nodo correspondiente en el diagrama.

Editor de Nodos o "*Node Editor*"

Una vez seleccionado el nodo que se quiere editar, aparecerá una pantalla similar a la mostrada en la figura No.3, pero sin ningún módulo de interfaz activado. Se procede entonces a insertar módulos de interfaz en las ranuras disponibles, según la configuración física del nodo en cuestión. El caso particular de la figura muestra a un nodo Tellabs 8620 con dos ranuras para módulos de interfaz disponibles, de las cuales sólo la primera posee un módulo de 8 puertos Giga Ethernet.

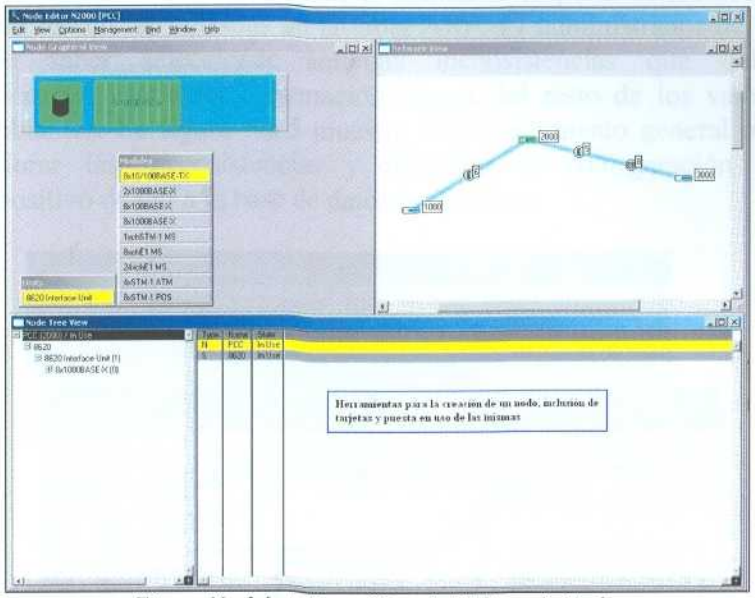


Figura No.3 Interfaz gráfica del Editor de Nodos
Fuente: Elaboración propia, configuración hecha para otra red

Desde el Editor de Nodos se puede poner en uso un módulo de interfaz completo, aunque se recomienda poner en uso cada interfaz y cada proceso de configuración por separado desde el "Gestor de Nodos", pudiendo chequear las inconsistencias en cada caso, evitando así tener que cambiar o modificar varios parámetros en caso de producirse un error general. La siguiente figura muestra el

primer método para poner en uso tanto al nodo, como a todas las unidades o módulos que lo conforman desde el Editor de Nodos.

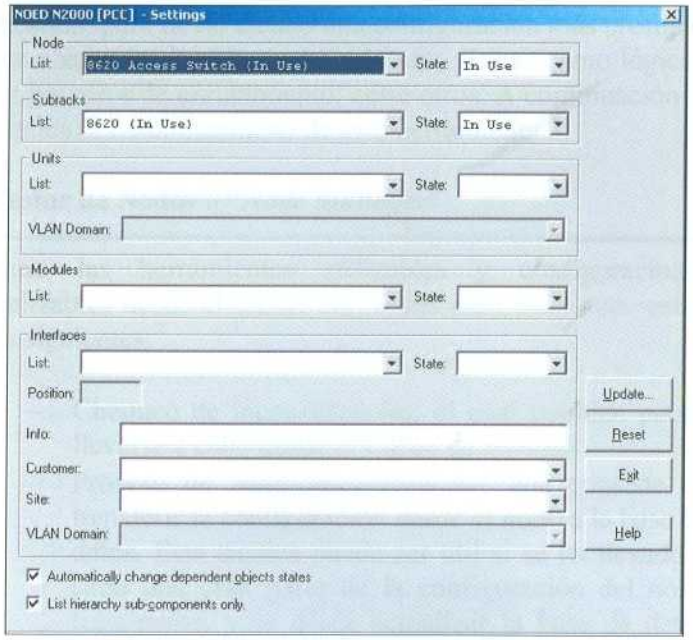


Figura No.4 Puesta en uso de todos los módulos del nodo
Fuente: Elaboración propia, configuración hecha para otra red

En el la barra de herramientas de gestión del Editor de Nodos está la función de "Chequeo de Inconsistencias", con la cual se realiza una comparación entre la configuración y valores de distintos parámetros presentes en el archivo de configuración del nodo seleccionado, con la configuración y valores almacenados en la base de datos. Posteriormente, se muestran al administrador de red las inconsistencias entre ambos, y le da dos opciones para eliminarlas: copiar la configuración de la base de datos al nodo o viceversa. Hay que tomar en cuenta que el chequeo de inconsistencias incluye el valor de ciertos parámetros que cambian constantemente en la memoria temporal de los nodos, como lo son las entradas de la tabla ARP. El administrador de red debe saber seleccionar aquellas inconsistencias que deben eliminarse, y obtener información acerca del resto de los valores cambiantes. La figura No.5 muestra el procedimiento general para explorar las inconsistencias y transferir la configuración del dispositivo de red a la base de datos o viceversa.

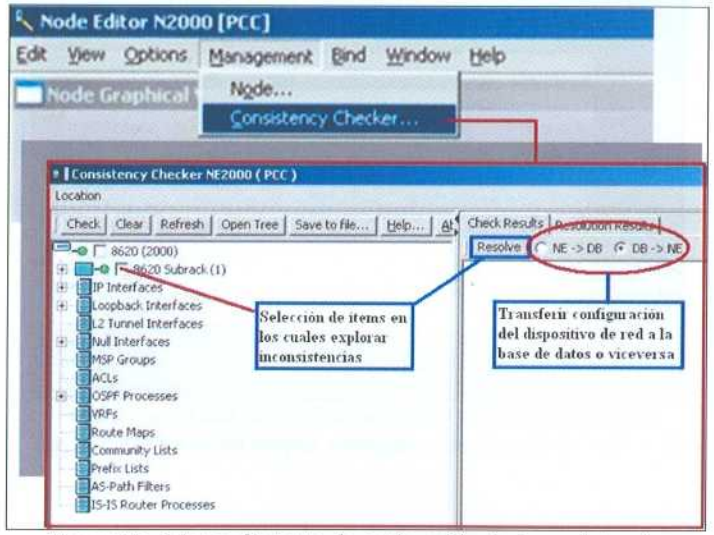


Figura No.5 Procedimiento de exploración de inconsistencias
Fuente: Telllabs, "Tellabs 8600 Network Manager R2.0 System Description", modificado por fuente propia

Una vez configurados los módulos que posee físicamente cada nodo en la red desde el sistema de gestión a través del Editor de Nodos, se selecciona en la barra de herramientas del Editor de Red al "Gestor de Nodos" y luego al nodo en cuestión, para llevar a cabo una configuración más profunda que abarca las interfaces de red, tanto físicas como lógicas, los procesos de enrutamiento, entre otros. A continuación se explica el funcionamiento de esta herramienta.

Gestor de Nodos o "*Node Manager*"

Entre las herramientas utilizables y configuraciones realizables desde el Gestor de Nodos para cada nodo están las siguientes:

- Chequeo de inconsistencias, el cual también puede llevarse a cabo desde el Editor de Nodos.
- Proceso de Auto-descubrimiento, que consiste en transferir la configuración desde el nodo a la base de datos. Esta técnica puede ser útil si se ha llevado a cabo una gran parte de la configuración del nodo localmente, y se desea actualizar la base de datos con dicha información de una manera rápida.
- Configuración IP de las interfaces físicas y/o lógicas.
- Configuración de ACL (Listas de Control de Acceso)
- Configuración de parámetros de calidad de servicio.
- Configuración de protocolos de enrutamiento OSPF y/o IS-IS.
- Visualización gráfica de los comandos "ping" y "traceroute" para probar la conexión con los distintos nodos y encontrar posibles problemas en la red.
- Visualización de la configuración que corre en cada uno de los nodos, a través de una interfaz gráfica similar a la que mostraría el nodo vía CLI; permite mostrar también la tabla de enrutamiento presente en cada nodo en tiempo real. Un ejemplo de ambos se muestra en las figuras No.6 y 7.

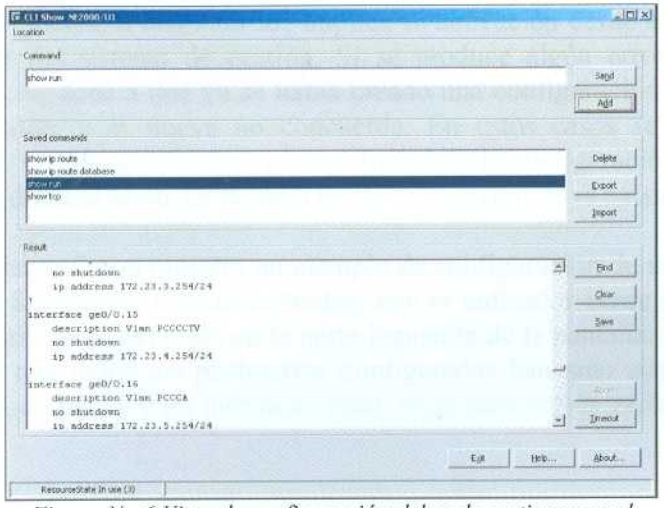


Figura No.6 Vista de configuración del nodo en tiempo real
Fuente: Elaboración propia, configuración hecha para otra red

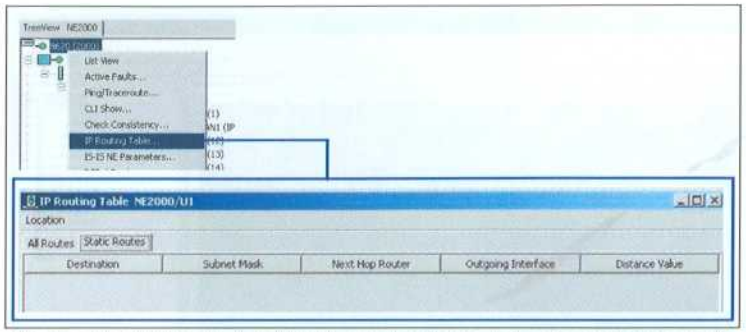


Figura No.7 Vista de la tabla de enrutamiento del nodo en tiempo real
Fuente: Elaboración propia, configuración hecha para otra red

La barra de herramientas general del Gestor de Nodos se muestra en la figura No.8. Adicionalmente, cada uno de los parámetros configurables posee sus propias opciones de configuración, por ejemplo, en el caso de una interfaz, se puede acceder a las herramientas de configuración IP, o a las de configuración MPLS.

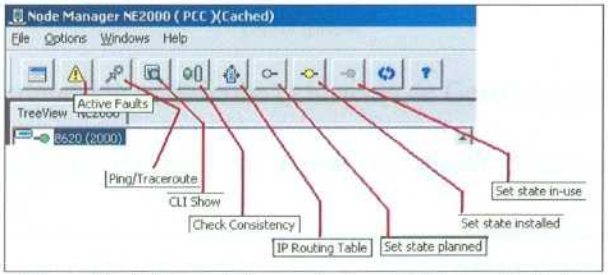


Figura No.8 Barra de herramientas del Gestor de Nodos
Fuente: Elaboración propia, configuración hecha para otra red

El Gestor de Nodos permite llevar a cabo todas las configuraciones deseadas mientras las unidades del nodo se encuentran en estado "planeado". De este modo se puede planificar la configuración de toda la red, independientemente del estado de los nodos, o si están o no conectados a los servidores. Una vez instalados los dispositivos de red, y configurada la conexión IP básica con el sistema de gestión, puede ponerse en estado "en uso" cada uno de los parámetros: bien sea una interfaz física o lógica, un proceso de enrutamiento, una lista de acceso, entre otros. El hecho de poner en uso por ejemplo a una interfaz, implica su activación desde el punto de vista del sistema de gestión. Si se produce algún error en el proceso, se debe a que ya se había creado una configuración previa en el nodo, y la nueva no concuerda. En estos casos se deben explorar las inconsistencias, y luego transferir la configuración de la base de datos al nodo, de manera tal de sobrescribir la ya existente.

La siguiente figura muestra un ejemplo de configuración de un nodo Tellabs 8660 en el Gestor de Nodos, con el indicador verde al lado del identificador del nodo en la parte izquierda de la pantalla, lo cual implica que todos los parámetros configurados han sido aceptados por el nodo físico, y las interfaces están listas para cursar tráfico.

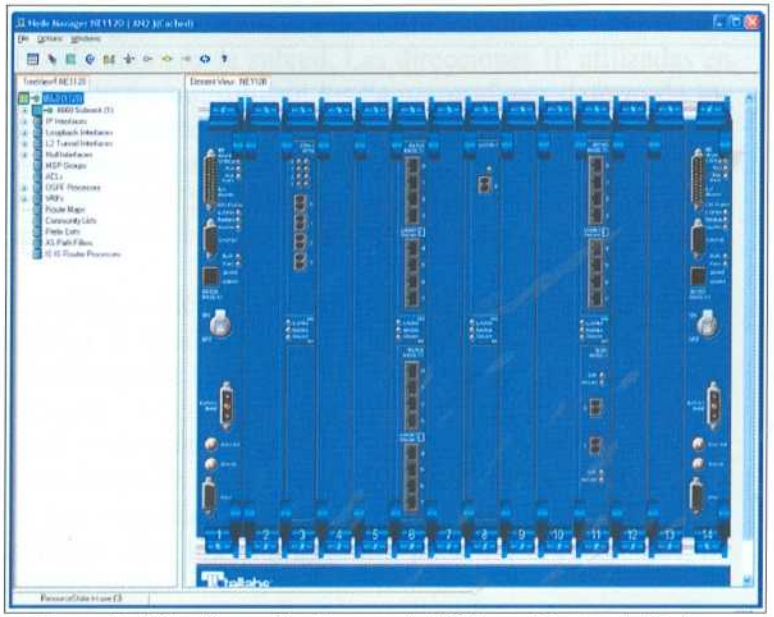


Figura No.9 Configuración de un nodo 8660 en el Gestor de Nodos
Fuente: Telllabs, "Tellabs 8600 Network Manager R2.0 System Description"

A continuación se describe el Sistema de Gestión de Fallas.

Sistema de Gestión de Fallas o "*Fault Management System*"

El Sistema de Gestión de Fallas se utiliza para monitorear y mostrar reportes de fallas de la red. El servidor de comunicaciones recibe información de errores desde los nodos y la transfiere al servidor de base de datos para mostrarla al administrador de red a través de esta herramienta en tiempo real. Los errores pueden deberse a fallas de software y/o hardware de un nodo, o de algún enlace, y son mostrados tanto de manera visual como con alarmas de sonido de manera tal de alertar al administrador para que tome acciones al respecto.

En las próximas secciones, se exponen las distintas configuraciones que pueden hacerse en una red desde el sistema de gestión Tellabs 8600, haciendo uso de las herramientas descritas anteriormente.

Configuración de Interfaces IP y MPLS

Tanto en las interfaces físicas como las lógicas asociadas a VLAN, pueden configurase los parámetros IP, MPLS, OSPF e IS-IS como se muestra en la figura No.10, según aplique en la red en cuestión. Para el caso de la red de Línea 1 de Metro sólo se utilizaron las dos primeras opciones.

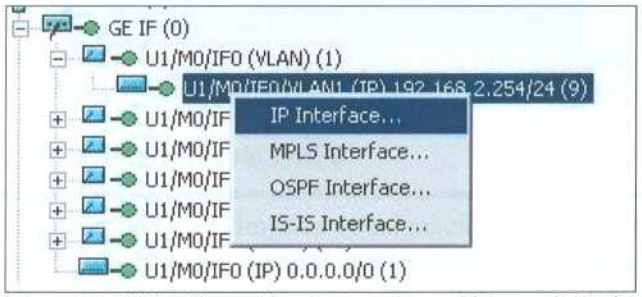


Figura No.10 Configuración de un nodo en el Gestor de Nodos
Fuente: Elaboración propia, configuración hecha para otra red

La configuración de los parámetros IP abarca la dirección IP, y la máscara de subred. Las direcciones IP utilizadas en cada interfaz constituyen los "*gateways*" por defecto de los sistemas conectados a las mismas. Las direcciones configuradas para el caso de la red de Línea 1 de CAMC terminan en .254, representando el último "*host*" de cada subred según el direccionamiento propuesto.

La configuración de los parámetros MPLS en cada interfaz, implica la habilitación de la conmutación de etiquetas, la habilitación de LDP y RSVP en los casos que corresponda, así como la configuración de parámetros intrínsecos de estos protocolos. Algunas de las opciones posibles se muestran en la figura No.11. Los parámetros configurados en las interfaces habilitadas para LDP y RSVP deben coincidir con los configurados para estos protocolos de manera global.

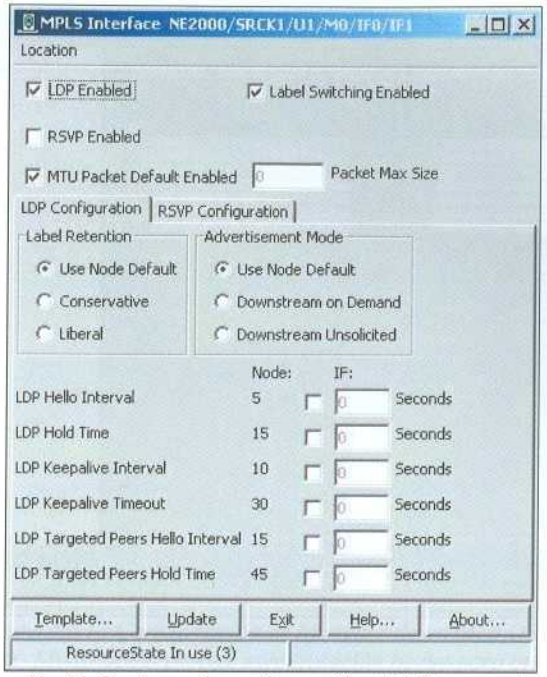


Figura No.11 Opciones de configuración MPLS en una interfaz
Fuente: Telllabs, "Tellabs 8600 Network Manager R2.0 System Description"

Configuración del Protocolo OSPF

La configuración de OSPF implica la asignación de un identificador a cada nodo, que por lo general corresponde a la dirección de "*loopback*", la configuración de las interfaces pasivas, la redistribución de otros protocolos, la métrica utilizada para las publicaciones, entre otros, como se muestra en la figura No.12.

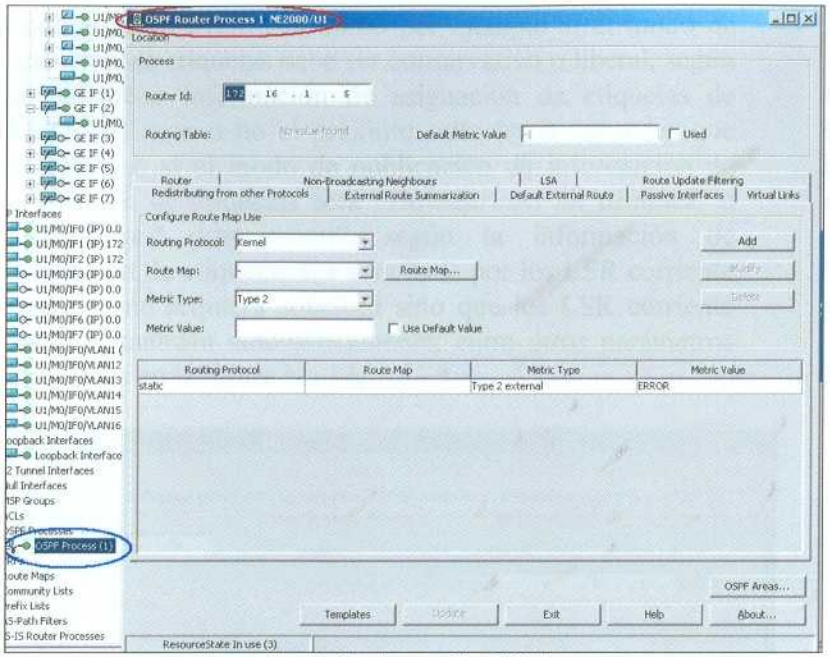


Figura No.12 Configuración OSPF
Fuente: Elaboración propia, configuración hecha para otra red

Uno de los modos de configuración OSPF es el modo "área", en el cual se puede insertar una nueva área OSPF, así como las redes directamente conectadas, que formarán parte del proceso de enrutamiento. La siguiente figura muestra la pantalla de configuración correspondiente.

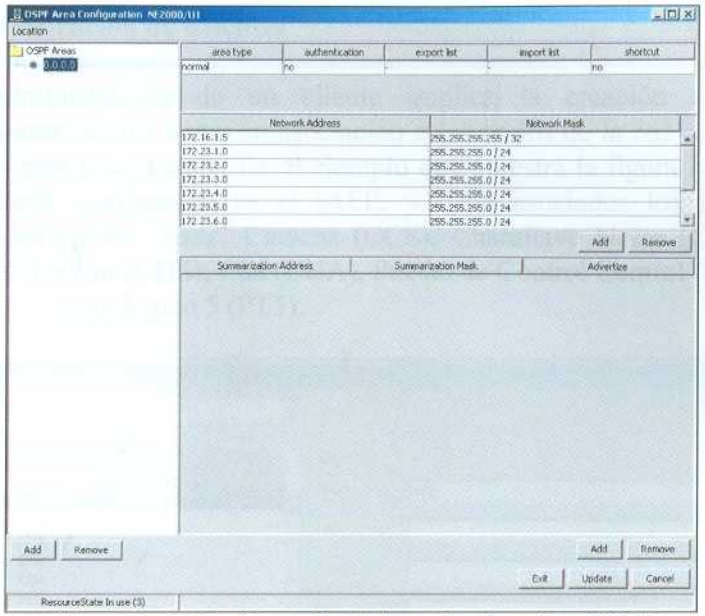


Figura No.13 Configuración de las redes de un área OSPF
Fuente: Elaboración propia, configuración hecha para otra red

Configuración del Protocolo LDP

En consistencia con los parámetros LDP configurados en las interfaces involucradas, debe configurarse el Protocolo de Distribución de Etiquetas LDP. Como identificador de enrutador LDP debe colocarse la dirección de "*loopback*"; puede habilitarse el POP o "*Penultimote Hop Popping*" que consiste en eliminar la etiqueta del paquete antes de enviarlo al E-LSR donde está conectada la red destino, aligerando así el proceso de enrutamiento en este enrutador; también pueden configurarse parámetros de

configuración avanzada, como por ejemplo si el modo de retención de etiquetas debe ser conservativo o liberal, según se almacene información de asignación de etiquetas de LSRs que sean o no el próximo salto hacia las redes que publican, o si el modo de publicación de información de asignación de etiquetas será "*Downstream on demand*" o "*Unsolicited downstream*", según la información de asignación de etiquetas sea solicitada por los LSR corriente arriba, o no requiera solicitud sino que los LSR corriente abajo la mandan automáticamente; entre otros parámetros mostrados en la figura No.14.

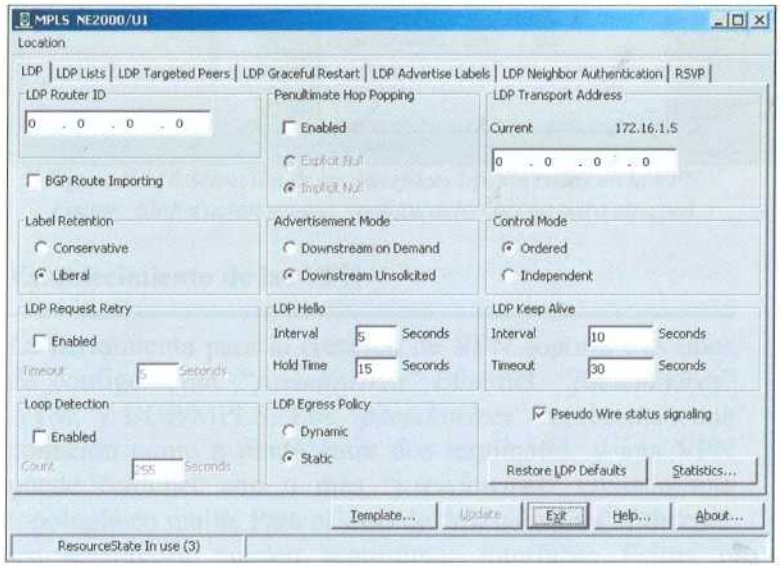


Figura No.14 Configuración de LDP
Fuente: Elaboración propia, configuración hecha para otra red

Administración de Clientes

La administración de un cliente implica la creación de su configuración, así como su asociación a los nodos de la red con los cuales está involucrado. En el ejemplo que muestra la figura No.15, el cliente configurado es el IAFE, y tiene asociados los nodos ubicados en los "*sites*" Caracas (CCS), Charallave Norte (CHN), Charallave Sur (CHS), Cúa (CUA), Puesto de Control Central (PCC) y Puesto Tecnológico 5 (PT5).

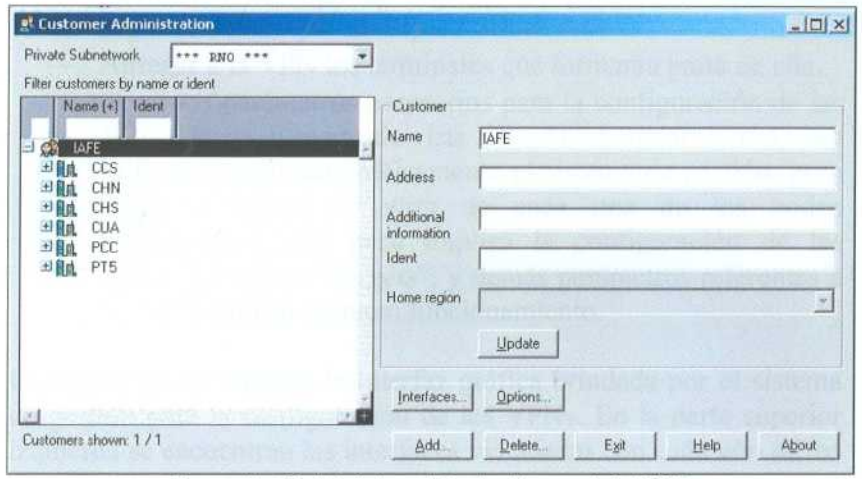


Figura No.15 Administración de clientes de la VPN
Fuente: Elaboración propia, configuración hecha para otra red

Posteriormente, se selecciona en cada nodo las interfaces físicas y/o lógicas que formarán parte del proceso de configuración de las VPN, tal como lo muestra la figura No.16.

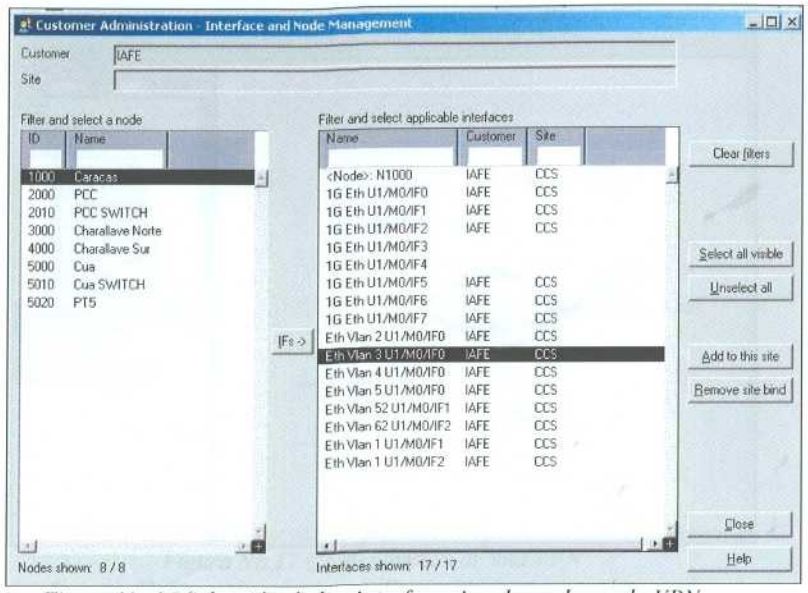


Figura No.16 Selección de las interfaces involucradas en la VPN
Fuente: Elaboración propia, configuración hecha para otra red

Establecimiento de las VPN

La herramienta para la creación de VPN soporta tres tipos de configuración: "*pseudowires*" Ethernet, "*pseudowires*" ATM, y BGP/MPLS. Los "*pseudowires*" representan una conexión punto a punto entre dos terminales, y una VPN puede contener uno o más "*pseudowires*" creando una topología en malla. Para el caso de "*pseudowires*" Ethernet, los terminales pueden representar interfaces físicas o subinterfaces VLAN; en el segundo caso los terminales pueden ser interfaces vinculadas a circuitos virtuales o permanentes ATM; y en el tercer caso las conexiones no necesitan ser punto a punto, sino que múltiples terminales pueden formar parte de la misma VPN, de manera tal que el tráfico que genere una de las interfaces pueda recibirse por cualquier otra de las interfaces involucradas en dicha VPN.

La configuración de las VPN BGP/MPLS implica el siguiente proceso:

- Definición del tipo de VPN y los parámetros requeridos según el caso.
- Agregar a la VPN los terminales que formarán parte de ella.
- Crear los parámetros necesarios para la configuración de las VPN. Desde el punto de vista del administrador de red, esto lo lleva a cabo automáticamente el sistema de gestión, pero desde el punto de vista de cada uno de los nodos involucrados, este paso implica la configuración de las VRFs, los "*Route Targets*", y demás parámetros referentes a las VPN para su correcto funcionamiento.

La figura No.17 muestra la interfaz gráfica brindada por el sistema de gestión para la configuración de las VPNs. En la parte superior izquierda se encuentran las interfaces vinculadas con cada uno de los "*sites*", a la derecha se representa gráficamente a la VPN como una nube, hacia la cual deben arrastrarse con el ratón las interfaces pertenecientes a distintos "*sites*" que formarán parte de ella, y en la parte inferior izquierda aparecen los nodos involucrados en la VPN, según las interfaces seleccionadas por el administrador de red.

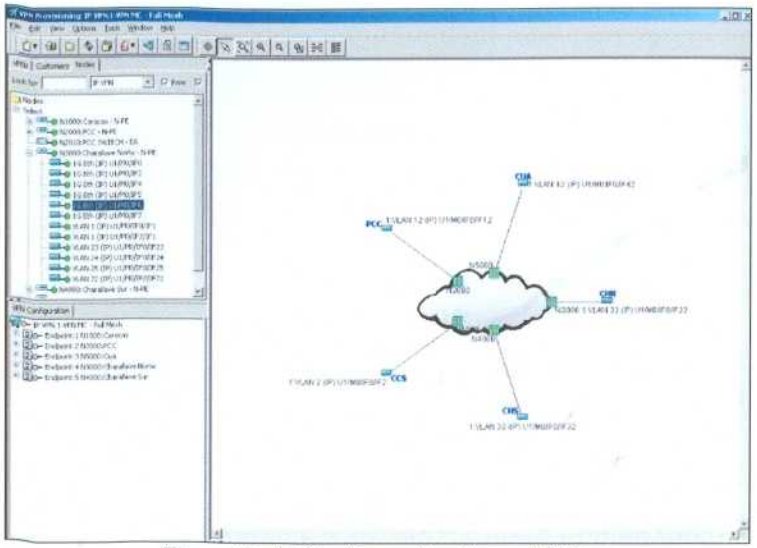


Figura No.17 Configuración de una VPN
Fuente: Elaboración propia, configuración hecha para otra red

Configuración de la Ingeniería de Tráfico

Esta herramienta puede utilizarse para crear túneles de tráfico entre distintos nodos utilizando rutas explícitas a través de la red, con la flexibilidad de designar todos los saltos que debe seguir el tráfico de datos de un túnel específico, o designar sólo algunos de los saltos y dejar que el camino restante sea escogido por los nodos. Adicionalmente permite visualizar los "*path*" o caminos seleccionados por los nodos, cuando se configuran túneles dinámicos que utilizan el algoritmo CSFP ("*Constrained Shortest Path First*"). La siguiente figura muestra un ejemplo de configuración de túneles.

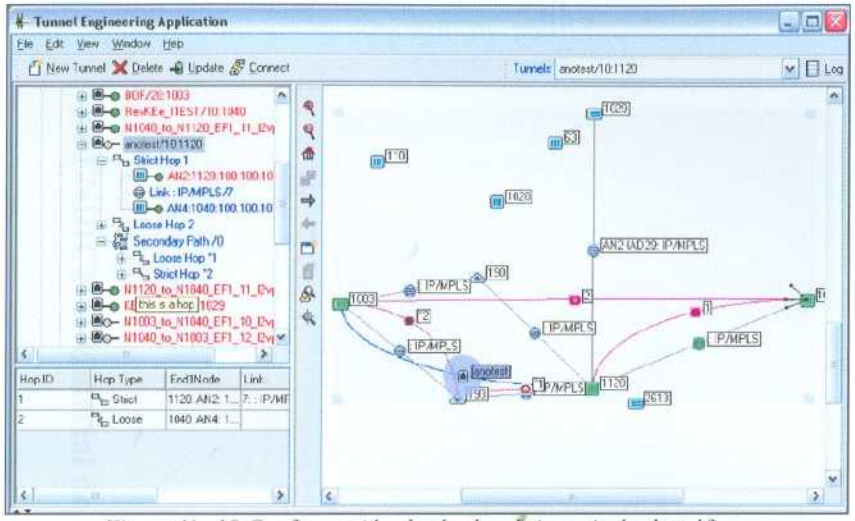
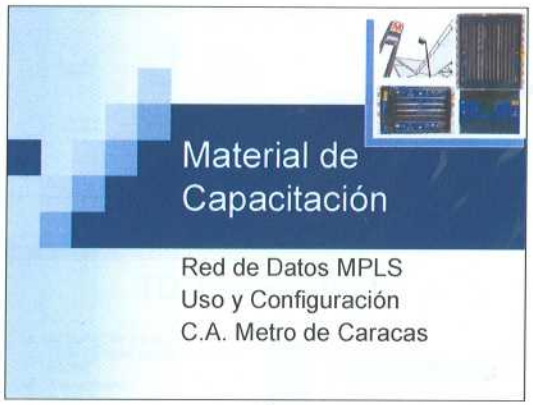


Figura No.18 Configuración de túneles de ingeniería de tráfico
Fuente: Telllabs, "Tellabs 8600 Network Manager R2.0 System Description"

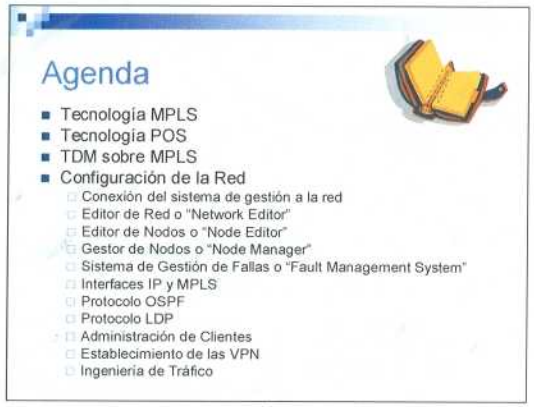
APÉNDICE J. Material de Capacitación

Material de Capacitación

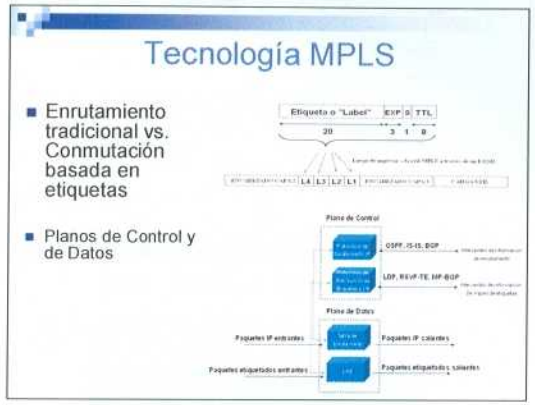
En este apéndice se muestran las láminas pertenecientes a la presentación utilizada como material de capacitación para el personal del Metro de Caracas. La presentación fue realizada en Microsoft Power Point y se anexa en el CD del presente Trabajo Especial de Grado.



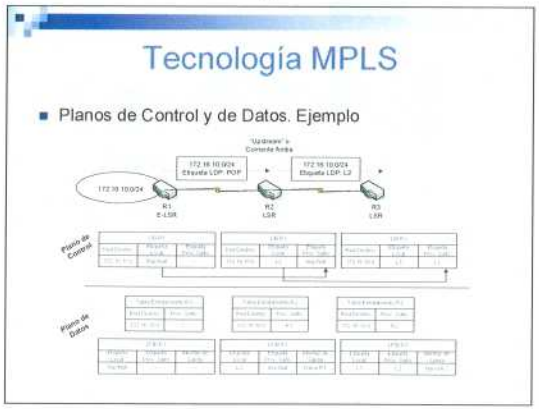
1



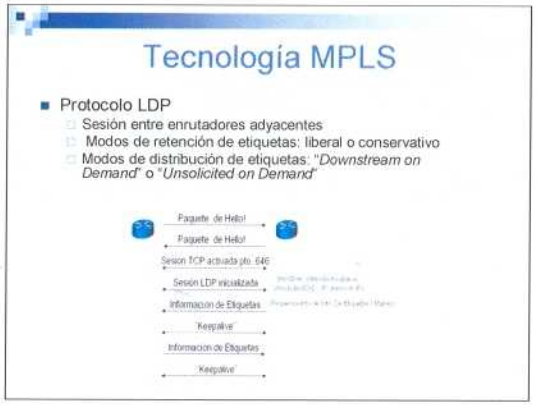
2



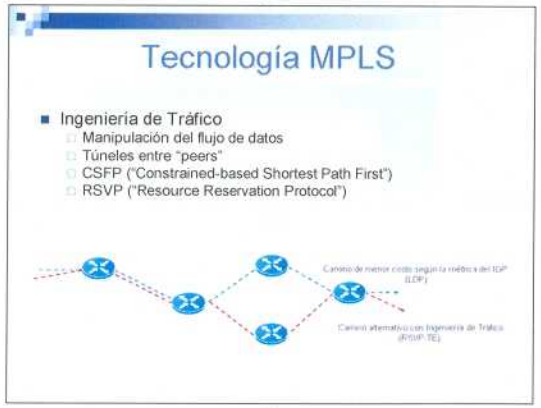
3



4



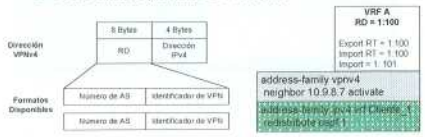
5



6

Tecnología MPLS

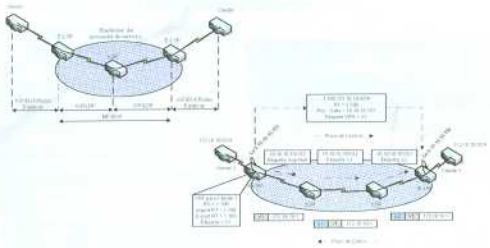
- VNPs sobre MPLS
  - Tablas de enrutamiento y conmutación virtuales VRFs
    - Parámetros configurables
  - Aprendizaje y Publicación de rutas
  - Protocolo MP/BGP-4
    - "Peers" remotos y familias de direcciones



7

Tecnología MPLS

- Planos de Control y de Datos



8

Tecnología POS (Packet over Sonet / SDH)

- Proceso de encapsulamiento
- Procesos de "*stuffing*" y "*de-stuffing*"
- Proceso de "*scrambling*"
- Mapeo sobre la trama STM-16

9

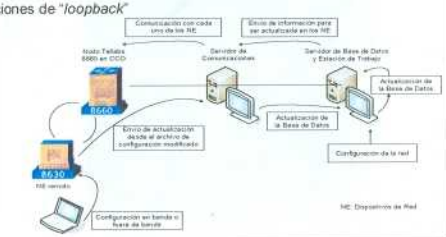
TDM sobre MPLS

- SAToP ("*Structure-Agnostic Time Division Multiplexing over Packet*")
- "Pseudowires"
- Encapsulamiento
- Retos de TDM sobre una red de paquetes

10

Conexión del sistema de gestión a la red

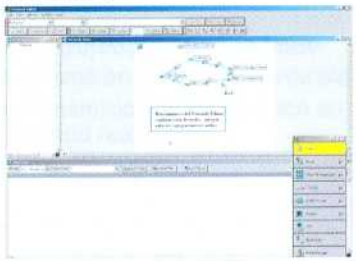
- Servidor de Comunicaciones: dos tarjetas de red
- "*Single Server*"
- Ruta estática hacia direcciones de "*loopback*"
- Conexión IP básica
- Configuración local y remota
- Herramientas de software



11

Editor de Red o "Network Editor"

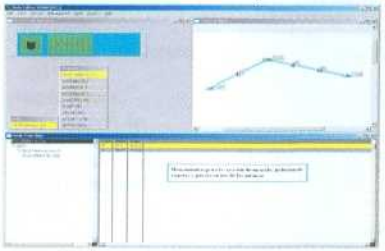
- Redes tipo "*Core*" y "*Edge*"
- Proceso de descubrimiento, direcciones de "*loopback*"
- Inclusión de nodos y enlaces



12

Editor de Nodos o "Node Editor"

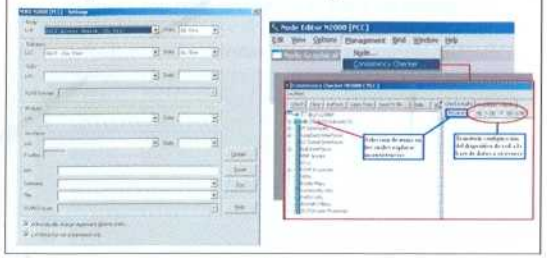
- Inserción de módulos de interfaz
- Consistencia con la configuración física de los nodos
- Puesta en uso de los módulos
- Exploración de inconsistencias de configuración



13

Editor de Nodos o "Node Editor"

- Inserción de módulos de interfaz
- Consistencia con la configuración física de los nodos
- Puesta en uso de los módulos
- Exploración de inconsistencias de configuración



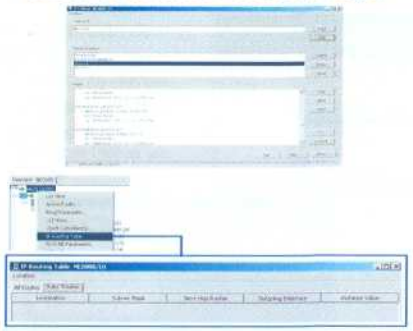
14

Gestor de Nodos o "Node Manager"

- Chequeo de inconsistencias
- Proceso de Auto-descubrimiento
- Configuración IP de las interfaces físicas y/o lógicas
- Configuración de ACL (Listas de Control de Acceso)
- Configuración de parámetros de calidad de servicio
- Configuración de protocolos de enrutamiento OSPF y/o IS-IS
- Visualización gráfica de los comandos "ping" y "traceroute"
- Visualización de la configuración de los nodos y tablas de enrutamiento en tiempo real
- PLANIFICACIÓN DE TODA LA RED: ESTADO PLANEADO

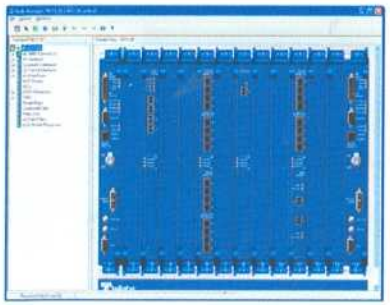
15

Gestor de Nodos o "Node Manager"



16

Gestor de Nodos o "Node Manager"



17

Sistema de Gestión de Fallas o "Fault Management System"

- Monitoreo y reporte de fallas
- Errores en software y hardware
- Transmisión de infomración en tiempo real

18

Configuración de la Red

- Interfaces IP y MPLS
  - Dirección IP, máscara de subred
  - "*Gateways*" por defecto .254
  - Habilitación y configuración de parámetros LDP y RSVP → concordancia con la configuración global

19

Configuración de la Red

- Protocolo OSPF
  - Identificador del enrutador
  - Área y subredes que formarán parte del proceso de enrutamiento
  - Redistribución de rutas

20

Configuración de la Red

- Protocolo LDP
  - Identificador LDP del enrutador
  - POP
  - Retención de etiquetas
  - Modo de publicación de etiquetas

21

Configuración de la Red

- Administración de Clientes
  - Creación de clientes
  - Asociación de "*sites*"
  - Vinculación de interfaces físicas y/o lógicas

22

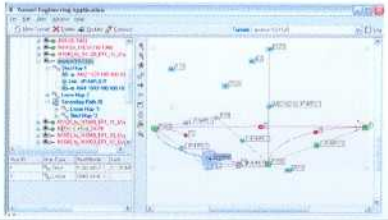
Configuración de la Red

- Establecimiento de las VPNs
  - Definición del tipo de VPN
  - Agregación de terminales
  - Creación de parámetros necesarios (VRFs, "*Route Targets*", etc.)

23

Configuración de la Red

- Ingeniería de Tráfico
  - Túneles entre "*peers*"
  - Establecimiento del "*path*" explicito completo o parcial
  - "*Paths*" dinámicos



24