



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN DE TRÁFICO Y ELIMINACIÓN
DE ANILLO SDH NORTEL EN CORE DE RED DE TRANSPORTE**

Otto Ismael Arévalo Rodríguez

Asesorado por el Ing. Víctor Manuel Navas Martínez

Guatemala, enero de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN DE TRÁFICO Y ELIMINACIÓN
DE ANILLO SDH NORTEL EN CORE DE RED DE TRANSPORTE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

OTTO ISMAEL ARÉVALO RODRÍGUEZ

ASESORADO POR EL ING. VICTOR MANUEL NAVAS MARTÍNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, ENERO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Enrique Edmundo Ruiz Carballo
EXAMINADORA	Inga. María Magdalena Puente Romero
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier González López
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN DE TRÁFICO Y ELIMINACIÓN DE ANILLO SDH NORTEL EN CORE DE RED DE TRANSPORTE

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 29 de abril de 2009.



Otto Ismael Arévalo Rodríguez.

Guatemala, 20 de julio de 2012

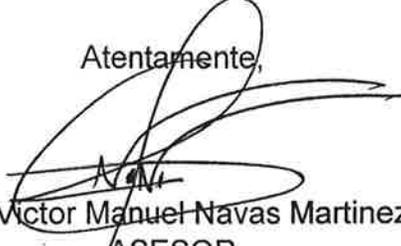
Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador de Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Estimado Ingeniero Guzman:

Por este medio me permito dar mi aprobación al Trabajo de Graduación titulado: **“PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN DE TRÁFICO Y ELIMINACIÓN DE ANILLO SDH NORTEL EN CORE DE RED DE TRANSPORTE”**, desarrollado por el estudiante Otto Ismael Arévalo Rodríguez con carné 1998-12196, ya que a mi criterio, considero que cumple con los requisitos establecidos, por lo que el autor y mi persona somos responsables del contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, le deseo éxito en sus actividades y le saludo cordialmente.

Atentamente,



Ing. Victor Manuel Navas Martinez
ASESOR
Colegiado 7,150

Victor Manuel Navas Martinez
INGENIERO EN ELECTRONICA
COLEGIADO 7,150



Ref. EIME 34. 2012

Guatemala, 26 de JULIO 2012.

Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
"PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN DE TRÁFICO Y
ELIMINACIÓN DE ANILLO SDH NORTEL EN CORE DE RED DE
TRANSPORTE", del estudiante Otto Ismael Arévalo Rodríguez,
que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
D Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Carlos Eduardo Guzmán Salazar
Coordinador Area Electrónica

CEGS/sro



REF. EIME 62. 2012.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; OTTO ISMAEL ARÉVALO RODRÍGUEZ titulado: “PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN DE TRÁFICO Y ELIMINACIÓN DE ANILLO SDH NORTEL EN CORE DE RED DE TRANSPORTE”, procede a la autorización del mismo.


Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



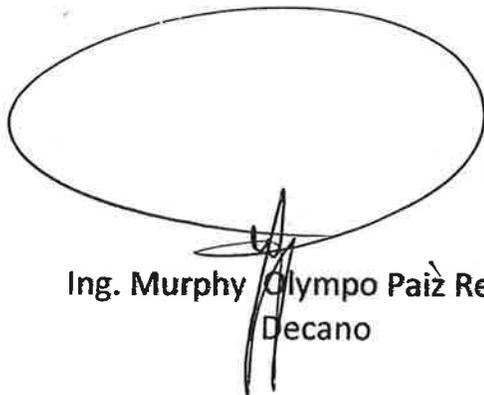
GUATEMALA, 9 DE NOVIEMBRE 2,012.



DTG. 003.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN DE TRÁFICO Y ELIMINACIÓN DE ANILLO SDH NORTEL EN CORE DE RED DE TRANSPORTE**, presentado por el estudiante universitario **Otto Ismael Arévalo Rodríguez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 10 de enero de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Nuestro creador	Por su misericordia y amor infinito, enviando a su único hijo para limpiar los pecados del mundo.
Mi madre	María del Carmen Rodríguez, por su amor y esfuerzo indispensable para que yo fuese un buen hombre.
Mi hermano	Joshua Sandoval, por ser un pilar fuerte e importante en mi familia.
Mi hermano	Cristian Arévalo, por su fortaleza y su lucha contra la adversidad más grande, mostrándome la obra de nuestro Dios en su propia vida.
Mi abuela	Amanda Castillo, por sus consejos e interés a lo largo de toda mi vida.
Mi padre	Otto Arévalo, por su ayuda a lo largo de los años para que yo pueda ser un profesional.
Mi prometida	Nancy Chacón, por su confianza y gran amor que me acompañará para toda la vida.

Mi tío	Manolo Escobar, por haber estado conmigo siempre hasta el día que partió a su morada eterna.
Familia Castillo	Por el cariño especial que siempre me han tenido.
Familia Arévalo	Por el cariño especial que siempre me han tenido.
Mis amigos scouts	Por ser mis hermanos y acompañar mi camino desde mi infancia.
Mis compañeros de trabajo	Por enseñarme la fórmula para hacer un gran equipo de amigos con metas comunes.
Ing. Víctor Navas	Por ser mi amigo y asesor de trabajo de graduación.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por formarme como profesional y ser fuente de conocimiento para Guatemala.
Y por último, pero no menos importante, mi patria Guatemala	Por ser mi hogar, mi identidad y darme la ilusión de verte progresar.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XXV
OBJETIVOS	XXVII
INTRODUCCIÓN	XXIX
1. CONSIDERACIONES TEÓRICAS FIBRA ÓPTICA, SDH Y PDH	1
1.1. Fibra óptica	1
1.1.1. Transmisión a través de la fibra óptica	3
1.1.2. Estructura de la fibra	4
1.1.3. Tipos de fibra óptica	5
1.1.4. Tipos de conectores	7
1.1.5. Atenuación en fibra óptica	8
1.1.6. Atenuación por tramo	10
1.1.7. Atenuación por empalme o fusión	11
1.1.8. Cálculo de enlace de fibra óptica	13
1.2. Multiplexación	15
1.2.1. Asignación de subcanales en multiplexación	17
1.2.2. Trama E1	19
1.3. Jerarquía Digital Plesiosíncrona (PDH)	21
1.3.1. CRC para alineamiento de trama	28
1.4. Jerarquía Digital Síncrona (SDH)	30
1.4.1. Trama STM-1	31
1.5. Sincronía	36

1.5.1.	Sincronización del reloj primario de referencia (PRC).....	37
1.5.2.	Maestro/esclavo jerarquizado	38
1.5.3.	Maestro/esclavo con preselección	39
1.5.4.	Sincronismo mutuo.....	39
1.6.	Componentes de una red SDH	40
1.7.	Topología para red SDH	42
1.7.1.	Topología de anillo	42
1.7.2.	Topología de estrella.....	44
1.8.	Notación KLM para VC-12	45
2.	PLATAFOMAS DE GESTIÓN	47
2.1.	Generalidades de gestión remota de nodos en redes de fibra óptica.....	47
2.2.	Plataforma de gestión para nodos Lucent Wavestar AM1	50
2.2.1.	Matriz de cross-conexión.....	55
2.2.2.	Aprovisionamiento de nodo como elemento de red y circuitos VC-12	57
2.3.	Plataforma de gestión para nodos Nortel 16XE, Nortel 4XE y Nortel 4T.....	64
2.3.1.	Matriz de cross-conexiones en equipos Nortel.....	66
2.4.	Plataforma de gestión para nodos SDH Tellabs	73
2.4.1.	Aprovisionamientos de equipo	73
2.4.2.	Generación e interpretación de alarmas.....	76
2.4.3.	Concepto y tipos de troncal en equipos Tellabs	82
2.4.4.	Generación de circuitos.....	83
2.4.5.	Adaptación de alto orden para conexiones STM-N.....	85

3.	PROYECTO DE ELIMINACIÓN ANILLO SDH NORTEL CENTRAL	89
3.1.	Análisis de Anillo Central por regiones	90
3.2.	Identificación de circuitos SDH en red actual	99
3.2.1.	Circuitos en equipos Nortel.....	99
3.2.2.	Eliminación de rutas ya no utilizadas.....	100
3.3.	Análisis de tráfico activo	101
4.	PLANIFICACIÓN Y PRESENTACIÓN DEL PROYECTO DE NUEVA RED CONVERGENTE	107
4.1.	Presentación de alternativas de planificación de nueva red	109
4.1.1.	Comunicación de redes IP, conceptos básicos	109
4.1.2.	Ethernet y redes capa 2.....	112
4.1.3.	Paquete IP y redes capa 3	118
4.1.4.	Redes MPLS.....	124
4.2.	Redes WDM	129
4.2.1.	Técnicas de multiplexación y demultiplexación en el plano óptico	137
4.2.2.	Limitantes de un sistema óptico WDM.....	138
4.2.3.	ROADM (Multiplexores ópticos de Inserción/ Extracción Reconfigurables)	139
4.2.4.	Dispersión Modal	146
4.2.5.	Dispersión por polarización de modo.....	147
4.2.6.	Dispersión cromática	148
4.3.	Propuesta para la nueva red reemplazo para la red SDH Nortel Central	150
4.3.1.	Identificación de requerimientos de clientes	153
4.3.2.	Caracterización de la red existente.....	154
4.3.2.1.	Caracterización Región Centro	155
4.3.2.2.	Caracterización Región Reformita.....	157

4.3.2.3.	Caracterización Región Guarda.....	159
4.4.	Diseño de alto nivel para nueva red.....	160
4.4.1.	Capa <i>Core</i>	161
4.4.2.	Capa de distribución.....	163
4.4.3.	Capa de acceso	165
4.5.	Planificación del proyecto.....	173
4.5.1.	Ciclo de vida de la dirección de proyectos	173
4.5.2.	Iniciación del proyecto.....	176
4.5.3.	Planificación del proyecto.....	177
4.5.4.	Diagramación por precedencia.....	179
4.5.5.	Método del Camino Crítico (MCC)	181
4.5.6.	Diagrama de Gantt	183
CONCLUSIONES.....		201
RECOMENDACIONES		205
BIBLIOGRAFÍA		207
APÉNDICES.....		209

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Partes que componen un cable de fibra óptica	5
2.	Comparación en micrones de fibra óptica multimodo y monomodo	6
3.	Perfil de índice de refracción de fibra óptica multimodo y monomodo ...	7
4.	Tipos de conectores y acopladores para fibra óptica	8
5.	Pérdidas por curvatura en fibra óptica	9
6.	Medición de atenuación por tramo con OTDR Hewlett Packard 8146	10
7.	Método de medición de atenuación de empalmes	12
8.	Ejemplos de atenuación por fusión	13
9.	Multiplexación de varios subcanales en un canal C	15
10.	Trama E1	20
11.	Niveles de multiplexación de la jerarquía PDH	22
12.	Analogía de 2 relojes para proceso de alineación de trama	25
13.	Algoritmo de alineación de trama	27
14.	Trama STM-1	32
15.	Sección de punteros y cabeceras en trama STM-1	34
16.	Mapa básico de multiplexación para SDH	35
17.	Esquema maestro/esclavo jerarquizado	39
18.	Obtención de fuente de sincronismo mutuo	40
19.	Topología en anillo	43

20.	Conmutación de tráfico en topología de anillo	43
21.	Topología de estrella en red SDH.....	44
22.	Notación KLM para VC-12 dentro de contenedor VC-4.....	45
23.	Mapeo de KLM dentro de contenedor VC-4	46
24.	Sistema NMS.....	48
25.	Esquema de sistema NMS Tellabs de gestión de nodos SDH	49
26.	Niveles de multiplexación E1 a STM-1 en equipos Lucent.....	51
27.	Equipo Lucent Wavestar AM1	52
28.	Esquema de gestión de equipos Lucent AM1.....	54
29.	Método de cross-conexión de tráfico en equipo Lucent AM1	56
30.	Ejemplo de circuito entre dos elementos Lucent Wavestar AM1	58
31.	Circuito tipo SNC en topología de anillo	59
32.	Ejemplo de tipos de cross-conexión desde plataforma de gestión	61
33.	Indicaciones de alarmas Lucent desde plataforma de gestión	62
34.	Apariencia física y distribución de tarjetas en equipos Nortel.....	64
35.	Instalación física de equipo Nortel 16XE	65
36.	Funcionamiento de matriz de cross-conexión Nortel XE	66
37.	Cross-conexiones formando un circuito SNC con equipos Nortel XE	68
38.	Línea de comando para configuración de equipos Nortel XE	69
39.	Comando para verificar cross-conexión Nortel	70
40.	Comando para realizar cross-conexión Nortel XE	71
41.	Comando para etiquetar cross-conexión Nortel XE	72
42.	Comando para desconexión de cross-conexión Nortel XE.....	72

43.	Ejemplo de montaje de equipo Tellabs 6350 en bastidor ETSI (izquierda) y equipo Tellabs 6340 montado en bastidor de 19 pulgadas.....	75
44.	Pasos para aprovisionamiento de equipos SDH Tellabs 63XX.....	76
45.	Listado de alarmas del administrador de fallas en NMS Tellabs.....	80
46.	Forma gráfica para visualización de alarmas en NMS Tellabs 8000....	81
47.	Canalización de en contenedores virtuales para una troncal	82
48.	Mapeo de troncales VC-4 dentro de troncal física STM-16.....	83
49.	Ejemplo de circuito con elementos de red Tellabs	84
50.	Ejemplo de troncal VC-4 virtual.....	85
51.	Adaptación de alto orden (HOA) en equipos SDH Tellabs.....	86
52.	Ejemplo de interconexión STN-1 Tellabs – Nortel mediante HOA	87
53.	Diagrama topológico de Anillo SDH Nortel Central	91
54.	Core del Anillo SDH Nortel Central	92
55.	Región Centro del Anillo SDH Nortel Central	93
56.	Región Guarda del Anillo SDH Nortel Central.....	95
57.	Región Reformita del Anillo SDH Nortel Central	97
58.	Red Nortel – Lucent y red Tellabs como redes paralelas para traslado de tráfico.....	103
59.	Troncales virtuales sobre equipos Tellabs 6340 para dimensionamiento de capacidad VC-12 para traslado desde red paralela Lucent	104
60.	Capacidad disponible en troncal virtual VC-4 Tellabs para traslado de tráfico.....	105
61.	Ruta de circuito que cumple topología de anillo.....	105

62.	Trama Ethernet.....	113
63.	Dispositivos capa 2.....	115
64.	Trama Ethernet con campo para etiquetas para VLAN	117
65.	Algoritmo de funcionamiento de un <i>switch</i> capa 2.....	118
66.	Símbolo esquemático de enrutador o <i>router</i>	122
67.	Ejemplo de reenvío de paquetes capa 3 entre redes LAN.....	123
68.	Elementos de una red MPLS	125
69.	Adición de etiqueta MPLS dentro de un paquete.....	126
70.	Capacidad de manejo de ancho de banda de la fibra óptica	130
71.	Ilustración del concepto de WDM	132
72.	Multiplexación de longitudes de onda en canales Tx y Rx	133
73.	Rango de espaciamiento para DWDM de 100 GHz, de 1492 a 1611 nm.....	134
74.	Rango en nm para las bandas C y L utilizadas para DWDM	136
75.	Principio de multiplexación óptica por prisma	137
76.	Principio de multiplexación óptica por difracción	138
77.	Concepto de bloqueador de longitud de onda ROADM	140
78.	Inserción y extracción de longitudes de onda	141
79.	Sistema eROADM mediante MEMS	143
80.	Concepto de conmutadores MEMS para eROADM.....	144
81.	Propagación de modos a través de la fibra óptica	146
82.	Representación de dispersión por polarización modal (PMD)	147
83.	Índice de dispersión versus longitud de onda en fibras ópticas	149
84.	Modelo de 3 capas para red convergente.....	151
85.	Esquema de red convergente distribuida por capas.....	153

86.	Caracterización de la red Región Centro	155
87.	Caracterización de la red Región Reformita.....	157
88.	Caracterización de la red Región Guarda	159
89.	Propuesta capa <i>core</i> para nueva red	162
90.	Topología nueva red <i>core</i> y distribución integrada.....	164
91.	Red de distribución y acceso Región Reformita.....	167
92.	Topología de red propuesta capa 2 (L2) Región Reformita	168
93.	Topología de acceso propuesta para Región Centro.....	171
94.	Topología de acceso capa 2 (L2) propuesta para Región Centro.....	171
95.	Interconexiones STM-N Región Guarda	172
96.	Procesos en el ciclo de vida de un proyecto	174
97.	Relación de dependencia entre actividades de un proyecto	178
98.	Diagrama de red del cronograma de un proyecto	179
99.	Cuadro para medición de tiempos en actividades de un proyecto	182
100.	Concepto de diagrama de Gantt	184
101.	Tareas principales del proyecto	186
102.	Dependencia de tareas para completar una tarea principal, tareas 1 a 25	192
103.	Desglose de tareas para cumplimiento del proyecto, tareas de 26 a 50	193
104.	Desglose de tareas para cumplimiento del proyecto, tareas de 51 a 75	194
105.	Desglose de tareas para cumplimiento del proyecto, tareas de 76 a 100	194

106.	Desglose de tareas para cumplimiento del proyecto, tareas de 101 a 125.....	195
107.	Desglose de tareas para cumplimiento del proyecto, tareas de 126 a 150.....	195
108.	Desglose de tareas para cumplimiento del proyecto, tareas de 151 a 175.....	196
109.	Desglose de tareas para cumplimiento del proyecto, tareas de 176 a 199.....	196
110.	Ejemplo de avance del proyecto a fecha de corte	197
111.	Ejemplo de línea crítica del proyecto a fecha de corte	198
112.	Diagrama de Gantt del proyecto entero	199

TABLAS

I.	Valores típicos de atenuación por conector PC	11
II.	Ejemplo de medición promedio de atenuación de empalmes.....	12
III.	Ancho de banda por trama PDH norma europea vs americana	22
IV.	Tabla de valores para CRC de trama de E1	29
V.	Descripción de bits de punteros y cabeceras en trama STM-1.....	33
VI.	Características básicas del equipo Lucent Wavestar AM1	53
VII.	Alarmas más comunes en red de equipos Lucent AM1	63
VIII.	Listado de comandos más utilizados para configuración Nortel XE	69
IX.	Tipos de alarmas más comunes en plataforma Tellabs 63XX.....	77

X.	Listado de alarmas más comunes en plataforma Tellabs 8000 para equipos SDH	78
XI.	Utilización de equipo Nortel 16XE Centro	94
XII.	Utilización de equipo Nortel 16XE Guarda	96
XIII.	Utilización de equipo Nortel 16XE Guarda	98
XIV.	Identificación de circuitos a través de segmentos de red Nortel	99
XV.	Circuito sin cross-conexiones en equipo Nortel Guarda 16XE	100
XVI.	Cross-conexiones en equipo Nortel Reformita 16XE	100
XVII.	Cross-conexiones en equipo Nortel Centro 16XE	101
XVIII.	Ejemplo para traslado de puertos eléctricos de E1 Nortel a Tellabs	102
XIX.	Resumen de funciones de las capas del modelo OSI	111
XX.	Formato de cabecera IP (versión 4)	119
XXI.	Asignación de etiquetas dentro de LSP MPLS	126
XXII.	Tabla de reenvío de etiquetas para paquetes en red MPLS	127
XXIII.	Tecnología y equipos propuestos por capas para la nueva red	161
XXIV.	Análisis de equipo propuesto para nueva red capa de Distribución	163
XXV.	Análisis de equipo propuesto para nueva red capa de acceso Región Reformita	165
XXVI.	Análisis de equipo propuesto para nueva red capa de acceso Región Centro	169
XXVII.	Ejemplo de aplicación de método de PERT y EDT	185

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
CSMA/CD	Acceso múltiple por detección de portadora con detección de colisiones
θ_c	Ángulo crítico
α_2	Atenuación por empalme
α_c	Atenuación por conector
α_r	Atenuación por reserva en dB/Km
WB	Bloqueador de longitud de onda
PLL	Bucle local de fase
QoS	Calidad de servicio
α_l	Coefficiente de atenuación en dB/Km
η	Coefficiente de reflexión
dB	Decibel
LED	Diodo emisor de luz
D	Dispersión
f	Frecuencia
Gbps	Gigabit por segundo
Kbps	Kilobits por segundo
L	Longitud de fibra óptica en kilómetros
λ	Longitud de onda
Mbps	Megabits por segundo
STM-1	Módulo de transporte síncrono

eROADM	Multiplexores ópticos de inserción - extracción reconfigurables mejorado
η_c	Número de conectores en enlace óptico
η_e	Número de empalmes en enlace óptico
ϵ	Permitividad del medio
LOF	Pérdida de trama
%	Porcentaje
OTDR	Reflector óptico en el dominio del tiempo
S/N	Relación señal a ruido
CLK	Señal de temporización de reloj
TEX1P	Tarjeta Tellabs de 21 puertos E1 eléctricos para 6340
3G	Tercer generación de telefonía celular
Te	Tiempo esperado
M	Tiempo más probable
O	Tiempo optimista
P	Tiempo pesimista
E0	Trama E0
UA	Unidad administrativa
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
C	Velocidad de la luz
VoIP	Voz sobre IP

GLOSARIO

ADM	Multiplexor de inserción y extracción.
AIS	Señal de indicación de alarma.
ATM	Modo de transferencia asíncrono.
BER	Tasa de bits errados.
<i>Broadcast</i>	Transmisión de paquetes o tramas que son enviadas sin discriminación a todos los elementos de la red.
BSC	Controlador de estaciones base.
Capa <i>core</i>	Capa más lejana del usuario final y suministra conmutación y ruteo de cantidades grandes de tráfico a altas velocidades de transferencia de datos.
Capa de acceso	Capa más cercana al usuario que suministra el acceso a la red.
Capa distribución	Capa que realiza la comunicación entre la capa de <i>core</i> y la capa de distribución. En este segmento se aplican esquemas de protección y segmentación de red.
CDMA	Acceso múltiple por división de código.

<i>Craft Terminal</i>	Herramienta para realizar configuración de los parámetros de funcionamiento de los equipos Tellabs 63XX.
CRC	Código cíclico redundante.
Cross-conexión	Matriz de conmutación de tramas a través de contenedores virtuales que realiza interconexión pasando por el plano de multiplexación y adaptando la jerarquía hacia los puertos de salida de equipos SDH.
Datagrama	Es una forma de transmisión de paquetes donde cada paquete es independiente uno del otro, cada paquete contiene la dirección destino, pero no existe garantía ni secuencia de recepción.
DCC	Canal de comunicación de datos.
DGD	Retraso diferencial de grupo.
DSF	Fibra con compensación de dispersión.
DWDM	Multiplexación densa por división de longitud de onda.
DXC	Cross-conector digital.
E0	Trama PDH con un ancho de banda de 64 Kbps.
E1	Trama PDH correspondiente a un ancho de banda de 2.048 Mbps.

EDT	Estructura de desglose de trabajo.
ETSI	Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones.
<i>Ethernet</i>	Es un estándar de redes de área local con acceso al medio por contienda.
FDM	Multiplexación por división de frecuencia.
Fibra óptica monomodo	Fibra óptica que puede propagar un solo modo de determinada longitud de onda haciendo que el haz de luz viaje de forma rectilínea.
Fibra óptica multimodo	Fibra óptica que puede propagar múltiples modos de multimodo determinada longitud de onda de forma simultánea debido a la medida del área transversal de su núcleo.
GSM	Sistema global para comunicaciones móviles.
<i>Hub</i>	Equipo que funciona en la capa 1 según el modelo OSI y replica en los puertos de salida la información que ingresa a través de alguno de sus puertos.
HOA	Adaptación de alto orden.
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.

Índice de refracción	Variación de fase por unidad de longitud de un fenómeno ondulatorio como la luz o el sonido cuando éste se propaga a través de un medio homogéneo y se define como el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad que tiene la luz en el medio homogéneo.
IP	Protocolo de Internet.
IS-IS	Sistema intermedio a sistema intermedio.
ITM-CIT	Interfaz local Craft Terminal para equipos Lucent AM1.
LAN	Red de área local.
Láser	Dispositivo que utiliza un efecto de la mecánica cuántica de emisión inducida o estimulada para generar un haz de luz coherente.
LER	<i>Router</i> etiquetador de borde.
Ley de Snell	Ley de la física que indica el ángulo de refracción de la luz cuando ésta atraviesa una superficie que separa dos medios de propagación de la luz con índices de refracción distintos.
LSP	Ruta de conmutación de etiquetas.
LSR	<i>Router</i> conmutador de etiquetas.

Lucent Wavestar AM1	Equipo marca Lucent utilizado para suministrar conexión STM-1 y como demultiplexor para el suministro de 16 puertos de E1.
Luz policromática	Luz que presenta un ancho de banda angosto ecualizado a una longitud de onda específica y es el tipo de luz que generan los emisores de láser.
MAC	Es un identificador único de 48 bits distribuidos en un 6 bloques hexadecimales y es propio y único de cada dispositivo de red. Se conoce también como dirección física y es ampliamente utilizado para la transmisión de tramas en la capa 2 de red. Los conmutadores capa 2 manejan tablas de direcciones MAC para el reenvío de tramas.
Método de PERT	Estimación de tiempo para una tarea de un proyecto basado en el promedio de 3 valores correspondientes a los tiempos pesimista, más probable y optimista.
MCC	Método de camino crítico.
MEMS	Sistemas microelectromecánicos.
Microsoft Project	Software utilizado para la gestión de proyectos.
MPLS	Conmutación multi-protocolo de etiquetas.
MSOH	Cabecera de la sección de multiplexación.

Multiplexación	Es la combinación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión usando un dispositivo llamado multiplexor.
NE	Elemento de red.
NMS	Sistema de administración de nodos.
NZDF	Fibra con dispersión “no cero”.
OTDR	Reflector óptico en el dominio del tiempo.
OSI	Interconexión de sistema abierto.
OXC	Cross-conector óptico.
PCM	Modulación por código de pulso.
PDH	Jerarquía digital plesiosíncrona.
PERT	Técnica de revisión y evaluación de programación.
PLC	Circuito de luz de onda plana.
PMD	Dispersión por polarización de modo.
PRC	Reloj primario de referencia.

Rango de Nyquist	Indica que la frecuencia de muestreo para recuperar una señal debe ser por lo menos 2 veces la frecuencia más alta.
RDI	Indicación de defecto remoto.
Reflectancia	Se define como la relación entre la potencia electromagnética incidente con respecto a la potencia electromagnética reflejada por una superficie.
RNC	Controlador de red de radio.
ROADM	Multiplexores ópticos de inserción - extracción reconfigurables.
Router	Equipo que opera en la capa de red o capa 3 del modelo OSI y transmite paquetes entre las distintas redes conocidas por su tabla de ruteo.
RSOH	Cabecera de la sección de regeneración.
SDH	Jerarquía digital síncrona.
SLA	Contratos de nivel de servicio.
Slot	Ranura para inserción de tarjetas electrónicas con funciones específicas en equipos de telecomunicaciones.
SMF	Fibra monomodo estándar.

SNC	Conexión por subred.
SNMP	Protocolo simple de administración de red.
Stakeholders	Designación que se le da en la dirección de proyectos a todos los interesados en la ejecución y gestión de un proyecto en general.
STP	Protocolo <i>Spanning Tree</i> .
Switch	Equipo que funciona en la capa de enlace de datos o capa 2 según el modelo OSI y realiza la comunicación a través de tramas utilizando un algoritmo basado en direcciones MAC.
TCID	Control de identificación de etiquetas.
TCP	Protocolo de control de transporte.
TDM	Multiplexación por división de tiempo.
Time slot	Segmento de una trama con ancho de banda determinado.
TM	Multiplexor terminal.
Trama	Unidad de envío de datos con ancho de banda determinado, generalmente es la unidad de transferencia de información en la capa de enlace de datos o capa 2 según el modelo OSI.

Tranceptores	Equipo capaz de transmitir una señal y recibir e interpretar una señal entrante.
Transponder	Dispositivo que forma parte de una red DWDM y se encarga de realizar la traslación de longitud de onda desde una lambda utilizada por equipos SDH hacia una señal multiplexada de varias longitudes de onda WDM.
Trunk	Enlace troncal cuyo ancho de banda es dividido en subcanales llamados VLAN.
TTI	Identificador de traza de ruta.
TTL	Tiempo de vida.
TUG	Grupo de unidad tributaria.
UDP	Es un protocolo de la capa de transporte del modelo TCP/IP caracterizado por su simplicidad y por la no detección de errores ya que es un protocolo no orientado a la conexión, se basa en datagramas.
VC	Contenedor virtual.
VLAN	Red de área local virtual.
VOA	Amplificador óptico variable.
WDM	Multiplexación por división de longitud de onda.

WSS

Conmutador selector de longitud de onda.

RESUMEN

En el capítulo 1 del presente trabajo de graduación, se realiza un repaso de los conceptos básicos de fibra óptica, redes PDH, redes SDH y del cómo éstas realizan el transporte de datos en redes TDM. En el capítulo 2, se define el concepto de gestión y operación de los elementos que conforman la red de equipos Nortel y Lucent a eliminar, realizando una adaptación sencilla y rápida a una red SDH ya existente de equipos Tellabs más modernos que conforman topologías que ayudarán a realizar un uso eficiente de los nodos y a minimizar gastos en el desarrollo del proyecto.

En el capítulo 3 se plantea un análisis de tráfico regionalizado, estableciendo una metodología de migración de tráfico desde la red a eliminar hacia redes paralelas, tomando en cuenta una disponibilidad de los servicios no menor al 99.99 del tiempo de operación.

Luego, bajo la premisa de cubrir la necesidad de anchos de banda más amplios mediante sistemas eficientes de conectividad de voz, datos y video sobre una red moderna y al mismo tiempo que pueda coexistir con las tecnologías legadas, que al final deberán ser reemplazadas de forma transparente a los usuarios, en el capítulo 4 se presentan distintas tecnologías distribuidas en capas aplicables a una red convergente con características DWDM, ROADM, Ethernet, IP y MPLS unificadas mediante un proyecto cuya gestión se lleva a cabo en un diagrama de Gantt.

OBJETIVOS

General

Formular un proyecto de migración de tecnología de transmisión de datos para un anillo SDH STM-16 formado por equipos Nortel 16XE y Lucent, hacia una nueva red convergente capaz de manejar voz, video y datos mediante tecnologías IP, Ethernet y MPLS.

Específicos

1. Realizar un repaso generalizado de los conceptos cualitativos de las telecomunicaciones por fibra óptica y las tecnologías más utilizadas en nuestro país, especialmente SDH y PDH.
2. Utilizar los conceptos básicos de SDH y PDH para realizar un análisis topológico de los elementos de la red Nortel – Lucent del Anillo SDH Nortel Central.
3. Conocer la forma en que opera a nivel de matriz de cross-conexión los equipos Nortel XE, Lucent y Tellabs para el análisis de tráfico activo.
4. Aprovechar los recursos de red actuales para realizar un plan de migración de tráfico sin afectar los servicios de los clientes que cursan por la red a eliminar.

5. Explorar tecnologías de telecomunicaciones por fibra óptica mejor adaptadas a la demanda de ancho de banda de hoy en día.
6. Formular un proyecto en fases, utilizando conceptos básicos sobre dirección de proyectos para el cambio de la antigua red SDH Nortel Central por una nueva red.

INTRODUCCIÓN

Durante la segunda mitad del siglo pasado el campo de las telecomunicaciones tuvo un auge que ha ido en incremento día a día. Desde el descubrimiento de la comunicación por radio frecuencia hasta los más modernos sistemas de telecomunicaciones por fibra óptica, la forma en que la humanidad trabaja hoy en día se ha hecho dependiente de la forma en que fluye la información. En tan solo 10 años, la demanda de ancho de banda ha crecido más de 100 veces, haciendo que la interconexión sea fundamental para las operaciones diarias de las empresas, para la educación y para las actividades sociales.

En Guatemala, la red de fibra óptica a lo largo de 10 años ha tenido un crecimiento aproximado de 20:1 y sigue en crecimiento. Las tecnologías empleadas para la interconexión de datos han evolucionado de forma tan impresionante que las empresas dedicadas al transporte de datos tienen la difícil tarea de hacer evolucionar su red para responder a tan inmensa demanda de ancho de banda, la cual está enfocada principalmente en la interconexión de voz y datos y a muy corto plazo al suministro de servicios de video.

La identificación de esta necesidad ha hecho que las empresas de telecomunicaciones tomen en consideración elaborar una estrategia de crecimiento de red apegada a la tecnología más moderna posible, que suministre escalabilidad a cierto plazo, velocidad para el desarrollo de servicios para los diferentes clientes y cuyos costos de operación y mantenimiento suministren un caso de negocio con cifras positivas.

Apegado a lo expuesto anteriormente, desde el 2008, una de las empresas de telecomunicaciones más grandes de Guatemala, identificó cierta parte de la red formada con equipos marca Nortel y Lucent, cuyo objetivo era el suministro de ancho de banda basado aún en tecnologías TDM, tales como SDH y PDH, sin embargo, éstos equipos que conforman dicha red son calificados como obsoletos, no solo por el tiempo de estar funcionando en la red, sino también por pertenecer a una tecnología inflexible para las necesidades de hoy en día.

Con una infraestructura ya definida, se identificó la necesidad de realizar el cambio de la red a determinado plazo, pero con la condicionante que la nueva red debería aprovechar parte de la infraestructura ya existente y que fuera una red escalable y preparada para el suministro de interconexión de banda ancha para telefonía móvil y fija, interconexión de datos, voz, video y acceso a internet para clientes corporativos, cubriendo las mismas áreas de cobertura que la red anterior.

De las razones anteriores se derivó la búsqueda de la mejor opción para el desarrollo de la nueva red, realizando un análisis cualitativo de servicios activos y realizando una planificación metódica de la evolución hacia una red convergente, con tecnologías mejor adaptadas a las exigencias de ancho de banda, tales como DWDM, Ethernet, IP y MPLS, pero conservando la parte aún aprovechable y ya existente de tecnologías TDM tales como SDH.

Se presenta a continuación un trabajo de graduación dividido en 4 capítulos, en donde se busca que un profesional en el ramo de ingeniería electrónica o telecomunicaciones pueda ir evolucionando en conceptos básicos y generales de las principales tecnologías de telecomunicaciones por fibra óptica utilizadas en Guatemala.

Conforme se vaya avanzando en el presente trabajo se podrán ir desarrollando los criterios que permitan ver las ventajas y desventajas de las tecnologías expuestas, de tal forma que se pueda realizar un análisis de la red actual de equipos Nortel y Lucent para luego integrar de forma general y por etapas un proyecto que tenga como resultado una red convergente que aproveche los recursos existentes y ayude a resolver el problema de la demanda exponencial de ancho de banda en las regiones de cobertura de la red.

1. CONSIDERACIONES TEÓRICAS FIBRA ÓPTICA, SDH Y PDH

Este capítulo trata sobre los fundamentos del uso de la fibra óptica como medio de transmisión de datos y su aplicación en tecnologías de telecomunicaciones utilizadas en nuestro país para el transporte de datos, exponiendo un conocimiento básico que serán base para la comprensión de los capítulos siguientes.

1.1. Fibra óptica

Hacia el año de 1959, como derivación de los estudios en física enfocados a la óptica, se descubrió una nueva utilidad para la luz que se denominó rayo láser y fue aplicado a las telecomunicaciones con el fin de que los mensajes se transmitieran a grandes velocidades con amplia cobertura en cuanto a distancia. En un principio la utilización del láser era muy limitada debido a que no existían los conductos o canales adecuados para hacer viajar las ondas electromagnéticas derivadas por los fotones de la fuente láser.

Fue entonces cuando los científicos y técnicos especializados en óptica dirigieron sus esfuerzos a la producción de un ducto o canal, conocido hoy como fibra óptica. En 1966 surgió la propuesta de utilizar una guía óptica para la comunicación utilizando la luz. La forma de usar la luz como portadora de información se puede explicar de forma sencilla ya que se trata en realidad de una onda electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, con la diferencia que la longitud de la onda es del orden de los micrómetros en lugar de metros o centímetros.

La fibra óptica como medio de transporte de información, se ha convertido en poco tiempo, en uno de los medios más explotados ya que ha revolucionado los procesos en las telecomunicaciones en todos los sentidos, logrando una mayor velocidad de transmisión o mayor ancho de banda y disminuyendo casi en su totalidad el ruido y las interferencias con relación a otros medios.

Las fibras ópticas son filamentos de vidrio de alta pureza extremadamente compactos con un grosor similar al de un cabello humano, son fabricadas a alta temperatura con base en silicio, su proceso de elaboración es controlado de tal forma que el índice de refracción de su núcleo, que es la guía de la onda luminosa, sea uniforme y evite las desviaciones de luz fuera del filamento.

Entre las principales características de la fibra óptica se pueden mencionar que son compactas, ligeras, con bajas pérdidas de señal, amplia capacidad de transmisión y un alto grado de confiabilidad debido a que son inmunes a las interferencias electromagnéticas tales como las radio frecuencias. Las fibras ópticas no conducen señales eléctricas por lo que son ideales para incorporarse en cables sin ningún componente conductor y pueden usarse en condiciones peligrosas de alta tensión.

La fibra óptica tiene la capacidad para el manejo de un extenso ancho de banda, lo cual incrementa la capacidad de transmisión de datos reduciendo el costo por canal; de esta forma se tiene un considerable ahorro en volumen de material y costo en relación con los cables de cobre.

Con un cable de seis fibras se puede transportar la señal de más de cinco mil canales o líneas principales, mientras que se requiere de 10,000 pares de cable de cobre convencional para brindar servicio a ese mismo número de usuarios.

Comparado con el sistema convencional de cables de cobre donde la atenuación de sus señales, es de tal magnitud que requieren de repetidores cada dos kilómetros para regenerar la transmisión, en un sistema de fibra óptica se pueden instalar tramos de hasta 100 km o más, dependiendo de la fuente luminosa (láser) y su longitud de onda, sin que haya necesidad de repetidores, lo hace que también la red sea más económica y de fácil operación y mantenimiento.

1.1.1. Transmisión a través de la fibra óptica

Físicamente la transmisión de luz a través de la fibra óptica es basada en la ley de la óptica conocida como ley de Snell aplicada a dos materiales o medios con distintos índices de refracción.

En el caso de la fibra óptica, los medios son el núcleo, con un coeficiente de reflexión η_1 y la cubierta con un coeficiente de reflexión η_2 , en donde $\eta_1 > \eta_2$, es decir, el medio 1 correspondiente al núcleo es más denso que el medio 2 correspondiente a la cubierta. Lo anterior permitirá que una onda incidente mediante un haz de luz desde un emisor, se refleje internamente hacia el medio más denso si el ángulo del haz incidente es mayor que el ángulo crítico. Este ángulo crítico está dado por la siguiente ecuación:

$$\theta_c = \text{Sen}^{-1} \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}$$

Donde ϵ_1 es la permitividad del medio más denso o núcleo y ϵ_2 es la permitividad del medio menos denso o cubierta. La propagación de la luz dentro de la fibra obedece al principio de reflexión interna total.

En un sistema de transmisión por fibra óptica existe un componente activo del proceso llamado transmisor, que se encarga de transformar las ondas electromagnéticas en energía óptica o luminosa.

Una vez que es transmitida la señal luminosa por la fibra, en el otro extremo del circuito se encuentra un tercer componente al que se denomina detector óptico o receptor, el cual tiene la función de transformar la señal luminosa proveniente del transmisor en energía electromagnética replicando la señal original. Por lo anterior, un sistema básico de transmisión consta de señal de entrada, amplificador, fuente de luz, corrector óptico, línea de fibra óptica (primer tramo), empalme, línea de fibra óptica (segundo tramo), corrector óptico, receptor, amplificador y señal de salida. Para el caso de señales ópticas más complejas en donde interactúan varias longitudes de onda, se requiere de un compensador de dispersión.

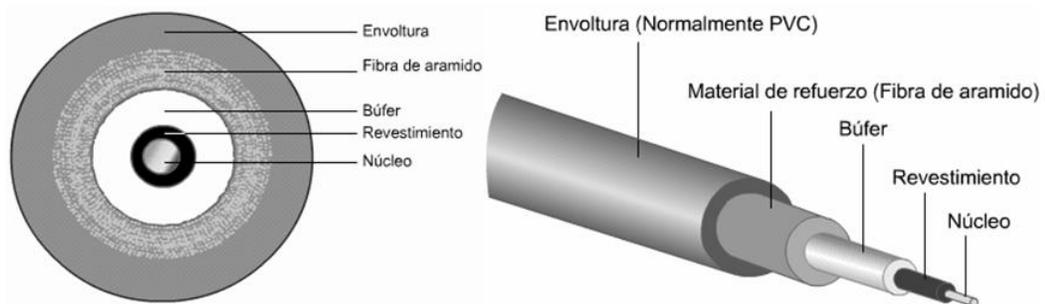
La señal luminosa del transmisor puede ser generada por *LED's* (diodos emisores de luz) o láser. Los diodos emisores de luz y el láser son fuentes adecuadas para la transmisión de datos mediante fibra óptica debido a que su salida se puede controlar rápidamente por medio de una corriente de polarización, además de su tamaño pequeño, su luminosidad, longitud de onda y el bajo voltaje necesario para manejarlos.

1.1.2. Estructura de la fibra

La fibra óptica es una hebra muy fina de vidrio con un grosor en el rango de las 125 micras de diámetro. Debido que las ondas electromagnéticas que conforman la luz tienden a viajar a través de una región que posea un índice de refracción alto, para retener la luz dentro del núcleo, es necesario recubrirlo con algún material de un índice de refracción diferente para mantener la reflexión

interna total necesaria dentro de la unión de ambos materiales. Un cable de fibra óptica se compone de cinco partes básicas identificadas como núcleo, cubierta o revestimiento, amortiguador, un material resistente y un revestimiento exterior tal. Lo anterior se muestra se muestra en la figura 1.

Figura 1. **Partes que componen un cable de fibra óptica**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

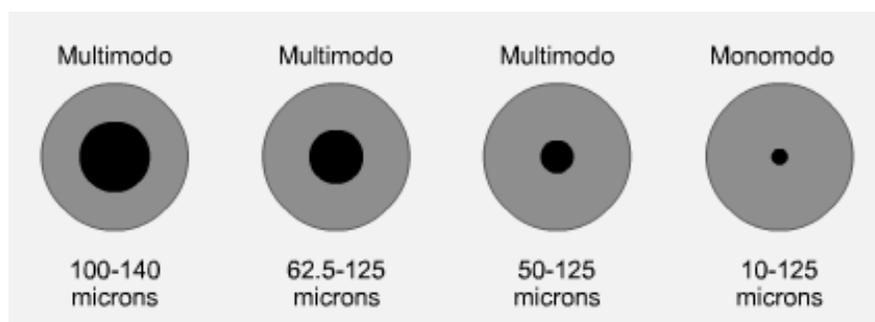
1.1.3. Tipos de fibra óptica

Básicamente existen dos tipos, fibra multimodo y monomodo. En las fibras multimodo, son guiados muchos modos o rayos luminosos en donde cada uno sigue un camino diferente dentro de la fibra óptica. Este efecto hace que su ancho de banda sea inferior al de las fibras monomodo. Los dispositivos que utilizan las fibras multimodo tienen un costo inferior debido que utilizan normalmente *LED's* y son mayormente aplicadas para comunicaciones de distancias cortas que varían típicamente de 0 a 10 Km y el núcleo de éste tipo de fibras varía entre 62.5 y 140 micrones. Debido que en éstas fibras el tamaño del núcleo es grande se tienen menores problemas de acople con el emisor o receptor, teniendo una mayor tolerancia a componentes de menor precisión.

Las fibras monomodo tienen un diámetro del núcleo mucho más pequeño y sólo permite la propagación de un único modo o rayo (con longitud de onda fundamental), el cual se propaga directamente sin reflexión. Este efecto hace que su ancho de banda sea muy elevado, por lo que su utilización se suele reservar para transmisiones que abarcan grandes distancias que pueden oscilar entre 10 Km y 100 Km. Este tipo de fibras funcionan exclusivamente con emisores y receptores láser.

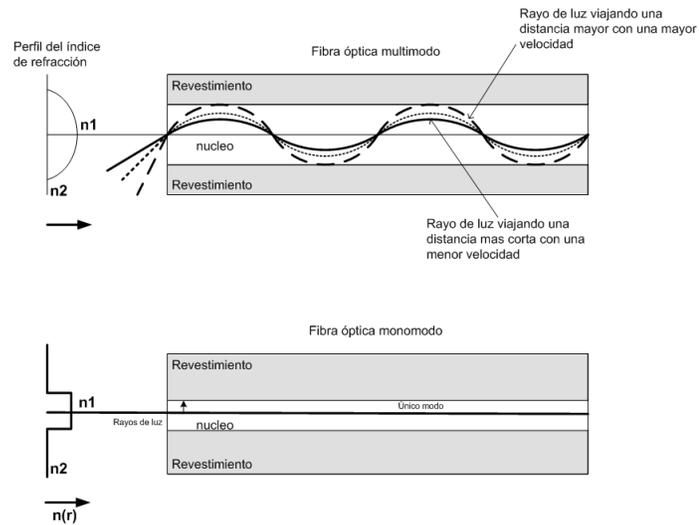
El núcleo de una fibra monomodo tiene de ocho a diez micrones de diámetro siendo los más comunes los núcleos de nueve micrones. Una de las desventajas de este tipo de fibras, es que al ser el núcleo mucho más estrecho, la conexión entre dos fibras tiene que ser mucho más precisa, encareciendo los conectores y el costo del cable en general. Existen 3 tipos básicos de fibra monomodo: NDSF, DSF y NZ-DSF cuya diferencia se basa en su adecuación para el funcionamiento con diferentes tipos de láser de distintas longitudes de onda. En la figura 2 se ilustra una comparación entre los núcleos para fibras multimodo y monomodo.

Figura 2. **Comparación en micrones de fibra óptica multimodo y monomodo**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Figura 3. **Perfil de índice de refracción de fibra óptica multimodo y monomodo**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

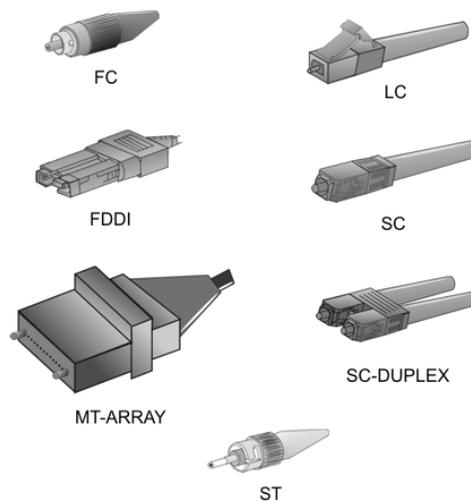
1.1.4. Tipos de conectores

Para poder acoplar la señal óptica desde la fuente de luz o emisor, se utilizan varios tipos de conectores entre los que encuentran los siguientes:

- FC, que se usa en la transmisión de datos en tecnología SDH, PDH. Este tipo de conector está siendo reemplazado por el conector tipo SC.
- FDDI, se usa para redes de fibra óptica
- LC y MT-Array, que se utilizan en transmisiones de alta densidad de datos en tecnologías SFP, WDM, SDH.

- SC y SC-Dúplex se utilizan para la transmisión de datos en tecnología SDH, PDH y Ethernet.
- ST o BFOC se usa en redes de edificios y en sistemas de seguridad

Figura 4. **Tipos de conectores y acopladores para fibra óptica**



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra>. Consulta: 22 de mayo de 2012.

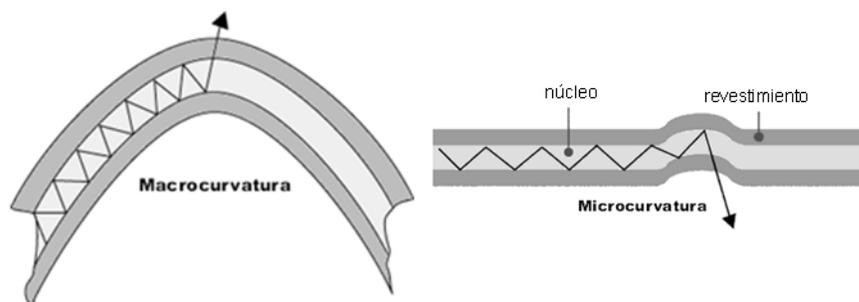
1.1.5. Atenuación en fibra óptica

Se conoce como atenuación a la pérdida de potencia óptica en una fibra y se mide en dB (decibeles) y dB/Km (decibeles por kilómetro). Una pérdida del 50% de la potencia de entrada equivale a -3dB. Las pérdidas pueden ser intrínsecas o extrínsecas. Las pérdidas de potencia intrínsecas son debidas a las propiedades naturales de la fibra debido a la composición del vidrio e impurezas.

Las ondas de luz en el vacío no sufren ninguna perturbación, pero si se propagan por un medio no vacío, interactúan con la materia del medio produciéndose un fenómeno de dispersión debida a la absorción y difusión. En la dispersión por absorción, la luz es absorbida por el material del medio transformándose en calor. En la dispersión por difusión, la energía se dispersa en todas las direcciones debido a cambios en la densidad del material del núcleo de la fibra.

Las pérdidas extrínsecas son debidas a factores externos de la fibra tales como mal cableado (pérdidas por curvatura) y empalmes o fusiones. Las pérdidas por curvaturas se producen cuando se tiene una curvatura excesivamente pequeña (radio menor a 4 o 5 cm) lo cual hace que los haces de luz escapen fuera del núcleo por superar el ángulo máximo de incidencia admitido para la reflexión interna total. Éstas pérdidas también se dan cuando existe aumento en la temperatura del cable de fibra debido a la diferencia entre los coeficientes de dilatación térmica entre la fibra y cobertor, lo cual produce cierta curvatura o deformación mecánica dentro del tubo que contiene los hilos de fibra.

Figura 5. **Pérdidas por curvaturas en fibra óptica**

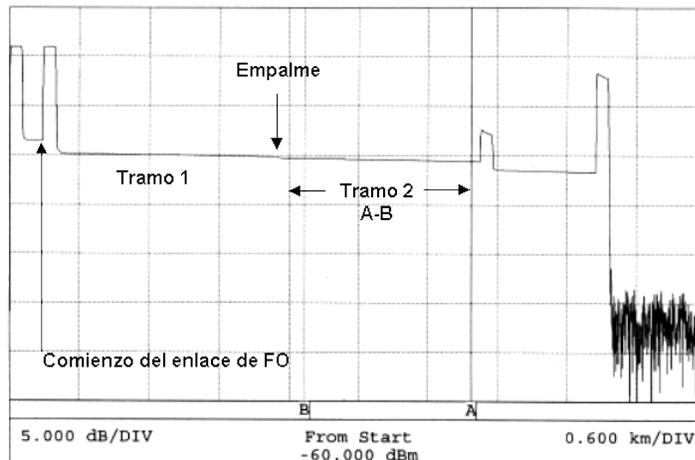


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Paint 6.1.

1.1.6. Atenuación por tramo

La atenuación por tramo es un valor práctico y su importancia es un parámetro decisivo en el despliegue de redes de fibra óptica y tiene su origen en las características de fabricación propia de cada fibra (naturaleza del vidrio, impurezas, etc.) y en la calidad de la instalación de planta externa, ambas en función de la distancia y por convención se mide en dB/Km: La atenuación por tramo indica cuántos dB de potencia óptica se pierden en un cable de fibra instalado de determinada longitud medida en kilómetros. Como ejemplo, en la figura 6 se muestra la atenuación de un tramo de fibra de 1.447 Km con una atenuación de 0.185 dB/Km.

Figura 6. **Medición de atenuación por tramo con OTDR Hewlett Packard 8146**



Parámetros de medición:	<i>Span</i> (rango) = 0 a 6 km	Resultado de la medición:
λ = 1556 nm	Promedios = 15	A-B = 1.447 km
Índice = 1.465	Cursor A = 3.976 km	LSA Attn = 0.185 dB/km
Ancho de pulso = 1000 ns	Cursor B = 2.529 km	

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Paint 6.7.

1.1.7. Atenuación por empalme o fusión

Cuando se empalma una fibra con otra mediante un procedimiento de alineación y fusión del núcleo, en la unión se produce una variación del índice de refracción la cual genera reflexiones y refracciones, sumándose a éstos fenómenos la presencia de impurezas, se tiene como resultado una atenuación cuyas pérdidas se pueden dar por dos razones:

- Por inserción, que corresponde a la atenuación que agregada a un enlace de fibra por un conector o empalme.
- De retorno o reflectancia, que corresponde a la pérdida debidas a la energía reflejada y se mide como la diferencia entre el nivel de señal reflejada y la señal incidente. Éste es un valor negativo que debería ser menor a -30 dB (típico -40dB).

En la tabla I se muestran ejemplos de valores típicos de atenuación para un conector:

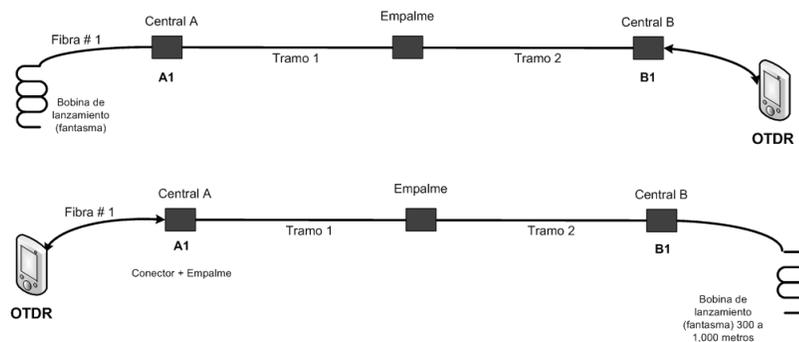
Tabla I. **Valores típicos de atenuación por conector PC**

<i>Insertion loss</i>	< 0.2 dB típico < 0.3 dB máximo
<i>Return loss PC</i>	< - 30dB
<i>Return loss Super PC</i>	< - 40dB
<i>Return loss Ultra PC</i>	< - 50dB

Fuente: elaboración propia.

El resultado real de la medición de un empalme se obtiene midiendo primero desde un extremo, y luego desde el otro extremo (en sentido contrario) tomando como atenuación del empalme el promedio de ambas mediciones (suma de la atenuaciones en cada sentido dividido entre 2), este procedimiento ampliamente utilizado en la implementación de redes de fibra y se ilustra en la figura 7. Como ejemplo se presenta la tabla II un láser incidente de 1550 nm que pasa a través de un cable de 4 hilos de fibra con empalmes entre los puntos A y B.

Figura 7. **Método de medición de atenuación de empalmes**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

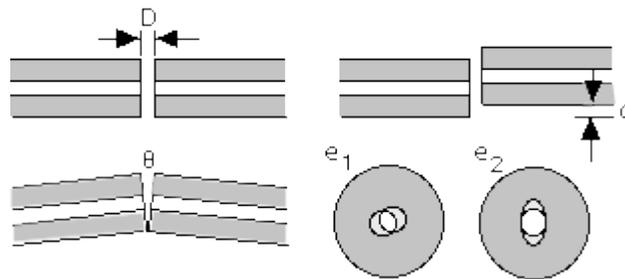
Tabla II. **Ejemplo de medición promedio de atenuación de empalmes**

Fibra No	A - B [dB]	B - A [dB]	Atenuación [dB]
1	0.30	0.30	0.30
2	0.15	0.35	0.25
3	0.20	0.30	0.25
4	0.10	0.40	0.25

Fuente: elaboración propia.

En algunos casos, la atenuación de un tramo de fibra es tan baja que en el final del mismo la señal óptica es demasiado alta y puede saturar o dañar el receptor. Entonces es necesario provocar una atenuación controlada y esto se hace con la misma empalmadora o fusionadora de fibra óptica a través de la función de empalme atenuado. Para realizar los empalmes atenuados una empalmadora puede desalinearse los núcleos o darle un ligero ángulo a una de las dos fibras durante la fusión de la forma como se ilustra en la figura 8.

Figura 8. Ejemplos de atenuación por fusión



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Paint 6.1.

1.1.8. Cálculo de enlace de fibra óptica

La atenuación total del cable considerando reserva será:

$$a_t = La_l + n_e a_e + n_c a_c + La_r$$

L = longitud del cable en Km

a_l = coeficiente de atenuación en dB/Km

n_e = número de empalmes

a_e = atenuación por empalme

n_c = número de conectores

a_c = atenuación por conector

a_r = reserva de atenuación en dB/Km

La reserva de atenuación o margen de enlace permite considerar una reserva de atenuación para empalmes futuros (reparaciones) y la degradación de la fibra a través de su vida útil. La magnitud de la reserva depende de la importancia del enlace, particularidades de la instalación así como la incidencia de cortes de fibra a lo largo de la ruta. Para dicha reserva generalmente se adoptan valores entre 0.1 dB/Km y 0.6 dB/Km. Un enlace debe ser proyectado para un margen de potencia igual a la máxima atenuación antes de ser necesaria la instalación de un repetidor a lo largo del tramo de fibra óptica.

$$PM = P_t - P_u$$

Donde:

PM = margen de potencia en dB (máxima atenuación permisible)

P_t = potencia del transmisor en dB

P_u = potencia de umbral en dB (dependiente de la sensibilidad del receptor).

La potencia de salida del transmisor es el promedio de la potencia óptica de salida del equipo generador de luz empleando un patrón estándar de datos de prueba. El umbral de sensibilidad del receptor, para una tasa de error de bit (BER), es la mínima cantidad de potencia óptica necesaria para que el equipo óptico receptor obtenga el BER deseado dentro del sistema digital.

En los sistemas analógicos es la mínima cantidad de potencia de luz necesaria para que el equipo óptico obtenga el nivel de señal a ruido (S/M) deseado.

Por lo tanto de igualar $a_t = PM$

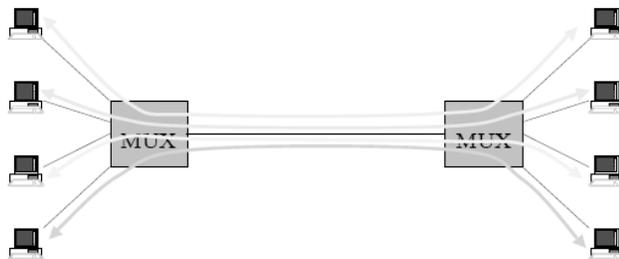
$$a_l = \frac{PM - n_e a_e - n_c a_c - La_r}{L}$$

Fija la máxima atenuación por Km para el cable a ser seleccionado.

1.2. Multiplexación

Cuando se tiene un canal que contiene cierta capacidad C, esta capacidad se puede repartir entre una cantidad n de subcanales de capacidad inferior. Bajo el concepto anterior, se puede introducir varios mensajes utilizando un solo canal o medio físico sin que los subcanales se interfieran unos con otros, haciendo un uso más eficiente del canal C y aprovechando su capacidad disponible. En la figura 9 se ilustra este concepto.

Figura 9. Multiplexación de varios subcanales en un canal C



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

En electrónica y telecomunicaciones, los equipos que realizan ésta función son conocidos como multiplexores. Estos equipos, en principio, no interpretan la información que pasa a través de ellos, lo que permite que el tráfico que comparten los distintos subcanales en el medio de transmisión pueda ser de distinta naturaleza, es decir, corresponda a servicios diferentes.

Un ejemplo claro sobre la necesidad de la multiplexación se puede observar en un canal de banda ancha (canal cuya capacidad es del orden de los Mbps o mayor) sobre el cual se pueden realizar varias comunicaciones simultaneas como varios canales de voz, datos, imágenes, video, etc., todos sobre el mismo canal. La forma de extraer la información en el otro extremo del canal multiplexado dependerá de la técnica de multiplexación utilizada originalmente en el extremo inicial. A continuación se mencionan algunas de las más empleadas:

- La multiplexación por división de frecuencia (*FDM o Frequency Division Multiplexing*) se utiliza para transmitir simultáneamente información a través de varios subcanales en el mismo canal de comunicación, en porciones de ancho de banda más pequeños designados a cada una de las diferentes fuentes de señales o subcanales, es decir, cada subcanal ocupa continuamente una pequeña fracción del espectro de frecuencias transmitido con una frecuencia específica de transmisión.
- La multiplexación por división de tiempo (*TDM o Time Division Multiplexing*) asigna para cada subcanal un tiempo específico dentro de una señal portadora en donde se hace la sumatoria de los n sub canales a transmitirse sobre la misma señal de salida. El proceso se lleva a cabo intercalando de forma secuencial muestras de las distintas señales a multiplexar.

- La multiplexación por división de código (*CDMA* o *Code Division Multiple Access*) es una técnica de multiplexación en donde cada subcanal utiliza un código determinado para la transmisión de su información, la cual es enviada en conjunto con la información codificada de los demás subcanales sobre el mismo canal de salida.

Además de las anteriores, existe un gran número de técnicas de multiplexación que inclusive pueden ser combinadas entre sí para formar técnicas especiales de envío de información.

1.2.1. Asignación de subcanales en multiplexación

Como se ha mencionado en la sección anterior, dado un canal con capacidad C se podrá compartir el mismo medio físico dividido en subcanales. Para esto se pueden distinguir dos formas básicas de asignación de subcanales:

- Asignación estática o determinista: consiste en asignar de forma estática un ancho de banda reservado para cada subcanal el cual lo utiliza de forma exclusiva. Esta técnica se utiliza normalmente para asignar troncales telefónicas, sin embargo, el tráfico generado en una comunicación en particular puede comportarse de forma muy distinta, ya sea mostrando un comportamiento sobre un régimen binario constante o mostrando ráfagas de tráfico de información, de tal forma que se genere grandes flujos de información durante tiempos discontinuos.
- Asignación dinámica: cuando se reparte la capacidad del medio de forma dinámica, se multiplexa y se transmite un mensaje en particular sólo cuando es necesario, de lo contrario la porción del canal que esté sin uso

se reasignará a otro subcanal que esté demandando más ancho de banda. La asignación de capacidad está en función de los mensajes que compiten por el uso del canal.

Asignar un subcanal estáticamente resulta en una forma ineficiente de la utilización del canal, teniendo en cuenta que la sumatoria de las capacidades de los subcanales multiplexados no deben, en ningún momento, superar la capacidad del canal que se está repartiendo.

Para el método de multiplexación por asignación dinámica debe existir algún elemento que se encargue de la asignación, por ejemplo, un nodo de conmutación que esté censando continuamente cada canal y que conmute de forma determinada entre los distintos subcanales según cierto orden de preferencia. Los sistemas en los que pueden ocurrir conflictos a la hora del reparto de dichos canales y que son susceptibles a colisiones en el medio físico, se conocen como sistemas de contienda. En estos la capacidad de cada subcanal, cuando todos tienen la misma probabilidad de ocurrencia, puede ser superada por un subcanal en particular cuando la cantidad de información de los otros subcanales es reducida.

Con la introducción de la técnica de modulación por código de pulso o PCM se logro utilizar una sola línea para la transmisión de múltiples mensajes digitales multiplexando en el dominio del tiempo cierta cantidad de mensajes de voz con un ancho de banda de 3.1 KHz, que según el rango de *Nyquist*, se pueden transmitir perfectamente a 8 KHz. Después de una etapa de cuantización y utilizando una modulación PCM con código de 8 bits a 8000 veces por segundo, se tiene para un canal de voz, una taza de transmisión digital de 64 Kbps, con una duración por canal de voz de 125 μ s, formando así lo que se conoce en telecomunicaciones como canales de voz o trama E0.

1.2.2. Trama E1

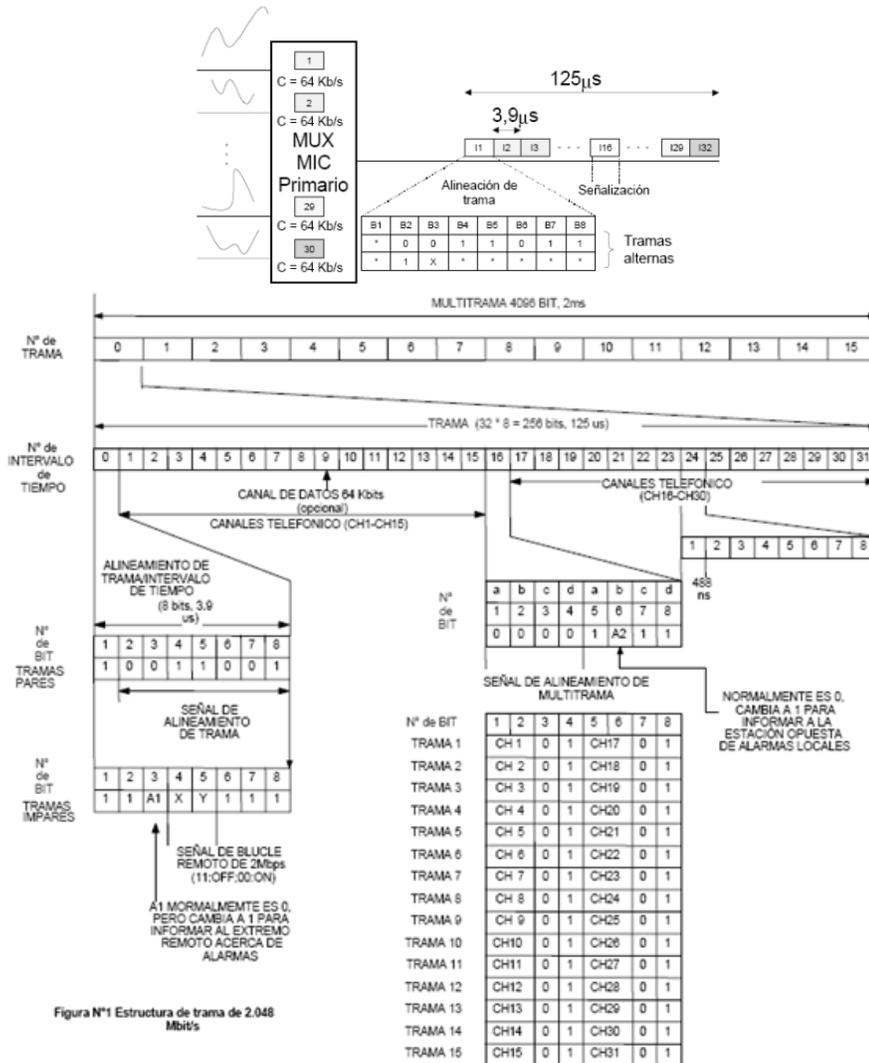
La trama E1 está definida según la norma europea descrita por la UIT-T G.732, en donde se describe el proceso de multiplexar 30 subcanales de voz de 64 Kbps (E0) mas 2 subcanales que contengan la señalización necesaria, para obtener una trama global que se transmite a 2048 Kbps. La trama completa tiene una duración de 125 micro segundos, y cada *time slot* tiene una duración de 3.9 microsegundos, los cuales fueron diseñados en su inicio como canales de voz con un ancho de banda entre los 300 Hz y los 3 KHz.

Adicionalmente, existe la norma americana con un ancho de banda final de 1544 Kbps para conformar lo que se conoce como T1 y la norma japonesa, con un ancho de banda de igualmente de 1544 Kbps para conformar lo que se conoce como J1.

Los 2 subcanales de 64 Kbps que llevan información de control y de señalización son asignados al *time slot* 0 (TS0) y *time slot* 16 (TS16) respectivamente. El primero se utiliza para tareas de alineación de trama y control de alarmas. El segundo se utiliza para enviar la información exclusivamente de señalización. En resumen, el intervalo de tiempo TS0 se utiliza para la alineación de trama e información de supervisión del enlace. El intervalo de tiempo TS16 se usa para señalización asociada al canal de E1.

Los intervalos TS1 a TS15 y TS17 a TS31 llevan los canales de voz digital o datos a 64 Kbps. De lo anterior, se puede calcular fácilmente que el conjunto de estos 32 subcanales constituyen los 2048 Kbps de la trama de E1. En la figura 10 se muestra el proceso de multiplexación de estos canales de voz en los siguientes niveles para formar la trama E1.

Figura 10. Trama E1



Fuente: <http://robotk.galeon.com>. Consulta: 12 de enero de 2010.

El E1 es utilizado en casi todo el mundo excepto en Estados Unidos, Canadá y Japón en donde se utilizan 24 canales de voz en lugar de 30 para producir una tasa de transmisión de 1544 Kbps y es mejor conocido como T1.

1.3. Jerarquía Digital Plesiosíncrona (PDH)

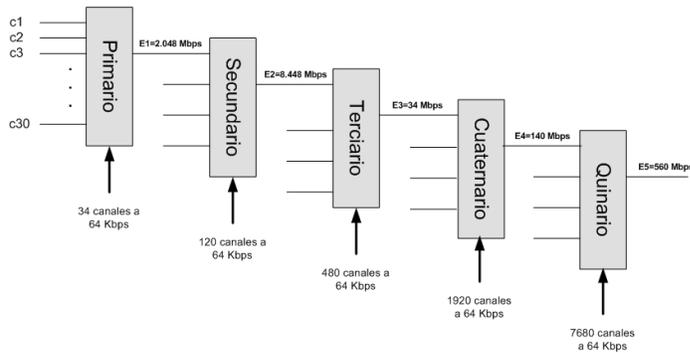
El término plesiosíncrono significa “cerca del sincronismo” y se refiere a un tipo de red de telecomunicaciones en donde no existe una red de sincronismo y en donde todos los nodos o elementos de red se ajustan para trabajar con un reloj muy próximo a una frecuencia nominal. Esta frecuencia de operación o de referencia puede tener ligeras variaciones respecto a esta frecuencia nominal.

Estas redes se utilizan tradicionalmente en redes de telefonía en donde varios canales telefónicos comparten un mismo medio de transmisión utilizando técnicas de multiplexación por división en el tiempo (TDM). Dentro de sus aplicaciones también se encuentra la transmisión de datos, ya que es una tecnología muy flexible, permitiendo entregar enlaces que varían desde 8 Kbps hasta enlaces con ancho de banda de varios Mbps en un mismo canal.

La tecnología PDH está basada en canales de 64 Kbps. En cada nivel de la jerarquía se va aumentando el número de canales multiplexados sobre el medio físico, de manera que el formato de trama es distinto en cada nivel, introduciendo alguna variación en la duración de cada una. En una trama, además de los canales de 64Kbps, se transporta información de control, que se va añadiendo cada vez que se aumenta de nivel. De este modo el número de canales de información de 64 Kbps siempre es múltiplo del número de canales del nivel inferior.

Existen tres estándares dentro de la jerarquía PDH, la europea, la americana y la japonesa. La norma europea utiliza la trama descrita en la norma G.732 de la ITU-T como trama de primer orden, mientras que la norma americana utiliza la norma G.733 cuyos anchos de banda se indican en la tabla III. En la figura 11 se muestra la jerarquía según norma europea.

Figura 11. Niveles de multiplexación de la jerarquía PDH



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Tabla III. Ancho de banda por trama PDH norma europea vs americana

Jerarquía europea	Trama	Velocidad	Canales	Trama
Primera	E1	2.048 Kbps	30	256 bits = 125 micro segundos
Segunda	E2	8.448 Kbps	120	848 bits = 100.38 micro segundos
Tercera	E3	34.368 Kbps	480	1536 bits = 44.70 micro segundos
Cuarta	E4	139.268 Kbps	1920	2904 bits = 20.85 micro segundos
Quinta	E5	564.992 Kbps	7680	2688 bits = 4.70 micro segundos
Jerarquía americana	Trama	Velocidad	Canales	Trama
Primera	DS1	1.544 Kbps	24	
Segunda	DS2	6.312 Kbps	96	1176 bits
Tercera	DS3	44.736 Kbps	674	4760 bits

Fuente: elaboración propia.

A los flujos de entrada a un multiplexor PDH se les conoce como tributario. El primer orden jerárquico se multiplexa al nivel superior para obtener mayores velocidades que se reflejan en una multiplicación de la capacidad de ancho de banda.

Se debe tener en cuenta que por cada jerarquía resultante de multiplicar por 4 el ancho de banda del canal inmediato inferior, también se aumenta en el agregado de señales para control de integridad de la información y las alarmas para el monitoreo del estado de la comunicación entre tramas.

La alineación de trama PDH consiste en un segmento de 10 bits con el patrón 1111010000AN, el cual permite el sincronismo del receptor. Dentro del algoritmo de enlace PDH, para identificar la pérdida de alineamiento de trama LOF (*lost of frame*) se deben detectar con error 4 palabras consecutivas y de forma inversa, para la recuperación del alineamiento de trama, se deben leer correctamente 3 palabras consecutivas.

Mientras dure la falta de alineamiento de trama, la señal de los tributarios se reemplaza por una señal de indicación de alarma AIS (*alarm indicated signal*) que consiste en colocar una secuencia de 1 en los 10 bits de la palabra de alineamiento de trama. El bit N de la palabra de alineamiento de trama se encuentra reservado para uso nacional (si no se usa se coloca un bit 1).

El bit A indica alarma indicación de defecto en el terminal remoto o RDI (*remote defect indication*) durante el tiempo de falta de alineamiento de la trama (A=1 para alarma y A=0 en estado normal). Los datos provenientes de los tributarios se entrelazan por bits en la zona denominada carga útil de la trama.

El proceso de multiplexación es independiente de la organización de la trama del orden jerárquico inferior, es decir, la información del tributario de entrada solo debe cumplir con los requisitos de velocidad, nivel y código sin importar la organización interna de los datos.

Para el proceso de recuperación de la información, evidentemente será necesario también añadir bits que indiquen al otro extremo si en el bit de justificación contiene información o relleno para que se actúe según sea el caso. Estos bits de relleno se eliminan en el proceso de demultiplexión.

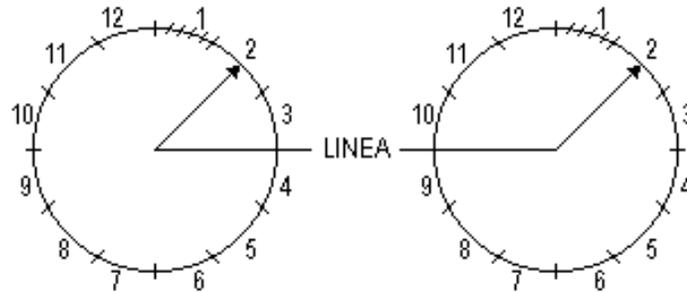
Los ocho bits del intervalo de tiempo 0 (TS0) de la trama tienen la siguiente aplicación:

- Bit 1: Reservado para uso internacional.
- Bit 2: Fijado a 1 para evitar simulaciones de la señal de alineación de trama.
- Bit 3: Destinado para transmisión de alarma.
- Bits 4, 5, 6, 7 y 8: Reservados para uso nacional.

En el proceso de demultiplexación, cuando el terminal receptor recibe la señal de alineación de trama de forma correcta, devuelve la información de cada intervalo de tiempo a su canal respectivo.

Si el terminal receptor recibe una señal de alineación de trama errónea, el sistema se pone fuera de servicio y se inicia la búsqueda de la alineación correcta. Para comprender mejor la finalidad de la alineación de trama se utilizará la analogía de los dos relojes representados en la figura 12:

Figura 12. **Analogía de 2 relojes para proceso de alineación de trama**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Paint 6.1.

Suponiendo que la trama de E1 está representada por un reloj de forma que cada intervalo de tiempo abarca 5 minutos y que cada bit equivale a 1 minuto. En esta analogía, la trama estará formada por 12 intervalos de tiempo identificadas por las horas del reloj y cada intervalo de tiempo tendrá 5 bits (identificados por la división de minutos en el reloj).

De los dos relojes, el primero representa el punto de transmisión o envío de información y el segundo representa el punto de recepción. En principio, para que la recepción esté sincronizada con la transmisión, las agujas de ambos relojes han de señalar siempre la misma hora. Para conseguir esto, no basta con que la velocidad de rotación de las agujas sea la misma, sino es necesario también, que en los relojes se tengan las agujas siempre en la misma posición (marcando la misma hora).

Podría pensarse al principio que lo anterior se puede conseguir colocando los relojes en la misma posición desde el inicio del proceso, sin embargo esto no sucede así, ya que a lo largo del canal o línea de transmisión existen perturbaciones que pueden alterar la velocidad de rotación de las

agujas del reloj de recepción y los bits no se podrán asignar o sincronizar a sus intervalos de tiempo correspondientes. En este caso, el sistema habrá perdido la alineación y no podrá funcionar (demultiplexar) correctamente la información proveniente del emisor.

Para resolver este problema, se podría reservar uno de los 12 intervalos del reloj, por ejemplo el 1, para llevar a cabo el control de la alineación. Los 5 bits de ese intervalo de tiempo llevarían la señal de alineación de trama que estará formada por una combinación fija de "1's" y "0's". Si el reloj de recepción reconoce en el intervalo de tiempo 1, que la señal de alineación de trama es correcta, deja que el reloj continúe su marcha.

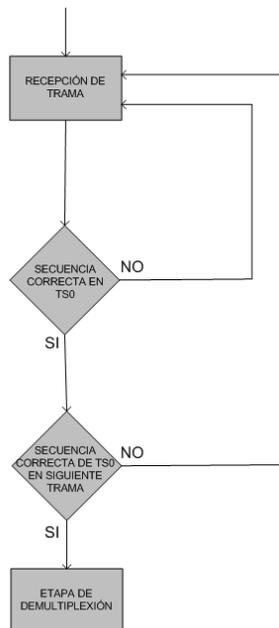
Si la señal de alineación de trama no es correcta, la alineación se considera perdida y desde ese instante se inician las operaciones para recuperar la alineación. Estas operaciones de recuperación siguen la secuencia siguiente:

- Una vez que se detectado una pérdida de alineación, el reloj de recepción se cierra y el circuito de control de la alineación de trama examina todos los bits procedentes del extremo emisor.
- Si durante el proceso de alineación se reconoce en el circuito una secuencia de bits que corresponde a la señal de alineación de trama, el reloj se pone en marcha.
- No se puede asegurar que la secuencia de bits reconocida como señal de alineación de trama lo sea realmente ya que se puede tratar de una simulación. Por esta razón, se dice que la alineación conseguida es

provisional. Para resolver esto, se busca nuevamente la alineación de trama en el siguiente giro completo y de no encontrarse nuevamente la señal de alineación de trama, el reloj se vuelve a cerrar iniciándose de nuevo la operación de búsqueda.

El proceso de alineación de trama es respaldado de forma adicional con códigos para la detección de errores, que en conjunto hacen que el método plesiosíncrono aún sea aplicable en sistemas de comunicación modernos gracias a su robustez y la capacidad de propagación de la señal en redes densas. El proceso de alineación anterior se ilustra mediante el siguiente diagrama de flujo mostrado en la figura 13.

Figura 13. **Algoritmo de alineación de trama**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

1.3.1. CRC para alineamiento de trama

El código de redundancia cíclico o CRC (*Cyclic Redundance Code*) es un algoritmo de multitrama que funciona mediante un diagrama de estados infinitos y su objetivo es introducir un control de errores en las líneas de E1 a partir del estado de no alineamiento o LOF (*lost of frame*).

Para llegar al estado de alineamiento de trama, el receptor reconoce consecutivamente las palabras FR-NFR-FR en donde FR comienza el estado de alineamiento de trama. Para perder el alineamiento LOF, el receptor debe recibir con error la secuencia FR-FR-FR o la secuencia NFR-NFR-NFR en forma consecutiva. La palabra FR es [1001 1011] y la palabra NFR es [x1xxxxx], los bits (x) tienen otras aplicaciones. Para poder realizar este control se introduce un código de redundancia de cuatro bits en el flujo de E1 utilizando el primer bit de la trama (Si).

En la tabla 4 se muestra la multitrama, la cual está formada por 16 tramas y se divide en submultitrama 1 (las 8 primeras) y submultitrama 2 (las 8 últimas). El control de errores se aplica durante el tiempo de alineamiento de trama, donde el receptor observa únicamente el estado de los bits cada 125 µseg. Mientras se tenga pérdida de trama LOF se deberá cumplir con la condición de revisar la totalidad de los bits recibidos en busca de reconocer la palabra FR. Además se reemplazan los intervalos de tiempo TS que llevan información del canal por una señal de indicación de alarma AIS (del inglés *alarm indicated signal*), que consistente en una secuencia continua de bits 1.

El receptor induce al transmisor para colocar el tercer bit en uno (A=1) en la palabra NFR de alineamiento. El bit C es utilizado para enviar una trama de Control de Redundancia Cíclica CRC-4 (del inglés *cyclic redundancy check*) y

actúa como bit de paridad para el control de la tasa de error. Observando la primera columna en la tabla IV, la secuencia que se coloca en el bit C es:

$$C1 \underline{0} \ C2 \underline{0} \ C3 \underline{1} \ C4 \underline{0} \ C1 \underline{1} \ C2 \underline{1} \ C3 \underline{E} \ C4 \underline{E}$$

En la tabla IV se muestran las secuencias cíclicas de los códigos de redundancia para detección de errores de una trama E1 PDH.

Tabla IV. **Tabla de valores para CRC de trama de E1**

	Submultitrama (SMF)	Número de trama	Bits 1 a 8 de la trama							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Multitrama	I	0	C1	0	0	1	1	0	1	1
		1	0	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8
		2	C2	0	0	1	1	0	1	1
		3	0	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8
		4	C3	0	0	1	1	0	1	1
		5	1	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8
		6	C4	0	0	1	1	0	1	1
	7	0	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8	
	II	8	C1	0	0	1	1	0	1	1
		9	1	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8
		10	C2	0	0	1	1	0	1	1
		11	1	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8
		12	C3	0	0	1	1	0	1	1
		13	E	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8
		14	C4	0	0	1	1	0	1	1
15		E	1	A	Sa4	Sa5	Sa6	Sa7	Sa8	

Fuente: elaboración propia.

Donde la secuencia 001011 es la palabra de alineamiento para la trama CRC. Los bits C1, C2, C3 y C4 se calculan mediante un criterio de redundancia cíclica como bits de paridad para la detección de errores. Los bits E actúan como alarma remota de recepción de errores. Como una multitrama tiene 2 secuencias CRC-4 se disponen de 2 bits E (uno para cada secuencia CRC).

El polinomio generador de los bits de paridad es X^4+X+1 . Se efectúan 1000 comparaciones CRC-4 por segundo. Se puede emitir la alarma de tasa de error o pérdida de trama LOF cuando se supera un umbral de comparaciones erróneas. En conclusión, por medio del CRC es posible llevar un control de protección contra falsos alineamientos de trama y monitoreo de errores mediante un BER (*bit error rate*) de un enlace digital punto a punto.

1.4. Jerarquía Digital Síncrona (SDH)

La Jerarquía Digital Síncrona es un estándar dispuesto por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) descrito en el estándar G.803, donde se dan las bases fundamentales de la arquitectura para redes de transporte basadas en jerarquía digital síncrona (SDH del inglés *Synchronous Digital Hierarchy*) la cual, aunque fue basada en principio para utilizarse como medio de transmisión por fibra óptica, también puede ser soportado por sistemas satelitales y de microonda.

Como su nombre lo indica, esta arquitectura se utiliza para la transmisión de datos con una señal única de reloj, la cual es propagada desde una fuente de muy alta precisión tal como un reloj atómico de cesio, de rubidio o GPS. El resto de la red utiliza para la sincronía, una porción especial de la trama básica de SDH llamada STM-1 (*Synchronous Transport Module*).

Este sistema fue diseñado para convivir con el sistema PDH, aunque SDH estaría más enfocado a la capa de transporte (*core*), distribución y en los casos en que se requiera una alta demanda de ancho de banda estaría también ubicado en la capa de acceso. PDH está diseñado para la capa de acceso y en algunos pocos casos a la capa de distribución de las redes.

Para el transporte de datos, SDH utiliza una estructura de encapsulamiento a través de una trama especial llamada contenedor virtual, la cual es formada a través de algunas etapas de multiplexación a las cuales se le va agregando cabeceras, que corresponden a segmentos de trama con información de sincronía, control, estado de enlace y comunicación.

El nivel elemental o el primer nivel de la jerarquía formada por una trama con un ancho de banda de 155.52 Mbps y es conocida como STM-1. Para escalar dentro de los siguientes niveles jerárquicos de SDH, se recurre nuevamente al proceso de multiplexación del nivel básico de la jerarquía por múltiplos de 4, es decir, el siguiente nivel jerárquico estará formado por 4 x STM-1 para formar una trama STM-4 con ancho de banda de $155.52 \text{ Mbps} \times 4 = 622.08 \text{ Mbps}$. Posteriormente se seguirá creciendo en la jerarquía con la trama STM-16 para concluir con el STM-64, que es el ancho de banda máximo actualmente manejado bajo este estándar.

1.4.1. Trama STM-1

La trama básica de SDH está formada conceptualmente a través de una matriz formada por 270 bytes distribuidos en 9 filas, separadas en 3 secciones llamadas cabeceras y una cuarta sección llamada carga útil.

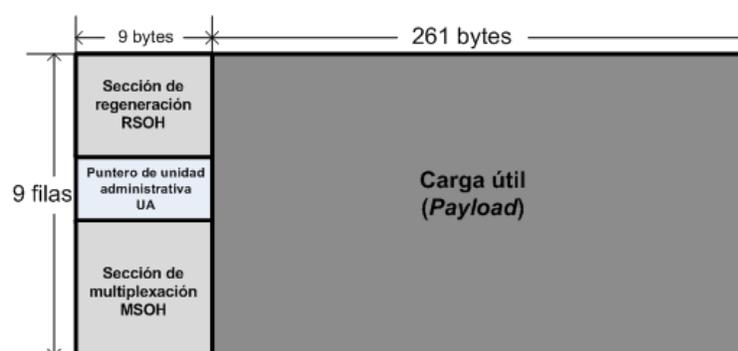
Las cabeceras se identifican como sección de multiplexación (MSOH), sección de regeneración (RSOH) y unidad administrativa (UA).

Toda la trama es transmitida 8000 veces por segundo, por lo tanto tiene una duración de 125 μ s. El ancho de banda correspondiente a un STM-1 se construye a partir de la siguiente base representada en la figura 14:

$$270 * 9 = 2430 \text{ bytes/trama}$$

$$2430 \frac{\text{bytes}}{\text{trama}} * 8 \frac{\text{bits}}{\text{byte}} * 8000 \frac{\text{tramas}}{s} = 155.520 \text{ Mbps}$$

Figura 14. Trama STM-1



STM-N	Ancho de banda
STM-1	155 Mbps
STM-4	622 Mbps
STM-16	2.5 Gbps
STM-64	10 Gbps

Fuente: elaboración propia con, programa Microsoft Visio 2007.

Las cabeceras y punteros en trama STM-1 se utilizan para transportar información de sincronía, control, estado de enlace y comunicación, las cuales son de vital importancia para la inserción de tráfico a la red así como para la operación y mantenimiento. En la figura 15 y tabla V se muestra con mayor detalle la forma en que la sección de punteros y cabeceras está compuesta en la trama STM-1:

Tabla V. **Descripción de bits de punteros y cabeceras en trama STM-1**

Byte	Uso
A1, A2	Enganche de trama, A1 = 11110110, A2 = 00101000
J0	Trazado de la sección de regeneración
D1 a D3	Canal de comunicación de 192 Kbps para la sección de regeneración de trama para gestión de red
D4 a D12	Forman un canal de comunicación de datos de 576 Kbps para la sección de multiplexación para gestión de red
E1, E2	Canales de instaladores de 64 Kbps empleados para comunicaciones directas entre nodos de equipos
F1	Canales para usuario de 64 Kbps
B1, B2	Bytes son comprobaciones de paridad simple para detección de errores
K1 (bit 1 al bit 5)	Canal dedicado a la conmutación de protección automática
K2 (bit 6 al bit 8)	Indicador de RDI para la sección de multiplexación
S1	Indicador de estatus de sincronización
M1	Indicador de REI (reenvío de errores) para la sección de multiplexación
Z1, Z2	Aún por definir, sin uso.
/	Bytes dependientes del medio
X*	Bytes no aleatorios
X	Bytes reservados para uso nacional

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Sección de punteros y cabeceras en trama STM-1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
RSOH	1	A1	A1	A1	A2	A2	A2	J0	X*	X*
	2	B1	/	/	E1	/		F1	X	X
	3	D1	/	/	D2	/		D3		
UA	4	Punteros								
	5	B2	B2	B2	K1			K2		
MSOH	6	D4			D5			D6		
	7	D7			D8			D9		
	8	D10			D11			D12		
	9	S1					M1	E2	X	X

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Cada bit perteneciente a alguna de las cabeceras de la trama STM-1 tiene una función específica para efectos de sincronización, comunicación entre nodos, regeneración de trama, códigos de detección de errores, protección de tráfico, estado de enlace y bits dedicados para el uso particular de cada fabricante aplicados para la activación de funcionalidades propias.

El puntero de unidad administrativa es utilizado dentro la trama STM-1 para indicar el inicio y terminación de una unidad tributaria o una unidad administrativa en el proceso formación de la trama. Conforme se van produciendo los distintos niveles de multiplexación, una de las ventajas que presenta SDH, es la flexibilidad de empaquetar el tráfico útil (carga útil) dentro de distintos canales con anchos de banda determinados, tal es el caso que se pueden agrupar para formar los grupos de unidades tributarias conocidas como TUG (del inglés *Tributary Unit Group*) y grupos de unidades administrativas AU (del inglés *Administrative Unit*).

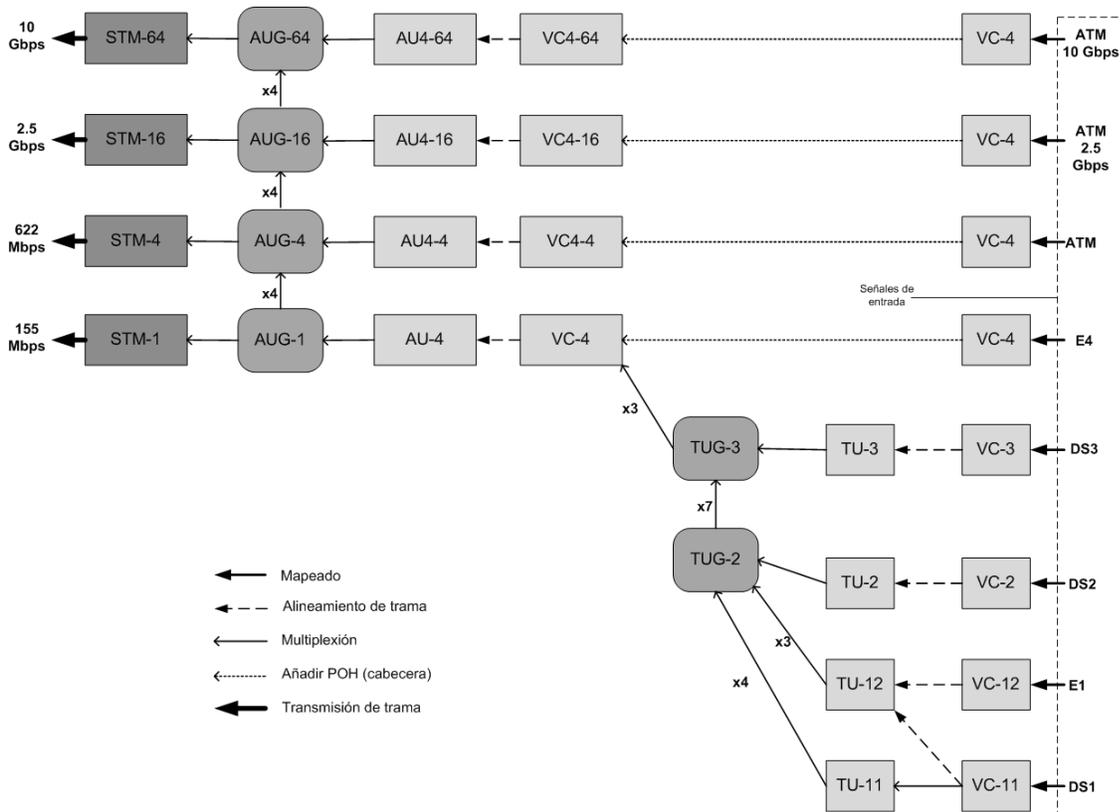
Los TUG son grupos de canales a bajo nivel que se pueden empaquetar dentro de contenedores de alto nivel o AU. Para definir de forma muy resumida, el puntero de la unidad administrativa indica la posición del AU con relación a la trama STM-1 y a su vez forma parte de la cabecera de la trama STM-1. El área de carga útil de la trama STM-1 puede ir mapeada, por ejemplo, en un VC-4, tres VC-3 o sesenta y tres VC-12, a los cuales según sea el caso, se les va añadiendo punteros para formar unidades administrativas que al final formarán la trama STM-1 en conjunto con la información que se va agregando con las otras cabeceras.

Lo anterior permite acomodar señales PDH dentro de la trama STM-1, sin necesidad del empleo de *buffers* para el registro especial de la información de sincronía propia de esta señal. Gracias a la información del ordenamiento de los distintos TUG, AU y las características de la red síncrona, se tiene para cualquier flujo de datos, la posibilidad de identificar sus canales tributarios individuales, e insertar o extraer información y de este modo superar uno de los principales inconvenientes del PDH.

Los bytes contenidos dentro de las cabeceras de sección de regeneración y multiplexación (RSOH y MSOH) son usados para la comunicación entre elementos adyacentes de equipos síncronos.

Las bytes de las cabeceras de la trama, además de ser utilizados para la sincronización de trama, también realizan una gran variedad de funciones de gestión remota y administración de equipos SDH. En la figura 16 se muestra el mapa de multiplexación para SDH con agregación de cabeceras y alineamiento de trama.

Figura 16. Mapa básico de multiplexación para SDH



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

1.5. Sincronía

Se ha indicado anteriormente que para redes de transporte existen, entre otros, dos modos fundamentales de operación a nivel de sincronía identificados como plesiosíncrono y síncrono.

Para el modo plesiosíncrono, el reloj de cada elemento de red o nodo opera de forma independiente y es necesario utilizar circuiterías con relojes internos de alta estabilidad, los cuales deben de ser reajustados con cada salto

o enlace entre dos nodos, de forma que operen dentro límites muy cercanos a la frecuencia nominal de la red. De esta forma se podrá mantener los deslizamientos de trama en el nivel más aceptable posible mediante un mecanismo que siga el algoritmo de alineación de trama.

Para el modo síncrono, todos los relojes están controlados por un mecanismo automático de forma que todos los nodos o elementos de red operan en la misma frecuencia nominal, la cual es tomada desde la misma fuente y es propagada de forma específica a través de la red. Bajo este esquema (como el caso de la tecnología SDH), existen uno o más relojes de muy alta precisión que suministran la frecuencia de referencia de sincronismo de la red.

Para conseguir el sincronismo en una red SDH, se pueden utilizar dos métodos, el primero llamado imposición de sincronismo y el segundo, llamado sincronismo mutuo. Para el primer caso se necesita de un reloj de referencia primario o PRC (del inglés *Primary Reference Clock*) que es el que gobierna la sincronización de red. En el segundo caso el nodo toma sincronía desde las mismas señales de entrada de información a nivel de tributarios.

1.5.1. Sincronización del reloj primario de referencia (PRC)

En este método de sincronía, se impone la señal de sincronía mediante un reloj de referencia primario, que dicta la frecuencia fundamental a los nodos principales de la red SDH. Esta frecuencia principal es diseminada a los demás componentes de la red de forma directa, utilizando la cabecera de regeneración de la trama STM-1. Este método de sincronización se conoce como maestro – esclavo.

1.5.2. Maestro/esclavo jerarquizado

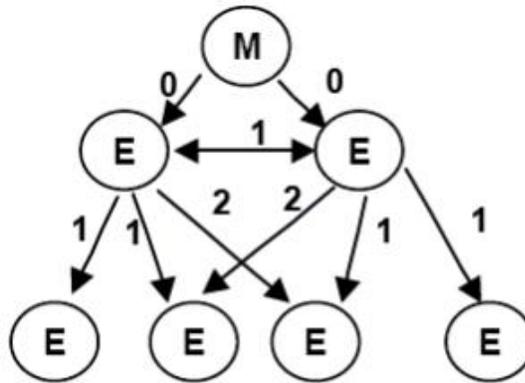
Para el proceso de sincronía, el esquema normal de maestro – esclavo presenta el inconveniente de ser un esquema de baja disponibilidad para los servicios que cursan a través de la red, ya que cuando se produce una ruptura en la propagación de la señal de sincronismo, los nodos o elementos de red pierden la referencia para transmisión de datos.

Para resolver este problema, se utiliza la solución de maestro – esclavo jerarquizado, que es una solución más robusta ya que la red puede seguir funcionando si el reloj de referencia tiene algún problema. Esto se hace haciendo que la información de sincronización se transporte utilizando un encaminamiento jerárquico en donde el PRC está unido a una serie de nodos principales, en caso de que caiga el primero, un segundo nodo asume el control. Estos nodos principales se unen a otros de segundo orden conectados en cascada a todos los nodos de orden inferior.

Cada nodo de menor jerarquía envía a los del nivel inmediato superior información sobre el número de saltos hasta el reloj maestro, de esta forma cada nodo elige la señal de reloj con un número característico menor. Si a pesar de esto, el nodo detecta que la referencia principal está muy degradada, cambiará de referencia por la siguiente de mejor calidad.

En la figura 17 se ejemplifica un proceso de jerarquizado de maestro/esclavo para una señal de sincronía, en donde se propaga la señal de sincronía de forma descendente desde el nodo maestro hacia 2 nodos esclavos de primer nivel, los cuales a su vez suministran señales de sincronía a nodos esclavos de menor nivel. Las flechas en la figura representan la prioridad sobre la calidad de la señal del reloj, siendo la de mejor calidad y prioridad la señal 0.

Figura 17. **Esquema maestro/esclavo jerarquizado**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

1.5.3. **Maestro/esclavo con preselección**

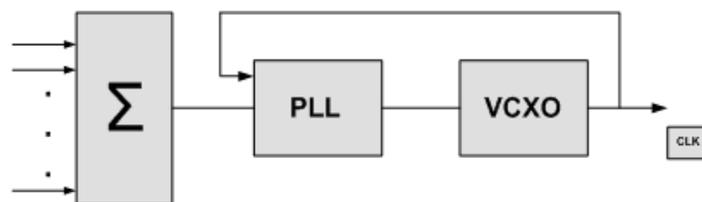
En este esquema, para cada nodo hay una serie limitada de flujos de los que se obtienen referencias de reloj. Los flujos se ordenan de modo que el nodo se sincroniza a uno de ellos en un orden preestablecido. Se irán eligiendo según se detecte degradación en las señales.

1.5.4. **Sincronismo mutuo**

Los mecanismos de sincronización mutua se utilizan entre nodos del mismo nivel jerárquico y la finalidad es conseguir un reloj común de mejor calidad utilizando como referencia los relojes individuales de cada uno. Se puede reconstruir la señal de reloj en la recepción a partir de la señal de datos recibida, gracias a los flancos de subida y bajada de ésta.

Para obtener la señal de reloj a la que trabaja el equipo se realiza un promedio de las señales de reloj extraídas de los flujos entrantes del nodo y se comparan con su propio reloj. La señal obtenida se puede utilizar como PRC o como referencia secundaria.

Figura 18. **Obtención de fuente de sincronismo mutuo**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Como se muestra en la figura 18, se promedian las señales de reloj obtenidas de los flujos de entrada, esta información junto con el reloj propio entra en un sistema de lazo cerrado PLL (*Phased Local Loop* más oscilador controlado por tensión) que se sintonizará a una frecuencia (CLK) que será la media de todas las de entradas más el reloj propio.

1.6. Componentes de una red SDH

Existen cinco elementos que forman una red SDH, los cuales se listan a continuación:

- Regeneradores (R): para cubrir largas distancias, las redes SDH se valen de regeneradores ópticos. Estos dispositivos se encargan de recibir una señal que ha sido atenuada a través del trayecto de fibra u otro medio y

suministrar la potencia necesaria para que la señal sea recuperada y nuevamente enviada hacia el siguiente nodo. Algunos regeneradores también tienen la propiedad de resincronizar la señal, para este caso, el regenerador debe estar conectado alguna fuente de reloj.

- Multiplexores terminales (TM): son los encargados de recibir señales PDH, tales como E1 o de mayor ancho de banda como DS3 y realizar el proceso de adjuntar las distintas cabeceras y punteros para que éste tráfico sea incorporado dentro de la trama STM-1.
- Multiplexor incrementador/decrementador (ADM del inglés *Add/Drop Multiplexer*): se encargan de la multiplexación de señales de menor jerarquía dentro de señales de mayor jerarquía, por ejemplo, la inserción de una trama STM-1 dentro de una trama STM-4 o una trama STM-16 dentro de una trama STM-64. También realizan el proceso inverso de demultiplexación para la entrega de tráfico de menor jerarquía a la capa de distribución.
- Cross-conectores digitales (DXC): también conocidos como *digital cross connection matrix*. Realizan la importante función de conmutar el tráfico entre las entradas y las salidas que se conectan a distintos segmentos de red.
- Reloj primario de referencia (PRC): como se ha visto anteriormente este elemento es imprescindible dentro de una red SDH ya que suministra la señal de reloj de referencia a la cual se enganchará la sincronía de la red. Generalmente esta señal proveniente del reloj primario es de 2.048 Mbps.

1.7. Topología para red SDH

Se denomina topología a las distintas formas de interconexión entre nodos de una red. Según el tipo de red que se utilice, así serán las topologías óptimas para la propagación de la información la cual es dependiente de los esquemas de disponibilidad o protección ante fallas que se requieran, así como del costo económico que agrega cada nuevo elemento a la red.

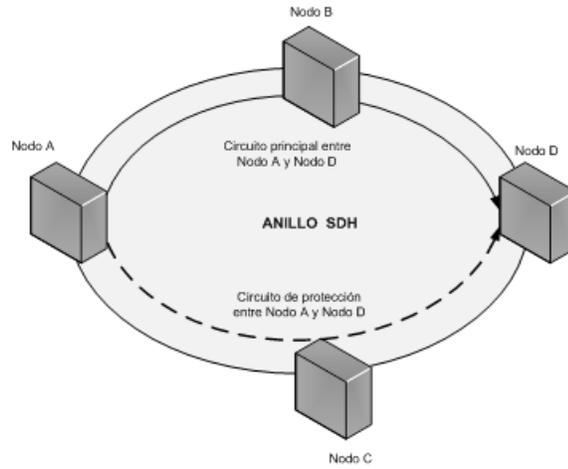
Los esquemas topológicos normalmente utilizados en Guatemala son producto de las distancias en kilómetros que se cubren a través de tendidos de fibra óptica o la distancia que se puede alcanzar mediante enlaces de microondas. Los dos casos que generalmente se presentan son el de topología de anillo y el de topología de estrella (con la variación de enlaces punto – punto comúnmente llamados en el medio de las telecomunicaciones como ramales).

1.7.1. Topología de anillo

El objetivo principal de este esquema es suministrar una ruta de protección hacia la cual se conmutará el tráfico cuando se detecte una ruptura en el circuito principal de comunicación.

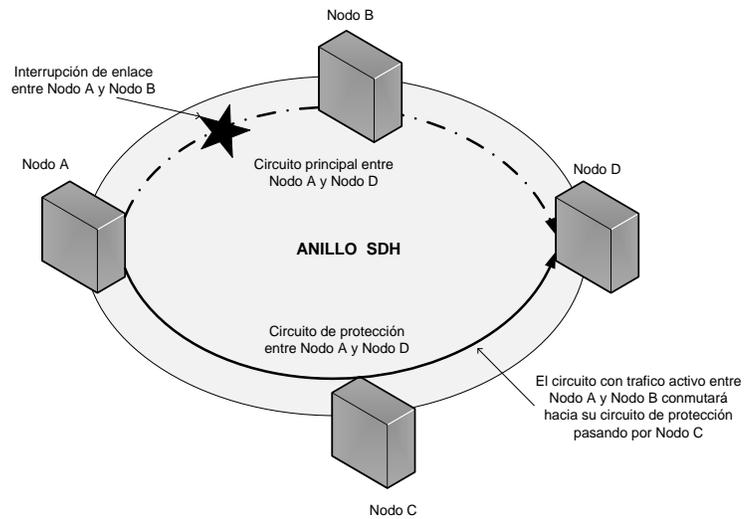
En la figura 19 se ilustra la aplicación de topología de anillo con 4 elementos de red. Al presentarse un evento que interrumpa el circuito de principal entre Nodo A y Nodo D, la topología de anillo suministra una ruta de protección a la cual el circuito principal puede conmutar el circuito sin interrumpir los servicios que cursan por éste. En la figura 20 se ilustra la aplicación de un esquema con protección o redundante para un anillo SDH formado por 4 elementos de red.

Figura 19. **Topología en anillo**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Figura 20. **Conmutación de tráfico en topología de anillo**

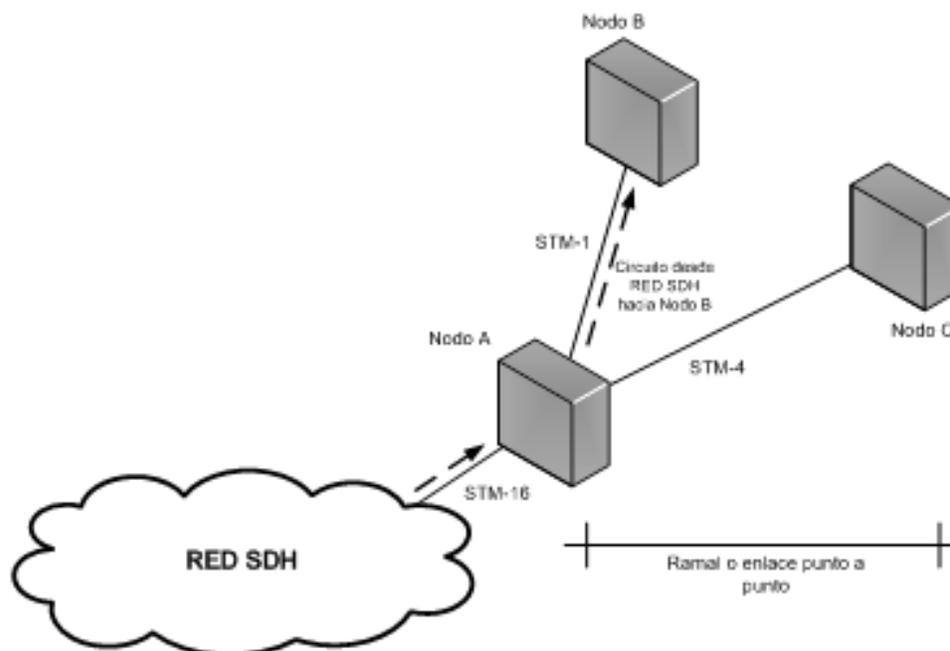


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

1.7.2. Topología de estrella

Este esquema topológico para las redes SDH se puede considerar como uno o más enlaces punto a punto que convergen en un mismo nodo y no suministra disponibilidad a los enlaces en caso de interrupción en circuito. En la figura 21 se muestra un ejemplo de topología en estrella, donde dos elementos de red cuelgan del nodo A, uno a nivel de STM-1 y otro a nivel de STM-4. Obsérvese que al haber corte entre el nodo A hacia cualquiera de los otros nodos habrá interrupción de la comunicación debido a la no existencia de ruta de protección para conmutación de tráfico.

Figura 21. Topología de estrella en red SDH

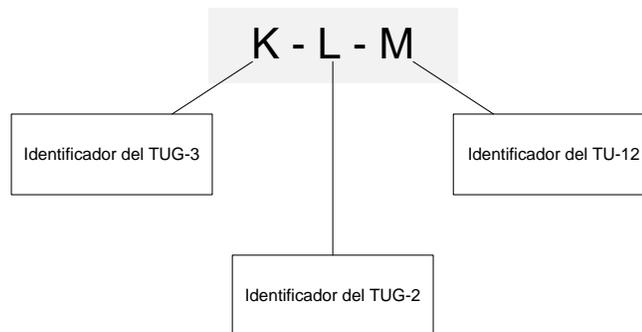


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

1.8. Notación KLM para VC-12

La notación KLM es una forma práctica de indicar la forma en la que un VC-12 es posicionado dentro del contenedor VC-4 que conforma la carga útil de la trama STM-1. Como se muestra en la figura 22, ésta notación está compuesta por tres partes, la primera (iniciando por la izquierda) se utiliza para identificar el TUG-3, la segunda parte representa el TU-2 y la tercer parte corresponde al de menor orden jerárquico e identifica el TU-12.

Figura 22. Notación KLM para VC-12 dentro de contenedor VC-4



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

A manera de ejemplo, el VC-12 con el KLM 231 estará ubicado dentro del contenedor VC-4 en el segundo TUG-3, tercer TUG-2 y será el primer VC-12 del segmento. Algunos fabricantes de equipos SDH utilizan la notación KLM en sentido inverso, es decir, el identificador inicia con el número de VC-12, luego el número de TUG-2 y el último dígito se refiere al número de TUG-3, este tipo de notación también se conoce como MLK. Para resumir lo anterior en la figura 23 se muestra el mapeo completo en KLM, con la respectiva correspondencia entre TUG-3 y TUG-2.

Figura 23. Mapeo de KLM dentro de contenedor VC-4

VC-4

TUG-3-1		TUG-3-1		TUG-3-3	
TUG-2	KLM (TU-12)	TUG-2	KLM (TU-12)	TUG-2	KLM (TU-12)
1	111	1	211	1	311
	112		212		312
	113		213		313
2	121	2	221	2	321
	122		222		322
	123		223		323
3	131	3	231	3	331
	132		232		332
	133		233		333
4	141	4	241	4	341
	142		242		342
	143		243		343
5	151	5	251	5	351
	152		252		352
	153		253		353
6	161	6	261	6	361
	162		262		362
	163		263		363
7	171	7	271	7	371
	172		272		372
	173		273		373

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

2. PLATAFORMAS DE GESTIÓN

Este capítulo expone los conocimientos básicos de la tecnología PDH y SDH como medios de transmisión de datos por fibra, los cuales serán fundamentales para el desarrollo del proyecto de eliminación de la red SDH Nortel – Lucent, la cual, a su vez, se analizará en el capítulo 3 y también será punto de partida para el proyecto de construcción de una nueva red convergente.

2.1. Generalidades de gestión remota de nodos en redes de fibra óptica

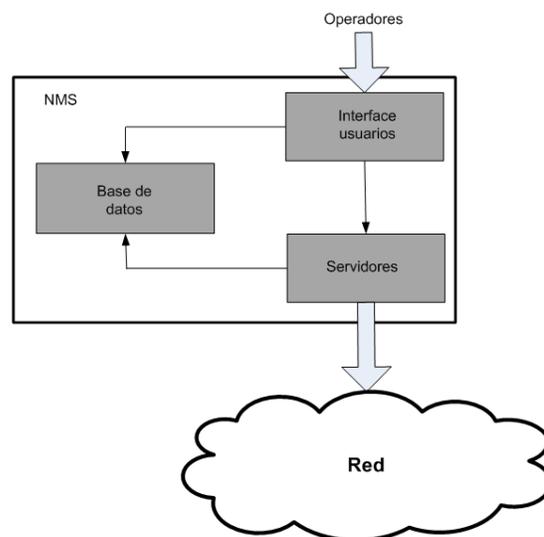
Una plataforma de gestión remota para elementos o NMS (del inglés *Network Management System*) o Sistema de Gestión de Red consiste en una serie de herramientas y aplicaciones de software que permitirán a un grupo de operadores el aprovisionamiento de elementos de red, monitoreo, consulta, mantenimiento y administración del tráfico en la red. Sin un sistema NMS que centralice estas funciones serían muy complejas y de elevado costo las operaciones y mantenimiento de la red.

Los sistemas de gestión de red conforman aplicaciones que en general son construidas bajo la arquitectura de cliente servidor en donde los componentes interactivos o clientes se comunican con los servidores a través de una interface que puede ser gráfica o por línea de comandos. Los componentes no interactivos o servidores ejecutan tareas de soporte y proveen servicios a los componentes interactivos.

Toda la información generada en la red es almacenada en una base de datos relacional. Para la correcta operación y disponibilidad de la red, el sistema de gestión de red debe estar disponible las 24 horas del día y debe proveer servicios tales como: cuentas de usuario, gestión y configuración de elementos de red, aprovisionamiento de circuitos nuevos de tráfico y su edición, pruebas tales como bucles (*loops*), reporte de alarmas de eventos en la red, pruebas de desempeño para enlaces diversos y por supuesto, toda la información de la red almacenada en la base de datos.

Otras plataformas de gestión podrán suministrar más aplicaciones o servicios, por ejemplo, la administración de cuentas de tickets de mantenimientos y acceso remoto mediante redes privadas virtuales (VPN). En la figura 24 se muestran los elementos fundamentales de una plataforma NMS para redes de escala media y grande.

Figura 24. **Sistema NMS**

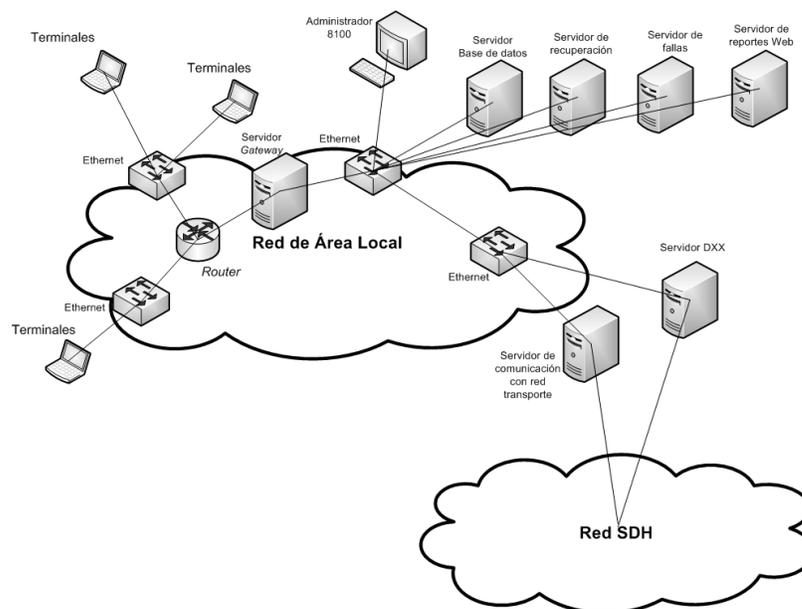


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Como se ilustra en la figura 25, la gestión remota de los elementos de red, tales como ADM (*Add – Drop Multiplexer*) o comutadores SDH, se realiza conectando de alguna forma el grupo de servidores, según sea su función, hacia una interface que se conecta directamente con los nodos o elementos de red. Esta conexión se realiza, generalmente utilizando protocolos de conexión en capa 2 y capa 3 (según el modelo OSI) a través de un servidor comúnmente llamado servidor de comunicación que accede a los nodos a través de una red LAN (*Local Area Network*).

Los nodos que están conectados directamente al servidor a través de esta red LAN serán encargados de propagar la gestión a través de resto de la red utilizando canales de comunicación de datos o DCC (del inglés *Data Communication Channel*).

Figura 25. **Esquema de sistema NMS Tellabs de gestión de nodos SDH**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Para el caso de los equipos de las marcas Tellabs y Lucent, los canales DCC estarán ubicados en una sección especial de la cabecera de multiplexación (utilizando los bytes D4 a D12 a través de un canal de 576 Kbps) y utilizan el protocolo de ruteo IS-IS (*Intermediate System to Intermediate System*) para el manejo de áreas para la segmentación de la red de gestión debido a la existencia de grandes cantidades de nodos.

Para la gestión remota de elementos de red, también es muy utilizado el protocolo SNMP (*Simple Network Management Protocol*), el cual trabaja en la capa de aplicación y facilita el intercambio de información de administración entre dispositivos de red, permitiendo a los administradores supervisar el funcionamiento de la red, buscar y resolver problemas, planificar crecimiento de la red estableciendo sesiones de comunicación entre el servidor y el nodo o elemento remoto de red. Este protocolo es más ampliamente utilizado para gestión de elementos IP (*Internet Protocol*) y *Ethernet* tales como *routers* y *switches*.

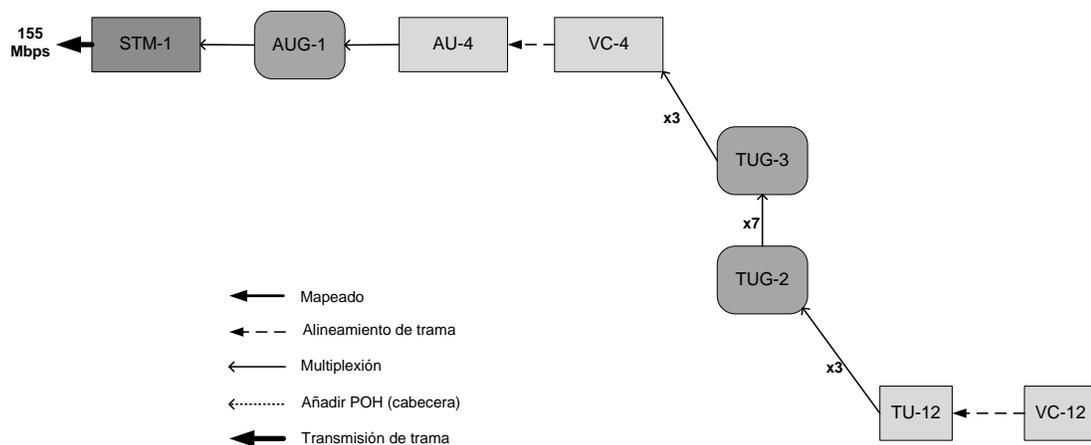
2.2. Plataforma de gestión para nodos Lucent Wavestar AM1

Los equipos Lucent Wavestar AM1 y AM1 Plus son equipos SDH diseñados para la capa de distribución a nivel de STM-1 o STM-4 y la capa de acceso que constan de 16 y 32 puertos de E1 con interfaces de 120 Ω .

El tráfico que ingresa por las interfaces de entrada es insertado dentro de los contenedores virtuales VC-12 para luego ser acomodados dentro de la carga útil de la trama STM-1 a través de las diferentes etapas de multiplexación, según los distintos niveles para formar la trama STM-1.

De los conceptos expuestos de la sección 1.4.1 sobre las jerarquías de multiplexación SDH, en la figura 26 se muestran los niveles de multiplexación desde una señal de E1 que ingresa por un puerto eléctrico de un equipo Lucent AM1 y que es empaquetado en un contenedor virtual VC-12 hasta ser multiplexado en una trama STM-1.

Figura 26. **Niveles de multiplexación E1 a STM-1 en equipos Lucent**



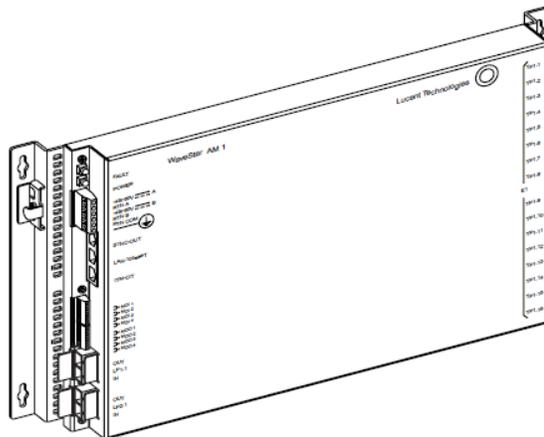
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

El uso de estos equipos en la red SDH se limita principalmente para suministrar servicios de conectividad para celdas de telefonía fija y móvil así como para enlaces de datos con anchos de banda no mayores a los 2 Mbps. Actualmente estos equipos están en una etapa de obsolescencia, no solo porque el fabricante no los produce sino que, para las exigencias de ancho de banda cada vez mayores y la demanda de tecnologías en capa 2 (Ethernet) e IP para telefonía y datos; se hace necesario reemplazarlos una nueva tecnología.

Los equipos Lucent AM1 tienen la limitante de puertos de E1 ya que estos equipos solamente pueden bajar a nivel de PDH 16 puertos de E1, los cuales se identifican en los equipos como puerto terminal (del inglés *terminal port*) TP1.1 al TP1.16.

Los puertos ópticos se identifican como LP (del inglés *line port*) y dentro de la topología conforman los agregados que transportan las tramas STM-1 en donde se mapean los contenedores virtuales VC. Los equipos permiten mapear el contenedor virtual VC-4 en jerarquías menores dentro los agregados, como se ha indicado anteriormente, en 63 VC-12 o 3 VC-3. Sin embargo, los equipos podrán mapear únicamente solo un VC-12 hacia un puerto terminal TP, esto significará que para clientes donde se requieran más 16 puertos de E1, se requerirá la instalación de un equipo secundario conectado en cascada al anterior. Las principales características físicas de éstos equipos se resume a continuación en la figura 27 y en la tabla VI.

Figura 27. **Equipo Lucent Wavestar AM1**



Fuente: Lucent Technologies, WaveStar™ AM 1 Add/Drop Multiplexer User Guide, November 1999, p. 5.

Tabla VI. **Características básicas del equipo Lucent Wavestar AM1**

ITEM	INTERFACES	DESCRIPCION	DESCRIPCION FISICA	PINES
1	LP1.1 (<i>IN, OUT</i>)	Entrada/Salida puerto óptico 1 STM1	Conector SC	
	LP2.1 (<i>IN, OUT</i>)	Entrada/Salida puerto óptico 2 STM1	Conector SC	
3 y 4	Puertos de E1 (TP1.1 – TP1.16)	Entrada y salidas 2.048 Mbps	Conectores RJ45 por Cable RJ48C con cubierta metálica para aterrizaje	1 TX-R 2 TX-T 4 RX-R 5 TX-T 3,6 y 8 NC
2	Voltaje de entrada de -48VDC hasta -60VDC	Fuente voltaje negativo para fuente principal A y fuente redundante B	RTN A RTN B RTN COM	2 RTN A 4 RTN B 5 RTN COM
6	ITM-CIT	Interfaz local <i>Craft Terminal</i>	Conector RJ45 con cubierta metálica	
5	LAN 10 BASE T	Acceso puerto Ethernet LAN-Q para gestión	Conector RJ45 con cubierta metálica	

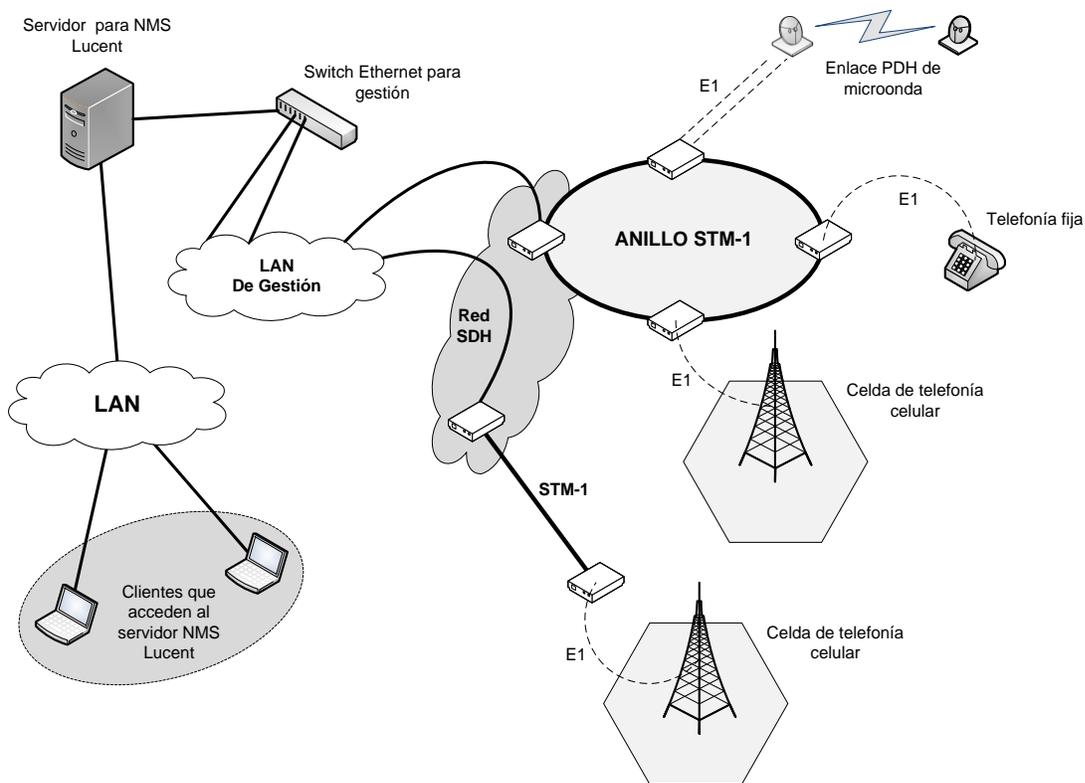
Fuente: elaboración propia.

La plataforma de gestión de los equipos Lucent AM1 y AM1 Plus sigue el mismo esquema genérico descrito anteriormente para los esquemas NMS típicos. Se requiere de un servidor que funge como centralizador de la información proveniente de todos los nodos de la red y al cual se conectan

determinado número de clientes (usuarios) para la configuración de los equipos, circuitos o rutas a través de la red, revisión de alarmas y etiquetado de servicios.

Este sistema de gestión no presenta más servicios que los mencionados, lo que hace la administración de esta red sumamente sencilla. La forma en que se gestionan los elementos de red es descrita mediante la figura 28.

Figura 28. Esquema de gestión de equipos Lucent AM1



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

2.2.1. Matriz de cross-conexión

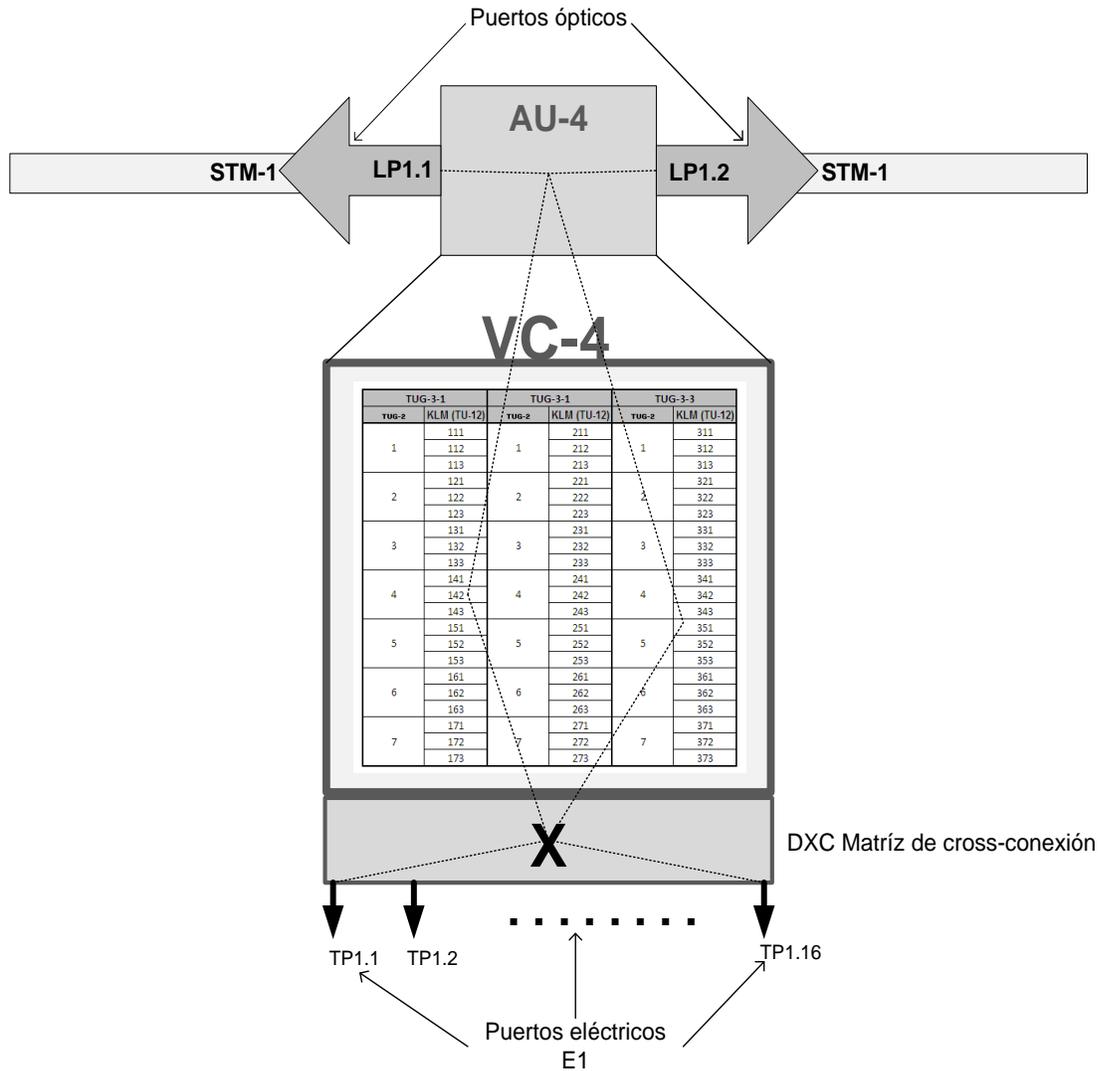
Los equipos Lucent AM1 y AM1 Plus constan de dos puertos ópticos llamados LP1.1 y LP2.1 respectivamente, los cuales pueden ser STM-1 o STM-4. Sin embargo, los equipos que conforman la red que se estará analizando en el siguiente capítulo son STM-1, por tal razón, nos limitaremos a la revisión de equipos cuyos puertos ópticos a nivel de agregados son STM-1.

Una de las partes importantes dentro de una red SDH es la DXC o matriz de conmutación digital (comúnmente llamada matriz de cross-conexión) y realiza funciones de conmutación de tráfico entre las entradas y las salidas hacia los distintos elementos de red. Estas entradas y salidas corresponden a los puertos que conforman el equipo Lucent AM1 y AM1 Plus.

Lo descrito significa que la matriz de cross-conexión o DXC conectará un determinado puerto de E1 TP1.X a través de un VC-12, con los puertos ópticos LP1.1 y LP1.2. Esto se realiza mediante el software de la plataforma de gestión o bien, a través de una conexión local llamada ITM-CIT (*Integrated Transport Management - Craft Interface Terminal*) que corresponde a una herramienta de software para la configuración de todos los parámetros del equipo.

En la figura 29 se muestra la forma en que el tráfico que se recoge a través del puerto eléctrico TP1.1 es insertado en el contenedor virtual VC-12, el cual a su vez se le asigna el identificador KLM 142 y luego es subido al AU4 que formará la trama STM-1, la cual luego será transmitido a la red de transporte a través de los puertos ópticos de línea LP1.1 y LP1.2. Se indica también el mismo proceso para el tráfico entrante a través de puerto de E1 TP1.16.

Figura 29. Método de cross-conexión de tráfico en equipo Lucent AM1



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

El método de cross-conexión de estos equipos cumple con el estándar de la industria ITU G.803 para la arquitectura de red, con el estándar ITU G.810 para el cumplimiento de interconexión con otras redes y el estándar ITU G.811 para la sincronización de trama.

2.2.2. Aprovisionamiento de nodo como elemento de red y circuitos VC-12

Debido que uno de objetivos del proyecto es el de eliminación de los equipos SDH obsoletos, en el capítulo 3 y capítulo 4 no se profundizará mucho en el proceso de integración de nuevos elementos Lucent a la red debido que deberán ser eliminados, sin embargo, como parte del análisis de la red es necesario describir y conocer el proceso de integración de equipos a la red según se describe de forma muy generalizada a continuación.

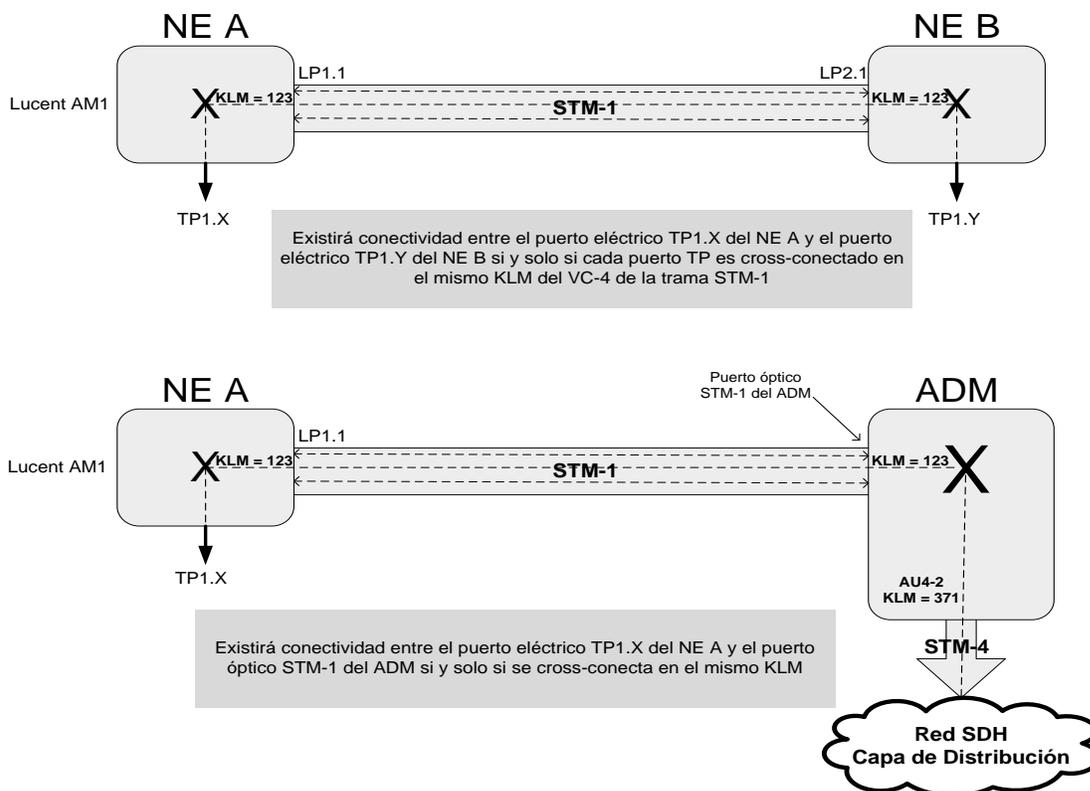
Para ingresar un nuevo nodo Lucent AM o AM1 Plus, se deberá en primera instancia, realizar la carga del software con la versión adecuada para que el equipo realice su función como elemento de la red SDH que integrará. Para el caso del AM1, se utiliza el software SCA78_C.S3 y para el caso AM1 Plus se utiliza el SCA92C.S3. Posterior a ello se procederá crear un nodo o NE (como comúnmente se identifican en la red) con el nombre de su ubicación, por ejemplo, si el nuevo NE será instalado en una ubicación de un edificio para servicios de telefonía fija, se puede nombrar como NE Telefonía. Es importante notar que solo se permiten hasta 32 caracteres para la etiqueta del nombre.

Se podrá proceder a configurar las cross-conexiones entre puertos eléctricos y VC-12 para crear circuitos realizando monitoreo de puertos y etiquetas TTI (del inglés *Trail Trace Identifier*). Para crear circuitos portadores de tráfico se deberá comprender en principio que existirá conectividad entre VC-12 identificados con un KLM sobre la misma trama de STM-1.

Sobre una misma trama STM-1, cada VC-12 se ve como un canal de 2 Mbps independiente del resto de VC-12, el mismo caso se aplica para anchos de banda mayores como VC-2, VC-3 o agrupamientos especiales.

Cuando un ADM agrega un VC-12 a los distintos niveles de multiplexación o demultiplexación debido al proceso de cambio de contenedores virtuales, se podrá asignar distintos KLM en el trayecto del circuito. Se muestra en la figura 30, un circuito punto a punto entre 2 puertos eléctricos utilizando el KLM 123 y adicionalmente otro circuito entre un puerto eléctrico y un ADM para ser transportado a través de la red SDH de mayor jerarquía.

Figura 30. **Ejemplo de circuito entre dos elementos Lucent Wavestar AM1**

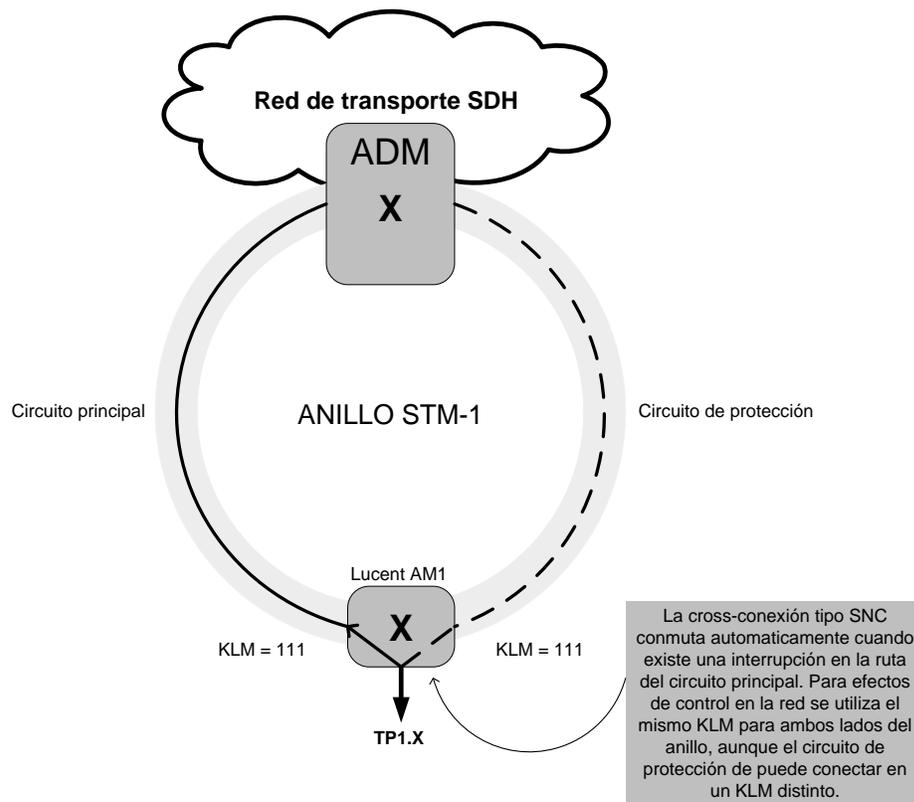


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Existe un tipo especial de circuito, con una configuración llamada SNC (del inglés *Sub Network Protection*) que se utiliza para suministrar protección en caso de falla o interrupción del circuito principal del enlace. Estos se crean a partir de la matriz de cross-conexión de los nodos y bajo un mecanismo de detección de fallas que se transporta por la trama STM-1, el cual conmutará automáticamente al circuito de protección cuando dicha falla es detectada.

En la figura 31 se muestra este tipo de circuitos utilizado en la topología de anillo.

Figura 31. Circuito tipo SNC en topología de anillo



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Desde el punto de vista de la plataforma de gestión, se describe a continuación el funcionamiento de la matriz de cross-conexión de un equipo. En este ejemplo se presenta 3 tipos de conexiones:

- Cross-conexión de los puertos ópticos en donde se indica una adaptación por defecto entre el puerto físico LP1.1 y el VC-4 # 1, representado por CC1,1 y de igual manera para el puerto LP2.1.

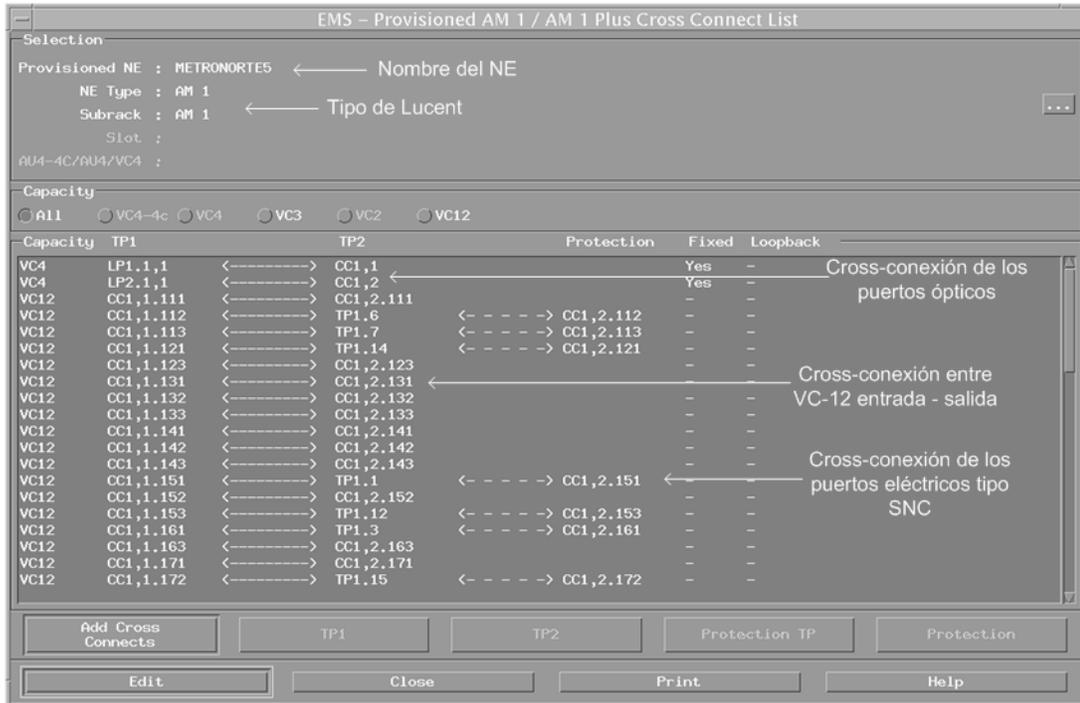
LP1.1,1 \leftrightarrow CC1,1

LP2.1,1 \leftrightarrow CC1,2

- Cross-conexión entre VC-12 entrada y salida, que indica una conexión “de paso” entre el KLM indicado del VC-4 de entrada hacia el KLM indicado del VC-4 de salida. Por ejemplo, todo el tráfico recibido por el KLM 131 del VC-4 # 1 será conectado al KLM 131 del VC-4 # 2.
- Cross-conexión de los puertos eléctricos hacia los respectivos contenedores virtuales VC-12. Como se muestra en la figura 32, en este tipo de cross-conexión se observa que el puerto eléctrico TP1.1 se conecta hacia el VC-12 que va por el KLM 151 del VC-4 # 1 (CC1,1) con una protección SNC por el VC-4 # 2 (CC1,2).

El sistema de cross-conexión de estos equipos permite realizar conexiones entre distintos contenedores virtuales VC-12 con cualquiera de los contenedores de mayor orden VC-3 teniendo la limitante que solo pueden realizarse entre las interfaces CC1,1 y puerto TP, CC1,2 y puerto TP, CC1,1 y puerto TP y luego hacia interface CC1,2 y por último cross-conexión entre CC1,1 hacia CC1,2. Los últimos 2 casos son utilizados para esquemas de protección SNC (topología de anillo) cumpliendo con el estándar ITU G.803.

Figura 32. Ejemplo de tipos de cross-conexión desde plataforma de gestión

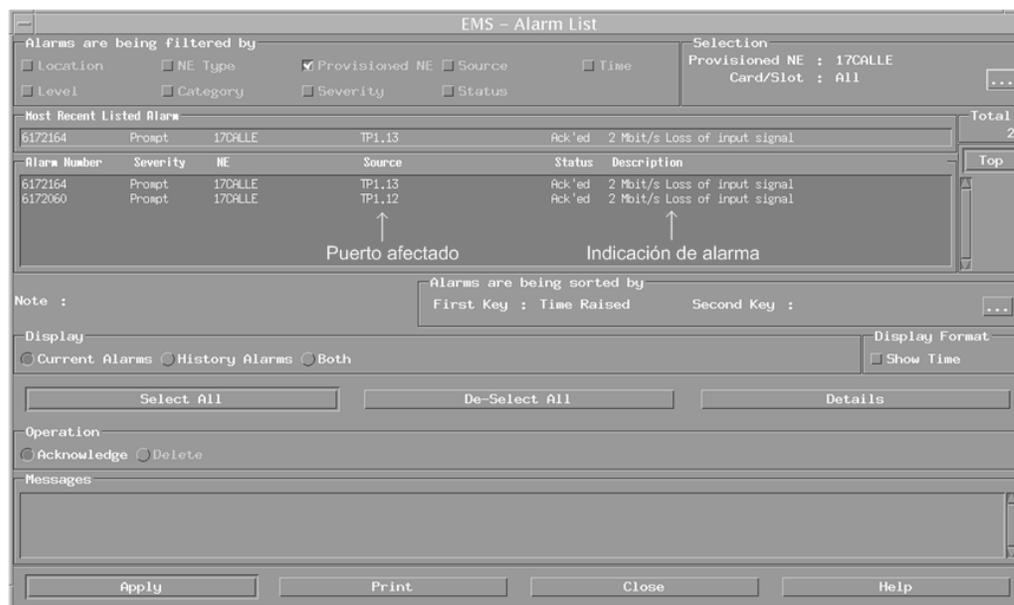


Fuente: elaboración propia, con plataforma de gestión ITMSC Lucent AM.

Todo circuito se forma a través de cross-conexiones, las cuales se aplican de nodo en nodo según se requiera, es decir, si solo se transmite el tráfico en un VC-12 determinado, se realizará una cross-conexión VC-12 entrada – salida (de paso) y si se necesita que dicho tráfico sea entregado en un puerto eléctrico, se utilizará una cross-conexión de los puertos eléctricos hacia el KLM designado a través de una cross-conexión SNC o estándar si no se requiere protección. Para la gestión de los elementos de red se utiliza comunicación en banda, la cual permite la administración remota para formar circuitos desde una plataforma centralizada se propague a toda la red mediante las cabeceras de la trama SDH.

Para la administración del tráfico activo y tráfico por activar, la gestión suministra información mediante alarmas que indican la operación de los elementos de red. Para los equipos Lucent hay una serie de alarmas específicas que indican si el tráfico ha sido afectado, si existe riesgo potencial de afectación o algún evento en la red que debe ser revisado. Estas alarmas las generan los equipos y las transmiten casi automáticamente desde el momento que se generan. Desde la plataforma de gestión, las alarmas se reportan a través de una ventana especial que las muestra según la figura 33.

Figura 33. **Indicaciones de alarmas Lucent desde plataforma de gestión**



Fuente: elaboración propia, con plataforma de gestión ITMSC Lucent AM.

En la tabla VII se presenta un listado de las alarmas más comunes, su significado y su indicación de afectación de tráfico (nivel de severidad) para equipos Lucent AM1.

Tabla VII. **Alarmas más comunes en red de equipos Lucent AM1**

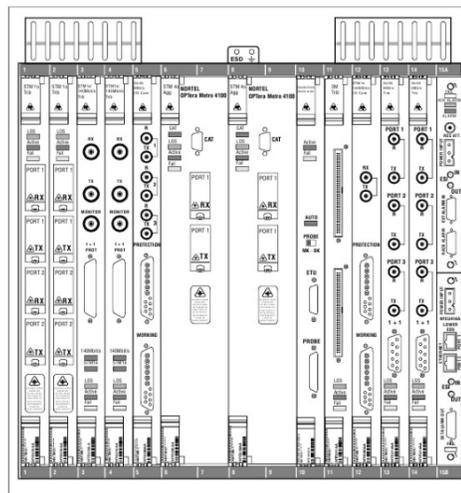
ALARMA	SIGNIFICADO	AFECTACIÓN DE TRÁFICO
<i>Failed to associate with previously managed Node</i>	Se interrumpió la comunicación con el NE Gateway para gestiones o la comunicación directamente con el NMS Lucent	No
<i>VC-12 Unequipped</i>	Cross-conexión a nivel de VC-12 sin equipar. Interrupción de circuitos VC-12 en algún punto de la ruta debido a la falta de cross-conexión.	Si
<i>TU-12 Alarm indication signal received (AIS)</i>	Indicación de alarma, se refiere a una condición de apertura en la ruta del circuito en algún punto o problemas de alineamiento de trama.	Si
<i>2 Mbit/s Loss of input signal</i>	Sin conexión o ausencia de señal de recepción eléctrica u óptica en el puerto donde se indica la alarma.	Si
<i>System timing in backup state</i>	Se perdió señal de referencia de reloj principal, se ha cambiado a la señal de referencia de reloj de segunda prioridad.	No
<i>Interface error</i> INTERFACE_ERROR	Error de protocolo en el elemento indicado.	Si
MDI 1	Indicación de alarma miscelánea discreta. Estas alarmas se producen por la apertura de un circuito de algún elemento externo.	No
<i>Timing link failed</i>	Fallo en las referencias de reloj de sincronía, el equipo pasa a estado <i>free running</i> .	Potencialmente
<i>IS-IS configuration error</i>	Error en configuración de protocolo IS-IS referente a las áreas de gestión o niveles de propagación del protocolo.	No
<i>Enable Management operation failure</i>	Indicación de fallo de ingreso de nuevo NE a la plataforma de gestión.	No
<i>STM-1 MS Moderate block error rate</i>	Detección de errores en trama STM-1 en tasa moderada	Potencialmente

Fuente: elaboración propia.

2.3. Plataforma de gestión para nodos Nortel 16XE, Nortel 4XE y Nortel 4T

Los equipos Nortel 16XE y Nortel 4XE son equipos SDH con agregados STM-16 y STM-4 respectivamente. La diferencia radica únicamente en la capacidad que pueden manejar a nivel de agregado. Ambos equipos puede funcionar como ADM y DXC ya que pueden ser equipados con tarjetas para dichas funciones. Los equipos Nortel 16XE y Nortel 4XE están equipados con tarjetas NTEU25AA para agregados ópticos con láser de 1301 nm, NTEU2511AA para tributarios de E1 con interfaces eléctricas de 75 ohm, NTEU10AA27 para puertos ópticos de STM-1 con láser de 1310 nm y NTEU40AA13 como tarjetas controladoras del nodo. En la figura 34 se muestra una vista frontal de la distribución de tarjetas en el equipo

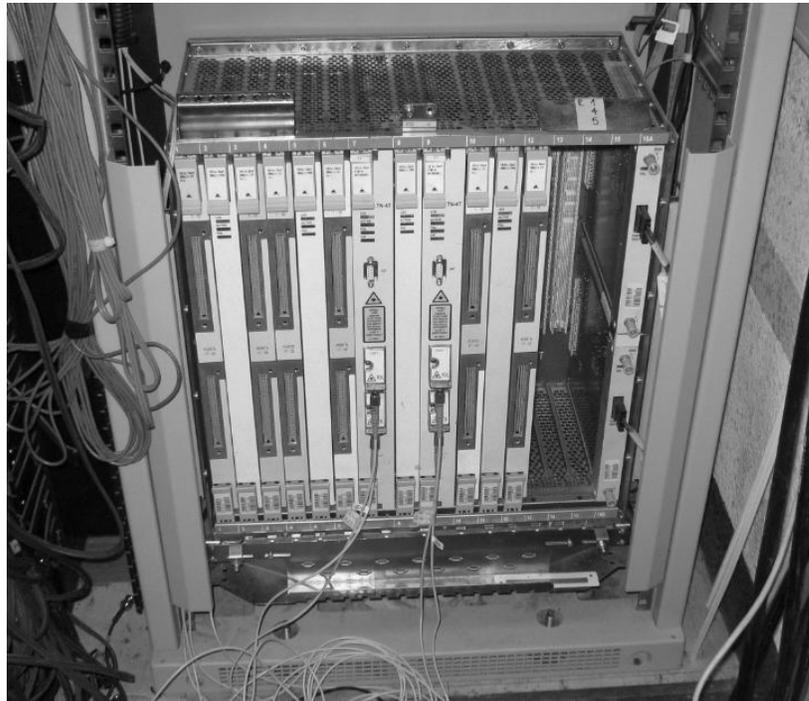
Figura 34. **Apariencia física y distribución de tarjetas en equipos Nortel**



Fuente: Nortel Networks, SDH Transmission Nortel Networks OPTera Metro 4100 System Description, p. 10.

Una visión física de estos equipos (mostrado en figura 35), en su configuración básica están formados por un sub *rack* NTEU6OAA03 que se monta sobre un *rack* o bastidor de 21 pulgadas, el cual tiene espacio para 16 ranuras (*slots*) para inserción de tarjetas que darán las distintas funciones al equipo.

Figura 35. **Instalación física de equipo Nortel 16XE**



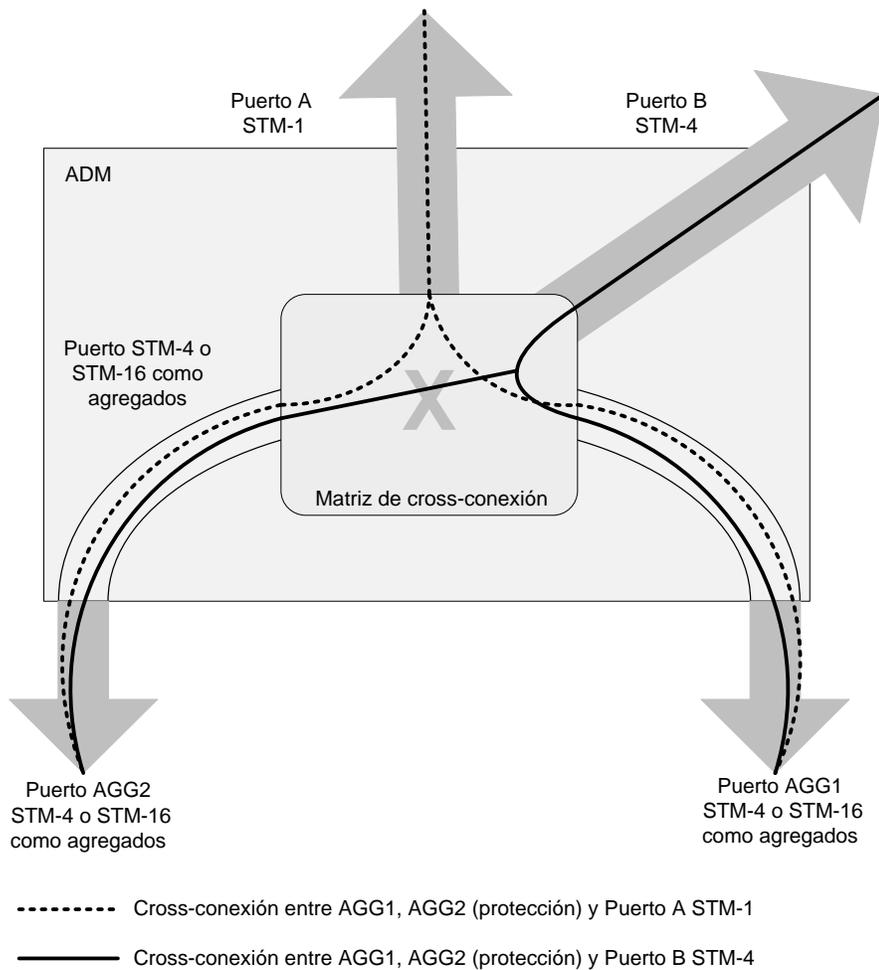
Fuente: Equipo Nortel 16XE instalado en Central de Transmisión.

La disposición que estos equipos tienen para su operación es sencilla y obedecen a la siguiente lógica: *rack* – *subrack* – tarjeta – puerto – AU-4 – VC-12. Esta lógica perteneciente a la disposición física se aplica a la configuración lógica para formar las cross-conexiones entre los contenedores virtuales de la trama SDH que ingresan y salen por los puertos de cada nodo.

2.3.1. Matriz de cross-conexiones en equipos Nortel

Para el manejo de la parte lógica y manejo de tráfico se hará referencia a la matriz de cross-conexión la cual en esencia, obedece al estándar de SDH de la ITU-T G.783 con las particularidades de cada fabricante. Para una fácil comprensión nos referiremos a la figura 36.

Figura 36. Funcionamiento de matriz de cross-conexión Nortel XE



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

En la figura 36 se observa la existencia de dos cross-conexiones (ilustradas con la línea continua y línea punteada) en donde el tráfico que se recibe y transmite a través del “Puerto A STM-1”, se multiplexa por el ADM y se conmuta por la DXC o matriz de cross-conexión hacia el puerto de mayor jerarquía AGG1 STM-4 o STM-16. En la ilustración la conexión tiene protección SNC, indicando una conmutación de tráfico automática hacia el puerto AGG2 en caso se detecte falla en el puerto AGG1. El segundo ejemplo se ilustra con una cross-conexión entre el puerto STM-4 B hacia afuera del ADM.

Teniendo claro lo anterior, las cross-conexiones en los equipos Nortel 4XE, Nortel 16XE y Nortel 4T se realizan según se muestra en el siguiente ejemplo:

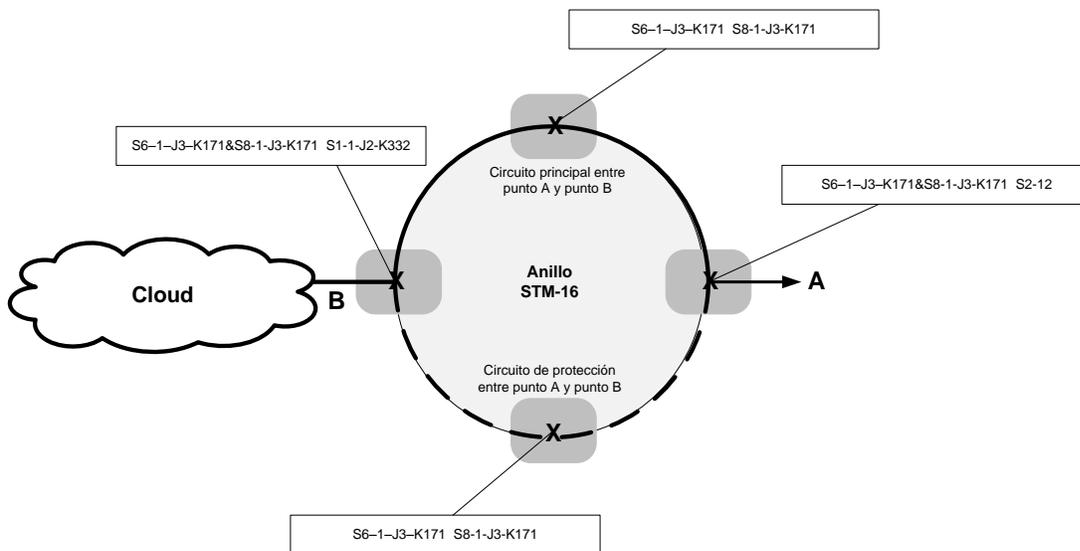
S6-1-J1-K162&S8-1-J1-K162 S1-1-J1-K333

En donde la simbología se interpreta de la siguiente manera:

- S6 = Slot 6 (se refiere a la tarjeta ubicada en este Slot o ranura, para los equipos Nortel este Slot está reservado para los agregados STM-1, STM-4 o STM-16).
- 1 = Puerto 1 (se refiere al puerto 1 del slot 6, que es el único puerto que tiene las tarjetas para agregados).
- J1 = AU-4 # 1 (se refiere al número de AU-4 donde está ubicado el VC4 que llevará mapeado el VC-12, para el caso de una conexión STM-4 se tienen 4 AU-4 J1, J2, J3 y J4, para el caso de STM-16 se tendrán desde el J1 al J16).

- & = Indicación de “protección SNC por” (en la línea de comando de la gestión este símbolo es el utilizado para configurar el canal de protección para una cross-conexión).
- El espacio es para indicar el Slot - Puerto – AU-4 – KLM del destino por el que fluirá el tráfico.
- Los circuitos a través de los equipos Nortel se formarán realizando una serie de cross-conexiones de nodo en nodo en la red de transporte, de la forma ilustrada en la figura 37.

Figura 37. **Cross-conexiones formando un circuito SNC con equipos Nortel XE**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Desde la plataforma de gestión, se utiliza una línea de comando especial para realizar las operaciones de monitoreo, conexiones, aprovisionamiento de

tarjetas y puertos, manejo de esquemas de protección, etc. La línea de comando obedece a una jerarquía de menús para los cuales se va avanzando conforme se coloca las letras mayúsculas indicadas o resaltadas en el menú, esto dará acceso a los distintos sub menús según el nivel donde se encuentre.

Para acceder se utilizará la tecla *enter*. En la figura 38 se muestra la línea de comando para la configuración de equipos Nortel y en la tabla VIII se muestran los comandos más utilizados.

Figura 38. **Línea de comando para configuración de equipos Nortel XE**



Fuente: elaboración propia, con línea de comando de gestión Nortel 16XE Centro.

Tabla VIII. **Listado de comando más utilizados para configuración Nortel XE**

Comando	Función
A	Para ingreso a funciones de administración del equipo, tales como configuración de software y back up.
C	Para configuración de todos los parámetros del nodo, tales como sincronía, cross-conexiones, equipar tarjetas, colocar identificadores de tráfico.
M	Para operaciones de mantenimiento tales como verificación de consultas al nodo, hora de eventos.

Continuación de la tabla VIII.

Comando	Función
V	Revisión de alarmas y configuraciones
D	Para realizar pruebas de bucle con los distintos puertos e identificación física de tarjetas
L	Para salir de la línea de comando
S	Verificación y configuración de usuarios para administración y gestión del nodo

Fuente: elaboración propia.

Para desplegar todas las cross-conexiones de un nodo se utilizará el comando “C N V C”, tal como se muestra en la figura 39:

Figura 39. **Comando para verificar cross-conexión Nortel**

```

EC-1 R19.0 NAVMGR CENTRO
251, S6-1-J1-K131&S8-1-J1-K131@, S12-2-J1-K171&S11-2-J1-K171@, BI, ULabel = CUMB
RESZ18W1
;
Connected, Payloads, BPayloads, Number_of_connections, *=up, ^=root

TN-16XE/Config/coNnections/View/
>> /

Admin/, Config/, Diagnostic/, Maint/, Session/, View_status/, Logout

TN-16XE/
>> c n v c
25, Connections
250, Number_of_connections = 222
251, S6-1-J6-K312&S8-1-J6-K312@, S1-1, BI, ULabel = Tr809CentPetapa
251, S6-1-J4-K142&S8-1-J4-K142, S1-2, BI, ULabel = TelCodico
251, S6-1-J1-K172&S8-1-J1-K172@, S1-3, BI, ULabel = 23273\12450W1
251, S6-1-J1-K121&S8-1-J1-K121@, S1-4, BI, ULabel = Tr1279GuardaCen
251, S6-1-J9-K233&S8-1-J9-K233, S1-5, BI, ULabel = Tr1278P1ComcCen
251, S6-1-J1-K211&S8-1-J1-K211@, S1-6, BI, ULabel = 23274\12450W2
251, S6-1-J3-K232&S8-1-J3-K232@, S1-7, BI, ULabel = Tr1605TikalCent
251, S6-1-J1-K261&S8-1-J1-K261@, S1-8, BI, ULabel = Tr5880_Ref-Cent
  
```

Fuente: elaboración propia, con línea de comando de gestión Nortel 16XE Centro.

Para realizar cross-conexiones se utilizará el comando “C N C” seguido de los VC-12 con que se realizará la conexión, tal como se muestra en la figura 40:

Figura 40. **Comando para realizar cross-conexión Nortel XE**



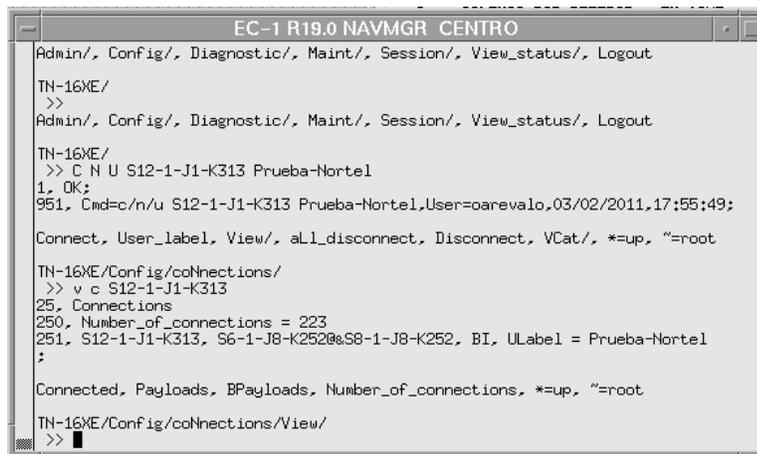
```
EC-1 R19.0 NAVMGR CENTRO
Admin/, Config/, Diagnostic/, Maint/, Session/, View_status/, Logout
TN-16XE/
>>
Admin/, Config/, Diagnostic/, Maint/, Session/, View_status/, Logout
TN-16XE/
>>
Admin/, Config/, Diagnostic/, Maint/, Session/, View_status/, Logout
TN-16XE/
>>
Admin/, Config/, Diagnostic/, Maint/, Session/, View_status/, Logout
TN-16XE/
>>
Admin/, Config/, Diagnostic/, Maint/, Session/, View_status/, Logout
TN-16XE/
>> C N C S12-1-J1-K313 S6-1-J8-K252&S8-1-J8-K252
1, OK:
951, Cmd=c/n/c S12-1-J1-K313 S6-1-J8-K252&S8-1-J8-K252,User=oarevalo.03/02/2011,
17:51:58:
Connect, User_label, View/, aLL_disconnect, Disconnect, VCat/, **up, "=root
TN-16XE/Config/coNnections/
>> █
```

Fuente: elaboración propia, con línea de comando de gestión Nortel 16XE Centro.

Para etiquetar una cross-conexión se utilizará el comando “C N U” seguido de cualquier punto de la conexión a la que se le quiera etiquetar y por ultimo una etiqueta con 15 caracteres. Para eliminar o desconectar alguna cross-conexión se utilizará el comando “C N D” seguido de cualquier punto de la conexión. La plataforma solicitará una confirmación de que se quiere proceder con la desconexión, se debe colocar el comando “Y” para confirmar el comando y “N” si se quiere desistir. En esta plataforma de gestión no existe una forma de revertir hacia una condición anterior después de ser ejecutado un comando y una vez se elimina una cross-conexión, el equipo la elimina directamente de la memoria y solamente se puede recuperar al realizarla de nuevo.

En las figuras 41 y 42 se observa la línea de comando para las operaciones anteriormente descritas.

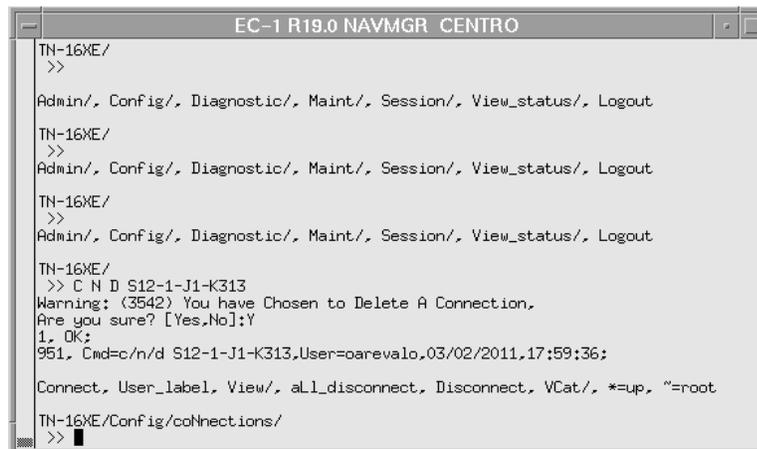
Figura 41. **Comando para etiquetar cross-conexión Nortel XE**



```
EC-1 R19.0 NAVMGR CENTRO
Admin/, Config/, Diagnostic/, Maint/, Session/, View_status/, Logout
TN-16XE/
>>
Admin/, Config/, Diagnostic/, Maint/, Session/, View_status/, Logout
TN-16XE/
>> C N U S12-1-J1-K313 Prueba-Nortel
1, OK;
951, Cmd=c/n/u S12-1-J1-K313 Prueba-Nortel,User=oarevalo,03/02/2011,17:55:49;
Connect, User_label, View/, aLL_disconnect, Disconnect, VCat/, *=up, "=root
TN-16XE/Config/coNnections/
>> v c S12-1-J1-K313
25, Connections
250, Number_of_connections = 223
251, S12-1-J1-K313, S6-1-J8-K252@S8-1-J8-K252, BI, ULabel = Prueba-Nortel
;
Connected, Payloads, BPayloads, Number_of_connections, *=up, "=root
TN-16XE/Config/coNnections/View/
>>
```

Fuente: elaboración propia, con línea de comando de gestión Nortel 16XE Centro.

Figura 42. **Comando para desconexión de cross-conexión Nortel XE**



```
EC-1 R19.0 NAVMGR CENTRO
TN-16XE/
>>
Admin/, Config/, Diagnostic/, Maint/, Session/, View_status/, Logout
TN-16XE/
>>
Admin/, Config/, Diagnostic/, Maint/, Session/, View_status/, Logout
TN-16XE/
>>
Admin/, Config/, Diagnostic/, Maint/, Session/, View_status/, Logout
TN-16XE/
>> C N D S12-1-J1-K313
Warning: (3542) You have Chosen to Delete A Connection,
Are you sure? [Yes.No]:Y
1, OK;
951, Cmd=c/n/d S12-1-J1-K313,User=oarevalo,03/02/2011,17:59:36;
Connect, User_label, View/, aLL_disconnect, Disconnect, VCat/, *=up, "=root
TN-16XE/Config/coNnections/
>>
```

Fuente: elaboración propia, con línea de comando de gestión Nortel 16XE Centro.

2.4. Plataforma de gestión para nodos SDH Tellabs

Para poner a funcionar un equipo de telecomunicaciones se requiere se tenga bien definidas las funciones que el hardware realizará y la correcta versión del software compatible para el manejo de dicho hardware. El montaje del equipo obedece a las normas o estándares bajo las cuales los equipos son fabricados y no es la excepción el caso de los equipos SDH Tellabs de la serie 63XX, cuya construcción se basa en recomendaciones de SDH de la ETSI e ITU.

2.4.1. Aprovisionamientos de equipo

Los equipos Tellabs de la serie 63XX que se utilizarán en este proyecto son los modelos Tellabs 6325 y Tellabs 6340, los cuales pueden ser configuradas como multiplexores ADM, multiplexores terminales (TM, de las siglas en inglés *Terminal Multiplexer*) o equipos de conmutación cross-conectores (SDXC) con agregados STM-1, STM-4 y matriz de cross-conexión que varía entre los 8 y 32 VC-4.

También se utilizan equipos Tellabs 6345 y Tellabs 6350 los cuales son equipos con una mayor capacidad de cross-conexión y son utilizados en las centrales de conmutación de tráfico para la interconexión de mayores cantidades de tráfico de hasta STM-64.

El principio básico de aprovisionamiento es el mismo para toda la serie de equipos, cambiando únicamente las particularidades definidas en la fase de planificación de la red, la cual debe de llevarse a cabo antes de la adquisición del equipo y su instalación.

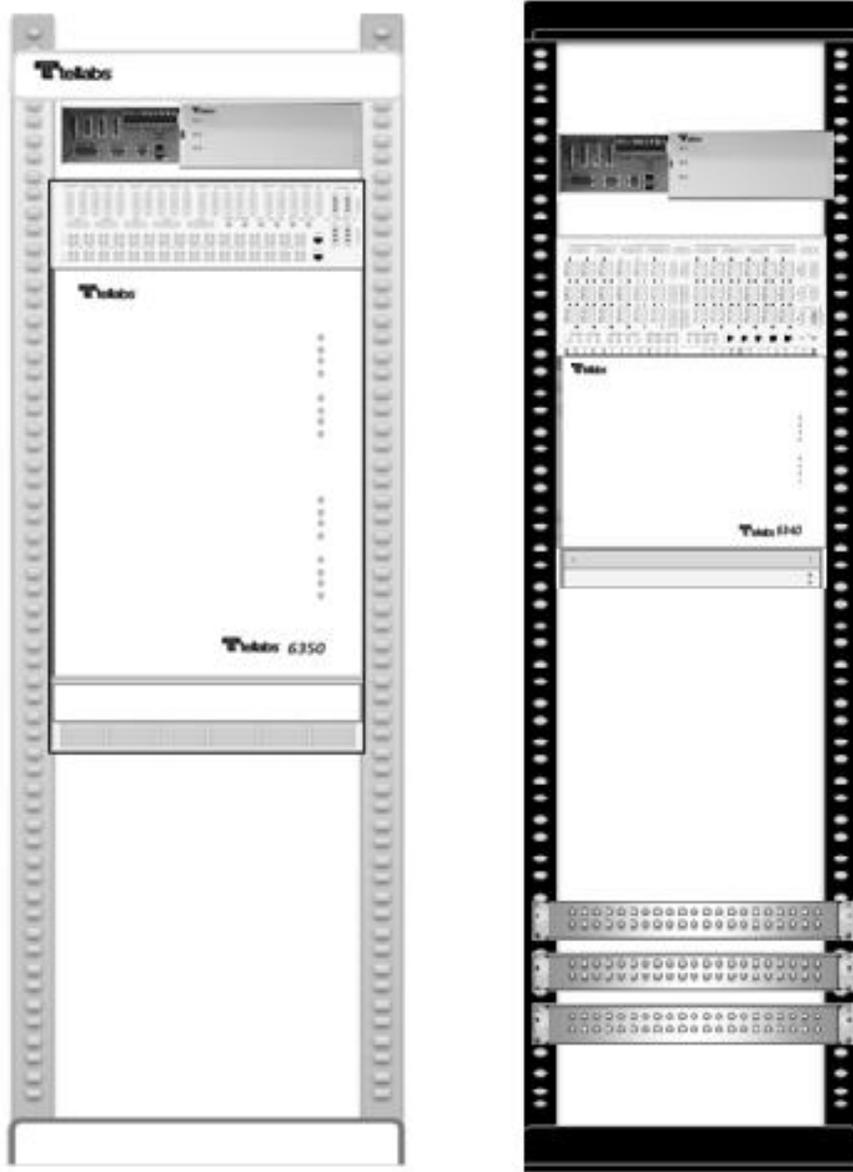
Cada equipo, según su aplicación, deberá adecuarse con el hardware necesario, por ejemplo, en el capítulo 3 se mencionarán los equipos Tellabs 6350 de la Región Guarda, los cuales deberán tener interconexiones a nivel de STM-1 con otros elementos de red SDH, por lo que deberán estar equipados con tarjetas Tellabs SIM1o y tarjetas SIM1/4/16 que realizan dicha función. Para la misma región, los equipos Tellabs 6340 que se describirán, deberán estar equipados con tarjetas TEX1P que realizan la función para la conexión de interfaces PDH a nivel de E1.

Para referencia sobre el hardware con el cual puede ser equipado cada equipo, según su función y aplicación dentro de la red, se puede revisar la documentación disponible en la página principal del proveedor Tellabs en la dirección *web*:

- <https://www.portal.tellabs.com/global/portal/ep/programView.do?channelId=-536889519&programId=536894567&pageTypeId=536898620>. Consulta 22 de diciembre de 2011.

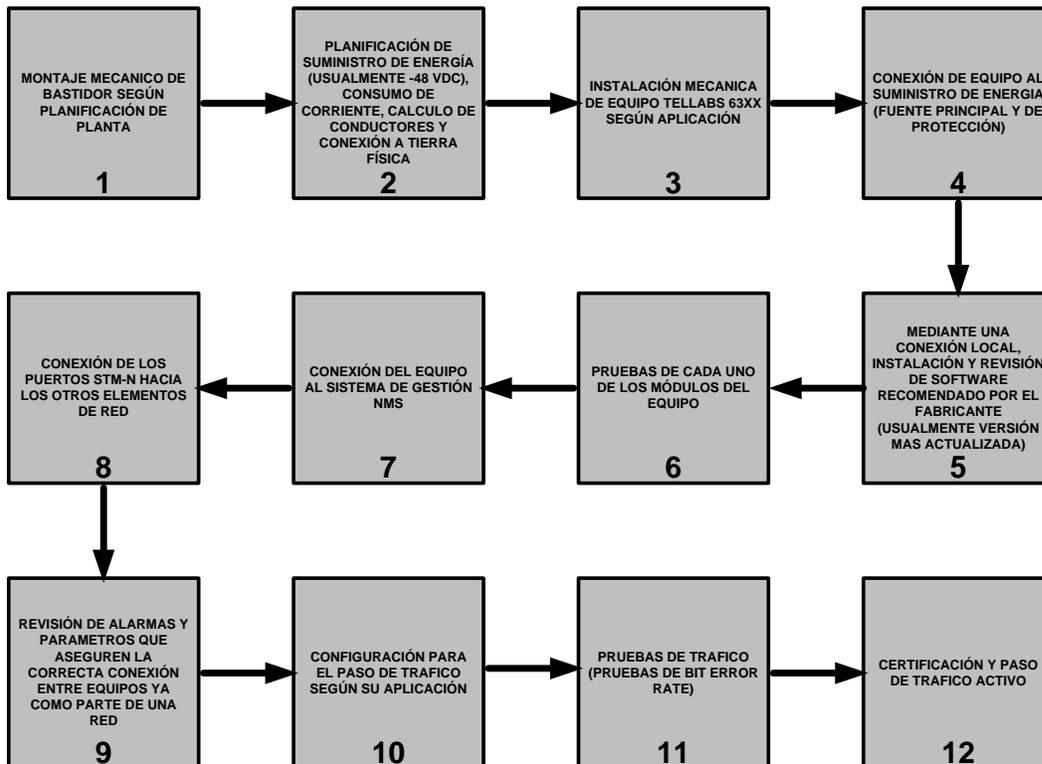
Debido a la amplitud de configuraciones de hardware para cada equipo, se resume en la figura 44 mediante 12 pasos, los requerimientos para el aprovisionamiento de los equipos SDH en general, pero principalmente orientados a equipos Tellabs serie 63XX. Adicionalmente, en la figura 43 se muestra una figura esquemática de la vista frontal de un equipo Tellabs 6350 (izquierda) y de un equipo Tellabs 6340 (derecha). Éste último muestra en la parte inferior 3 platinas con 21 puertos de E1 de 75 ohmios. Los 63 puertos de E1 son cross-conectados a partir de un VC-4 desde la matriz de cross-conexión del nodo.

Figura 43. **Ejemplo de montaje de equipo Tellabs 6350 en bastidor ETSI (izquierda) y equipo Tellabs 6340 montado en bastidor de 19 pulgadas**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Figura 44. Pasos para aprovisionamiento de equipos SDH Tellabs 63XX



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

2.4.2. Generación e interpretación de alarmas

Todo equipo debe contar con una conexión local o de consola que permita verificar el estado del funcionamiento del equipo y de cada uno de sus módulos e interfaces. Los equipos Tellabs 63XX constan con una herramienta de conexión local llamada *Craft Terminal* mediante la cual se puede realizar las tareas descritas en los pasos 5 al 10 de la figura 42, sin embargo, para la interpretación de alarmas cuando el equipo esté en total producción se utiliza el sistema NMS para el monitoreo del equipo y su verificación de alarmas.

El sistema propietario de Tellabs utilizado para la gestión remota es conocido como Tellabs 8000 y contiene un administrador de fallas para la revisión de alarmas en cada uno de los equipos integrados a la plataforma. Como la mayoría de los sistemas de gestión remota de elementos de red, se requiere contar con un usuario registrado en el servidor. Las alarmas que indican el estado de operación del nodo pueden ser clasificadas según se muestra en la tabla IX:

Tabla IX. **Tipos de alarmas más comunes en plataforma Tellabs 63XX**

VALOR/TIPO	DESCRIPCIÓN
Sin alarma (<i>None</i>)	Ausencia de alarma, no se refleja en el sistema
Precaución (<i>Warning</i>)	Se indica como una alarma que no afectará tráfico
Menor (<i>Minor</i>)	Alarma que no afecta tráfico pero eventualmente podría pasar a ser alarma mayor
Mayor (<i>Major</i>)	Alarma que pueden afectar tráfico y requieren atención inmediata
Critica (<i>Critical</i>)	Alarma que afecta tráfico
Alarmas de comunicación	Alarmas referentes a los canales de comunicación del nodo hacia otros elementos de la red
Alarmas de ambiente	Alarmas que indican las condiciones ambientales que rodean al equipo, tales como temperatura
Alarmas del equipo	Alarmas propias de los módulos pertenecientes al equipos
Alarmas de errores de procesamiento	Alarmas relacionadas con el software del nodo y consumo de los recursos de procesamiento del hardware

Fuente: elaboración propia.

En la plataforma Tellabs 8000, para los equipos SDH, existe cierta cantidad de alarmas que se pueden dar por una gran diversidad de razones y combinaciones de eventos. En la siguiente tabla se listan las más en la tabla X se listan las más comunes.

Tabla X. Listado de alarmas más comunes en plataforma Tellabs 8000 para equipos SDH

ALARMA	SEVERIDAD	CAUSA PROBABLE
Perdida de señal (<i>Loss of signal</i>)	Mayor	Desconexión física en puerto o interface
AIS	Mayor	Apertura de ruta en punto remoto
Perdida de trama (<i>Loss of frame</i>)	Mayor	Perdida de tráfico por la no alineación de trama
Señal degradada (<i>Degraded signal</i>)	Mayor	Atenuación en potencia en la señal de recepción, generalmente en puertos ópticos
Errores excesivos (<i>Excessive errors</i>)	Critica	Alto valor de bits errados
RDI	Menor	Falla en la recepción en extremo remoto
APS Disparidad en arquitectura	Precaución	Diferencias en configuración en esquema de protección de tráfico
Problema de energía	Critica	Problema en suministro de energía en algún modulo
SSF (<i>Server Signal Fail</i>)	Menor	Error de transmisión entre capas adyacentes
Falla de energía (<i>Power failure</i>)	Critica	Mal funcionamiento en suministro de energía del equipo
<i>Unit missing</i>	Critica	Unidad no presente en modulo
SSF (<i>Server Signal Fail</i>)	Menor	Error de transmisión entre capas adyacentes

Continuación de la tabla X.

ALARMA	SEVERIDAD	CAUSA PROBABLE
Falla de energía (<i>Power failure</i>)	Critica	Mal funcionamiento en suministro de energía del equipo
<i>Unit missing</i>	Critica	Unidad no presente en modulo
Perdida de referencia de reloj	Mayor	Problema con sincronía de reloj
Síncrona fuera de rango	Mayor	Señal de sincronía fuera de rango
Falla de transmisión óptica	Critica	Falla en la puerto de transmisión óptico
Ruta desequipada (<i>Path unequipped</i>)	Critica	Falta de cross-conexión en algún punto de la ruta
Bucle activo (<i>Loopback active</i>)	Precaución	Bucle activo en algún punto de ruta

Fuente: elaboración propia.

A modo de ejemplo, en la plataforma de gestión Tellabs 8000, en la figura 45 muestra un pantallazo donde se muestra de forma tabular el registro de alarmas activas dentro de la plataforma. En la columna marcada como *Problem description* (descripción del problema) se indica qué tipo de alarma es reflejada sobre una unidad específica perteneciente a un nodo específico. En la plataforma las alarmas se muestran mediante un código de colores que indica el nivel de criticidad de la alarma, por ejemplo, al nivel más crítico se le coloca color rojo, a una alarma mayor se le coloca color naranja, a una alarma de precaución se le indica color amarillo. En algunos casos, éste tipo de identificador por color puede ser configurado por el usuario de la plataforma.

Figura 45. Listado de alarmas del administrador de fallas en NMS
Tellabs

Nr	Node ID	Node name	Fault source	Problem description	Specifier
103	249	Sayaxche (Peten)	SIMX16M-2-6335 N249/U13	LOS	OS-3
104	249	Sayaxche (Peten)	SIMX16M-2-6335 N249/U13	LOS	OS-5
141	252	Chisec, Alta Verapaz (Peten)	SIMX16M-2-6335 N252/U11	LOS	OS-5
144	259	Yalpamech (Tellabs 6325)	SIMX4-6325 N259/U13	LOS	OS-2
100	249	Sayaxche (Peten)	SIMX16M-2-6335 N249/U13	Loss of synchronisation source	MS-5
127	259	Yalpamech (Tellabs 6325)	SIMX4-6325 N259/U13	Loss of synchronisation source	MS-2
133	252	Chisec, Alta Verapaz (Peten)	SIMX16M-2-6335 N252/U11	Loss of synchronisation source	MS-5
83	259	Yalpamech (Tellabs 6325)	SIMX4-6325 N259/U13	SSF	TUG-3: TUG3.3
84	259	Yalpamech (Tellabs 6325)	SIMX4-6325 N259/U13	SSF	TUG-3: TUG3.3
85	259	Yalpamech (Tellabs 6325)	SIMX4-6325 N259/U13	SSF	TUG-3: TUG3.3
86	249	Sayaxche (Peten)	SIMX16M-2-6335 N249/U13	SSF	TUG-1: TUG1.3
87	249	Sayaxche (Peten)	SIMX16M-2-6335 N249/U13	SSF	TUG-1: TUG1.3
88	249	Sayaxche (Peten)	SIMX16M-2-6335 N249/U13	SSF	TUG-1: TUG1.3
89	249	Sayaxche (Peten)	SIMX16M-2-6335 N249/U13	SSF	TUG-1: TUG1.3
90	249	Sayaxche (Peten)	SIMX16M-2-6335 N249/U13	SSF	TUG-1: TUG1.3
91	249	Sayaxche (Peten)	SIMX16M-2-6335 N249/U13	SSF	TUG-1: TUG1.3
92	249	Sayaxche (Peten)	SIMX16M-2-6335 N249/U13	SSF	TUG-1: TUG1.3
93	249	Sayaxche (Peten)	SIMX16M-2-6335 N249/U13	SSF	TUG-1: TUG1.3
94	249	Sayaxche (Peten)	SIMX16M-2-6335 N249/U13	SSF	TUG-1: TUG1.3
95	249	Sayaxche (Peten)	SIMX16M-2-6335 N249/U13	SSF	TUG-1: TUG1.3
96	249	Sayaxche (Peten)	SIMX16M-2-6335 N249/U13	SSF	TUG-1: TUG1.3
97	249	Sayaxche (Peten)	SIMX16M-2-6335 N249/U13	SSF	TUG-1: TUG1.3
98	249	Sayaxche (Peten)	SIMX16M-2-6335 N249/U13	SSF	TUG-1: TUG1.3
99	249	Sayaxche (Peten)	SIMX16M-2-6335 N249/U13	SSF	TUG-1: TUG1.3

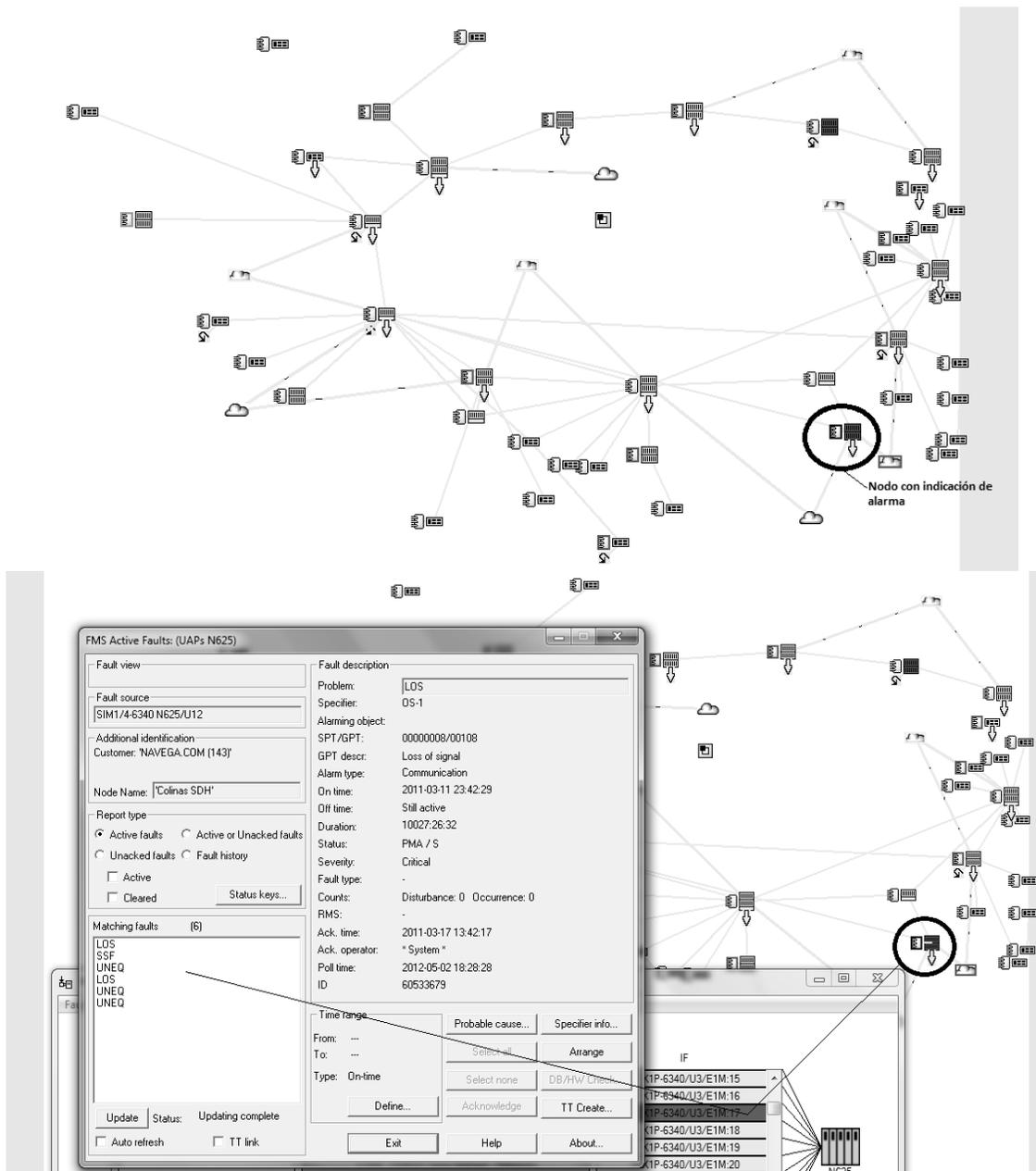
Fault count: 4421

Fuente: elaboración propia, con plataforma de gestión Tellabs 8000.

La plataforma NMS Tellabs 8000 también suministra una forma gráfica para la localización de eventos de forma rápida en la red, esto según el código de colores de severidad de alarma. Cuando un nodo en específico es afectado por algún evento que levanta una alarma se podrá del color de severidad de la alarma indicando que será necesario ingresar al equipo para ver la alarma específica que podrá afectar el nodo y la red.

Este tipo de visualización de eventos en una red donde existen enlaces de fibra óptica es muy útil para identificar cortes de fibra óptica o fallas a nivel de comunicación entre los nodos adyacentes. Aunque la plataforma indica en tiempo real que un evento ha ocurrido en la red, se deberá aplicar un análisis de alarmas para identificar la causa de una potencial falla y si ésta ha afectado tráfico activo. En la figura 46 se muestra lo anterior.

Figura 46. **Forma grafica para visualización de alarmas en NMS**
Tellabs 8000



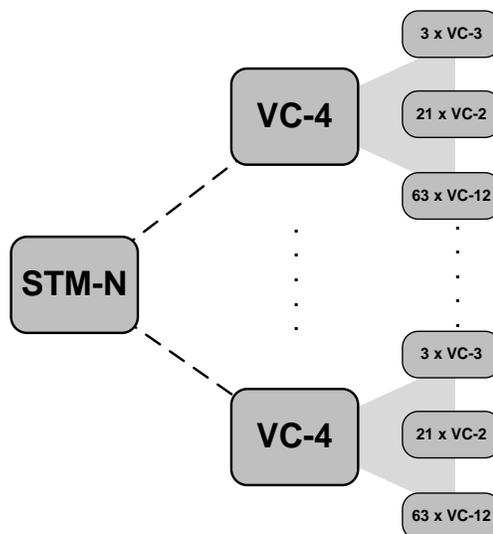
Fuente: elaboración propia, con plataforma de gestión Tellabs 8000.

2.4.3. Concepto y tipos de troncal en equipos Tellabs

Dentro del sistema de gestión para equipos Tellabs SDH se maneja un concepto muy importante llamado troncal. Una troncal es un enlace entre 2 nodos con un ancho de banda igual a alguno de los niveles de multiplexación de la Jerarquía Digital Síncrona, por lo que podemos tener troncales físicas STM-1 a STM-64 con capacidad lógica igual a la carga útil $N \times VC-4$, según sea el caso ($N = 1, 4, 16$ o 64). Por ejemplo, se puede tener una troncal física STM-16 con una capacidad de transportar tráfico igual a $2.048 \text{ Mbps} \times 63 \times 16 = 2064.38 \text{ Mbps} = 2.064 \text{ Gbps}$.

Cada troncal lógica VC-4 puede ser canalizada en los distintos tipos de contenedores virtuales de inferior jerarquía, tal y como se muestra en la figura 47.

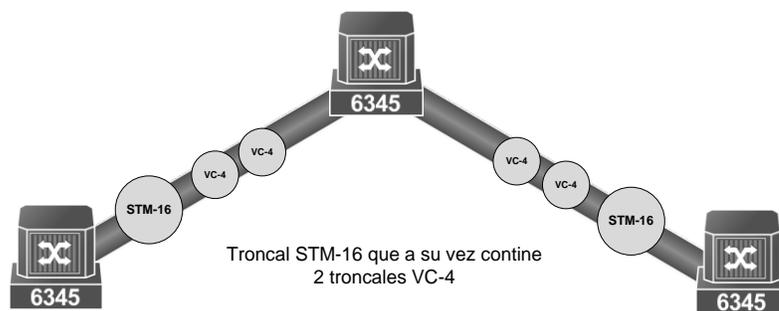
Figura 47. **Canalización de en contenedores virtuales para una troncal**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Se pueden tener troncales físicas STM-N que se transportan directamente en el enlace de fibra y sobre las cuales, a su vez, se transportan troncales en contenedores virtuales VC-4 en donde se puede mapear el contenedor virtual de menor jerarquía con el ancho de banda requerido.

Figura 48. **Mapeo de troncales VC-4 dentro de troncal física STM-16**



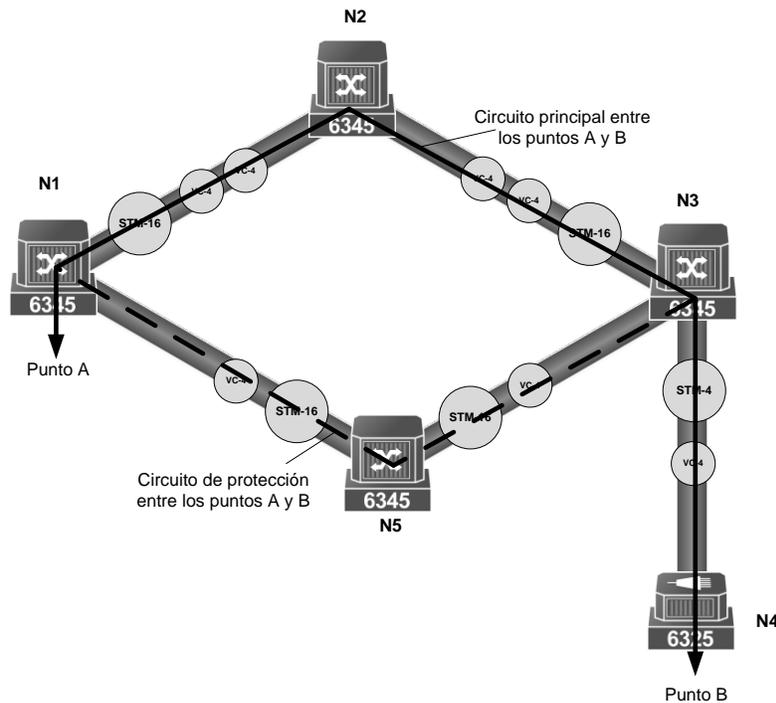
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

El mapeo de una troncal VC-4, mostrado en la figura 48, permite una gran flexibilidad para agregación de servicios y su cross-conexión hacia distintas regiones de la red dando paso a la creación de circuitos de menor orden que van contenidos entre troncales de igual o mayor orden.

2.4.4. Generación de circuitos

Los circuitos a través de una red SDH se van formando según se cross-conectan los contenedores virtuales hacia los distintos puertos de salida de un nodo. Debido que la topología es determinada por la forma en que los distintos puertos ópticos de los elemento de red son conectados entre si, los circuitos en la red SDH Tellabs están determinados por las cross-conexión de contenedores virtuales que se transportan entre los distintos enlaces o troncales entre nodos.

Figura 49. Ejemplo de circuito con elementos de red Tellabs



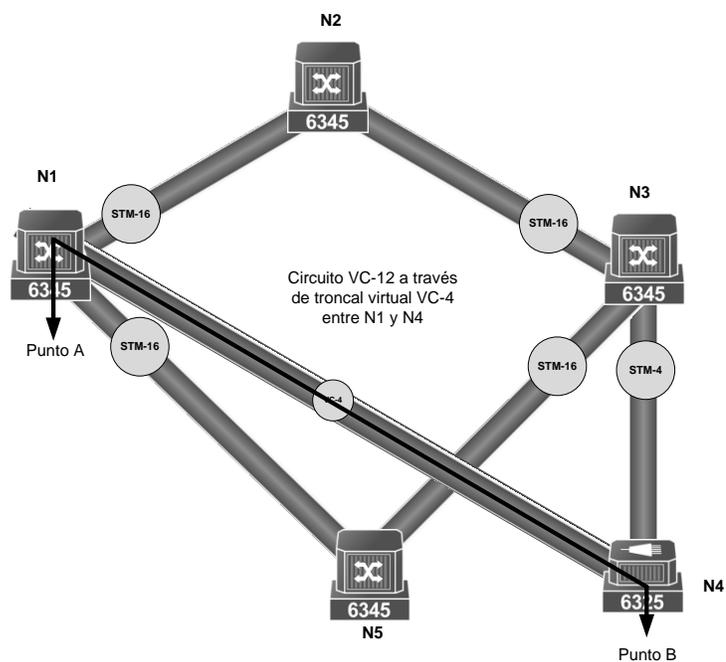
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

En la figura 49 se muestra un ejemplo de un circuito entre el punto A y el punto B el cual va contenido entre troncales VC-4 que se forman entre nodos adyacentes. El circuito se va cross-conectando en cada uno de los nodos en la trayectoria entre N1 y N4, pasando por N2 y se protege mediante topología de anillo en la ruta que pasa por N5.

También existe el concepto de troncal virtual, formado por un enlace a nivel de VC-4 entre dos nodos que no necesariamente son adyacentes, por ejemplo, en la topología mostrada en la figura 47, se puede establecer una sola troncal virtual que va directamente entre N1 a N4.

La ruta del circuito estará determinada por una sola troncal virtual en vez de una troncal entre N1 a N2, N2 a N3 y N3 a N4, ya que físicamente la ruta debe pasar por donde existen los enlaces de fibra. En este caso el circuito se verá según se muestra en la siguiente figura 50.

Figura 50. **Ejemplo de troncal VC-4 virtual**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

2.4.5. **Adaptación de alto orden para conexiones a STM-N**

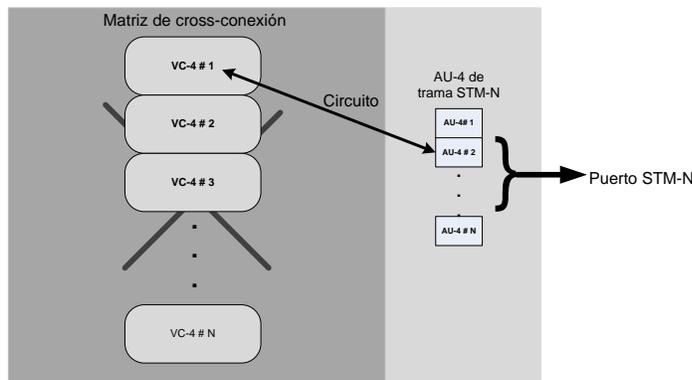
Como se expondrá en el capítulo 3, se analizará una red SDH en donde existen interconexiones entre distintos segmentos de red que pertenecen a equipos de marca Nortel, marca Tellabs y marca Lucent, por lo que se hace necesario realizar las adaptaciones entre las fronteras de conexión entre los

equipos Tellabs hacia los equipos Nortel y Lucent. Para ello se utiliza la adaptación de alto orden (HOA de sus siglas en inglés *High Order Adaptation*) y consiste en tomar una porción igual a un contenedor VC-4 de la matriz de cross-conexión y mediante un circuito interno del nodo llevarla hacia una unidad administrativa AU-4 como parte de la trama STM-N en un puerto óptico determinado que se conecta hacia otros equipos.

El HOA suministra flexibilidad de entregar a través de esta conexión, contenedores virtuales mapeados según se requiera. Se debe tomar en cuenta que para que no haya deslizamiento de trama, se deberá tener simetría en la frontera donde se interconectan los contenedores virtuales a través de las unidades administrativas de la trama STM-N.

En la figura siguiente se realiza un esquema donde se indica que la adaptación de alto orden consiste en conectar a través de un circuito un VC-4 (mapeados según se requiere) con un AU-4 que saldrá a través de un puerto STM-N. En la figura 51 se ejemplifica lo anterior.

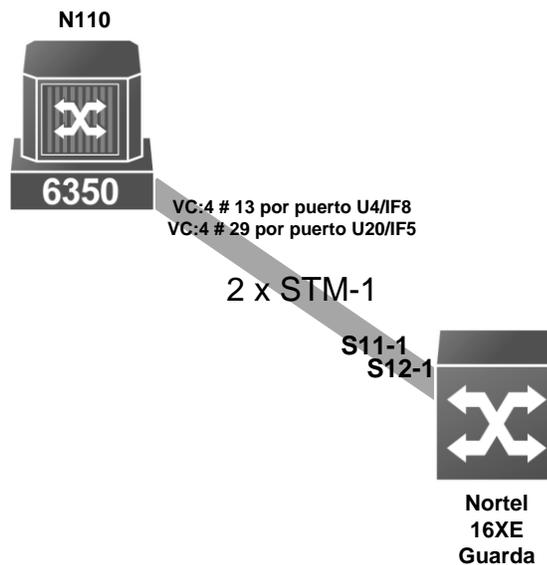
Figura 51. **Adaptación de alto orden (HOA) en equipos SDH Tellabs**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Como ejemplo, de la red que se analizará en el capítulo 3, se muestra la interconexión de 2 puertos STM-1 entre el equipo Tellabs 6350 N110 y el equipo Nortel 16XE Guarda Central en donde se toma de la matriz de cross-conexión el VC-4 # 13 mediante un circuito que lo conecta al puerto STM-1 de la unidad 4 e interface 8, lo anterior es para realizar la interconexión hacia el puerto S11-1 del equipo Nortel. En este y todos los casos, los VC-4 son mapeados en 63 VC-12. En la figura 52 se ilustra la forma de éstas 2 interconexiones STM-1.

Figura 52. **Ejemplo de interconexión STN-1 Tellabs – Nortel mediante HOA**



Fuente: Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

3. PROYECTO DE ELIMINACIÓN ANILLO SDH NORTEL CENTRAL

Con un conocimiento suficiente sobre el funcionamiento básico de los equipos SDH y sus plataformas que se presentaron en el capítulo 2, se analizará la forma en que está dispuesta la red SDH de interés, la cual está compuesta por equipos Nortel 16XE, Nortel 4XE, Nortel 4T, Lucent AM1 y Tellabs 63XX, todo con el objetivo de eliminar los equipos obsoletos y reemplazarlos por una nueva red convergente que presente una solución integral a las exigencias de transporte de datos de hoy en día.

Debido a la necesidad de acceso a Internet y los avances de transporte de datos, video y voz por paquetes, actualmente se tiene bien identificada la necesidad de ir cambiando las redes TDM por redes basadas en tecnología IP. También existe el factor crítico que la red SDH a reemplazar no cuenta con soporte técnico debido a que los equipos Nortel y Lucent son modelos con tecnologías de la década de los 90 y es muy poco probable o imposible encontrar en el mercado tarjetas o módulos como repuestos.

La compañía de telecomunicaciones Nortel Networks anunció su quiebra en el 2009, aunque después pasó a vender parte de sus unidades de negocio a otras empresas multinacionales expertas en el ámbito de las telecomunicaciones, tales como *Ericsson*, *Avaya*, *Genband* y *Ciena Corporation*. Lo anterior permite identificar un riesgo inminente de falla en la red Nortel y al no contar con soporte local, se hace más urgente la formulación de un proyecto de eliminación de la dicha red SDH.

3.1. Análisis de Anillo Central por regiones

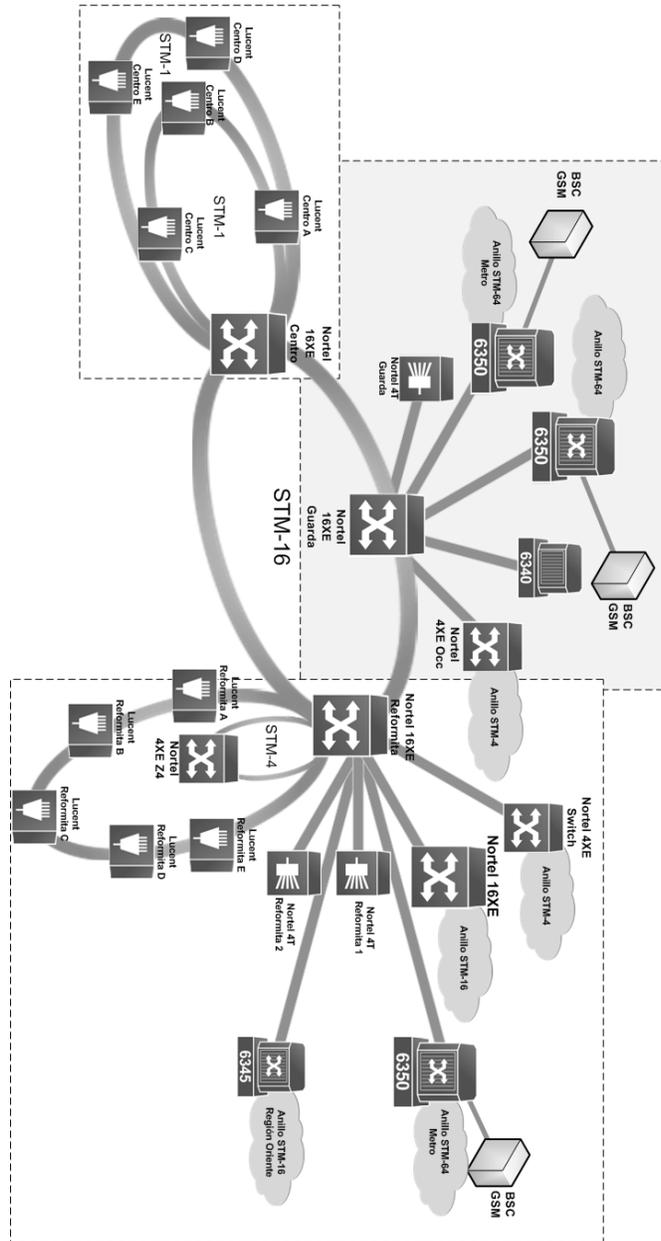
El anillo a eliminar es conocido como Anillo Central, está formado en su parte principal por tres equipos Nortel 16XE con agregados STM-16 ubicados en los sitios llamados Centro, Guarda y Reformita. En la capa de distribución y acceso, estos tres equipos se interconectan a nivel de tributarios con otros anillos STM-1 para cubrir ubicaciones específicas de los clientes.

También existen interconexiones STM-1 y STM-4 hacia otros anillos y equipos de cross-conexión para la entrega de servicios de telefonía fija, móvil y datos. Durante el tiempo que ha estado activa esta red Nortel, se han creado algunas interconexiones hacia BSC en los sitios de Guarda y Reformita, esto sucedió así ya que dicha red fue el primer *backbone* metropolitano para la recolección de tráfico TDM para celdas GSM.

En la distribución de la red también existen interconexiones hacia otros anillos SDH existentes con equipos de marca *Tellabs*, éstos anillos son bastante más modernos y representan el *backbone* actual para el transporte SDH de toda la región metropolitana y aun extendiéndose a todo el país. Sin embargo, la falta de un plan de migración de una red a otra, ha propiciado que el tráfico en ambas redes SDH haya crecido y que en determinados puntos inclusive existan cuellos de botella que dificultan la habilitación de nuevos servicios sobre la red Nortel.

Para poder tener una visión más amplia sobre los segmentos de red a eliminar y sobre los segmentos en donde se realizará un reemplazo de equipo y el traslado de tráfico, se presenta en la figura 53 el diagrama topológico de la red conformado originalmente por 5 anillos y 9 puntos de interconexión hacia otra red.

Figura 53. Diagrama topológico de Anillo SDH Nortel Central

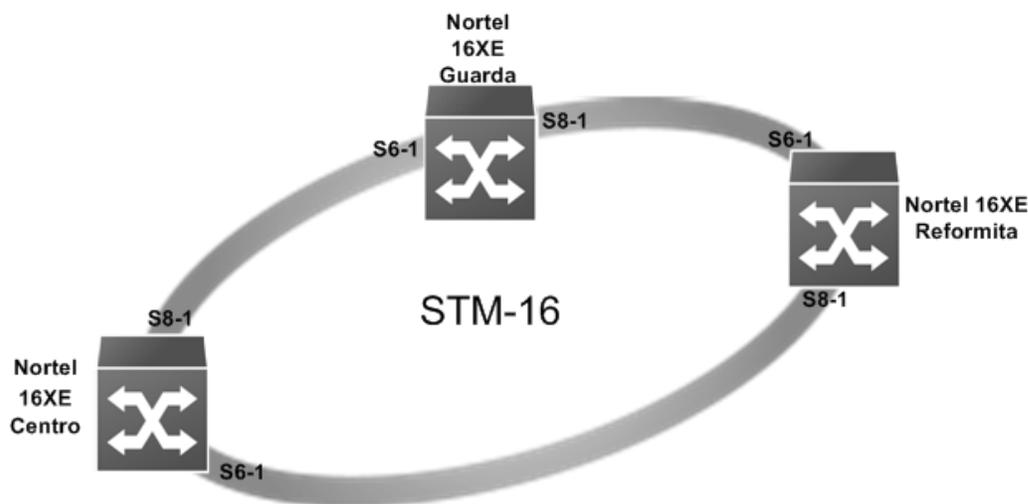


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

De la figura 53 se identifican 3 regiones principales: Centro, Guarda y Reformita así como la parte central del anillo. Cada región presenta sus propias particularidades y tráfico de interconexión por lo que, para tener una mejor visión para el análisis, se verificará región por región.

La parte medular del anillo o *core* la comprenden los tres equipos Nortel 16XE con agregados STM-16 para los cuales inicialmente existen 360 cross-conexiones, lo que equivale a un 36% de ocupación del anillo con tráfico principalmente con enlaces de telefonía fija y transporte de datos para telefonía móvil. El segmento *core* del anillo se muestra en la figura 54.

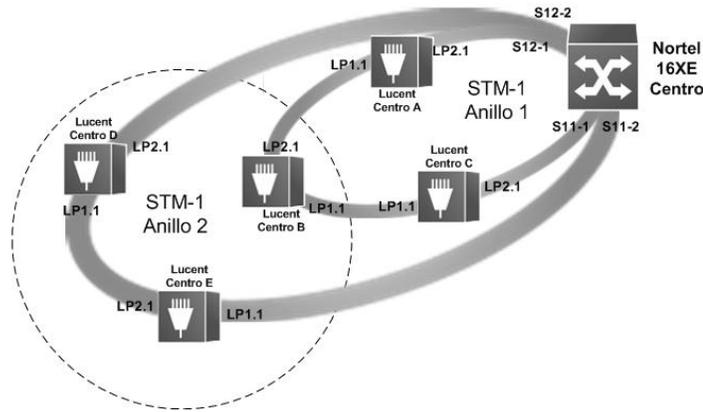
Figura 54. **Core del anillo SDH Nortel Central**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

La Región Centro está compuesta por un total de 6 equipos, principiando por el equipo cabecera Nortel 16XE Centro y los equipos de distribución Lucent Centro A al Lucent Centro E, formando dos anillos STM-1. La Región Centro se muestra en la figura 55.

Figura 55. **Región Centro del Anillo SDH Nortel Central**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

El equipo Nortel 16XE Centro tiene sus puertos S6-1 y S8-1 como agregados STM-16 conectados hacia el nodo Guarda y nodo Reformita respectivamente. En un estado inicial éste equipo presenta un total de 348 cross-conexiones. Los puertos S12-1 y S11-1 son puertos STM-1 que se conectan directamente a los puertos LP2.1 del equipo Lucent Centro D y Lucent Centro E formando los anillos STM-1 Anillo 1 y STM-1 Anillo 2.

Es importante hacer notar que el equipo Nortel 16XE tiene la capacidad de funcionar como ADM y como cross-conector (DXC) por lo que también viene equipado con dos tarjetas para tributarios de E1 instaladas en el *slot 1* y *slot 2*, formando un total de 51 puertos de E1. Referirse al apéndice 1 para ver tabla de cross-conexión extraída del equipo mediante la plataforma de gestión. En la figura 55 los equipos Lucent Centro B, E y D están encerrados en un círculo debido que están instalados en la misma ubicación física aunque pertenecen a anillos distintos. Los restantes equipos Lucent Centro A y Lucent Centro C pertenecen al Anillo 1 (STM-1). En la tabla XI se resume la ocupación de tráfico medida en VC-12 debido que el tráfico recolectado es a nivel de E1.

Tabla XI. **Utilización de equipo Nortel 16XE Centro**

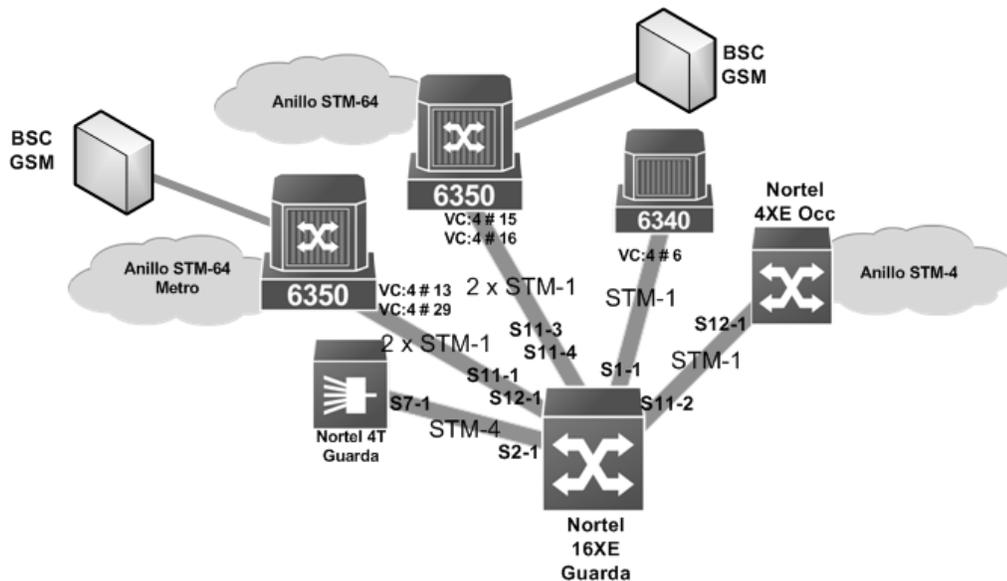
Puerto	AU4	Nortel 16XE Centro	VC-12 Utilizados
S1	No aplica	Tarjeta de tributarios de E1	24
S2	No aplica	Tarjeta de tributarios de E1	27
S11-1	JI	Conexión hacia STM-1 Anillo 1	52
S12-1	JI	Conexión hacia STM-1 Anillo 1	52
S11-2	JI	Conexión hacia STM-1 Anillo 2	44
S12-2	JI	Conexión hacia STM-1 Anillo 2	44

Fuente: elaboración propia.

En la Región Guarda, el equipo Nortel 16XE tiene sus puertos S6-1 y S8-1 como agregados STM-16 conectados hacia nodo Centro y nodo Reformita respectivamente. En su estado inicial éste equipo presenta un total de 353 cross-conexiones.

Los puertos S11-1 y S12-1 presentan conexiones STM-1 independientes mapeadas a los VC4:13 y VC4:29 mediante adaptaciones de alto orden hacia uno de los equipos Tellabs 6350. El mismo caso se aplica para los puertos S11-3, S11-4, S1-1. Para el puerto S11-2 se observa una conexión a nivel de STM-1 hacia otro equipo Nortel 4XE que es el punto de acceso a un anillo STM-4. El puerto S2-1 se conecta hacia el equipo Nortel 4T a nivel de STM-4. Los equipos Nortel 4T no son más que equipos de agregación que demultiplexan el ancho de banda equivalente a 4 VC-4 (contenido en un conexión STM-4 redundante) en $63 \times 4 = 252$ puertos de E1. La Región Guarda está ilustrada en la figura 56.

Figura 56. **Región Guarda del Anillo SDH Nortel Central**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Los equipos Tellabs 6350 son cross-conectores puros cuyo ancho de banda menor es igual a 1 STM-1 y funcionan como conmutadores entre otros anillos de transporte y como puntos de interconexión a nivel de STM-1 hacia BSC (del inglés *Base Station Controller*) GSM de telefonía móvil. También forman parte de anillos STM-64 que dan acceso a los equipos Nortel a nivel de transporte a varias regiones del país. Las interconexiones hacia los equipos Tellabs 6340, al igual que la interconexiones hacia los equipos Nortel 4XE, son para tributar enlaces de clientes a nivel de E1 en las centrales.

Al igual que para el caso del Nortel 16XE Centro, en la tabla XII se resume la ocupación de contenedores virtuales VC-12 por puerto óptico de interconexión para el equipo Nortel 16XE Guarda.

Tabla XII. **Utilización de equipo Nortel 16XE Guarda**

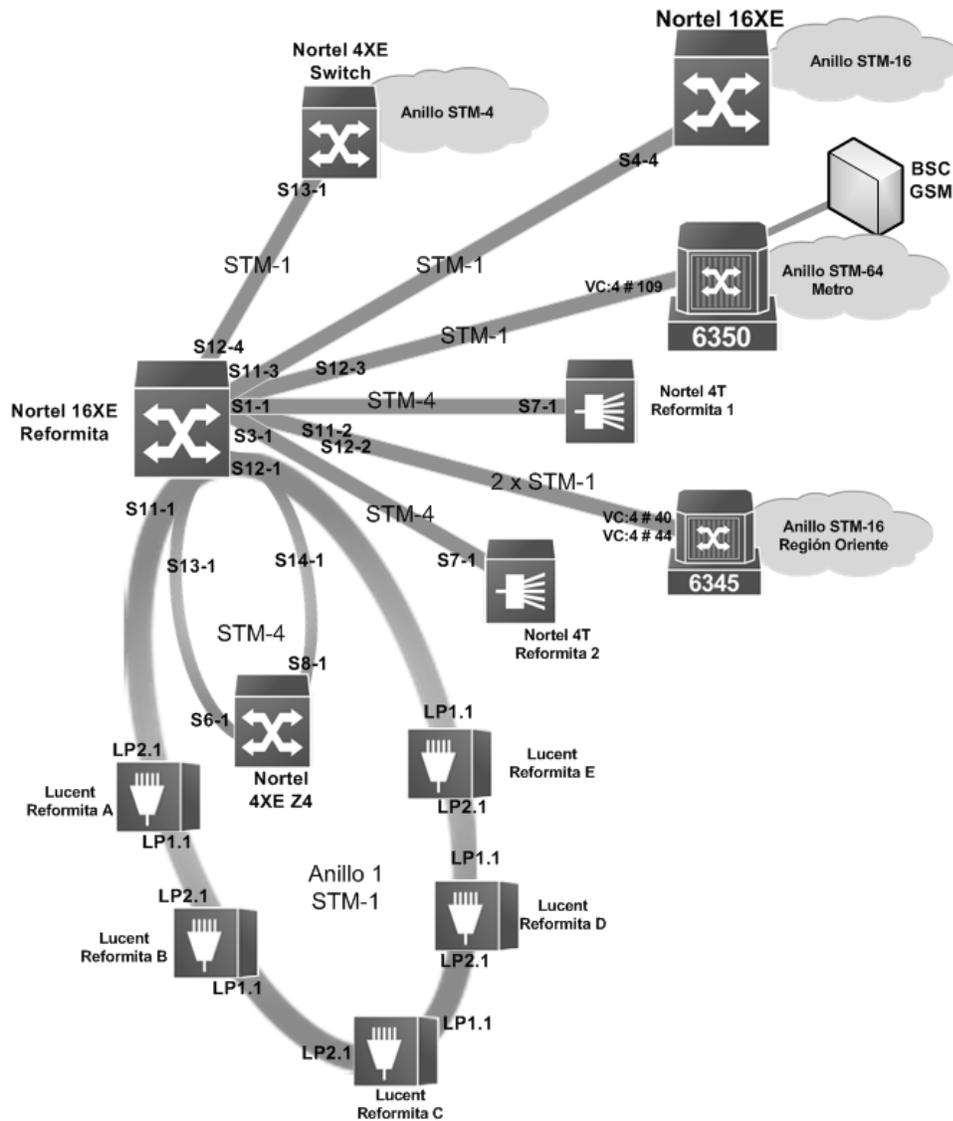
Puerto	AU4	Nortel 16XE Guarda	VC-12 Utilizados
S1-1	J1	Conexión hacia Tellabs 6340 VC4:6	23
S2-1	J1	Conexión hacia S7-1-J1 Nortel 4T Guarda	21
	J2	Conexión hacia S7-1-J2 Nortel 4T Guarda	23
	J3	Conexión hacia S7-1-J3 Nortel 4T Guarda	36
	J4	Conexión hacia S7-1-J4 Nortel 4T Guarda	36
S11-1	J1	Conexión hacia Tellabs 6350 VC4:29	50
S11-2	J1	Conexión hacia S12-1 Nortel Guarda Occidental	38
S11-3	J1	Conexión hacia Tellabs 6350 VC4:15 (exclusivo BSC GSM)	20
S11-4	J1	Conexión hacia Tellabs 6350 VC4:16 (exclusivo BSC GSM)	41
S12-1	J1	Conexión hacia Tellabs 6350 VC4:13	36

Fuente: elaboración propia.

En la Región Reformita se tiene la mayor densidad de tráfico activo ya que el equipo Nortel 16XE presenta un número mayor de interconexiones para un total de 591 cross-conexiones. En ésta región se interconectan directamente 2 anillos SDH, uno a jerarquía STM-4 y otro a jerarquía STM-1. También existen 6 interconexiones entre nodos, de las cuales 2 de ellas van hacia 2 equipos Nortel 4T para la tributación de puertos de E1 en el *switch* y las otras 4 conexiones se interconectan hacia los cross-conectores de la marca Tellabs. Éstos últimos tienen la función de puerta de enlace hacia otras regiones de la red SDH en el país.

La descripción de las interconexiones seguirá el mismo patrón indicado para los dos equipos Nortel anteriormente descritos, resumiéndolos en la figura 57 y en la tabla XIII.

Figura 57. **Región Reformita del Anillo SDH Nortel Central**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Tabla XIII. **Utilización de equipo Nortel 16XE Guarda**

Puerto	AU4	Nortel 16XE Centro	VC-12 Utilizados
S1-1	J1	Conexión hacia S7-1-J1 Nortel 4T Reformita 1	34
	J2	Conexión hacia S7-1-J2 Nortel 4T Reformita 1	49
	J3	Conexión hacia S7-1-J3 Nortel 4T Reformita 1	27
	J4	Conexión hacia S7-1-J4 Nortel 4T Reformita 1	0
S3-1	J1	Conexión hacia S7-1-J1 Nortel 4T Reformita 2	5
		Conexión hacia S7-1-J2 Nortel 4T Reformita 2	18
		Conexión hacia S7-1-J3 Nortel 4T Reformita 2	29
		Conexión hacia S7-1-J4 Nortel 4T Reformita 2	38
S11-1	J1	Conexión STM-1 hacia anillo Lucent Anillo 1 STM-1	58
S11-2	J1	Conexión hacia Tellabs 6345 VC4:40	39
S11-3	J1	Conexión hacia S4-4 Nortel 16XE	56
S12-1	J1	Conexión STM-1 hacia anillo Lucent Anillo 1 STM-1	58
S12-2	J1	Conexión hacia Tellabs 6345 VC4:44	26
S12-3	J1	Conexión hacia Tellabs 6350 VC4:109	9
S12-4	J1	Conexión hacia S13-1 Nortel 4XE	18
S13-1	J1	Conexión STM-4 hacia Nortel 4XE Z4	18
	J2	Conexión STM-4 hacia Nortel 4XE Z4	14
	J3	Conexión STM-4 hacia Nortel 4XE Z4	21
	J4	Conexión STM-4 hacia Nortel 4XE Z4	11
S13-2	J1	Conexión STM-4 hacia Nortel 4XE Z4	18
	J2	Conexión STM-4 hacia Nortel 4XE Z4	14
	J3	Conexión STM-4 hacia Nortel 4XE Z4	20
	J4	Conexión STM-4 hacia Nortel 4XE Z4	11

Fuente: elaboración propia.

3.2. Identificación de circuitos SDH en red actual

La identificación del tráfico activo a través del Anillo SDN Nortel Central inicia con el análisis de cada uno de los circuitos de la red, para ello se debe establecer una metodología utilizando los conceptos expuestos durante el capítulo 2. Cada tipo de equipo tiene su forma particular para formación de cross-conexiones, sin embargo, varios de los circuitos atraviesan equipos Tellabs, Nortel y Lucent.

3.2.1. Circuitos en equipos Nortel

En la identificación de circuitos a través del anillo SDH Nortel Central se deberán seguir los conceptos expuestos en la sección 2.3.1 para la revisión de la matriz de cross-conexión de cada equipo e identificando los puntos de ingreso y egreso de circuitos al anillo. De las tablas de cross-conexión (apéndice 1) generadas directamente de la plataforma de gestión, se identifica a modo de ejemplo una ruta que servirá de modelo para cualquier ruta que curse por el anillo. En la tabla XIV se muestran las cross-conexiones separadas por fuente, protección y destino según el puerto asociado.

Tabla XIV. **Identificación de circuitos a través de segmentos de red Nortel**

	Etiqueta del servicio	Fuente	Protección	Destino
Nortel 16 XE Guarda	GUA119L053RGVS3	S6-1-J1-K111	S8-1-J1-K111*	S12-1-J1-K142
Nortel 16XE Reformita	GUA119L053RGVS3	S6-1-J1-K111	-	S8-1-J1-K111
Nortel 16XE Centro	GUA119L053RGVS3	S6-1-J1-K111&S8-1-J1-K111*	-	S11-1-J1-K331&S12-1-J1-K331*

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Eliminación de rutas ya no utilizadas

Existen 2 formas de identificar rutas ya no utilizadas; la primera por discontinuidad del circuito y la segunda por alarma de pérdida de tráfico en alguna interface. En ambos casos se debe realizar un análisis minucioso de la ruta del circuito y en caso sea necesario, realizar inspecciones visuales en las ubicaciones físicas de los nodos para constatar que el tráfico no está en actividad para evitar caídas de tráfico descontroladas.

En las tablas XV a XVII, se presenta un ejemplo de la identificación de una ruta discontinua en equipos Nortel a través del anillo central, en donde existe cross-conexión en los equipos Reformita y Centro pero no así en Guarda, detectando discontinuidad en el circuito.

Tabla XV. **Circuito sin cross-conexiones en equipo Nortel Guarda 16XE**

Nortel 16XE Guarda			
Etiqueta del servicio	Fuente	Protección	Destino
-	-	-	-

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Cross-conexiones en equipo Nortel Reformita 16XE**

Nortel 16XE Reformita		
Etiqueta del servicio	Fuente	Destino
Proyectos4-4GSM	S6-1-J6-K323	S8-1-J6-K323

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Cross-conexiones en equipo Nortel Centro 16XE**

Nortel 16XE Centro		
Etiqueta del servicio	Fuente & Protección	Destino & Protección Destino
CelProy4-4GSM	S6-1-J6-K323&S8-1-J6-K323*	S11-1-J1-K323&S12-1-J1-K323*

Fuente: elaboración propia.

Para complementar la breve explicación de líneas arriba, en la matriz de cross-conexión para el equipo Nortel 16XE Guarda no existe cross-conexión para recibir el tráfico proveniente desde los puertos S6-1 y S8-1 por el AU4 # 6 y KLM 323, por lo que se identifica discontinuidad en el circuito en este nodo. Una discontinuidad generará una alarma de “*unequiped*” en los agregados de los equipos Nortel 16XE y Lucent donde si existe la cross-conexión. Por tanto, será necesario eliminar el circuito cuya ruta es discontinua.

3.3. Análisis de tráfico activo

Según el SLA (de las siglas en inglés *Service Level Agreement*) se debe garantizar la no afectación del 99.99% del tráfico activo a través del anillo, por esta razón, dicho análisis en principio se obtiene de la matriz de cross-conexión observando los circuitos que presentan continuidad en cada uno de los nodos del anillo y que no presentan alarmas activas de afectación de tráfico. Para cada uno de los circuitos identificados como tráfico activo se debe de realizar un esquema de toda su ruta, incluyendo la forma en que se interconecta a nivel de VC-12 o VC-4 hacia otros nodos en las regiones de Reformita o Guarda.

Lo anterior es necesario realizarlo para cada una de las regiones que sufrirá cambio de topología o de equipo. Debido a la existencia de una red paralela implementada con equipos Tellabs, se deberá realizar una planificación de traslado de tráfico activo en la que se deben dimensionar los puertos futuros de E1 a los cuales se trasladará el tráfico y la capacidad de la red en VC-12 para dar cabida al tráfico a trasladar desde los equipos Nortel.

Según lo anterior, para la planificación del traslado de tráfico se puede utilizar el modelo expuesto en la tabla XVIII a modo de ejemplo.

Tabla XVIII. **Ejemplo para traslado de puertos eléctricos de E1 Nortel a Tellabs**

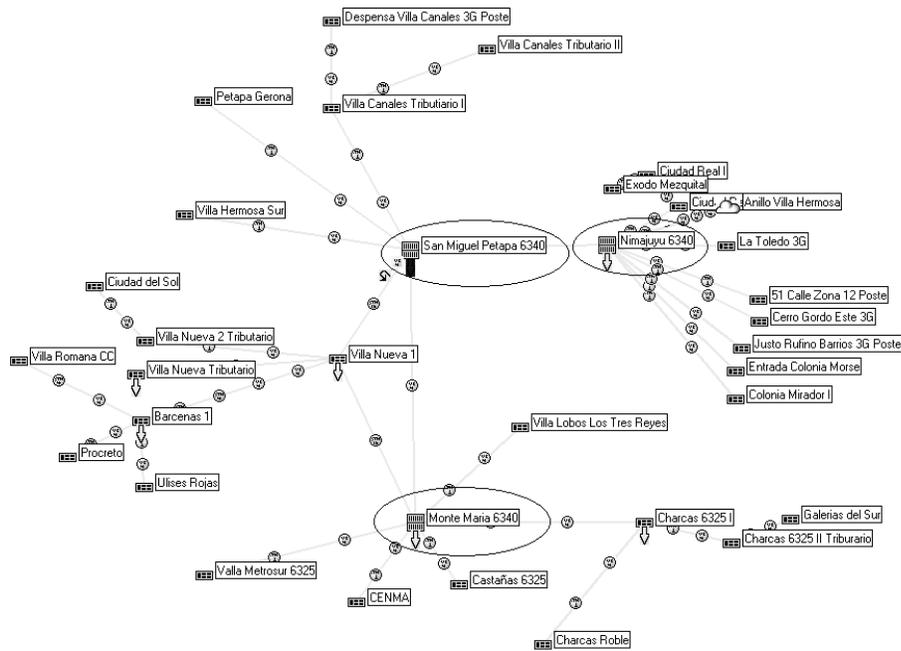
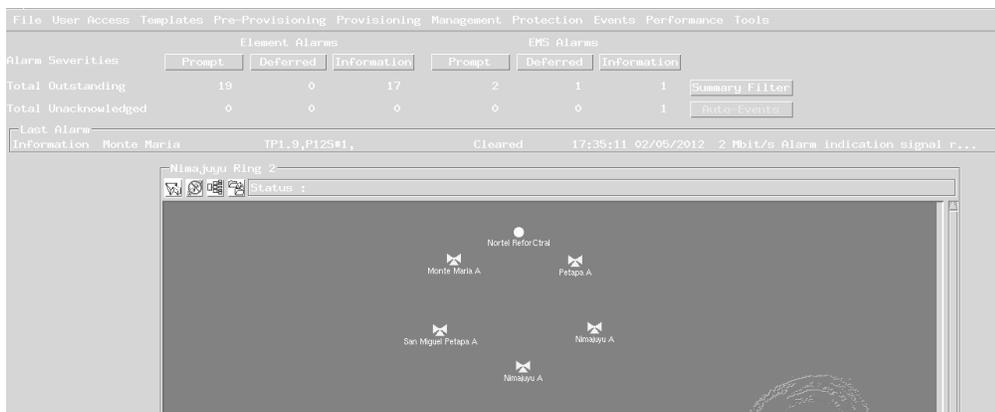
Puerto actual Nortel	Puerto actual Tellabs
S1-1	U2 IF4
S1-2	U2 IF5
S1-3	U2 IF6
:	:
S1-N	UX - UFY

Fuente: elaboración propia.

En realidad el modelo anterior aplica por completo a todos los nodos donde se realiza el traslado de tráfico desde puertos eléctricos de E1, la diferencia es la ubicación física. El punto más importante de analizar es la existencia de capacidad en la red futura hacia donde se trasladará el tráfico, pues se debe soportar la capacidad existente, la capacidad a trasladar desde la red Nortel y tener cierta capacidad de reserva para crecimiento a futuro.

Para verificar el proceso anterior, en la figura 58 se muestra el estado de la red Lucent – Nortel (como red actual) y la red Tellabs (como red futura), sobre la cual se puede realizar el traslado de puertos de E1.

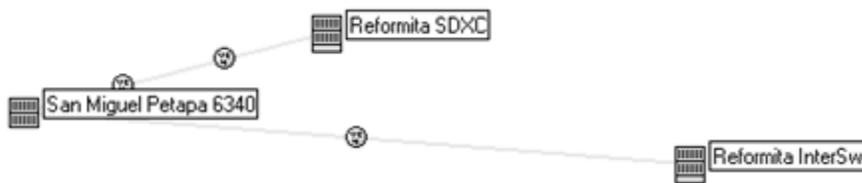
Figura 58. **Red Nortel – Lucent y red Tellabs como redes paralelas para traslado de tráfico**



Fuente: elaboración propia, con plataformas de gestión Lucent y Tellabs.

De la figura 58, las troncales virtuales hacia cada uno de los nodos marcados son dirigidas al nodo principal en la Región Reformita, completando la topología requerida para realizar el traslado de tráfico. En la figura 59 se muestra como ejemplo la disposición de las troncales virtuales hacia el nodo Tellabs 6340 San Miguel Petapa (identificado anteriormente como Reformita B) a través de las cuales se deberá dimensionar la capacidad disponible para el traslado de tráfico.

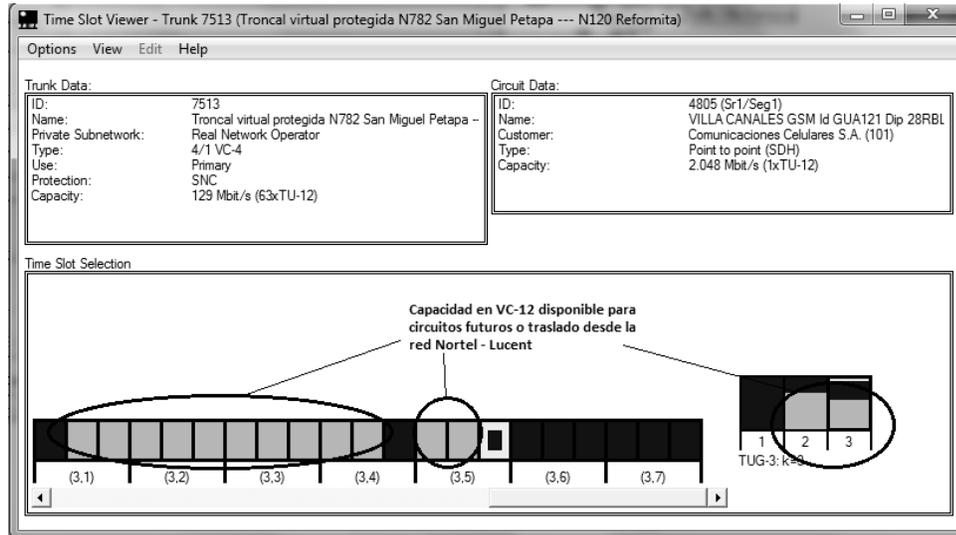
Figura 59. Troncales virtuales sobre equipos Tellabs 6340 para dimensionamiento de capacidad VC-12 para traslado desde red paralela Lucent



Fuente: elaboración propia, con plataforma de gestión Tellabs 8000.

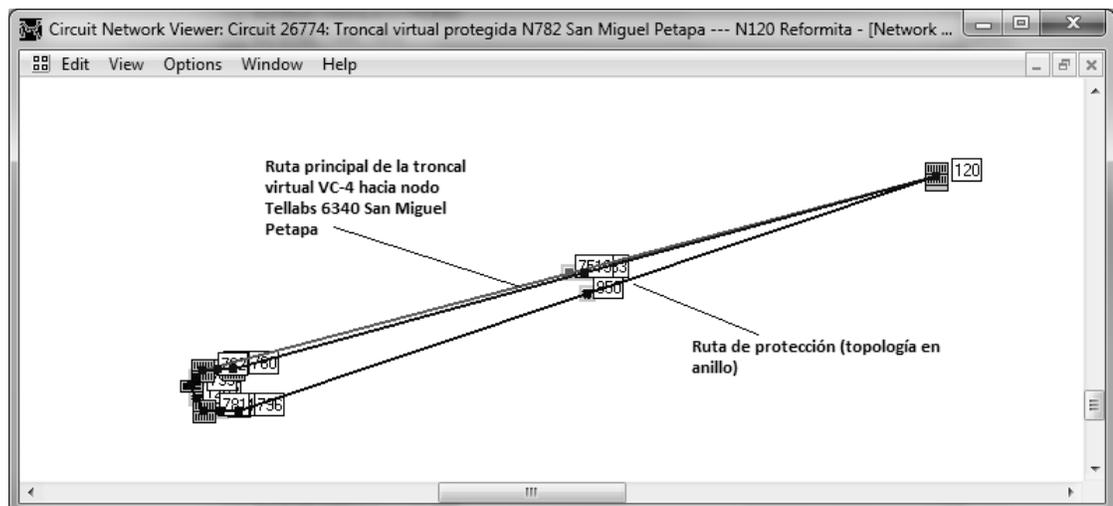
El dimensionamiento de tráfico incluye la revisión de cada una de las troncales VC-4 virtuales para verificar la disponibilidad de VC-12 dentro de los contenedores virtuales. Se deberá realizar una revisión de la ruta física de cada uno de los circuitos que conforman la troncal virtual VC-4 para garantizar que se cumpla la topología de anillo que permita la protección del tráfico activo ante cortes de fibra a lo largo de alguna de las rutas. En la figura 60 se muestra la capacidad disponible en una troncal virtual Tellabs, también se muestra la figura 61 con la ruta de un circuito VC-12 cuya topología es de anillo.

Figura 60. **Capacidad disponible en troncal virtual VC-4 Tellabs para traslado de trafico**



Fuente: elaboración propia, con plataforma de gestión Tellabs 8000.

Figura 61. **Ruta de circuito que cumple topología de anillo**



Fuente: elaboración propia, con plataforma de gestión Tellabs 8000.

4. PLANIFICACIÓN Y PRESENTACIÓN DEL PROYECTO DE NUEVA RED CONVERGENTE

Las tecnologías modernas de telecomunicaciones permiten que diferentes sectores como datos, radio y televisión se fusionen en uno solo canal. Esta característica conocida como convergencia, está cambiando drásticamente la forma en que se comunican tanto las personas como los dispositivos. Haciendo posible ésta convergencia se encuentran las redes IP distribuidas en las capas de *core*, distribución y acceso.

El objetivo del presente capítulo es presentar las partes que intervienen en el cambio de la red TDM a una red convergente distribuida en 3 capas, con la flexibilidad de poder introducir redes IP sobre una infraestructura DWDM a través de las distintas fases de un proyecto mediante procesos estandarizados sin importar el medio físico de conexión, sin embargo, se tendrá el enfoque desde el punto de vista de la implementación de una red de fibra.

En principio, la red de cable fue diseñada para la transmisión de televisión al consumidor, la misma red puede ahora utilizarse también para navegar por Internet e incluso, por ejemplo, para funciones tales como monitorizar una cámara de red con imágenes en tiempo real. Estas características están también disponibles a través de otras redes físicas, por ejemplo, las redes de telefonía fija y móvil, satelital y las redes informáticas. Por lo anterior, pensar en reemplazar una red obsoleta por una red moderna debería ser bajo el concepto de una red convergente, capaz de trasportar video, voz y datos de banda ancha.

Las redes SDH presentaban una buena alternativa para el transporte de datos, principalmente de voz, debido a su excelente desempeño y sincronización con respecto a una o varias fuentes que temporizaban de la red. Lamentablemente estas redes no manejan el tráfico de forma inteligente y no es posible introducir variables de calidad de servicio (QoS del inglés *Quality of Service*) que nos permitan utilizar de forma más eficiente cada canal, más bien, estas redes TDM proporcionan un canal con un ancho de banda fijo independientemente si éste se utiliza o no.

Otra desventaja que presentan las redes SDH es su ancho de banda contra las necesidades o demandas que hoy en día se tienen, por ejemplo, una celda de de telefonía 3G como mínimo deberá contar con 8 Mbps para poder manejar una cantidad de usuarios que abarcan un área circunscrita por un radio de 2 Km, tomando en cuenta que existe de forma paralela alguna celda GSM que pueda suplir la demanda de requerimientos de voz.

Con el tiempo y conforme el acceso a Internet sea más y más algo cotidiano y constante para la mayoría de usuarios, definitivamente no podremos pensar que 8 Mbps puedan suplir dicha demanda, ni si quiera se puede pensar en que 12 Mbps lo puedan hacer, sino hablaremos de anchos de banda que varían entre los 30 Mbps a 100 Mbps por celda.

Si se toma como referencia un ancho de banda mínimo de 12 Mbps por celda 3G, para el caso del anillo Nortel Central que se presenta en este documento, podríamos suplir la demanda de $(2.048 \text{ Mbps} \times 63 \times 16) / 12 \text{ Mbps} = 172.03$ celdas 3G cuando máximo, limitando su ancho de banda a 12 Mbps por celda, lo cual nos suministra un bajo desempeño en cuanto a requerimientos de ancho de banda se refiere.

4.1. Presentación de alternativas de planificación de nueva red

Hoy en día se cuenta con una extensa gama de equipos para redes convergentes que ofrecen adaptabilidad a distintos niveles, previo a entrar a la etapa de planificación del proyecto, se hace necesario conocer algunos conceptos básicos que son aplicables a la propuesta de red que reemplazaría al anillo SDH Nortel Central.

Como principio se ha planteado que debe ser una red convergente de conmutación de paquetes (red IP), pero para la optimización de recursos de infraestructura, tomando en cuenta que ésta ya existe casi en su totalidad, se puede aplicar el concepto de redes de multiplexación de longitud de onda WDM (del inglés *Wavelength Division Multiplexing*) que permitirán hacer un uso más eficiente de la fibra óptica existente y aún yendo más allá, se explorará de forma general y muy básica el concepto de redes ROADM para el manejo inteligente de las n longitudes de onda (λ s) multiplexadas en un solo par de hilos de fibra ópticas y que permitirían tener mucho más recurso para el crecimiento de ancho de banda a futuro.

4.1.1. Comunicación de redes IP, conceptos básicos

Internet se ha convertido en el factor más potente que guía el proceso de convergencia. Esto es debido principalmente al hecho de que el Protocolo de Internet (IP, del inglés *Internet Protocol*) se ha establecido como un estándar utilizado en casi cualquier servicio. Para el transporte y direccionamiento de datos se utiliza principalmente el protocolo IP y el protocolo de control del transporte (TCP, del inglés *Transport Control Protocol*); consecuentemente el término TCP/IP refiere a la familia del protocolo al completo.

Hay básicamente dos técnicas de redes diferentes para establecer comunicación entre dos nodos de una red: las técnicas de redes de conmutación de circuitos (como el caso de SDH y PDH) y las de redes de conmutación de paquetes.

La primera es la más antigua y es la que se usa en la red telefónica y la segunda es la que se usa en las redes basadas en IP. Esta última utiliza la capacidad disponible de una forma mucho más eficiente y minimiza el riesgo de posibles problemas como la desconexión. Los mensajes enviados a través de una red de conmutación de paquetes se dividen primero en paquetes que contienen una dirección de destino. Entonces, cada paquete se envía a través de la red y cada nodo intermedio o *router* de la red determina hacia donde se dirige el paquete.

Un paquete no necesita ser enrutado sobre los mismos nodos que los otros paquetes relacionados, es decir que no solo existe una sola ruta para llegar desde la fuente al destino.

De esta forma, los paquetes enviados entre dos dispositivos de red pueden ser transmitidos por diferentes rutas en el caso de que se caiga un nodo o no funcione adecuadamente.

El protocolo IP está ubicado en la capa número 3 del modelo OSI (del inglés, *Open Systems Interconnection*) mientras que el protocolo TCP está ubicado en la capa número 4. La división por capas a través de éste modelo ha permitido aislar de forma específica las funciones que los elementos de red deben realizar para el funcionamiento del hardware y entre los distintos protocolos. Para comprender mejor dicha interacción entre protocolos y capas, se describe muy brevemente el modelo OSI en la tabla IXX.

Tabla XIX. **Resumen de funciones de las capas del modelo OSI**

CAPAS		FUNCIÓN	PROTOCOLOS	EJEMPLOS
#	NOMBRE			
7	APLICACIÓN	Establece la comunicación entre el usuario hacia las capas inferiores. Suministra la interface que permite manipular los datos desde el punto de vista humano.	NNTP, SIP, SSI, DNS, FTP, Gopher, HTTP, NFS, NTP, DHCP, SMPP, SMTP, SNMP, Telnet, RIP, BGP, RIP	HL7, Modbus
6	PRESENTACIÓN	Realiza las funciones de traducción de datos y su formato de codificación.	MIME, SSL, TLS, XDR	ASCII, EBCDIC, MIDI, MPEG
5	SESIÓN	Suministra los mecanismos de control del dialogo entre dos elementos de red	Sockets. Session establishment in TCP, RTP	NetBIOS, SAP, half duplex, full duplex, simplex
4	TRANSPORTE	Provee distribución legible o ilegible de datos, puede establecer corrección de errores antes de transmitir y recibir, manteniendo la conexión punto a punto	TCP, UDP, SCTP, DCCP	UDP, TCP
3	RED	Estipula el direccionamiento lógico para los elementos de red, realiza la identificación de las distintas redes utilizando <i>Routers</i>	IP, IPsec, ICMP, IGMP, OSPF	NBF, Q.931, IS-IS

Continuación de la tabla XIX.

CAPAS		FUNCIÓN	PROTOCOLOS	EJEMPLOS
#	NOMBRE			
2	ENLACE DE DATOS	Combina los bytes y los convierte en tramas. Define el acceso al medio vía direcciones MAC. En esta capa se aplican protocolos con códigos para detección de errores	IEEE 802.3, <i>Framing</i> , Ethernet II, <i>Token Bus</i> , X.222, <i>LocalTalk</i> , <i>AppleTalk Remote Access</i> , PPP	802.3 (Ethernet), MAC/LLC, 802.1Q (VLAN), ATM, HDP, FDDI, <i>Fiber Channel</i> , <i>Frame Relay</i> , HDLC, ISL, PPP
1	FISICA	Mueve bits entre dispositivos, esta capa especifica parámetros como voltajes, velocidad de flujo de bits, medio físico de propagación de la señal, potencia de transmisión, etc.	X.25 (X.21bis, EIA/TIA-232, EIA/TIA-449, EIA-530, G.703), SDH, PDH, RS-232, RS-422, STP, PhoneNet	RS-232, RJ45, T1, E1, 10BASE-T, 100BASE-TX, SONET, SDH, DSL

Fuente: elaboración propia.

Las redes de datos convergentes están centradas principalmente en las primeras 3 capas de este modelo.

4.1.2. Ethernet y redes capa 2

Ethernet es un protocolo situado en la capa 2 del modelo OSI y es un estándar de redes de área local (LAN, del inglés *Local Area Network*) que utiliza el principio de acceso al medio vía CSMA/CD (Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones).

El estándar que identifica a Ethernet es el IEEE 802.3, el cual indica que todos los elementos que están conectados a una red comparten la misma línea de comunicación. Este principio hace que los dispositivos que conforman una red puedan acceder al mismo medio físico en un tiempo aleatorio y antes de transmitir se debe “escuchar” mediante una señal de portadora si el medio está ocupado por otra transmisión antes introducir la información propia. Si no hay portadora entonces el medio está libre y el elemento de red puede transmitir.

Si durante la transmisión de una trama se detecta una colisión, entonces las estaciones que colisionan abortan el envío de la trama y envían una señal de congestión denominada interferencia. Después de una colisión los elementos de red que intervienen en la colisión invocan un algoritmo de postergación que genera un tiempo aleatorio de espera antes de volver a transmitir la trama.

La trama Ethernet que está definida por el estándar IEEE 802.3 está compuesta de los campos mostrados en la figura 62, y se describen después de la figura.

Figura 62. Trama Ethernet

	Preámbulo	Inicio	Dirección destino	Dirección origen	Longitud de datos	Datos	Relleno	CRC	
	(7 bytes)	(1 byte)	(2 o 6 bytes)	(2 o 6 bytes)	(2 bytes)	(0 a 1500 bytes)	(0 - 46 bytes)	(4 bytes)	
Bytes	7	1	6	6	2	1500	46	4	=1572

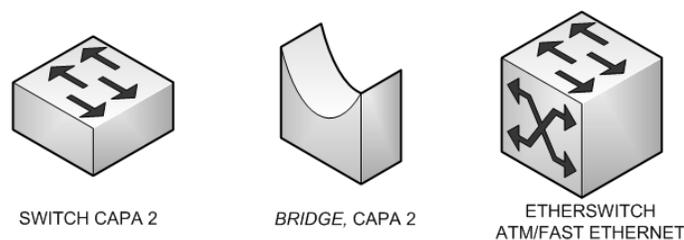
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

- Preámbulo: este campo tiene una extensión de 7 bytes que siguen la secuencia 10101010.
- Inicio: es un campo de 1 byte con la secuencia 10101011, indica el inicio de la trama.
- Dirección de destino: es un campo de 2 o 6 bytes que contiene la dirección MAC destino. Aunque la norma permite las dos longitudes en bytes para este campo, la utilizada en la red de 10 Mbps es la de 6 bytes. Esta dirección puede ser local o global. Es local cuando la dirección sólo tiene sentido dentro de la propia red, y suele estar asignada por un administrador de red.
- Una dirección global (dirección MAC o dirección Ethernet) es única para cada tarjeta de red, normalmente codifica la compañía constructora de la tarjeta y un número de serie. El bit de mayor orden de este campo, que ocupa el lugar 47, codifica si la dirección de destino es un único destinatario (bit puesto a 0) o si representa una dirección de grupo (bit puesto a 1).
- Una dirección de grupo es la dirección a la que varias estaciones tienen derecho de escuchar. Cuando todos los bits del campo dirección están a 1, se codifica una difusión o *broadcast* de la trama, es decir, codifica una trama para todas las estaciones de la red. El sistema sabe si se trata de una dirección local o global analizando el valor del bit 46.
- Dirección de origen: es semejante al campo de dirección de destino, pero codifica la dirección MAC de la estación que originó la trama, es decir, de la tarjeta de red de la estación emisora.

- Longitud: este campo de dos bytes codifica cuántos bytes contiene el campo de datos. Su valor oscila en un rango entre 0 a 1500 bytes.
- Datos: es un campo que puede codificar entre 0 y 1500 bytes en donde se incluye la información de usuario procedente de la capa de red. Este campo es el que da origen a la máxima unidad de transferencia o MTU (del inglés *Maximun Transmission Unit*).
- Relleno: la norma IEEE 802.3 especifica que una trama no puede tener un tamaño inferior a 64 bytes, por tanto, cuando la longitud del campo de datos es muy pequeña se requiere rellenar este campo para completar una trama mínima de al menos 64 bytes. Es un campo que puede, por tanto, tener una longitud comprendida entre 0 y 46 bytes, de modo que la suma total de la trama sea al menos de 64 bytes.
- CRC: es el campo de 4 bytes en donde se codifica el control de errores de la trama mediante un polinomio generador de orden 33.

Dentro de los dispositivos que conforman parte de una red que funcionan en la capa 2 destacan los mostrados en la figura 63:

Figura 63. **Dispositivos capa 2**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

En la capa 2 del modelo OSI se desarrolla el concepto de VLAN (acrónimo de *Virtual LAN* o red de área local virtual) que es ampliamente utilizado en redes privadas y redes metropolitanas (red Metro) y consiste en un método de crear redes lógicamente independientes dentro de una misma red física capa 2. Varias VLAN pueden coexistir en un único conmutador o *switch* físico o en una única red física. En un principio, se definieron dos tipos de VLAN, el primero fue la VLAN nivel 1 basada en la definición de una red según sus puertos de conexión al conmutados y VLAN nivel 2, basada en la dirección MAC.

Las VLAN son útiles para reducir el tamaño del dominio de difusión (o dominio de *broadcast*) y ayudan en la administración de la red separando segmentos lógicos de una red de área local (como departamentos de una empresa por ejemplo) que no deberían intercambiar datos usando la red local aunque podrían hacerlo a través de un enrutador o un conmutador de capa.

El protocolo donde se establecen la comunicación por VLAN es el IEEE 802.1Q. Los primeros diseñadores de redes enfrentaron el problema del tamaño de los dominios de colisión (*Hubs*), esto se logró controlar a través de la introducción de los *switches* o conmutadores, pero éstos a su vez, introdujeron el problema del aumento del tamaño de los dominios de difusión o *broadcast*. Nuevamente una de las formas para manejarlo fue la introducción de las VLAN. Las VLAN también pueden servir para restringir el acceso a recursos de red con independencia de la topología.

En el contexto de las VLAN, el término *trunk* (troncal) designa una conexión de red que transporta múltiples VLAN identificadas por etiquetas (o *tags*) insertadas en las tramas Ethernet. Dichas conexiones Ethernet troncales a menudo son enlaces *switch a switch* o de *switch a router*.

Como se muestra en la figura 64, para el manejo de VLANs el estándar IEEE 802.1Q introduce dos nuevos campos de 2 bytes cada uno a la trama Ethernet.

Figura 64. **Trama Ethernet con campo para etiquetas para VLAN**

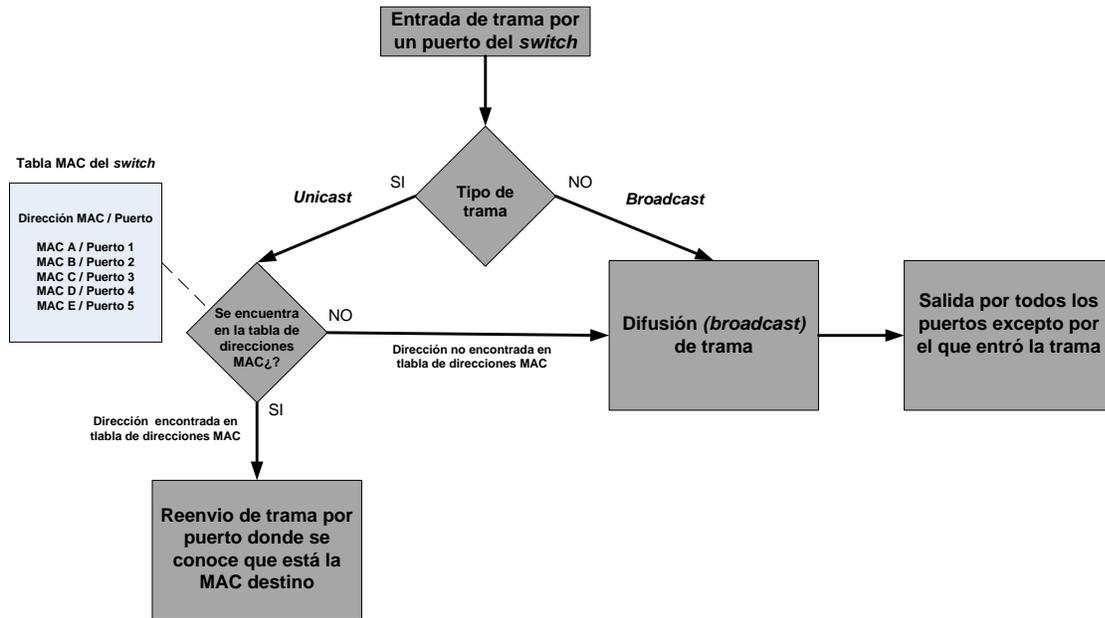
Preámbulo	Inicio	Dirección destino	Dirección origen	TPID	TCI	Longitud de datos	Datos	Relleno	CRC
(7 bytes)	(1 byte)	(2 o 6 bytes)	(2 o 6 bytes)	(2 bytes)	(3 bytes)	(2 bytes)	(0 a 1496 bytes)	(0 – 46 bytes)	(4 bytes)
7	1	61	6	2	2	2	1496	46	4

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2007.

El mecanismo de control de identificación de etiquetas TCID (del inglés, *Tag Control ID*) son bytes que indican que la trama que ingresan a un conmutador o *switch* es una trama Ethernet 802.1Q y por lo tanto se deberá identificar por un número de VLAN suministrado por el campo TCI (del inglés, *Tag Control ID*).

Básicamente un conmutador o *switch* construye tablas que indican el conocimiento de direcciones MAC por cada uno de sus puertos, de no conocer alguna dirección, el *switch* enviará una señal *broadcast* por todos sus puertos en espera que alguno de los elementos de red conteste y corresponda a la dirección MAC destino. Con un conocimiento básico sobre Ethernet II y VLAN introduciremos el principio de operación de un conmutador o *switch* capa 2, el cual se puede describir mediante el algoritmo mostrado en la figura 65.

Figura 65. Algoritmo de funcionamiento de un *switch* capa 2



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

4.1.3. Paquete IP y redes capa 3

El paquete IP contiene la información necesaria para la propagación de paquetes a lo largo de una red con dispositivos capa 3 (*routers*), por lo tanto, se podrá establecer una ruta a seguir según el conocimiento que se tenga de los distintos segmentos que comprende una o varias redes.

Para comprender mejor como sucede esto se hace necesario revisar los distintos campos e información que contiene el paquete IP resumidos en la tabla XX.

Tabla XX. **Formato de cabecera IP (versión 4)**

0 a 3	4 a 7	8 a15	16 a 18	19 a 31
Versión	Tamaño Cabecera	Tipo de Servicio	Longitud Total	
Identificador			<i>Flags</i>	Posición de Fragmento
<i>Time To Live</i>		Protocolo	Suma de Control de Cabecera	
Dirección IP de Origen				
Dirección IP de Destino				
Opciones				Relleno

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2007.

- Versión: este campo describe el formato de la cabecera utilizada según direcciones IPv4 (0100) o IPv6 (0110).
- Tamaño cabecera: este campo contiene 4 bits y proporciona la longitud de la cabecera en palabras de 32 bits.
- Tipo de servicio: este campo contiene 8 bits e indica una serie de parámetros sobre la calidad de servicio (QoS) deseada durante el tránsito del paquete por una red. Algunas redes ofrecen prioridades de servicios, considerando determinado tipo de paquetes "más importantes" que otros (en particular estas redes solo admiten los paquetes con prioridad alta en momentos de sobrecarga).

- Estos 8 bits se agrupan de la siguiente manera, los 5 bits de menos peso son independientes e indican características del servicio:
 - Bit 0: sin uso, debe permanecer en 0
 - Bit 1: 1 costo mínimo, 0 costo normal
 - Bit 2: 1 máxima fiabilidad, 0 fiabilidad normal
 - Bit 3: 1 máximo rendimiento, 0 rendimiento normal
 - Bit 4: 1 mínimo retardo, 0 retardo normal

- Longitud total: campo formado por 16 bits y corresponde al tamaño total en octetos del datagrama, incluyendo el tamaño de la cabecera y el de los datos cuando la comunicación IP se envía por protocolos tales como UDP. El tamaño mínimo de los datagramas usados normalmente es de 576 octetos (64 octetos que pertenecen a las cabeceras y 512 de datos). Una máquina no debería enviar datagramas menores o mayores de ese tamaño a no ser que tenga la certeza de que van a ser aceptados por la máquina destino.

- Identificador: este campo contiene 16 bits y hace la función de identificador único del datagrama. Se utilizará en caso de que el datagrama deba ser fragmentado para poder distinguir los fragmentos de un datagrama de otros. El originador del datagrama debe asegurar un valor único para la pareja origen-destino y el tipo de protocolo durante el tiempo que el datagrama pueda estar activo en la red.

- Flags: campo formado por 3 bits y actualmente es utilizado para especificar valores relativos a la fragmentación de paquetes:
 - Bit 2: Reservado; debe ser 0

- Bit 1: 0 = Divisible, 1 = No Divisible
- Bit 0: 0 = Último Fragmento, 1 = Fragmento Intermedio

- Posición de fragmento: formado por 13 bits e indica la posición de un paquete fragmentado en unidades de 64 bits dentro del datagrama original. El primer paquete de una serie de fragmentos contendrá en este campo el valor 0.

- Tiempo de vida (TTL): está formado por 8 bits e indica el máximo número de enrutadores o saltos que un paquete puede atravesar. Cada vez que algún nodo procesa este paquete disminuye su valor en 1 como mínimo, una unidad. Cuando llegue a ser 0, el paquete será descartado.

- Protocolo: está formado por 8 bits e indica el protocolo de las capas superiores al que debe entregarse el paquete.

- Suma de control de cabecera: este campo está formado por 16 bits y sirve para llevar un control cuando en algún nodo cambia alguno de los campos del paquete por ejemplo el tiempo de vida (TTL, del inglés *Time to Live*). El método de cálculo es simple y consiste en sumar el complemento a 1 a cada palabra de 16 bits de la cabecera (considerando valor 0 para el campo de suma de control de cabecera) y hacer el complemento a 1 del valor resultante.

- Dirección IP de origen: consta de 32 bits e indica la dirección IP del elemento de red desde el cual se ha originado el paquete o datagrama.

- Dirección IP de destino: al igual que el de dirección IP origen, consta de 32 bits e indica la dirección del elemento de red hacia el cual ha sido dirigido el paquete o datagrama.
- Opciones: este campo no es utilización obligatoria, pero cualquier nodo debe ser capaz de interpretarlo ya que se puede tener un número indeterminado de opciones pero que se ajustan a 2 formatos, el primero formato de opciones simple y el segundo formato de opciones variable.
- Relleno: campo que contiene un número de bits variable y es utilizado para asegurar el tamaño, en bits, de la cabecera es un múltiplo de 32.

Existe una gran variedad de información sobre el cómo se forman las direcciones IP, por lo que se podrá consultar cualquier documento relacionado para ampliar este tema. El dispositivo de red que realiza el envío de paquetes a través de una red capa 3 es el enrutador o *router* y su símbolo esquemático es mostrado en la figura 66.

Figura 66. **Símbolo esquemático de enrutador o *router***



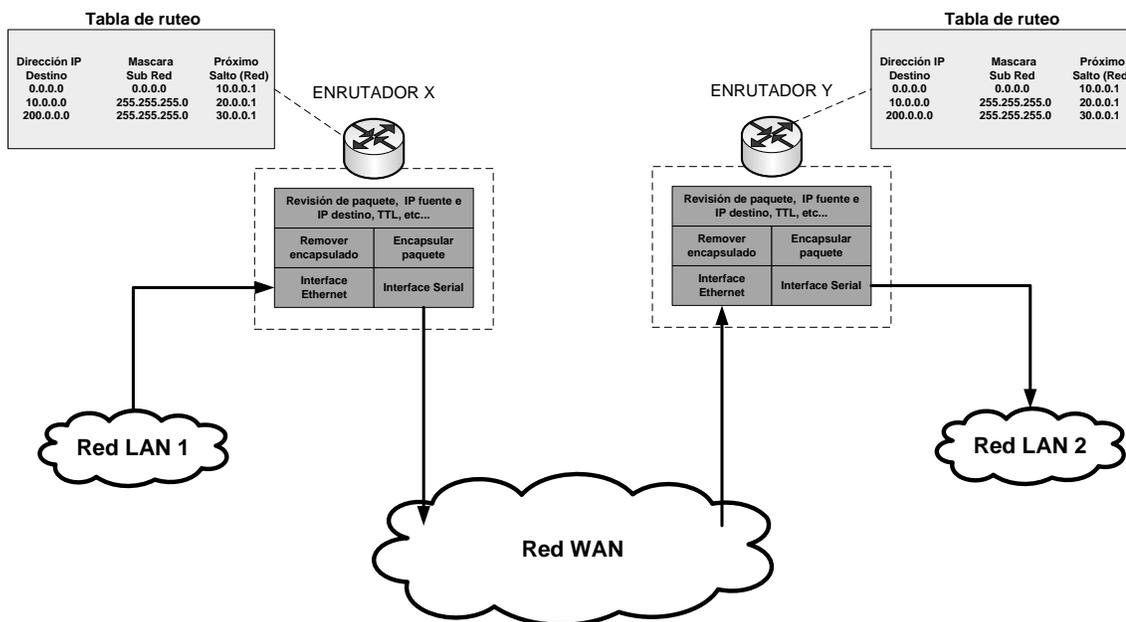
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Al proceso de colocar un paquete IP capa 3 dentro de una trama capa 2 se denomina encapsulado, esta función es realizada por el enrutador o *router* previo a realizar el proceso de inspección de la información contenida en el

paquete IP, para la revisión de dirección IP fuente e IP destino, se realiza una verificación mediante una tabla de ruteo en la cual se tiene un registro de las redes a las que están conectadas las interfaces del *router* y en caso sea conocida la red destino, se reenvía el paquete por la interface correspondiente.

Este proceso, aunque es bastante más complejo de lo que se ha mencionado, se ilustra en la figura 65, la cual ayudará a comprender el funcionamiento básico de un dispositivo capa 3, suponiendo un envío de un paquete desde la red LAN 1 hacia la red LAN 2. En la figura 67 se ilustra un sentido del flujo de la información, sin embargo, para que haya comunicación debe existir un sentido bidireccional.

Figura 67. **Ejemplo de reenvío de paquetes capa 3 entre redes LAN**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

El funcionamiento básico de un *router* se puede resumir en dos factores importantes, el primero en el conocimiento de las distintas redes conectadas hacia sus interfaces físicas y lógicas y el segundo en la capacidad de envío de un paquete de datos mediante la revisión de su direccionamiento IP. Una red con elementos capa 3 y capa 2 en donde se manejan VLAN permite romper con los dominios de *broadcast* que se producen en las redes capa 2 comunes (LAN y WAN), también permite agrupar los distintos segmentos en subredes con manejos eficientes de direccionamiento IP, mejorando significativamente la administración de tráfico que en una red SDH.

4.1.4. Redes MPLS

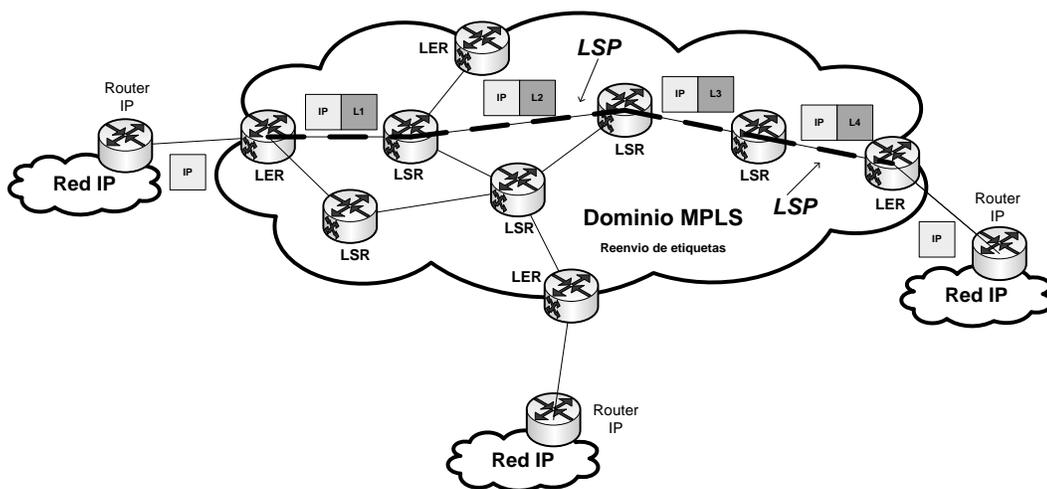
MPLS o *Multi Protocol Label Switching* es un protocolo de conmutación de paquetes que utiliza etiquetas como identificador de los paquetes que se conmutan dentro de un sistema MPLS y en la actualidad es una solución clásica y estándar para el transporte de información en redes debido que adicionalmente se ofrece garantía de entrega para el ruteo de paquetes.

MPLS combina el plano de control no orientado a la conexión de las redes capa 3, en donde un paquete toma la mejor ruta según haya disponibilidad en la red según la dirección destino y el plano de conmutación y reenvío de tramas de las redes capa 2, el cual está orientado a la conexión y en donde una trama toma un camino predefinido (túnel) para llegar desde una fuente conocida a un destino conocido. Ofrece niveles de rendimiento mejorados comparados con una red capa 3 tradicional y también ofrece priorización del tráfico para aplicaciones de voz y multimedia ya que el consumo de los recursos del procesador de los elementos de red es mucho más eficiente.

Al combinar las mejores características de una red capa 2 y un red capa 3, para la conmutación de etiquetas MPLS se necesita de un mecanismo de etiquetado de paquetes provenientes de una red capa 3 tradicional previo a entrar a un dominio completamente MPLS. A este proceso se le conoce como LER (del inglés, *Label Edge Router*) o enrutador de etiquetas de borde. Cuando un paquete contiene una etiqueta e ingresa al dominio completamente MPLS unos equipos identificados como LSR (del inglés, *Label Switch Router*) realizan el reenvío de paquetes basados únicamente en la verificación de etiquetas MPLS y no en la dirección IP.

El reenvío de etiquetas se realiza según el esquema de una red orientada a la conexión, basándose en una ruta conocida llamada LSP (del inglés, *Label Switch Path*) o ruta de conmutación de etiquetas. Al primer LSR que interviene en un LSP se le denomina de entrada o de cabecera y al último se le denomina de salida o de cola. Este proceso se muestra en la figura 68.

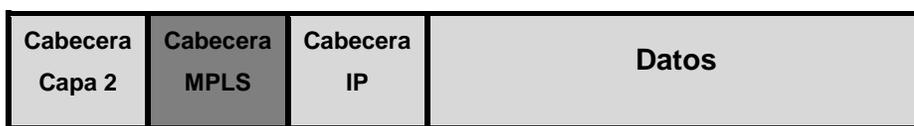
Figura 68. Elementos de una red MPLS



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

MPLS es considerado como protocolo de capa 2.5 ya que funciona entre la capa 2 y capa 3 del modelo OSI. Esto se puede verificar revisando el punto en donde se realiza la adición de la etiqueta o cabecera MPLS dentro de un paquete mostrado en la figura 69.

Figura 69. **Adición de etiqueta MPLS dentro de un paquete**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Word 2007.

En el dominio MPLS se han definido rangos de etiquetas con aplicaciones predefinidas dentro del LSP y sirven principalmente para establecer un orden estandarizado de asignación de etiquetas en el dominio, dichos rangos de etiquetas son mostrados en la tabla XXI:

Tabla XXI. **Asignación de etiquetas dentro de LSP MPLS**

Etiqueta	Descripción
0	IPv4
1	Alerta de procesamiento local del <i>router</i>
2	IPv6
3	Indicación de intercambio de etiqueta
4 a 15	Reservados
16 a 1,023	LSP estáticos
1,024 a 1,048,575	LSP generales (dinámicos)

Fuente: elaboración propia.

La tabla de reenvío MPLS se construye a partir de la información de ruteo que proporciona un componente de control llamado NHLFE (del inglés, *Next Hop Label Forwarding Entry*) y realiza las funciones de informar el siguiente salto dentro del LSP, mediante la colocación de etiqueta, extracción de etiqueta y cambio de etiqueta de un paquete. La tabla de reenvío de etiquetas contiene información de las etiquetas de entrada y salida correspondientes a cada interfaz de entrada y salida para el próximo salto. Este proceso se ilustra en la tabla XXII.

Tabla XXII. **Tabla de reenvío de etiquetas para paquetes en red MPLS**

FEC (destino)				
Interface de entrada	Etiqueta de entrada	IP destino/Mascara	Interface de salida	Etiqueta de salida
Serial 0	50	10.1.1.0/24	Eth 0 (3.3.3.3)	80
Serial 1	51	10.1.1.0/24	Eth 0 (3.3.3.3)	80
Serial 1	62	70.1.2.0/24	Eth 0 (3.3.3.3)	52
Serial 1	52	20.1.2.0/24	Eth 1 (4.4.4.4)	52
Serial 2	77	30.1.2.0/24	Serial 3 (5.5.5.5)	3

Fuente: elaboración propia.

Las decisiones de reenvío de paquetes que toman los *routers* MPLS son en base a etiquetas en vez de una dirección IP destino, por lo que se hace mucho más sencillo y rápido el proceso de reenvío de paquetes comparado con el proceso realizado por un *router* IP ordinario, el cual debe de comparar la dirección IP destino contra la tabla de ruteo del *router* para tomar la decisión hacia qué interface dirigir el paquete. La anidación de etiquetas permite agregar flujos con mucha facilidad, por lo que el mecanismo es escalable.

Una de las características importantísimas que ofrece MPLS es el concepto de ingeniería de tráfico, el cual consiste en la planificación de rutas a través de la red en base a previsiones y estimaciones a largo plazo, con el fin de optimizar los recursos, reducir congestión e introducir esquemas de protección del tráfico de forma predefinida. MPLS ofrece otras ventajas tales como:

- La Ingeniería de Tráfico (TE): procura la optimización del desempeño de las redes MPLS operativas buscando mejoras del rendimiento de una red ya operacional, en cuanto al tráfico y modo de utilización de los recursos de modo que no exista saturación en partes de la misma mientras otras permanecen subutilizadas.
- Calidad de servicio (QoS): en donde es posible asignar a un cliente o a un tipo de tráfico una FEC a la que se asocie un LSP que se propague por enlaces con bajo nivel de carga o se priorice determinado tipo de tráfico que cada cliente requiera, como por ejemplo, video, voz, correo electrónico, etc.
- Soporte multiprotocolo: los LSP son válidos para múltiples protocolos, ya que el reenvío de los paquetes se realiza en base a la etiqueta MPLS estándar, no a la cabecera de red del paquete capa 3.
- Creación de VPN (del inglés, *Virtual Private Network*): consiste en una red privada virtual que se construye sobre conexiones de una infraestructura compartida y que suministra funcionalidades de red y de seguridad equivalentes a las que se obtienen con una red privada.
- El objetivo de las VPNs es el soporte de aplicaciones intra/extranet, integrando aplicaciones multimedia de voz y datos. La seguridad supone

el aislamiento y el adjetivo "privada" indica que el usuario experimentará los mismos efectos como si la red propiedad del usuario, estando desplegada en regiones geográficas distintas.

4.2. Redes WDM

La fibra óptica tiene una muy alta capacidad de transmisión de datos. La necesidad de transportar anchos de banda del orden de los Gbps sobre grandes distancias ha hecho que el uso de la fibra óptica sea indispensable en toda red de transmisión de datos moderna. Uno de los legados de la expansión del uso de la fibra óptica ha sido la aceptación de la tecnología SDH en la industria de telecomunicaciones como un estándar ya que ha sido parte medular en la expansión de los servicios. Sin embargo el equipo instalado actualmente en el Anillo SDH Nortel Central, utiliza menos del uno por ciento de la capacidad de ancho de banda intrínseca de la fibra.

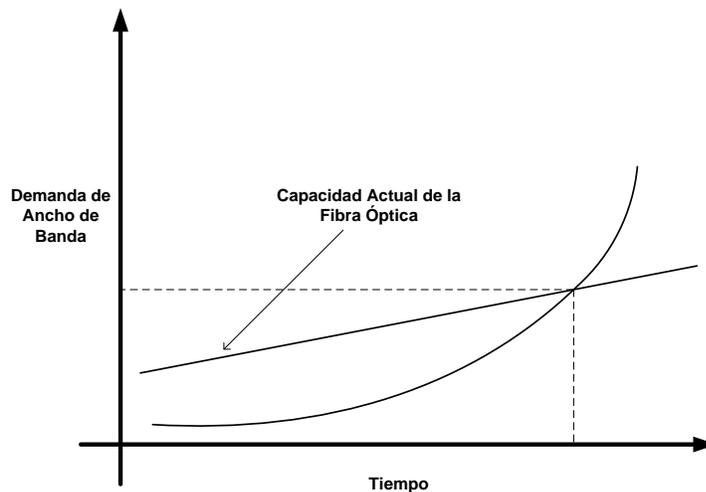
La capacidad y desempeño de la fibra óptica es mucho mayor dependiendo del tipo de tecnología de modulación. En redes de comunicación óptica, los esquemas de modulación pueden estar considerados dentro de los siguientes métodos: Multiplexación por Longitud de Onda WDM (del inglés, *Wavelength Division Multiplexing*) y Multiplexación Densa de Longitud de Onda o DWDM (del inglés, *Dense Wavelength Division Multiplexing*).

Con WDM los sistemas pueden incrementar la capacidad a través de una sola fibra hasta en 40 Gbps. Esta tecnología cuando se combina con sistemas de gestión de red, multiplexores ADM y redes de alto rendimiento capa 3 o MPLS, permiten que los proveedores de servicios de conectividad puedan acceder a anchos de banda con menores costos de infraestructura en comparación de instalar cada vez más cables de fibra óptica y habilitar el

equipamiento para todo su manejo. Sin embargo, es de hacer notar que las condiciones físicas en las fibras ópticas que transmiten este tipo de señales deben cumplir con ciertos requerimientos para evitar que los fenómenos de dispersión degraden el rendimiento de la red.

La figura 70 da una idea sobre la subutilización de la capacidad del ancho de banda que puede manejar la fibra óptica con tecnologías TDM como SDH y la necesidad de explotar dicha capacidad para cubrir las exigencias de ancho de banda de hoy en día.

Figura 70. **Capacidad de manejo de ancho de banda de la fibra óptica**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Los enlaces de comunicación óptica con WDM permiten el envío simultáneo de diferentes señales ópticas con longitudes de onda distintas a través de una sola fibra (para de hilos de fibra Tx/Rx) dentro de una banda

espectral que abarca de los 1300 y los 1600 nm, conocida también como tercera ventana. Conceptualmente, esta forma de multiplexación es similar a Multiplexación por División de Frecuencia FDM (del inglés, *Frequency Division Multiplexing*) que se utiliza en sistemas satelitales y de microondas.

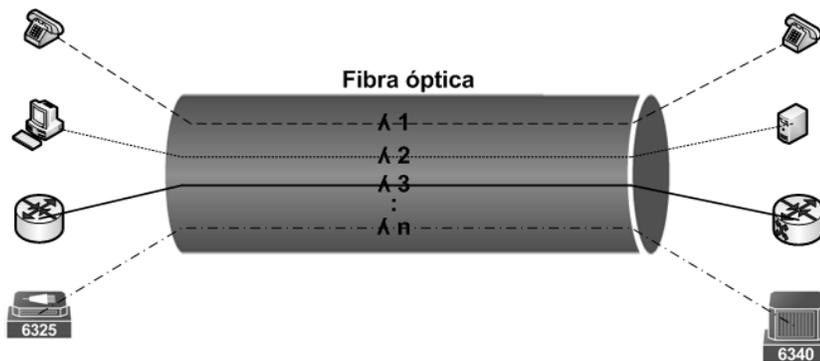
Mientras que FDM consiste en transmitir varias señales al mismo tiempo a través de un solo canal de banda ancha, modulando primero cada una de ellas en una sub portadora distinta para reunir las posteriormente en una sola señal, WDM reúne diferentes longitudes de onda para formar la señal que se transmitirá. De manera similar a otras formas de multiplexación, WDM requiere que cada longitud de onda sea debidamente espaciada de las demás, con el objeto de evitar la interferencia entre canales.

A pesar de que esta técnica de multiplexación, utilizada principalmente en redes de fibra óptica, se denomina de manera amplia WDM, es más común escuchar el término convencional DWDM (Multiplexación Densa por División de Longitud de Onda), el cual, aunque no denota ninguna región de operación o condición de implementación adicional, toma su nombre a partir de una designación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT y se refiere únicamente al espaciamiento requerido en la especificación UIT-T G.692. Si se multiplexan más de 8 canales, la técnica se llama DWDM (*Dense Wavelength division Multiplexing*).

Actualmente, DWDM no es vista tan solo como una técnica para ampliar la capacidad de una red de fibra óptica, sino más bien, como una tecnología robusta en el "*backbone*" o *core* de las redes multiservicios y redes de acceso móvil, que permite satisfacer el crecimiento en volumen y complejidad que presentan los servicios de telecomunicaciones.

En la figura 71 se ejemplifica la forma de multiplexar diferentes señales ópticas llamadas λ (lambda) dentro de una única señal que utiliza el mismo par de hilos de fibra, permitiendo optimizar los costos de despliegue de red de fibra óptica (planta externa) gracias a la posibilidad de habilitar varios servicios sobre el mismo par de hilos.

Figura 71. **Ilustración del concepto de WDM**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

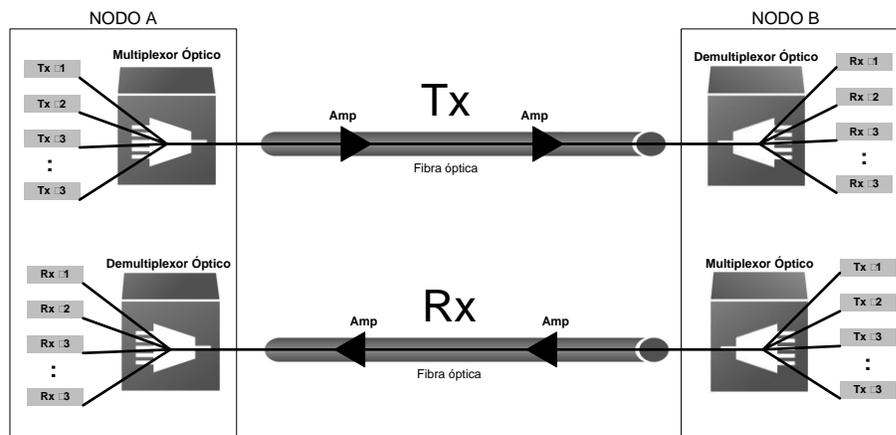
La tecnología WDM utiliza una composición de señales ópticas que pueden llevar múltiples flujos de información, cada señal es transmitida en distintas longitudes de onda ópticas con valores determinados, permitiendo que algunos canales de WDM coexistan en una sola fibra óptica. WDM incrementa la capacidad de las redes de fibra, por ejemplo, en las redes SDH y en las redes MPLS ya que se puede obtener, por ejemplo, 40 o hasta 100 Gbps en cada dirección sobre un par de fibras ópticas.

En las fibras ópticas, la propagación de la luz láser es mejor en las regiones centradas entre 1300 y 1550nm, sin embargo, el espectro de la longitud de onda usada en WDM se extiende desde 1200 hasta 1600nm.

Por ejemplo, para transmitir 40 Gbps en 600 km en un sistema SDH tradicional se requeriría 8 pares de hilos de fibra por separado con regeneradores cada 35 km (asumiendo potencias de transmisión cercanos a las -2 dBm), en cambio, en un sistema WDM de 16 canales, se usaría un solo par de fibras y 4 amplificadores colocados cada 120 km para la misma distancia de 600 km.

Existen sistemas WDM en donde una sola fibra es usada para tráfico bidireccional, pero ese tipo de configuración debe sacrificar alguna capacidad de ancho de banda de la fibra debido a la separación que se requiere para prevenir la interferencia de canales. Como se indica en la figura 72, WDM o DWDM es una técnica usada para incrementar la capacidad de transmisión de una fibra óptica, transmitiendo múltiples señales en diferentes longitudes de onda a través de una sola fibra. Cada señal obtiene una única longitud de onda o color en el espectro de colores de la luz. Todas las señales son transmitidas juntas combinadas como una sola señal.

Figura 72. **Multiplexación de longitudes de onda en canales Tx y Rx**

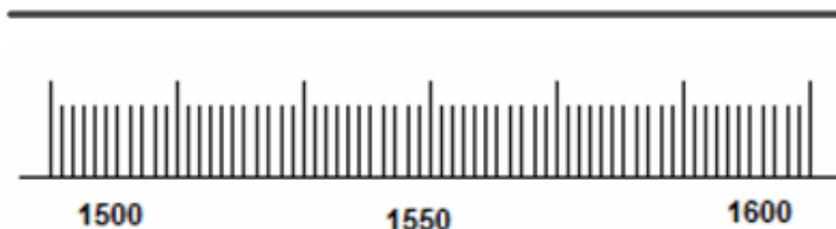


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Con esta tecnología se puede eliminar completamente la necesidad de utilizar más fibras ópticas o el incremento de equipos ADM, lo cual es muy significativo para empresas que tienen problemas de consumo de fibra debido que la red DWDM puede coexistir sin ningún problema con redes SDH, redes IP, MPLS, etc. Según el modelo OSI, ya repasado en la sección 4.1.1, la capa física es la encargada de proveer la infraestructura para que el enlace de datos pueda existir, se considera que ésta técnica está situada en la capa 1.

Con DWDM se pueden multiplexar hasta 64 longitudes de onda distinta (lambdas distintas), que según el estándar de la ITU, existe un espacio entre longitudes de onda de 100 GHz o 200GHz que corresponde al intervalo entre los 1492 y 1611 nm. La figura 73 ilustra el espaciamiento (ventana) en la que trabaja DWDM.

Figura 73. **Rango de espaciamiento para DWDM de 100 GHz, de 1492 a 1611 nm**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Se puede realizar el cálculo de cuantas longitudes de onda teóricas están disponibles entre los 1492 nm y los 1611 nm, utilizando la fórmula de la longitud de onda, sabiendo que la velocidad de onda en el medio (fibra óptica) es la velocidad de la luz C .

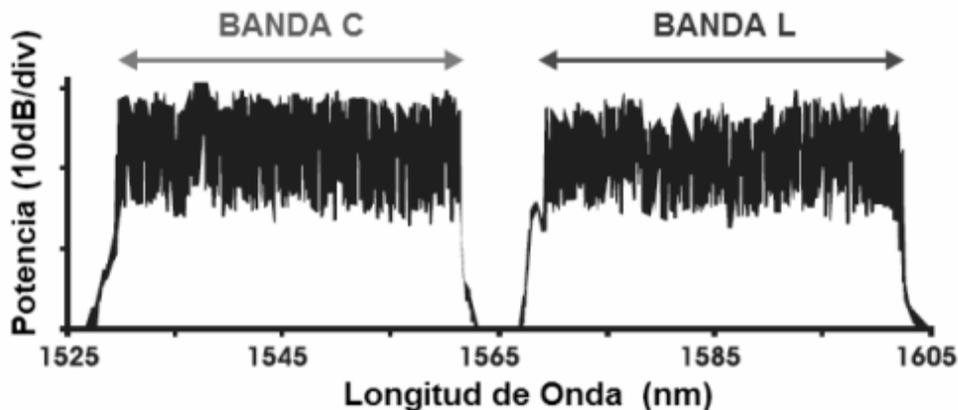
Para la lambda de 1492 nm utilizando la formula $f = C/\lambda$ se tiene una frecuencia de 201072.39 GHz y para la lambda de 1611 se tiene 186219.74 GHz, se puede concluir que con un espaciamento de 100 GHz por cada longitud de onda a multiplexar tendríamos capacidad de transportar teóricamente 148 lambdas. Sin embargo, debido que la fibra óptica no es un medio ideal, existen muchos factores que impiden que se pueda utilizar el canal DWDM de esta manera ya que los fenómenos de atenuación de la fibra, dispersión cromática, dispersión modal y dispersión por modo de polarización (PMD) afectan a las frecuencias más altas.

Los sistemas DWDM trasladan la longitud de onda de la salida de un equipo SDH, a una longitud de onda específica, estable, y angosta en el rango de los 1550 nm para que pueda ser multiplexada con otras señales. El dispositivo que realiza esta translación es llamado trasladador de longitud de onda o transponder. Un transponder puede funcionar como un regenerador de SDH donde su encabezado está basado en estándares de la ITU-T.

Estas escalas son también llamadas planes de longitud de onda y establecen valores fijos en que los fabricantes de láser deben de calibrar sus componentes de tal forma que a través de filtros en el receptor se pueda recuperar la señal. El espaciamento entre los canales tiene la limitante que entre más cercana esté una lambda de otra, más difícil será la recuperación de la señal en el receptor debido a la tolerancia de los filtros.

Se tienen 2 bandas para el manejo de las longitudes de onda, la banda C que requiere de 50GHz de separación y se pueden utilizar de 32 a 80 longitudes de onda y la banda L que permite meter más longitudes de onda dentro de una fibra, teóricamente hasta 80 lambdas. En la figura 74 se muestran los rangos de longitudes de onda para cada banda.

Figura 74. Rango en nm para las bandas C y L utilizadas para DWDM



Fuente: <http://sx-de-tx.wikispaces.com/DWDM+y+CWDM>. Consulta: 24 de septiembre de 2012.

Las principales ventajas que ofrece DWDM se listan a continuación:

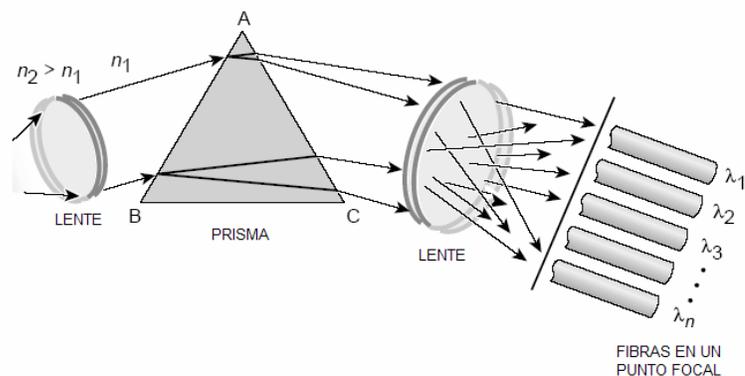
- Aumenta dramáticamente la capacidad de un punto a otro de la red de fibra óptica, lo cual es considerado la aplicación clásica de DWDM. Esto se debe principalmente a la posibilidad de transmitir varias señales dentro de una sola señal y a las altas tasas de transmisión que soporta.
- Permite transportar cualquier formato de transmisión en cada canal óptico. Así, sin necesidad de utilizar una estructura física separada para la transmisión de señales, es posible utilizar diferentes longitudes de onda para enviar información síncrona o asíncrona, analógica o digital, a través de la misma fibra.
- Se puede trabajar en los esquemas topológicos clásicos de las redes, inclusive esquemas para la de protección de tráfico.

4.2.1. Técnicas de multiplexación y demultiplexación en el plano óptico

Una forma simple de multiplexar y demultiplexar la luz puede ser mediante un prisma. La figura 73 ilustra un caso de demultiplexación de señales ópticas, en donde un rayo paralelo de luz policromática (como un láser) incide sobre la superficie de un prisma, donde cada componente de longitud de onda es reflejada diferentemente en una misma dirección.

Según se muestra en la figura 75, en la luz de salida cada longitud de onda es separada de la próxima longitud de onda por un ángulo determinado, luego un lente enfoca cada longitud de onda al punto donde se necesita que el haz ingrese en la fibra.

Figura 75. Principio de multiplexación óptica por prisma

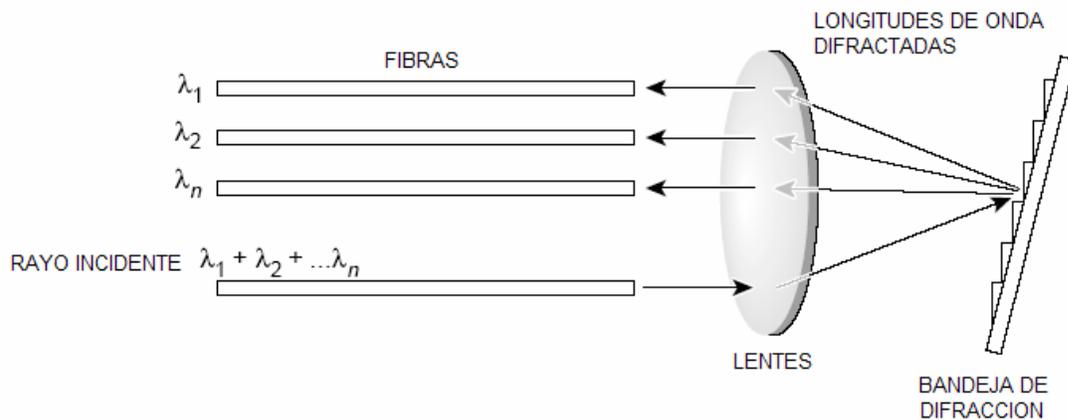


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Otra de las tecnologías de multiplexación óptica está basada en el principio de difracción y en la interferencia óptica, en donde cada luz

policromática perteneciente a longitud de onda específica, es proyectada con un ángulo diferente en determinado punto en el espacio y luego es enfocada dentro de la fibra individual usando un lente. En la figura 76 se muestra éste principio.

Figura 76. **Principio de multiplexación óptica por difracción**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Paint 6.1.

4.2.2. **Limitantes de un sistema óptico WDM**

En un sistema óptico existen limitantes por efectos lineales por atenuación, dispersión, efectos no lineales y degradación de la relación señal a ruido óptico.

La potencia de la señal óptica es atenuada al viajar por la fibra, a través de los conectores, fusiones, etc. El receptor (Rx) debe recibir un nivel de potencia óptica por sobre su sensibilidad de recepción y debe tener la habilidad para distinguir la señal del ruido.

La pérdida óptica se define como $10 \log$ de la relación entre potencia de salida y potencia de entrada, de lo anterior, se puede deducir que un 50 % de pérdida en la señal equivale a 3 dB, el 75% de pérdida equivale a 6 dB, el 90% equivale a 10 dB y 99% de pérdida equivale a 20 dB.

Las diferentes fuentes de atenuación en un sistema DWDM son la pérdida en la fibra óptica debida a las impurezas durante el proceso de fabricación, las cuales absorben la energía de la señal de luz al pasar por la fibra. Ésta se mide en decibeles (dB) de pérdida por unidad de longitud (kilómetro) o dB/km; también se tienen las pérdidas en fusiones, conectores e imperfecciones ópticas de acople (espacios de aire) que absorben y/o desvían la energía de la señal de luz que pasa por la fibra. Se mide en decibeles (dB) por fusión/conector con valores típicos de 0.1 a 0.2 dB/fusión y de 0.2 a 0.5 dB/conector.

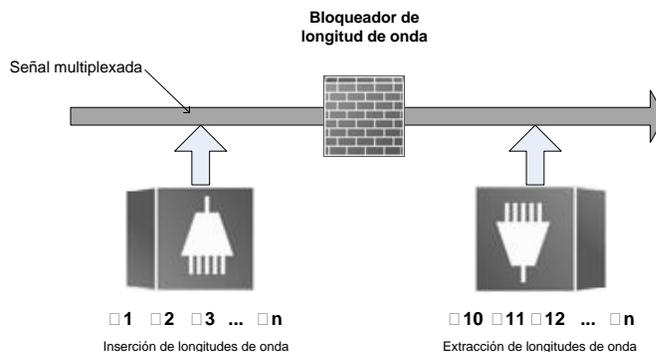
4.2.3. ROADM (Multiplexores Ópticos de Inserción/Extracción Reconfigurables)

Los ROADM (del inglés, Reconfigurable *Optical Add-Drop Multiplexer*) son elementos en que, teóricamente, cualquier longitud de onda o lambda puede ser extraída desde un multiplexor DWDM desde el plano óptico sin afectar el tráfico existente en una red, permitiendo la reconfiguración de los servicios que cursan por los distintos nodos de la red, sin necesidad de intervención física para la extracción de lambdas del sistema DWDM. La extracción se realiza conmutando los canales ópticos de distintas longitudes de onda desde un multiplexor óptico configurable, lo cual contribuye considerablemente en el ahorro de costos de operación y mantenimiento así como de disponibilidad de la red.

Los equipos ROADM se basan en dos elementos principales: trancceptores sintonizables y matrices de conmutación óptica. Dependiendo de la tecnología en que se basan estos elementos existe tres tipos de equipos ROADM: bloqueadores de longitud de onda WB (del inglés, *Wavelength Blocker*), circuito de guía de onda plana PLC (del inglés, *Planar Light Wave Circuit*) y los eROADM o WSS basados en conmutadores de longitud de onda selectivos (del inglés, *Wavelength Selective Switch*). Las dos tecnologías ROADM brindan la capacidad de extraer o insertar una longitud de onda en un sitio específico pero no brindan un método simple de añadir caminos ópticos hacia los puertos de salida.

La primera generación de equipos ROADM fue basada en la tecnología de bloqueadores de longitudes de onda, los cuales, como su nombre lo indica, pueden generar niveles variables de atenuación a través de elementos de cristal líquido disminuyendo la intensidad de determinada señal óptica perteneciente a una longitud de onda específica. Esto se ilustra de forma conceptual en la figura 77.

Figura 77. **Concepto de bloqueador de longitud de onda ROADM**

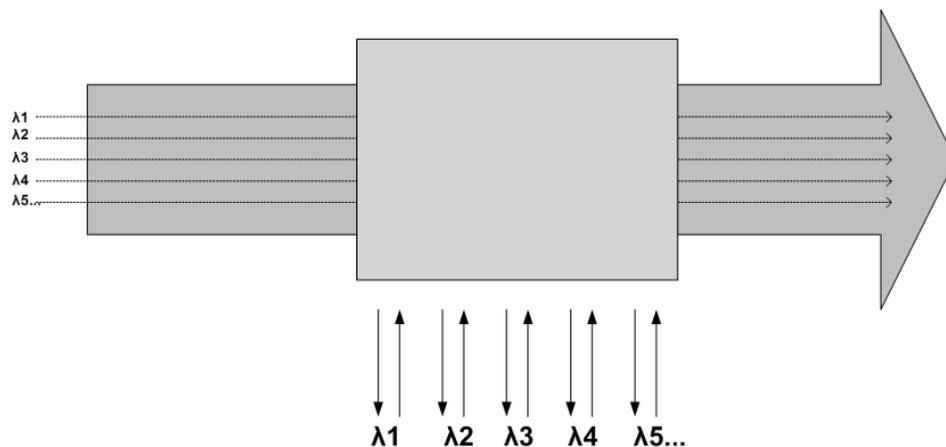


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Cada una de las lambdas o longitudes de onda son extraídas a través de filtros sintonizables mientras que el bloqueador de longitud de onda inhibe las señales que ingresan por el canal de extracción, dejando pasar el resto de las señales cuya longitud de onda se quiere dejar pasar, de igual forma, se pueden añadir nuevas señales que luego mediante un multiplexor se combinan formando la señal DWDM.

La tecnología WB ofrece gestión remota de inserción y extracción de cada una de las lambdas que forman la señal multiplexada, a su vez, puede soportar gran número de canales (128/64) con espacios reducidos entre cada canal (50/100 GHz) y de un alto ancho de banda que puede variar entre los 10 Gbps y 40 Gbps por canal. En la figura 78 se ilustra el proceso de inserción y extracción (ADM) de lambdas en el plano óptico.

Figura 78. **Inserción y extracción de longitudes de onda**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Introducir dentro de la red un nuevo elemento para la extracción e inserción de señales es muy costoso desde el punto de vista del equipo así como a nivel de ingeniería de planeación e implementación, lo cual se puede traducir en limitaciones en la flexibilidad de la red, haciendo más complejo realizar el manejo de la demanda de ancho de banda y expansión de servicios hacia nuevos territorios. Si bien esta tecnología para ROADM no presenta mucha flexibilidad, si proporciona una buena relación costo beneficio para redes con enlaces extensos cuya variación en el tiempo sea mínima o nula.

La segunda generación de equipos ROADM es basada en circuitos de guía de onda planar, poseen bajas pérdidas de inserción y la capacidad para transportar anchos de banda grandes de 40 Gbps con espaciamiento entre canales de 100 GHz.

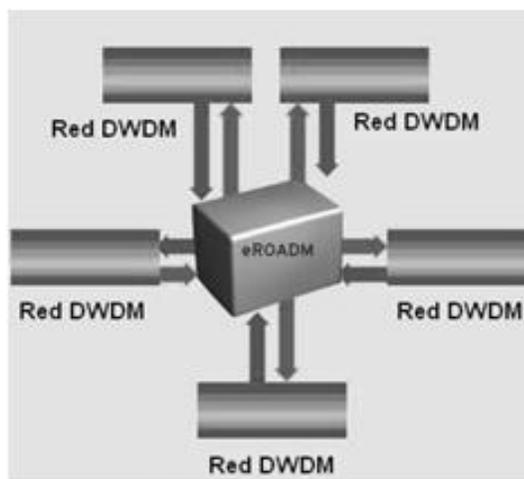
Su diseño hace posible un alto nivel de integración de las funciones ROADM, incluyendo las etapas de filtrado, conmutación y balance de potencias utilizando electrónica de estado sólido con tecnología de guía de onda planar. Dentro de la estructura de esta tecnología también se utilizan multiplexores de longitud de onda, conmutadores y atenuadores ópticos variables VOA, (del inglés *Variable Optical Amplifier*) para controlar el nivel de potencia de transmisión de cada uno de los canales o lambdas.

En este tipo de tecnología ROADM, cada puerto tiene un canal específico y cada longitud de onda no puede ser añadida o extraída en cualquier puerto, por lo cual fue desarrollada una nueva arquitectura denominada WSS (del inglés, *Wavelength Selective Switch*) para proporcionar más flexibilidad a los puertos de la tecnología WB, sin embargo, aún no se soluciona completamente el problema de adaptar la red DWDM a los constantes cambios que se pueden dar basados en la demanda de ancho de banda creciente.

Para dar solución a la situación anterior, se ha desarrollado la tecnología ROADM mejorada o eROADM (donde la “e” viene de la palabra en inglés *enhanced*), la cual integra conmutadores de longitud de onda selectivos WSS para dar flexibilidad a la red permitiendo que cualquier λ o longitud de onda pueda ser sumada o extraída de cualquier puerto. Se cubre la limitación de extracción de una señal óptica mediante el uso de sistemas micro electromecánicos MEMS (del inglés *Microelectromechanical Systems*).

Estos sistemas permiten hacer la operación de extraer e insertar (*Add – Drop*) cada una de las longitudes de onda hacia cualquier puerto sin restricciones, por lo que se podrá realizar cualquier modificación de alguna señal óptica en la red “al instante” a través de una gestión remota del equipo eROADM sin necesidad de interrumpir los servicios existentes. Lo anterior se indica en la figura 79.

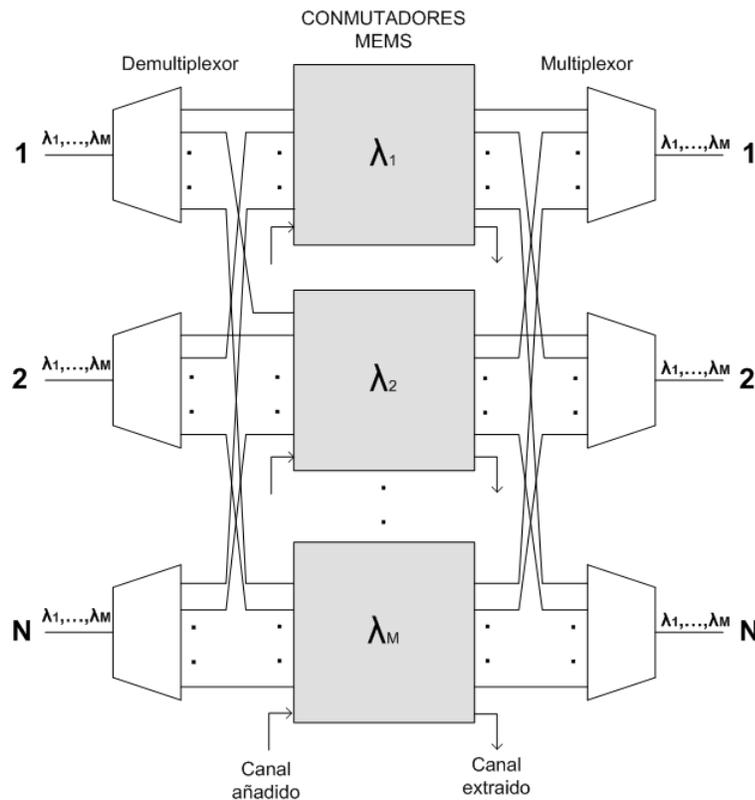
Figura 79. **Sistema eROADM, agregación y extracción de λ**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Para lograr la inserción y extracción de cada una de las lambdas, los sistemas MEMS son utilizados como componentes principales de los cross-conectores ópticos OXC (del inglés, *Optical Cross Connect*) los cuales son elementos que realizan la misma función que un conmutador digital electrónico en las redes SDH pero a nivel óptico, es decir, es capaz de dirigir una señal óptica desde cualquiera de sus entradas hacia cualquiera de sus salidas. En la figura 80 se muestra un esquema de este dispositivo. En este caso se emplea un conmutador espacial construido con un sistema MEMS el que suministra la capacidad de reconfiguración.

Figura 80. **Concepto de conmutadores MEMS para eROADM**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Estos dispositivos tienen N puertos de entrada, cada uno de los cuales recibe una señal WDM compuesta por M longitudes de onda. El demultiplexor separa cada longitud de onda específica la cual es dirigida a una unidad de conmutación. Cada unidad de conmutación recibe N señales de entrada en la misma longitud de onda y dispone de 1 entrada y 1 salida adicional que permite extraer y añadir un canal específico. La unidad de conmutación está compuesta por N conmutadores ópticos MEMS espaciales, configurados para dirigir las señales de la manera requerida.

Las señales de salida de cada unidad de conmutación se dirigen a un multiplexor para combinar nuevamente sus M entradas, formando una señal WDM nuevamente. Por tanto este esquema necesita N multiplexores, N demultiplexores y $M(N+1)^2$ conmutadores ópticos.

Los conmutadores ópticos conmutan de forma espacial las señales de entrada hacia los puertos de salida empleando técnicas MEMS y termo-ópticas MZI en el que, mediante el efecto termo-óptico, se cambia el índice de refracción a lo largo de la longitud de uno de los caminos ópticos de óxido de silicio proporcionando la conmutación. Esto permite la extracción de una lambda específica desde el plano óptico a diferencia de otros métodos que procesan la señal en el plano electrónico.

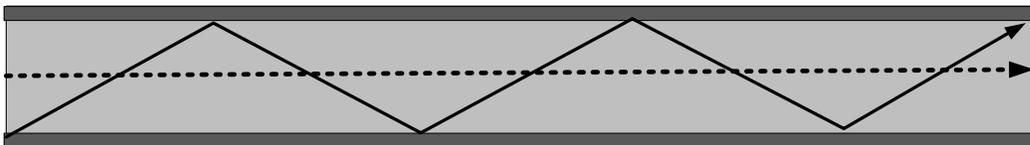
Como se ha mencionado anteriormente, el ancho de banda de una fibra óptica no es infinito y no está exento de fenómenos intrínsecos que afectan la propagación de la información a través de los distintos canales, mientras más lambdas multiplexadas existan dentro de una transmisión WDM, menor será la separación entre cada canal, esta situación se complica debido a los fenómenos físicos de dispersión modal, dispersión por polarización modal y dispersión cromática.

La dispersión supone una reducción del ancho de banda ya que al ensancharse los pulsos de luz se limita la tasa de transmisión. La dispersión se caracteriza mediante el parámetro D (ps/nm·km), que indica el ensanchamiento del pulso que aumenta con la longitud recorrida y con el ancho espectral de la fuente óptica.

4.2.4. Dispersión Modal

La dispersión modal se debe a las distintas velocidades de propagación que tienen los distintos modos ya que, según las leyes de Maxwell, la constante de propagación es distinta para cada modo. Lo anterior indica que cada λ dentro de una señal viajara a distinta velocidad según su propia longitud de onda dentro de la señal WDM.

Figura 81. Propagación de modos a través de la fibra óptica



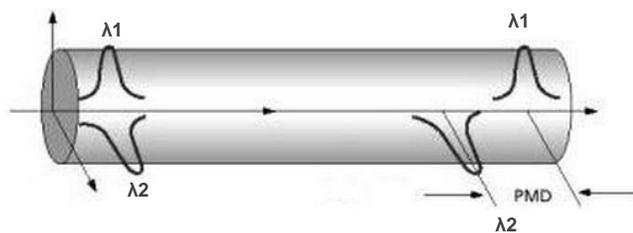
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

El efecto anterior es mostrado en la figura 81 y puede solucionarse empleando fibras monomodo de índice gradual, las cuales reducen la diferencia de la velocidad de grupo de cada modo. Estas fibras se pueden colocar en tramos específicos, según un análisis profesional que indique la cantidad de dispersión modal sobre la fibra óptica existente.

4.2.5. Dispersión por polarización de modo

Cuando una fibra no tiene deformaciones mecánicas y es perfectamente circular, la constante de propagación entre las polarizaciones es la misma y por tanto también lo es la velocidad de propagación de cada polarización. En la figura 82 se ilustra el caso de una fibra monomodo que tiene deformaciones mecánicas a lo largo de su sección transversal y no es perfectamente circular, la velocidad de propagación de cada polarización es distinta, produciéndose la dispersión por polarización del modo PMD (del inglés, *Polarization Mode Dispersion*).

Figura 82. Representación de dispersión por polarización modal (PMD)



Fuente: http://nemesiis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema1/tema1_5_1.htm. Consulta: 17 de octubre de 2012.

En general se puede decir que el PMD varía con la longitud y su valor medio está dado por la ecuación del retardo diferencial del grupo modal o DGD (del inglés, *Differential Group Delay*) $DGD = D_{PMD} \cdot L^{1/2}$, donde L es la longitud de la fibra óptica en kilómetros y en las fibras actuales este valor suele ser del orden de $0.1 \text{ ps/km}^{1/2}$. Se considera que su impacto no es significativo si se verifica que el retardo es menor al 10% del tiempo del periodo de un bit.

4.2.6. Dispersión cromática

El fenómeno de la dispersión cromática surge debido a dos razones: la primera corresponde a la dispersión material, que es el principal causante de la dispersión cromática y consiste en que el índice de refracción del silicio es dependiente de la frecuencia. Por ello las componentes de distinta frecuencia viajan a velocidades diferentes por el silicio.

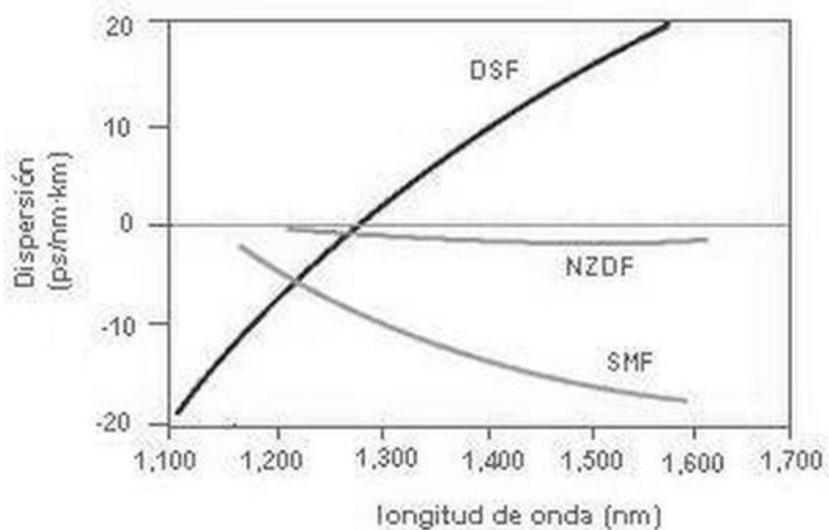
La segunda razón causante de la dispersión cromática es la dispersión por guía de onda, para explicar éste fenómeno, se debe recordar que un modo se propaga dentro de una fibra a través de una componente que viaja por el núcleo y otra componente que parcialmente va el revestimiento. El índice efectivo de un modo se sitúa entre el índice de refracción del núcleo y del revestimiento, acercándose más a uno u otro dependiendo de cuál sea el porcentaje de la potencia que se propaga por ellos (por ejemplo, si la mayor parte de la potencia está contenida en el núcleo, el índice efectivo estará más cerca del índice de refracción del núcleo).

Como la distribución de la potencia de un modo entre el núcleo y el revestimiento depende de la longitud de onda, si la longitud de onda cambia, la distribución de potencia debida a cada una de las componentes también cambia, lo que provoca un cambio en el índice efectivo o constante de propagación del modo.

Por lo tanto, aún en la ausencia de dispersión material, es decir, aunque los índices de refracción del núcleo y del revestimiento sean independientes de la longitud de onda, si la longitud de onda varía, seguiría produciéndose el fenómeno de la dispersión debido a la dispersión por guía de onda.

La figura 83 muestra la variación de la dispersión según los materiales y el tipo de guía de onda. Para el caso de fibras DSF (del inglés, *Dispersion Shifted Fiber*), SMF (del inglés, *Standard Single Mode Fiber*) y NZDF (del inglés, *NonZero Dispersion Fiber*).

Figura 83. **Índice de dispersión versus longitud de onda en fibras ópticas**



Fuente: http://nemesis.tel.uva.es/images/tCO/contenidos/tema1/tema1_5_1.htm. Consulta: 06 de noviembre de 2012.

Existen otros tipos de fibra como la DSF cuya dispersión está desplazada de tal forma que permiten tener una dispersión nula en la tercera ventana. La fibra NZDF se caracteriza por tener una dispersión muy próxima a cero en tercera ventana pero no nula. La utilidad de este tipo de fibras es que buscan tener algo de dispersión cromática que pueda compensar los efectos producidos por los fenómenos no lineales.

Los principales métodos para compensar los efectos de la dispersión cromática son: el empleo de fibras compensadoras de dispersión. Existe otro tipo de fibras que tienen un valor de dispersión elevado y de signo contrario al de las fibras monomodo estándar SMF, de esta forma alternando tramos de fibras SMF y de fibras compensadoras de dispersión, se obtiene un resultado global de dispersión aproximadamente nula. El problema de estas fibras es su mayor atenuación y un agravamiento en los efectos de los fenómenos no lineales.

4.3. Propuesta para la nueva red de reemplazo para la red SDH Nortel Central

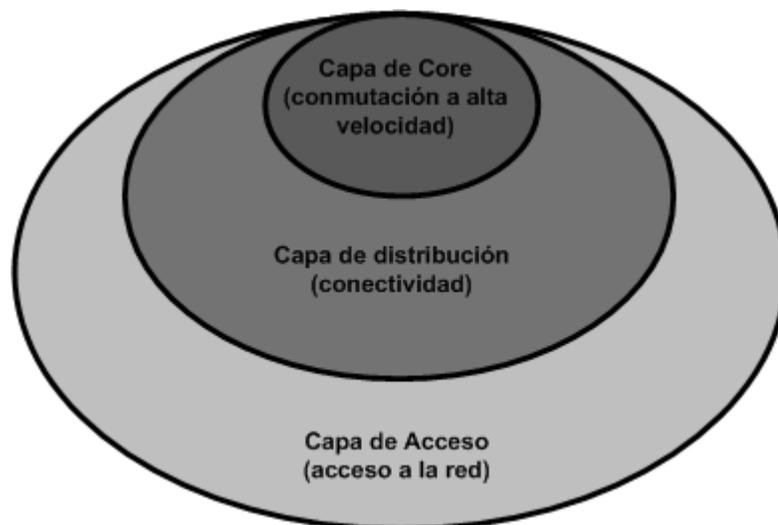
En las secciones anteriores se han dado a conocer de forma muy general tecnologías para el transporte de datos aplicadas a la construcción de una red que tenga la flexibilidad necesaria para adaptarse a los requerimientos de ancho de banda, no solo para el traslado del tráfico activo que forma parte del anillo SDH Nortel Central, sino también para crear una infraestructura que cumpla con los requerimientos de desempeño de las redes modernas.

Existe una infinidad de opciones que ofrecen todo lo necesario para montar una red que soporte todos los requerimientos necesario, sin embargo, dicha habilitación queda determinada por el presupuesto y la inversión en infraestructura y equipos versus la tasa de rentabilidad, aunque también se deben tomar en cuenta la oportunidad de nuevos productos o servicios que se pueden ofrecer mediante una nueva red. Como todo proyecto, se deben de tomar en cuenta la máxima cantidad de detalles, así como tener bien claro los alcances, de tal forma que las expectativas cambien lo menos posible con el tiempo y que la ejecución se apegue lo más fielmente posible a la planificación.

Uno de los objetivos de este documento es suministrar una propuesta técnica para el traslado de los servicios activos a través del anillo SDH Nortel Central hacia una nueva red en donde se puedan implementar servicios de voz, video y datos de banda ancha (Internet), tráfico transaccional de empresas o corporaciones que necesitan fuertes medidas de seguridad y QoS, tráfico propio de gestión, control y ruteo de la nueva red, de tal forma de todo se pueda converger en una sola red de transporte integral con características estándar y modulares que den flexibilidad de interconexión con los clientes en la capa de acceso y facilite las aplicaciones que correrían a través de la nueva infraestructura.

El modelo jerárquico de una red de este tipo se adapta al modelo de 3 capas según se muestra en la figura 84.

Figura 84. **Modelo de 3 capas para red convergente**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

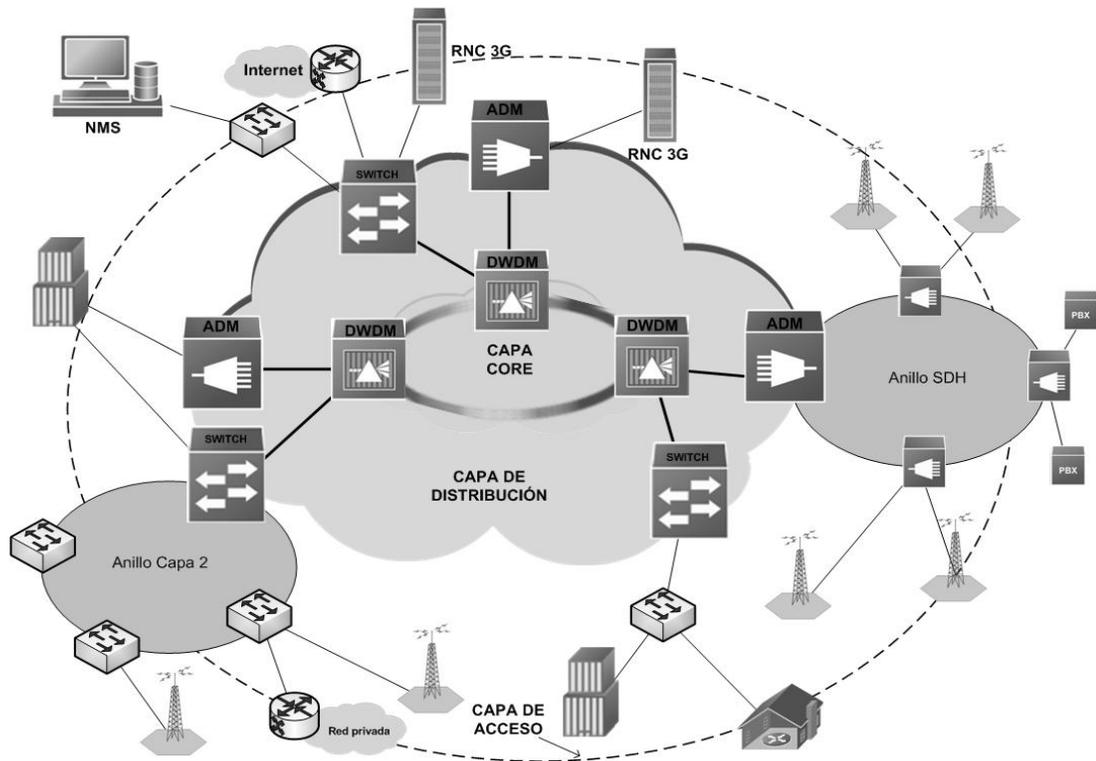
La capa de acceso es donde se encuentran los equipos más cercanos a los usuarios de la red o clientes. Suministra conectividad a las otras capas de la red, generalmente mediante *switches* capa 2. La capa de distribución contiene equipos que no están directamente conectados a los equipos de los clientes y recolectan el tráfico desde los equipos de la capa de acceso para llevarlo directamente hacia la capa de *core*.

La capa de *core* provee conectividad a alta velocidad hacia la capa de distribución con agregados de 10 o 40 Gbps e interconecta los equipos de alta densidad de tráfico tales como RNC (del inglés, *Radio Network Controller*) de la red de telefonía 3G, salida al Internet y equipos de servicios agregados.

Para llevar a cabo el proyecto se puede utilizar el modelo de ciclo del proyecto compuesto por 6 pasos para gestionar desde la definición hasta la conclusión del proyecto. Estos pasos son programación, identificación, diseño, financiación, ejecución y evaluación. Aunque estos pasos son genéricos y aplicables a cualquier tipo de proyecto, los alcances de este trabajo estarán circunscritos a la parte meramente técnica ya que no se contemplarán temas financieros, análisis de tasas de retorno, situaciones legales de permisos de pasos de fibra óptica por áreas urbanas, etc., por lo que nos concentraremos más de forma general en la parte de planificar la implementación.

La figura 85 da una idea básica de la segmentación por capas de una red como la que se propondrá en las siguientes secciones, la segmentación por capas tiene como objetivo suministrar una infraestructura de red para la recolección de tráfico desde los distintos clientes o puntos de acceso a la red hacia el nivel de conmutación del tráfico unificado en anchos de banda bastante mayores.

Figura 85. Esquema de red convergente distribuida por capas



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

4.3.1. Identificación de requerimientos de clientes

En esta fase de debe identificar cuál sería el negocio inicial y los requerimientos técnicos para llevarlo a cabo. También se deberán verificar los factores de escalabilidad de la red para áreas de negocio futuro. Para la red que se propone se han identificado los siguientes requerimientos de la red:

- Red de distribución y acceso para telefonía móvil 2G mediante acceso TDM para las mismas áreas de cobertura de la red Nortel actual.

- Red de distribución y acceso para servicios de voz para telefonía fija de clientes corporativos para las mismas áreas de cobertura que la red Nortel actual.
- Red de distribución y acceso MPLS/IP/Ethernet para telefonía móvil 3G para las mismas áreas de cobertura que la red Nortel actual.
- Red de banda ancha de acceso de datos punto a punto y punto a multipunto para servicios corporativos.
- Red de acceso de banda ancha para internet corporativo
- Red con políticas de QoS para priorización de tráfico VoIP, video y transaccional.

4.3.2. Caracterización de la red existente

En esta fase perteneciente a la planificación se busca establecer las características de la red existente y sus similitudes con la red nueva para el aprovechamiento de infraestructura, ambiente operacional y de equipos actuales en caso haya alguna aplicación ya existente que se ajuste al nuevo esquema de red.

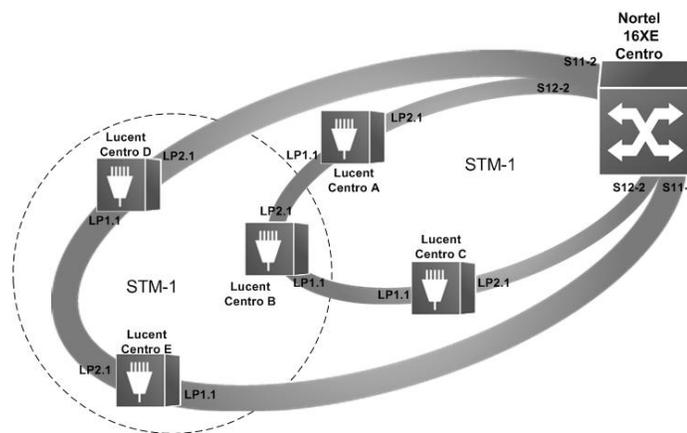
Según se indicó en el capítulo 3, se hace necesaria la eliminación de la red actual Nortel y Lucent debido a su obsolescencia por lo que se pretende una renovación completa de la red. Únicamente se aprovecharía la reutilización de la fibra óptica existente, aunque en principio se debe realizar un análisis de caracterización de la fibra para verificar que los valores de PMD y CD estén dentro de los umbrales aceptables para dejar pasar una señal DWDM.

Se aprovechará la topología actual de anillos en la capa de distribución y acceso para llegar con transmisión de datos a los mismos puntos que la red actual Nortel 16XE alcanza. También se realizará un aprovechamiento de los anillos paralelos de equipos Tellabs y su capacidad existente para el traslado de parte del tráfico TDM del anillo actual Nortel Central.

4.3.2.1. Caracterización Región Centro

Para la caracterización de este segmento de red, se buscará trasladar el tráfico de los equipos Lucent Centro A, B, C, D y E hacia nodos de equipos Tellabs de anillos ya existentes que comparten los mismos sitios. Lo anterior se ilustra en la figura 86.

Figura 86. Caracterización de la red Región Centro



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Los equipos Lucent Centro B, D y E pertenecen a la misma ubicación, es decir, los servicios que bajan a nivel de E1 están repartidos en estos 3 equipos, que en total tendrían una capacidad máxima de bajada de 48 puertos de E1.

Este tráfico deberá ser trasladado a un nuevo equipo con mayor capacidad de bajada de puertos de E1. Según la red paralela Tellabs existente, se tiene la opción de instalación de un equipo Tellabs 6325 con capacidad máxima de 63 puertos de E1, 8 puertos STM-1 y capacidad de cross-conexión de 8 VC-4, sin embargo, para la demanda de puertos de E1 de la región este equipo será insuficiente a largo plazo, por lo que se recomienda la instalación de un equipo Tellabs 6340, el cual tiene capacidad de instalación de 12 tarjetas TEX1P para bajar 21 puertos de E1 cada tarjeta.

Se podrá configurar inicialmente con 6 de estas tarjetas para tener disponibilidad de $21 \times 6 = 126$ puertos de E1 para servicios TDM de telefonía móvil. También se podrá agregar 2 tarjetas SIM1/4 con capacidad de 8 puertos STM-1 o 2 puertos STM-4 para dar acceso a nuevos puntos donde se requiera crecimiento a futuro.

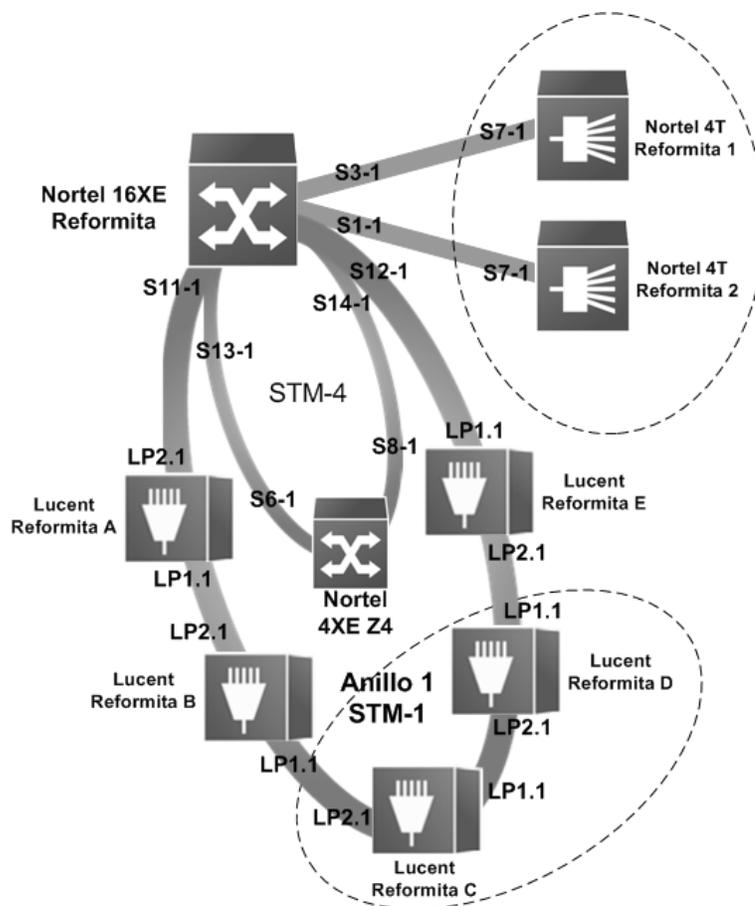
Para el equipo Lucent Centro A, el cual se encuentra ubicado físicamente en una celda llamada 17 Calle, se realizará habilitación de un par de hilos paralelos en el mismo cable existente entre los nodos Centro y 17 Calle (mismo cable que lleva el medio óptico entre el equipo Nortel 16XE Centro y el equipo Lucent Centro A). Con estos nuevos hilos se habilitará un equipo Tellabs 6325 dotado de 21 puertos de E1 y expandible a 42 puertos para el traslado de tráfico desde el equipo Lucent.

Para el caso del equipo Lucent Centro C, se practicará el mismo caso anterior, habilitando un equipo Tellabs 6325 equipado con 21 puertos de E1 y expandible a 42 puertos.

4.3.2.2. Caracterización Región Reformita

En la figura 87 se muestra la parte de la red perteneciente a esta región que permitirá usar la infraestructura actual en cuanto a los equipos Lucent Reformita A, B, C, D y E, el traslado de tráfico que baja a nivel de E1 por el equipo Nortel 4T Reformita 1 y equipo Nortel 4T Reformita 2 y por último el traslado de tráfico del equipo Nortel 4XE Zona 4.

Figura 87. Caracterización de la red Región Reformita



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Los equipos Lucent Reformita C y Reformita D están ubicados físicamente en el mismo sitio, por lo que se aplica la misma medida aplicada a los equipos Lucent Centro B, D y E, tomando en cuenta que se puede aprovechar el traslado hacia un nodo Tellabs 6340 ya ubicado físicamente en el mismo sitio y que forma parte de un anillo STM-16 llamado Anillo Tellabs Nimajuyu STM-16.

Los equipos Nortel 4T solamente son agregadores que multiplexan 252 señales de E1 dispuestos en puertos eléctricos de 75 ohmios en una trama STM-4 que se conecta directamente al equipo Nortel Reformita 16XE.

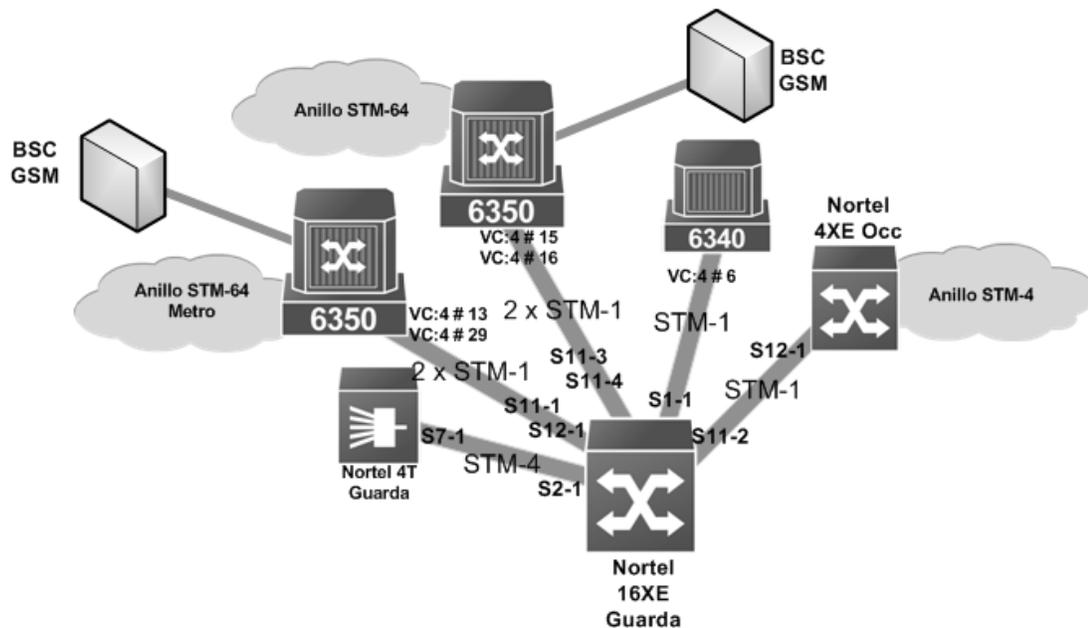
Para realizar la fase de caracterización y aprovechamiento de la infraestructura de red existente, para este caso, se deberá analizar en primera instancia el tráfico activo a través de estos puertos eléctricos, realizar una identificación de los dos puntos remotos a los cuales se conectan cada uno de los puertos con servicios activos para obtener un inventario que luego será utilizado para el traslado de tráfico hacia equipos Tellabs 6340 que están dispuestos en las mismas ubicaciones físicas. Previo al traslado se deberá realizar el proceso indicado en la sección 3.3 sobre análisis de tráfico activo, con el fin de reconocer la forma en que se puede trasladar el servicio de la red Nortel a la red Tellabs, evitando caídas de tráfico y afectación según el SLA.

Para la caracterización de equipo Nortel Z4, se cuenta con un equipo Tellabs 6340 perteneciente a un anillo Tellabs STM-16 entre los sitios de Guarda, Reformita, Z4 y Centro. Dicho equipo Tellabs 6340 cuenta con la capacidad suficiente de puertos de E1 para el traslado de servicios desde el equipo Nortel 4XE Z4. Lo anterior permitirá eliminar por completo de la red a éste equipo recuperando los hilos de fibra óptica que se utilizan para este equipo.

4.3.2.3. Caracterización Región Guarda

Para el caso de la Región de Guarda, la tarea de traslado de tráfico para el aprovechamiento de la infraestructura actual principia con analizar el tráfico activo a través de los puertos eléctricos, realizar una identificación de los dos puntos remotos a los cuales se conectan cada uno de los puertos con servicios activos, con el fin de obtener un inventario que luego se utiliza para el traslado de tráfico hacia equipos Tellabs 6340 que están dispuestos en las mismas ubicaciones físicas. Previo al traslado se deberá realizar el proceso indicado en la sección 3.3 de análisis de tráfico activo con el fin de reconocer la forma en que se puede trasladar el servicio de la red Nortel a la red Tellabs y para evitar caídas de tráfico, ver figura 88.

Figura 88. Caracterización de la red Región Guarda



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

4.4. Diseño de alto nivel para nueva red

Con las necesidades y objetivos que se buscan cubrir con la nueva red y con una revisión del aprovechamiento de la infraestructura actual que se puede utilizar, se procede a realizar la presentación de un diseño de la nueva red. Se deben hacer decisiones sobre la infraestructura de red, tales como energía y espacio físico, instalación de nuevos equipos, identificación de utilización de nuevos hilos de fibra y los puntos en que se requieren. Se deben identificar posibles problemas que puedan surgir durante la implementación para su temprana corrección previo a terminar por completo la construcción de la nueva red.

Cuando el plan de diseño está completado se debe diseñar un plan de implementación con el fin de introducir la variable de costos de equipos, asesoramiento técnico, instalación de equipos, instalación y habilitación de fibra óptica, conexión hacia otras plataformas, etc. Para introducir la variable de tiempo se deberá realizar una programación de las tareas a realizar mediante un diagrama de Gantt.

Se debe introducir la variable de calidad mediante la planificación de supervisión del trabajo, con la verificación constante del cumplimiento de los requerimientos y normas establecidas en la fase de planificación de la red y pruebas que certifiquen que el desempeño inicial es el esperado. En cuanto la red se coloca en operación debe ser sometida a un constante monitoreo y chequeo para la detección de errores. Si se sobreviene una serie de correcciones de problemas al punto que se hacen tan frecuentes que no se pueden manejar, se requerirá un rediseño de la red según haya necesidad. Esta fase es parte de la operación y optimización.

Teniendo en claro lo indicado en la sección 4.3.1 sobre los requerimientos de la nueva red y habiendo realizado lo indicado en la sección 4.3.2 sobre la caracterización de la nueva red con la red actual que se pretende eliminar, se procederá a realizar una revisión de la gama de opciones para cubrir las necesidades. En principio se propone apearse a las capas de *core*, distribución y acceso según se muestra en la tabla XXIII.

Tabla XXIII. **Tecnología y equipos propuestos por capas para la nueva red**

CAPA	TECNOLOGÍA DESIGNADA/EQUIPOS
ACCESO	Equipos Tellabs SDH Tellabs 6325 con agregados STM-1 o STM-4 y con capacidad para entrega de servicios a nivel de E1 y EoSDH y <i>Switches</i> Huawei serie S9300 y S5300 para acceso a nivel de Giga Ethernet/Fast Ethernet óptico o eléctrico
DISTRIBUCIÓN	Equipos Tellabs SDH Tellabs 6340 con agregados STM-16 para reemplazar los equipos Nortel 16XE y <i>Switches</i> Capa 3 Huawei serie S9300 para transporte Ethernet/IP
CORE	Equipos DWDM Tellabs serie 7100

Fuente: elaboración propia.

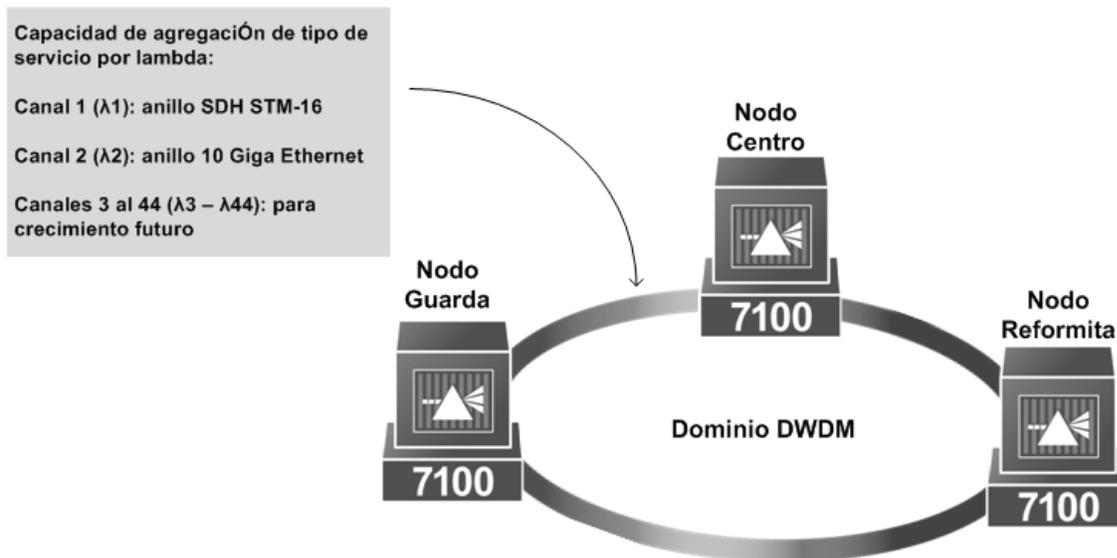
4.4.1. Capa Core

Con redes de conmutación de paquetes bajo esquemas orientados a la conexión, donde se puede aplicar la ingeniería de tráfico, tenemos a MPLS-TE cuyo esquema de operación brinda flexibilidad.

Para robustecer la protección del tráfico en las redes orientadas a la conexión, se puede aplicar la reconfiguración de circuitos ópticos de los sistemas ROADM, con lo cual se tiene una infraestructura de última generación para la capa de *core*, no solo por la capacidad de proteger el tráfico en capa 1 (el medio), sino también por brindar el recurso de escalabilidad y capacidad de crecimiento a futuro mediante una infraestructura DWDM.

Como ejemplo de éstas redes de alta capacidad y considerando los recursos existentes en el proyecto bajo análisis, se propone la combinación de los mundos ROADM y DWDM mediante la adición de equipos Tellabs 7100 Nano según la topología mostrada en la figura 89.

Figura 89. **Propuesta capa core para nueva red**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

4.4.2. Capa de distribución

La capa de distribución se encarga de interconectar los equipos de acceso hacia la red DWDM. Estos equipos están divididos en dos tipos: equipos SDH Tellabs 6340 STM-16 y equipos Ethernet-Capa 2/3/MPLS Huawei S9300, los cuales también funcionan en la capa de agregación. Para el primer caso, los equipos tienen la capacidad de funcionar como agregadores y como cross-conectores (del mismo modo en que funcionan los equipos Nortel 16XE) y se pueden configurar de la manera descrita en la tabla XXIV en donde se realiza una revisión del *hardware* SDH básico para construir esta parte propuesta de la red y que luego se podrá aplicar a la topología mostrada en la figura 90.

Tabla XXIV. **Análisis de equipo propuesto para nueva red capa de distribución**

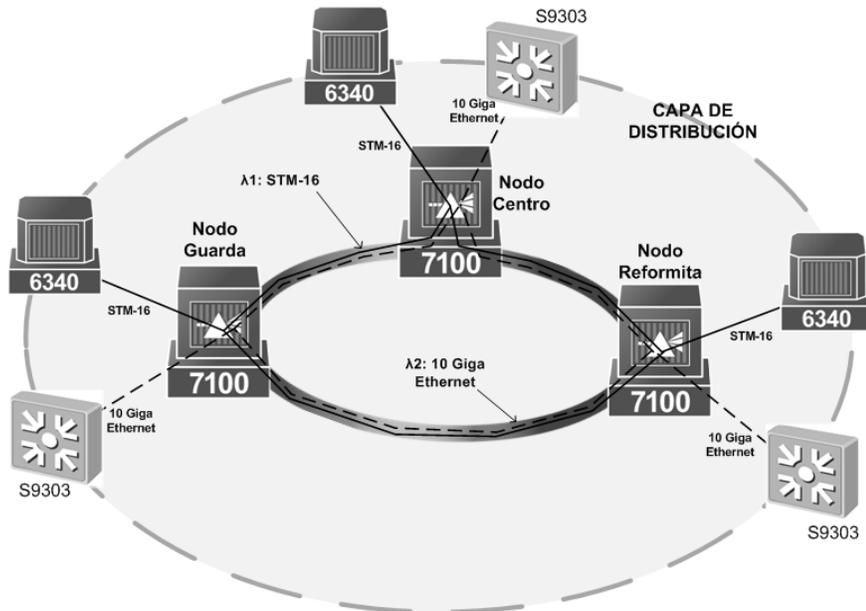
Item	Descripción	Guarda	Reformita	Centro
Chasis Tellabs 6340	Suministra el bus de interconexión entre unidades	1	1	1
Tarjeta CMCC	Suministra la unidad de control y gestión del nodo	1	1	1
Tarjeta PS	Se conectan hacia las fuentes de -48 VDC y realiza las funciones de conversión DC-DC a los valores que el nodo necesita para energizar sus unidades	2	1	1
Módulo de ventilador	Suministra ventilación y control de temperatura al equipo	1	1	1
Tarjeta SIMX16	Suministran las unidades para la interconexión a nivel de STM-16	2	2	2
Transceivers (transmisor – receptor) S16.1	Suministran los puertos láser STM-16 en la primer ventana	2	2	2

Continuación de la tabla XXIV.

Item	Descripción	Guarda	Reformita	Centro
Tarjeta TEX1P	Suministra 21 puertos de E1 75 Ohm	3	3	3
Tarjetas SIM1/4	Suministra 4 puertos STM-1 o 1 puerto STM-4	6	6	2
Transceivers (transmisor – receptor) S1.1	Suministran los puertos láser STM-1 en la primer ventana	4	8	8
Transceivers (transmisor – receptor) L4.1	Suministran los puertos láser STM-4 en la primer ventana	4	6	-

Fuente: elaboración propia.

Figura 90. **Topología nueva red core y distribución integrada**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

4.4.3. Capa de acceso

Para la capa de acceso se propone la instalación de equipos Tellabs 6325 como reemplazo de los antiguos equipos Lucent, ampliando la capacidad de los anillos de STM-1 a STM-4 debido que la diferencia en costos es imperceptible. Se replicará en los mismos sitios instalación de *switches* Huawei S5303 para acceso a nivel de Giga Ethernet.

Como se indicó en la sección 4.3.2.2, donde se revisó la caracterización de la Región de Reformita, los equipos Nortel 4T Reformita 1, Nortel 4T Reformita 2 y el equipo Nortel 4XE Z4 serían eliminados de la red dado que es posible que el tráfico que estos equipos transportan podrá ser migrado y por otro lado, los equipos Lucent Reformita C y Lucent Reformita D se encuentran en la misma ubicación física, por lo que se puede reemplazar ambos equipos Lucent por un solo equipo Tellabs 6325 que se podrá nombrar Nodo Reformita Acceso C. El análisis de equipo para la nueva red se resume en la tabla XXV.

Tabla XXV. **Análisis de equipo propuesto para nueva red capa de acceso Región Reformita**

Item	Descripción	Reformita Acceso A	Reformita Acceso B	Reformita Acceso C	Reformita Acceso D
Chasis de 1U rack para Tellabs 6325	Suministra el bus de interconexión entre unidades	1	1	1	1
Tarjeta CMCC Tellabs 6325	Suministra la unidad de control y gestión del nodo	1	1	1	1

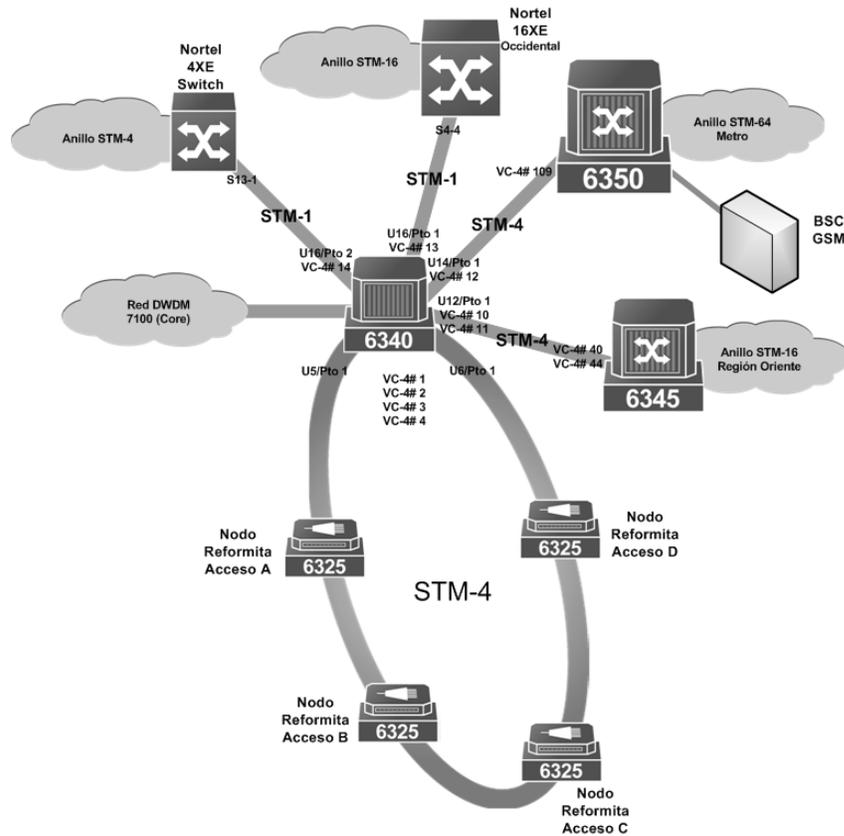
Continuación de la tabla XXV.

Item	Descripción	Reformita Acceso A	Reformita Acceso B	Reformita Acceso C	Reformita Acceso D
Tarjeta PS-DC Module	Se conectan hacia las fuentes de -48 VDC y realiza las funciones de conversión DC-DC a los valores que el nodo necesita para energizar sus unidades	2	2	2	2
Tarjeta SIMX4 Tellabs 6325	Suministran las unidades para la interconexión a nivel de STM-1 o SMT-4	2	2	2	2
Módulo de ventilación	Suministra ventilación y control de temperatura al equipo	1	1	1	1
Transceivers (transmisor – receptor) S4.1	Suministran los puertos láser STM-4 en la primer ventana	2	2	2	2

Fuente: elaboración propia.

Para el caso de la capa de acceso IP/Ethernet para la Región Reformita, se tiene un diseño que varía según el modelo original de la topología SDH, esto debido a las ubicaciones físicas de nodos de acceso así como la forma en que está distribuida la red de cables de fibra óptica. Se ha introducido un nuevo elemento en la red indicado en la figura 89 como *Switch* Reformita F, el cual está ubicado físicamente en el sitio de Villa Nueva, adicionalmente se muestra la topología propuesta para la red SDH en la figura 91.

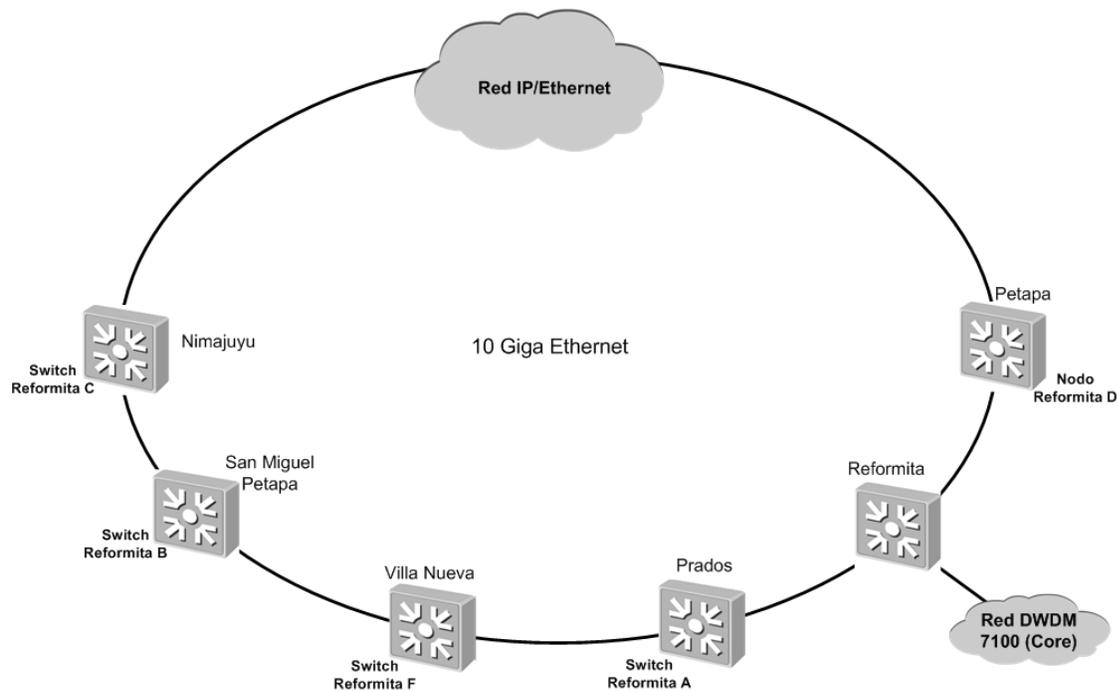
Figura 91. Red de distribución y acceso Región Reformita



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

En realidad, por la demanda de tráfico Ethernet que se puede recolectar en estos puntos y el ancho de banda que ofrece la fibra, estos equipos propuestos Huawei S9303 estarían funcionando como equipos de acceso pero también pueden realizar funciones para la capa de distribución, ya que éstos pueden conmutar paquetes provenientes de equipos de gama inferior ubicados en la capa de acceso, tales como los equipos propuestos *switch* Huawei S5303, ya sea en topología en estrella o anillo (en este último caso se deben implementar protocolos de protección ante bucles tales como STP o similares). Lo anterior se ilustra en la topología se muestra en la figura 92.

Figura 92. **Topología de red propuesta capa 2 (L2) Región Reformita**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

En la propuesta, para conservar parte de la topología original contenida con los equipos Nortel, el *switch* S9303 está conectado hacia los equipos Tellabs 7100 que integran el anillo Central en la capa *Core* DWDM mediante un agregado de 10 Gbps.

En la figura 89 se muestra una nube indicando la presencia de una red IP/Ethernet, la cual es una red ya existente con una topología definida. Como parte de la caracterización de la red, se pueden integrar los equipos S9303 indicados hacia dicha red mediante agregados de 10 Gbps que optimizarían las cualidades de MPLS e ingeniería de tráfico ya existentes en dicha red.

Para la capa de acceso de la Región Centro, se reemplazarán los antiguos equipos Lucent Centro A y Lucent Centro C por equipos Tellabs 6325 y para el caso de los tres equipos Lucent Centro B, D y E, por estar en la misma ubicación física (llamada Metronorte) se reemplazarán por un equipo Tellabs 6340 con mayor capacidad para entrega de servicios a nivel de tributarios de E1.

El análisis propuesto para la nueva red se resume en la tabla XXVI. Las topologías propuestas para la Región Centro se muestran en las figuras 93 y 94.

Tabla XXVI. Análisis de equipo propuesto para nueva red capa de acceso Región Centro

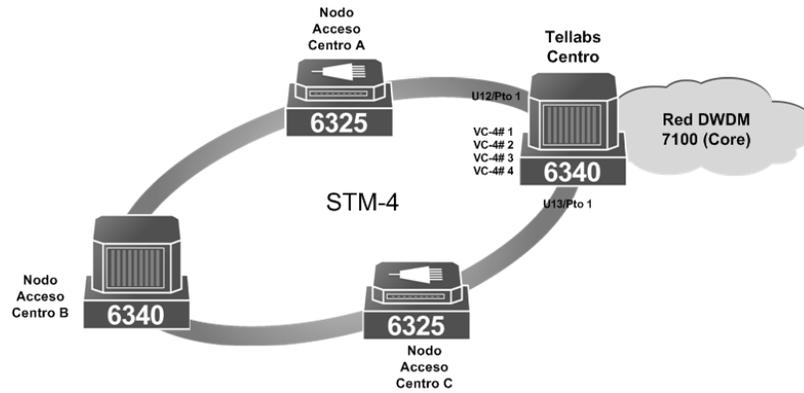
Item	Descripción	Nodo Acceso Centro A	Nodo Acceso Centro B	Nodo Acceso Centro C
Chasis Tellabs 6340	Suministra el bus de interconexión entre unidades	-	1	-
Tarjeta CMCC	Suministra la unidad de control y gestión del nodo	-	1	-
Tarjeta PS	Se conectan hacia las fuentes de -48 VDC y realiza las funciones de conversión DC-DC a los valores que el nodo necesita para energizar sus unidades	-	2	-
Módulo de ventilador	Suministra ventilación y control de temperatura al equipo	-	1	-
Tarjeta TEX1P	Suministra 21 puertos de E1 75 Ohm	-	3	-

Continuación de la tabla XXVI.

Item	Descripción	Nodo Acceso Centro A	Nodo Acceso Centro B	Nodo Acceso Centro C
Tarjetas SIM1/4	Suministra 4 puertos STM-1 o 1 puerto STM-4	-	4	-
Módulo de ventilador	Suministra ventilación y control de temperatura al equipo	-	1	-
Tarjeta TEX1P	Suministra 21 puertos de E1 75 Ohm	-	3	-
Tarjetas SIM1/4	Suministra 4 puertos STM-1 o 1 puerto STM-4	-	4	-
Transceivers (transmisor – receptor) S1.1	Suministran los puertos láser STM-1 en la primer ventana	-	4	-
Transceivers (transmisor – receptor) L4.1	Suministran los puertos láser STM-4 en la primer ventana	-	2	-
Chasis de 1U rack para Tellabs 6325	Suministra el bus de interconexión entre unidades	1	-	1
Tarjeta CMCC Tellabs 6325	Suministra la unidad de control y gestión del nodo	1	-	1
Tarjeta PS-DC Module	Se conectan hacia las fuentes de -48 VDC y realiza las funciones de conversión DC-DC a los valores que el nodo necesita para energizar sus unidades	2	-	2
Tarjeta SIMX4 Tellabs 6325	Suministran las unidades para la interconexión a nivel de STM-1 o SMT-4	2	-	2
Módulo de ventilación	Suministra ventilación y control de temperatura al equipo	1	-	1
Transceivers (transmisor – receptor) S4.1	Suministran los puertos láser STM-4 en la primer ventana	2	-	2

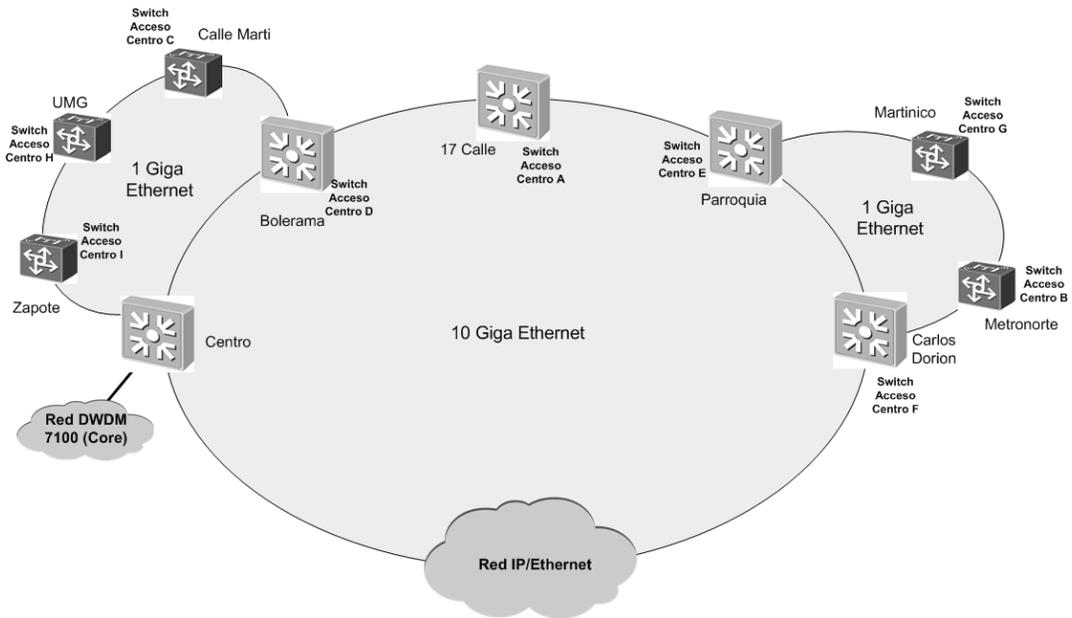
Fuente: elaboración propia.

Figura 93. **Topología de acceso propuesta para Región Centro**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

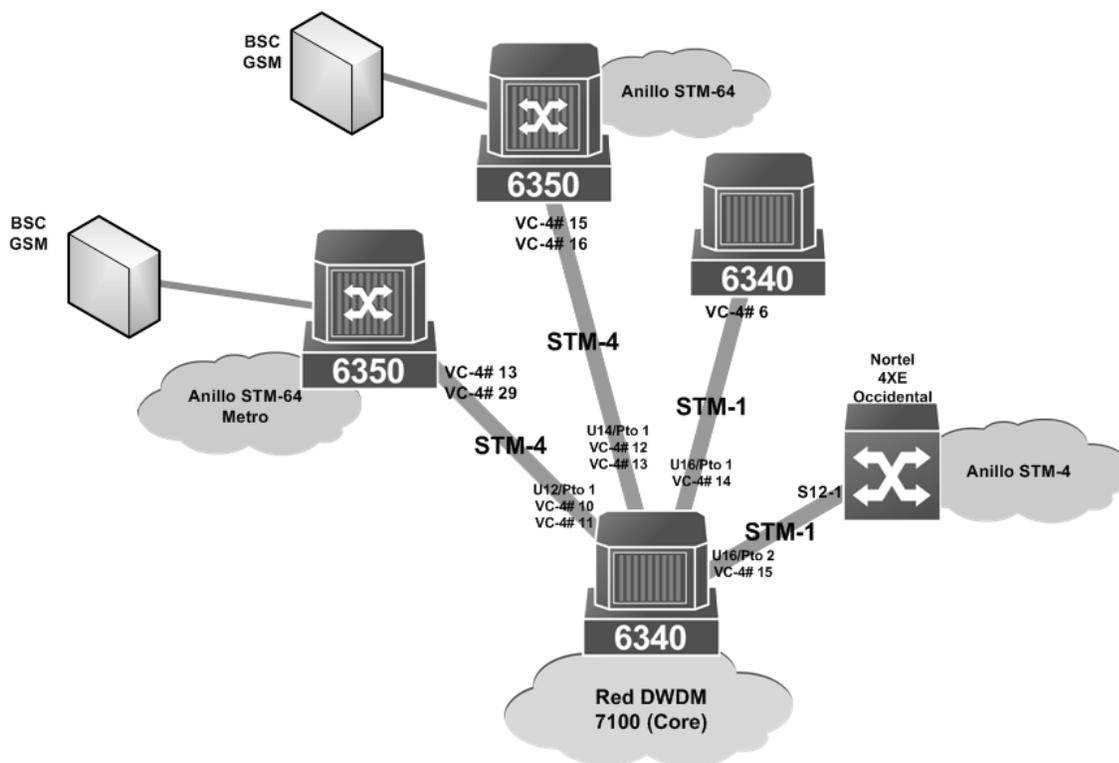
Figura 94. **Topología de acceso capa 2 (L2) propuesta para Región Centro**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

En la Región Guarda la capa de acceso se caracteriza por la interconexión entre el nuevo equipo Tellabs 6340 hacia los demás nodos que estaban interconectados con el equipo Nortel 16XE que se eliminará. Se debe notar que se ha eliminado la conexión STM-4 hacia el equipo Nortel 4T Guarda, cuyo tráfico se trasladará hacia nodos tributarios con puertos disponibles de E1 haciendo el pertinente análisis de circuitos descrito en la sección 3.3, se reemplazan las cuatro conexiones 2 x STM-1 (hacia los equipos Tellabs 6350) por dos conexiones STM-4, lo cual ayudará a optimizar el uso de puertos en los equipos Tellabs 6350. En la figura 95 se indica la correspondencia de interconexiones.

Figura 95. **Interconexiones STM-N Región Guarda**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

4.5. Planificación del proyecto

En las secciones anteriores se expusieron conceptos relacionados con las varias alternativas para la construcción de una red. Se ha realizado un análisis a gran escala sobre la red actual y sobre la topología de la nueva red a través de la cual se puede reemplazar la red Nortel. Para dar un enfoque más amplio sobre cómo utilizar los conceptos anteriores, se ubicarán según correspondan, en distintas etapas o fases que en conjunto formen un proyecto, no sin antes revisar los conceptos principales para diseñar y ejecutar un proyecto.

4.5.1. Ciclo de vida de la dirección de proyectos

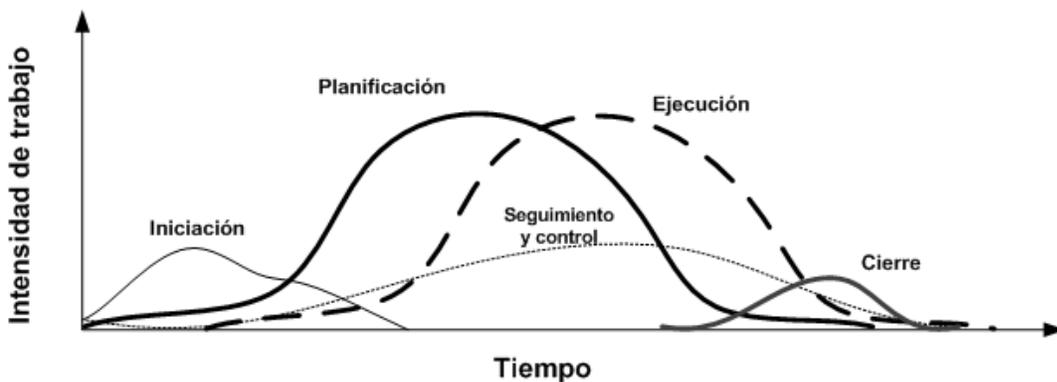
El ciclo de vida de un proyecto está compuesto por 5 procesos que son aplicables de forma independiente a la naturaleza de un proyecto:

- **Iniciación:** consiste en el grupo de procesos que provee la autorización formal para iniciar un proyecto o alguna fase de éste.
- **Planificación:** consiste en el grupo de procesos que define y gradualmente refina los objetivos y alcance de un proyecto.
- **Ejecución:** consiste en los procesos para completar el trabajo definido en el plan de gestión del proyecto con el fin de cumplir los objetivos y requisitos del mismo.
- **Seguimiento y control:** son los procesos cuyo fin es supervisar y controlar la ejecución de un proyecto con el fin de realizar ajustes oportunos y acciones correctivas para evitar desviarse de los objetivos.

- Cierre: consiste en todos los procesos para finalizar formalmente todas las actividades del proyecto.

La intensidad de trabajo para cada uno de los procesos a través del tiempo se indica en la figura 96.

Figura 96. **Procesos en el ciclo de vida de un proyecto**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Para dar una visión más amplia y generalizada de los procesos anteriormente expuestos, se resume en la tabla XXVII las actividades más importantes, que son propias de cada gestión y proceso durante el desarrollo de un proyecto desde su iniciación hasta su cierre.

Bajo el contexto acá expuesto, el concepto de gestión se refieren a las acciones y sus consecuencias dentro de ámbito administrativo de un proyecto y por ende se requieren procesos prediseñados o predefinidos que cumplen con determinado estándar común en cualquier tipo de proyecto sin importar su naturaleza.

La noción de gestión, por lo tanto, se extiende hacia el conjunto de trámites que se llevan a cabo para resolver un asunto o concretar un proyecto con el objetivo primordial de conseguir aumentar optimización desde el nivel más bajo de tareas hasta el nivel más alto de resultados.

Tabla XXVII. **Actividades propias de la gestión de proyectos**

PROCESO DE GESTIÓN	INICIACIÓN	PLANIFICACIÓN	EJECUCIÓN	SEGUIMIENTO Y CONTROL	CIERRE
Gestión de integración del proyecto.	Desarrollo de acta de constitución del proyecto	Desarrollo de plan de gestión del proyecto	Dirigir y gestionar la ejecución del proyecto	Supervisar y controlar el trabajo del proyecto. Realizar control integrado de cambios.	Cerrar el proyecto o fase del proyecto
Gestión del alcance.		Recolección de requerimientos técnicos. Definición de alcances. Crear estructura de desglose de trabajo (EDT).		Verificación del alcance. Control constante del alcance.	
Gestión de tiempos.		Definición de actividades. Establecer secuencia de actividades. Establecer duración de actividades. Desarrollo del cronograma.		Controlar cronograma.	
Gestión de costos.		Estimación de costos. Determinación de presupuesto.		Controlar costos.	
Gestión de la calidad.		Planificar la calidad.	Realizar aseguramiento de la calidad.	Realizar control de calidad.	
Gestión de recursos humanos.		Planificar los recursos humanos.			

Continuación de la tabla XXVII.

PROCESO DE GESTIÓN	INICIACIÓN	PLANIFICACIÓN	EJECUCIÓN	SEGUIMIENTO Y CONTROL	CIERRE
Gestión de las comunicaciones.	Gestión de las comunicaciones.	Planificar las comunicaciones.		Informar sobre rendimiento.	
Gestión de riesgos.		Planificar la gestión de riesgo. Identificar riesgos. Realizar análisis cualitativo de riesgos. Planificar respuestas a los riesgos.		Seguimiento y control de riesgos.	
Gestión de adquisiciones.		Planificar adquisiciones.	Realizar adquisiciones.	Administrar adquisiciones.	Cerrar las adquisiciones.

Fuente: elaboración propia.

4.5.2. Iniciación del proyecto

Para poder iniciar el proyecto se debe identificar la necesidad y tener claros los objetivos en la resolución del problema a resolver. En el caso del presente proyecto es instalar una nueva red convergente que permita la migración de los servicios que actualmente se entregan a través del Anillo Nortel Central STM-16 para luego eliminar totalmente dicho anillo.

Para lograr lo anterior se designará un presupuesto cuyo monto será el delimitador de las características de la nueva red a instalar. Se deben designar los responsables e interesados del control de los demás procesos que conformarán el proyecto.

4.5.3. Planificación del proyecto

En esta etapa del proyecto se define el “todo” sobre el “cómo” se ejecutará el proyecto, se deberá tener un profundo conocimiento sobre cómo lograr los objetivos con los recursos disponibles. Para el caso del presente proyecto, se estipularán las características técnicas de los equipos que conformarán la nueva red, se establece la forma en que se gestionará el tiempo durante la fase de ejecución, se establece los protocolos de aceptación y pruebas, análisis de tráfico y el proceso de migración de clientes, etc. Para esto se deberá contar con un equipo de ingeniería con los conocimientos y herramientas suficientes para lograr los objetivos planteados.

Uno de los puntos críticos a definir en un proyecto es el tiempo de ejecución alineado con los costos y la calidad, por esta razón se debe poner énfasis en el proceso de gestión del tiempo, el cual a su vez pertenece a la fase de planificación y a la fase de ejecución. El objetivo de la gestión del tiempo es terminar el proyecto a tiempo en base a las actividades definidas.

Para la definición de actividades planificadas de un proyecto se puede utilizar el método EDT o Estructura de Desglose de Trabajo, el cual consiste en ir dividiendo cada trabajo desde un nivel mayor o más general hasta llegar a tareas con el grado de detalle suficiente para poder obtener una estimación adecuada del tiempo que dura cada actividad. Cada una de las actividades se le denomina paquete de trabajo.

Durante la planificación del proyecto, también se debe establecer la secuencia de las actividades con relación de dependencia, de modo que se identifiquen las actividades predecesoras o sucesoras. En la figura 97 se muestra cómo se da esta dependencia entre tareas o actividades.

Figura 97. **Relación de dependencia entre actividades de un proyecto**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

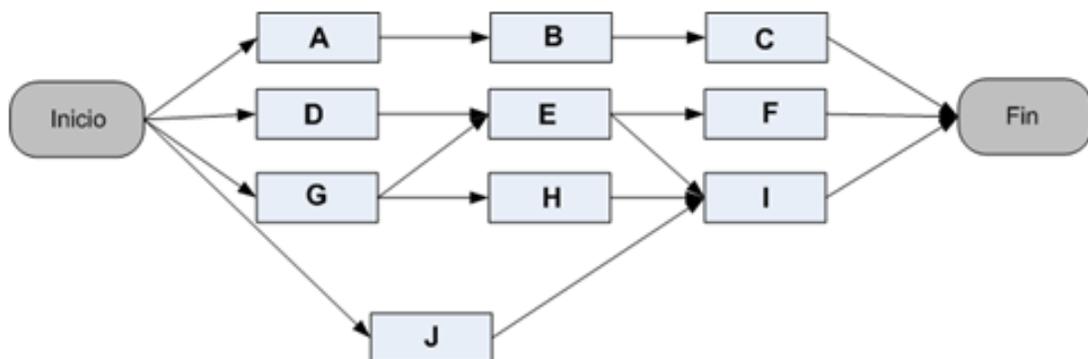
Con respecto a la dependencia entre actividades, existen cuatro modos de secuencia:

- Final a inicio (F-I): el inicio de la actividad sucesora depende de la finalización de la actividad predecesora. Esto significa que la actividad sucesora no puede comenzar hasta que la actividad predecesora se haya completado.
- Final a final (F-F): la finalización de la actividad sucesora depende de la actividad predecesora. En otros términos, la actividad predecesora debe terminar para que la actividad sucesora pueda terminar.
- Inicio a inicio (I-I): el inicio de la actividad sucesora depende del inicio de la actividad predecesora. La actividad predecesora debe empezar para que la actividad sucesora pueda comenzar.
- Inicio a fin (I-F): la finalización de la actividad sucesora depende del inicio de la actividad predecesora.

4.5.4. Diagramación por precedencia

Es un método para crear un diagrama de red del cronograma del proyecto que utiliza casillas o rectángulos denominados nodos, los cuales representan las actividades y están conectados por flechas que muestran las relaciones de dependencia predecesora versus sucesora.

Figura 98. Diagrama de red del cronograma de un proyecto



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Como se muestra en la figura 98, para establecer el tiempo de cada actividad, se puede realizar por asunción (asumir un valor que incide sobre la duración de la actividad), por juicio de expertos, por estimación de analogía, por estimación paramétrica (multiplicar la duración de una actividad conocida para establecer la duración de la actividad actual) y por estimación de 3 valores o método de PERT.

Este método de estimación de duración de una actividad se basa en establecer 3 tiempos para una actividad, el primer valor es el valor optimista en donde se asumen las condiciones más favorables para realizar una actividad, el segundo valor es el más probable en donde se emplea el tiempo en condiciones esperables de trabajo. El último tiempo a asumir es el pesimista, que considera realizar una actividad bajo el peor escenario posible. Finalmente con estos 3 valores de tiempo, se puede calcular el tiempo esperado T_e , el cual dará una estimación mucho más precisa que un valor único.

$$T_e = \frac{(O + 4M + P)}{6}$$

O: tiempo optimista

M: tiempo más probable

P: tiempo pesimista

El desarrollo del cronograma de un proyecto determina las fechas de inicio y finalización planificadas para las actividades del proyecto. Se trata de un proceso iterativo ya que se deben revisar y corregir las estimaciones de duración y de recursos para generar un cronograma del proyecto aprobado, que se convertirá en la línea base con respecto a la que se medirán avances y desviaciones. Se deberá realizar un análisis de la red del cronograma utilizando alguna de las siguientes técnicas:

- Método del camino crítico
- Método de cadena crítica.
- Análisis “¿qué pasa si...?”
- Nivelación de recursos

4.5.5. Método del Camino Crítico (MCC)

El método del camino crítico es un algoritmo matemático muy sencillo utilizado para programar el conjunto de actividades de un proyecto. Para poder aplicar esta técnica es necesario contar con la definición de todas las actividades, la estimación de duración de todas las actividades y las dependencias entre ellas, según se vio en la sección 4.5.3. Utilizando estos valores, el MCC calcula el camino más largo de todas las alternativas posibles para ejecutar todas las actividades y llegar así al final del proyecto. En esta etapa no se toman en cuenta las limitaciones de recursos.

Esto se hace en dos recorridos, el primero de ellos comienza desde el inicio del proyecto y se tienen las fechas tempranas de inicio y finalización de cada actividad; en el segundo, se comienza desde el final del proyecto, y restando de esta fecha la duración de las actividades, se obtienen las fechas de finalización e inicio tardías. Este proceso determina cuáles actividades son “críticas”, es decir, quedan en el camino más largo y cuáles de ellas tienen holgura (actividades que pueden ser retrasadas determinado rango sin que ello afecte la duración del proyecto).

El camino crítico es la secuencia de actividades del diagrama de red del cronograma del proyecto que tienen la mayor duración agregada de todas sus actividades, es decir, el camino más largo en tiempo. Esto significa que es el menor tiempo en que es posible finalizar el proyecto. Ante cualquier extensión o demora de una actividad en el camino crítico, se tendrá un impacto en la duración total del proyecto. Las actividades que están en el camino crítico no tienen holgura.

Figura 99. **Cuadro para medición de tiempos en actividades de un proyecto**



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Además del camino crítico, en función de la complejidad del proyecto, será posible encontrar uno o más caminos cuasi críticos. Estos son caminos con una duración total ligeramente inferior a la del camino crítico. A estos caminos se les llama sub críticos y en general a todos los caminos que no sean el camino crítico se les llama caminos no críticos.

Para encontrar los caminos críticos y sub críticos se puede utilizar la herramienta mostrada en la figura 99, en donde se puede obtener el tiempo de duración y holgura total tras el cálculo de tiempo de las tareas en orden inicio a final temprano y luego final a inicio tardío. Si la diferencia entre la duración y la holgura total es igual a 0, entonces se identifica dicha tarea como tarea crítica (sin holgura).

4.5.6. Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt, gráfica de Gantt o carta de Gantt es una popular herramienta cuyo objetivo es mostrar el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. A pesar de que, en principio, el diagrama de Gantt no indica las relaciones existentes entre actividades, la posición de cada tarea a lo largo del tiempo hace que se puedan identificar dichas relaciones e interdependencias. Por esta razón, para la planificación del desarrollo de proyectos complejos (superiores a 25 actividades) se requiere además el uso de técnicas basadas en redes de precedencia como los vistos anteriormente.

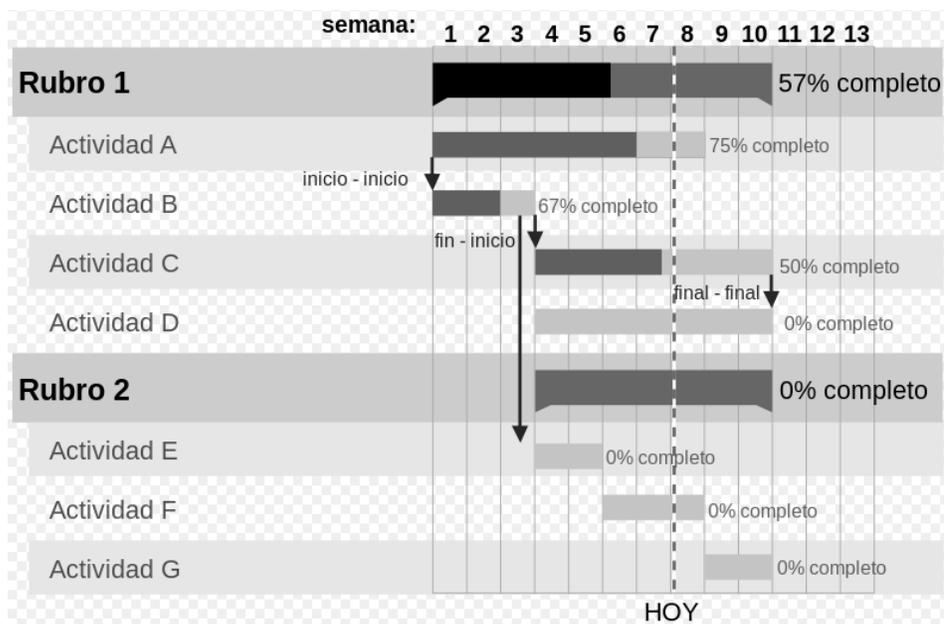
Estas redes relacionan las actividades de manera que se puede visualizar el camino crítico del proyecto y permiten reflejar una escala de tiempos para facilitar la asignación de recursos y la determinación del presupuesto. El diagrama de Gantt, sin embargo, resulta útil para la relación entre tiempo y carga de trabajo.

En gestión de proyectos, el diagrama de Gantt muestra el origen y el final de las diferentes unidades mínimas de trabajo (paquetes de trabajo) y los grupos de tareas o las dependencias entre unidades mínimas de trabajo.

Desde su introducción, los diagramas de Gantt se han convertido en una herramienta básica en la gestión de proyectos de todo tipo, tienen la finalidad de representar las diferentes fases, tareas y actividades programadas como parte de un proyecto o para mostrar una línea de tiempo en las diferentes actividades facilitando la gestión de un proyecto y como consecuencia ayudando a aumentar el nivel de control y eficiencia del proyecto.

Como se ilustra en la figura 100, básicamente el diagrama está compuesto por un eje vertical donde se establecen las actividades que constituyen el trabajo que se va a ejecutar, y un eje horizontal que muestra en un calendario la duración de cada una de ellas.

Figura 100. **Concepto de diagrama de Gantt**



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Gantt. Consulta: 06 de febrero de 2013.

Existen varios programas informáticos que sirven como herramientas para la estructuración de proyectos mediante diagrama de Gantt, la herramienta más común y conocida es Microsoft Project, la cual contiene plantillas pre programadas para la gestión de proyectos en cuanto a tiempo, organización de tareas, asignación de recursos, gestión de costos y presentación de reportes de análisis.

Para el caso del proyecto de eliminación de Anillo SDH Nortel Central, se introducirá un EDT a través del software Microsoft Project 2007 y se armará un diagrama de Gantt. Las tareas en el EDT se desglosan desde lo general a lo específico formando una escala descendente, como ejemplo tenemos un EDT para la tarea principal de formar el comité del proyecto, el cual a su vez está formado por dos subtareas, para las cuales se deberá estimar los tiempos de ejecución (para la estimación de tiempos de ejecución se puede utilizar el método de *PERT*), ver ejemplo en la tabla XXVII.

Tabla XXVII. **Ejemplo de aplicación de método de PERT y EDT**

Descripción	Nombre de tarea	Fecha inicio	Fecha finalización	% Avance
Tarea principal	Comité del proyecto	9-ene-2012	9-ene-2012	100%
Subtarea 1	Asignación de administrador e interesados del proyecto	9-ene-2012	9-ene-2012	100%
Subtarea 2	Definición de responsables y funciones	9-ene-2012	9-ene-2012	100%

Fuente: elaboración propia.

El administrador del proyecto deberá tener un profundo conocimiento del desenvolvimiento del proyecto para ir desglosando las tareas principales en sus respectivas subtareas.

Una tarea principal llega al 100% de ejecución cuando todas su subtareas se han ejecutado al 100%, de lo contrario, el avance en la tarea principal será función del promedio del porcentaje de avance entre sus respectivas subtareas.

Para el caso del “Proyecto de optimización de tráfico y eliminación de anillo SDH Nortel en *core* de red de transporte” se han definido las siguientes

tareas principales que representarán los hitos y fases cuyo cumplimiento según el cronograma del proyecto nos dará un monitoreo del avance del proyecto. En la figura 101 se presenta cada una de estas tareas principales con su fecha de inicio estimada (*start*) y su fecha de finalización de tarea estimada (*finish*).

Figura 101. **Tareas principales del proyecto**

	Task Name	Start	Finish
1	▣ PROYECTO ELIMINACIÓN RED SDH NORTEL	Mon 1/9/12	Tue 2/26/13
2	⊕ Comité del proyecto	Mon 1/9/12	Mon 1/9/12
5	⊕ Fase de asignación de presupuesto y alcances	Tue 1/10/12	Tue 1/10/12
9	Revisión de soluciones con proveedores de equipos	Wed 1/11/12	Tue 1/24/12
10	Congelamiento de la red Nortel actual	Wed 1/25/12	Wed 1/25/12
11	⊕ Fase de análisis de la red actual Nortel	Wed 1/25/12	Fri 5/11/12
30	⊕ Fase de diseño y solicitud de equipos nueva red	Wed 3/28/12	Wed 11/14/12
79	⊕ Fase de adjudicación de proveedores de servicio técnico de instalación	Mon 5/14/12	Tue 12/18/12
90	⊕ Fase de habilitación de fibra óptica	Mon 5/14/12	Thu 8/9/12
103	⊕ Fase de instalación de equipo	Tue 9/4/12	Tue 2/5/13
160	⊕ Fase pruebas integración y pruebas capa distribución y acceso	Thu 11/1/12	Thu 11/8/12
165	⊕ Pago a proveedores de servicio de instalación de fibra óptica	Tue 1/22/13	Tue 2/26/13
168	⊕ Pago a proveedores de servicio de instalación de equipos	Tue 1/22/13	Tue 2/26/13
171	⊕ Fase de migración de servicios	Tue 11/6/12	Wed 11/28/12
186	⊕ Pruebas de conmutación con trafico activo	Tue 11/20/12	Thu 12/6/12
190	Pago a proveedores de servicios por migración de trafico	Fri 12/7/12	Thu 12/20/12
191	⊕ Presentación de finalización del proyecto y utilización de red	Fri 12/7/12	Mon 12/10/12
196	Análisis final de costos del proyecto	Fri 12/21/12	Fri 12/28/12
197	Presentación ejecutiva final del proyecto	Tue 1/1/13	Tue 1/1/13
198	Fase de Cierre	Wed 2/27/13	Tue 3/5/13

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project 2007.

Se describen a continuación el objetivo de cada una de las tareas principales que conforman el proyecto de eliminación de la red SDH Nortel:

- Comité del proyecto: fase en la que se designa al administrador del proyecto, coordinadores, equipos de trabajo por tarea, partes interesadas (*stakeholders*) organigrama según modelo organizacional. En esta fase se define de forma clara, quien reporta a quien y los resultados que debe reportar así como los alcances en sus funciones.
- Fase de asignación de presupuesto y alcances: en esta fase se presenta el presupuesto disponible para llevar a cabo el proyecto, para el caso del presente proyecto, se presenta cuánto dinero se tiene disponible para la compra de equipos DWDM, cuánto dinero se tiene disponible para la contratación de personal de ingeniería, personal técnico, personal de supervisión de campo, etc., se define el tiempo disponible de capitalización del presupuesto para que el proyecto sea rentable (análisis de rentabilidad del proyecto). También se definen de forma clara los alcances del proyecto, para asegurar que la inversión a realizar esté apegada a la razón de ser del proyecto.
- Revisión de soluciones con proveedores de equipos: esta es una parte importante de trabajo de investigación de ingeniería y asesoramiento con expertos, en donde se establece una lista de proveedores candidatos en suministro de equipo de telecomunicaciones que pueden ofrecer distintas soluciones al desarrollo del proyecto.
- Congelamiento de la red Nortel actual: dado que uno de los objetivos es eliminar la red SDH Nortel, se debe asegurar que no existan más implementaciones de circuitos sobre dicha red. De no cumplirse con este paso, se generaría un desorden en el análisis de los servicios activos en dicha red. También se generarían atrasos en el tiempo estimado para las tareas de análisis y caracterización de la red, impactando en el tiempo

disponible de ejecución del proyecto entero y en posibles sobrecostos por análisis secundarios. También existe el riesgo de afectar el SLA por afectación de servicios a clientes no notificados por no ser incluidos en el análisis de tráfico.

- Fase de análisis de la red actual Nortel: en esta fase se realizará la identificación y eliminación de tráfico no activo e identificación de servicios activos. Esta será parte de la base del dimensionamiento de la nueva red SDH Tellabs que reemplazará los servicios TDM de la red Nortel a eliminar, también será la base de estimación de crecimiento para el dimensionamiento de la red L2 de la red convergente.
- Fase de diseño y solicitud de equipos para la nueva red: esta es la fase medular del proyecto, en base a los resultados e investigación de las soluciones suministradas por los distintos proveedores de equipos. Ésta fase se puede subdividir en las siguientes tareas:
 - Balance de costo – beneficio relacionado con los alcances y presupuesto del proyecto. Se realiza el cálculo de variables tales como características físicas de los equipos, disponibilidad de los equipos ante fallas, robustez, facilidad de instalación y aprovisionamiento de servicios, costos de instalación, costos de implementación de servicios por puerto, escalabilidad, precio, facilidad de integración a la nueva red y redes existentes (caracterización), calidad y disponibilidad del soportes del proveedor y fabricante, tiempos de entrega de los equipos, etc.
 - Decisión de la compra de los equipos y dimensionamiento de la infraestructura e ingeniería de instalación tomando en cuenta el aprovisionamiento e integración de la red.

- Fase de adjudicación de proveedores de servicio técnico de instalación: esta fase consiste en que el equipo encargado de la instalación y ejecución de la planificación mediante ingenierías de implementación busque la mejor opción en cuanto a costo – calidad – tiempo en la fase de instalación de equipo, su implementación y migración de servicios que aseguren mantener los niveles de SLA.
- Fase de habilitación de fibra óptica: para optimizar la ejecución del proyecto se busca tener recursos en paralelo durante la habilitación de fibra óptica para disminución de tiempos de implementación. También será importante asegurar que la habilitación de fibra óptica cumpla con los niveles requeridos para el presupuesto óptico de la parte *CORE* principalmente, para evitar futuros problemas de operación con DWDM.
- Fase de instalación de equipo: esta fase consiste en la ejecución de lo planificado de acuerdo al cronograma del proyecto. Se requiere introducir variables de control de la ejecución tales como supervisión para asegurar que no existan deficiencias de calidad e imprevistos que puedan afectar la el costo y tiempo del proyecto.
- Fase pruebas integración y pruebas capa distribución y acceso: esta fase es dependiente de la fase de instalación y consiste en hacer funcionar la red de forma integrada, verificando su desempeño y esquemas de protección de tráfico según los protocolos de prueba y aceptación, previo a realizar migración de tráfico activo con clientes.
- Pago a proveedores de servicio de instalación de fibra óptica: posterior al aseguramiento de los trabajos concluidos según diseño y calidad requerida para el funcionamiento de la red a través de fibra óptica, esta

fase indica que debe ser cancelado el costo de habilitación y documentación de la fibra óptica necesaria para el proyecto.

- Pago a proveedores de servicio de instalación de equipos: esta fase es alusiva al pago a los proveedores de servicios de instalación de equipos, una vez los trabajos hayan sido revisados y se haya confirmado que se cumple con los estándares de calidad de instalación de equipos requeridos para asegurar el buen funcionamiento de la red.
- Fase de migración de servicios: posterior al asegurarse de la existencia de una red instalada y funcional, se procede a realizar un cronograma de migración de los servicios de la red antigua Norte a la nueva red. Para ello se requiere de personal técnico ubicado físicamente en los sitios en donde se realizarán los cambios de cableados y puertos hacia los nuevos equipos Tellabs o equipos L2.
- Pruebas de conmutación con tráfico activo: con la red funcionando con tráfico activo, se programará una prueba de los esquemas de protección de la red ante fallas y cortes de fibra óptica, para asegurar la robustez de la red, identificar posibles puntos de falla, verificar el desempeño de los servicios ante fallas, verificar el reflejo de alarmas en los sistemas NMS, el manejo del personal ante fallas existentes, etc.
- Pago a proveedores de servicios por migración de tráfico: con la red funcionando con tráfico activo, se procederá a utilizar la parte designada del presupuesto para el pago a los proveedores de servicios durante la migración.

- Desinstalación de equipos Nortel: con los antiguos equipos sin tráfico activo, esta es la fase en que se desinstalan físicamente los equipos Nortel 16XE, 4XE y 4T y son retirados completamente de sus ubicaciones actuales. Se deberá realizar un reporte de del antes y el después que será parte de la presentación final del proyecto. También se deberá reportar las posiciones de energía liberada, la baja en consumo de amperaje, la liberación de hilos de fibra óptica y liberación de espacio para su uso futuro.
- Presentación de finalización del proyecto y utilización de red: esta fase busca mostrar el estado anterior de la antigua red Nortel y el estado de funcionamiento de la nueva red. Se deberá informar al personal interesado (*stakeholders*) sobre los resultados del proyecto, los detalles técnicos físicos y lógicos, se debe establecer la forma correcta de implementar nuevos servicios con la capacidad disponible en la nueva red, los procedimientos ante fallas, los procesos de escalabilidad de la red, etc.
- Análisis final de costos del proyecto: posterior a la entera ejecución del proyecto, el administrador de proyecto deberá realizar un informe final con el detalle de costos desglosado por rubro a lo largo del tiempo.
- Presentación ejecutiva final del proyecto: se deberá presentar a la dirección o gerencia de orden superior los resultados del proyecto entero, debe incluir el análisis de costo, la gestión de calidad, cumplimiento del cronograma, desempeño de la nueva red, etc.
- Fase de cierre: con el aseguramiento que no quedan pendientes, se procede a dar por concluido el proyecto.

En el listado de tareas del proyecto, cada tarea principal es subdivida en cierta cantidad de subtareas con las cuales se busca completar la tarea principal correspondiente. Existe una dependencia de tareas final a inicio para la programación de tareas, por ejemplo, de la figura 99, la tarea 6 (numerada según su fila) no iniciará hasta que hayan sido concluidas las tareas 3 y 4.

Para establecer la duración de las tareas, se debe definir el calendario de trabajo que indique los días hábiles de trabajo para el desarrollo del proyecto. Este calendario debe incluir las horas de trabajo por día, la semana laboral y las excepciones debido a feriados. La sumatoria de días hábiles de trabajo según calendario definido y basados en la fecha de inicio y finalización por tarea establece la duración de la tarea.

Figura 102. Dependencia de tareas para completar una tarea principal, tareas 1 a 25

	Task Name	Predecessors	Duration	Start	Finish
1	PROYECTO ELIMINACIÓN RED SDH NORTEL		288 days	Mon 1/9/12	Tue 2/26/13
2	Comité del proyecto		1 day	Mon 1/9/12	Mon 1/9/12
3	Asignación de administrador e interesados del proyecto		1 day	Mon 1/9/12	Mon 1/9/12
4	Definición de responsables y funciones		1 day	Mon 1/9/12	Mon 1/9/12
5	Fase de asignación de presupuesto y alcances		1 day	Tue 1/10/12	Tue 1/10/12
6	Asignación de presupuesto para el proyecto	3,4	1 day	Tue 1/10/12	Tue 1/10/12
7	Definición de alcances	3,4	1 day	Tue 1/10/12	Tue 1/10/12
8	Indetificación de requerimientos	3,4	1 day	Tue 1/10/12	Tue 1/10/12
9	Revisión de soluciones con proveedores de equipos	6,7,8	10 days	Wed 1/11/12	Tue 1/24/12
10	Congelamiento de la red Nortel actual	9	1 day	Wed 1/25/12	Wed 1/25/12
11	Fase de análisis de la red actual Nortel		74 days	Wed 1/25/12	Fri 5/11/12
12	Cotización con proveedores de servicio para revisión física de red	9	30 days	Wed 1/25/12	Tue 3/6/12
13	Caracterización Región Guarda		15 days	Wed 1/25/12	Tue 2/14/12
14	Análisis de servicios activos que cursan por segmentos de red	9	10 days	Wed 1/25/12	Tue 2/7/12
15	Seguimiento de rutas tramo físico y lógico por la red	9	5 days	Wed 1/25/12	Tue 1/31/12
16	Reporte de resultados analisis físico y lógico	14,15	5 days	Wed 2/8/12	Tue 2/14/12
17	Caracterización Región Reformita		15 days	Wed 2/15/12	Tue 3/6/12
18	Análisis de servicios activos que cursan por segmentos de red	16	10 days	Wed 2/15/12	Tue 2/28/12
19	Seguimiento de rutas tramo físico y lógico por la red	16	5 days	Wed 2/15/12	Tue 2/21/12
20	Reporte de resultados analisis físico y lógico	18,19	5 days	Wed 2/29/12	Tue 3/6/12
21	Caracterización Región Centro		15 days	Wed 3/7/12	Tue 3/27/12
22	Análisis de servicios activos que cursan por segmentos de red	20	10 days	Wed 3/7/12	Tue 3/20/12
23	Seguimiento de rutas tramo físico y lógico por la red	20	5 days	Wed 3/7/12	Tue 3/13/12
24	Reporte de resultados analisis físico y lógico	22,23	5 days	Wed 3/21/12	Tue 3/27/12
25	Análisis de ruta de fibra óptica entre los distintos nodos		44 days	Wed 3/7/12	Fri 5/11/12

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project 2007.

La duración de las tareas según calendario definido, desde su inicio a fin serán las variables de entrada para el cronograma total del proyecto y establecerán la línea base para su monitoreo. Utilizando el programa Microsoft Project, en la figura 102 y en las figuras 103 a 109 se presenta el desglose total de todas las tareas principales con sus subtareas de todo proyecto, cuya ejecución está relacionada con todos los conceptos y análisis realizados en los capítulos 1 al 4. Se indica la dependencia entre tareas así como la duración en función de la fecha de inicio y finalización, tomando los días como unidad de tiempo estandarizada.

Figura 103. **Desglose de tareas para cumplimiento del proyecto, tareas de 26 a 50**

Task Name	Predecessors	Duration	Start	Finish
26 Tramo de fibra Guarda - Reformita	12	14 days	Wed 3/7/12	Mon 3/26/12
27 Tramo de fibra Guarda - Centro	12	14 days	Wed 3/7/12	Mon 3/26/12
28 Tramo de fibra Reformita - Centro	12	14 days	Wed 3/7/12	Mon 3/26/12
29 Ingenierías de habilitación de hilos de fibras por red existente y ampliacione:	28	30 days	Tue 3/27/12	Fri 5/11/12
30 <input type="checkbox"/> Fase de diseño y solicitud de equipos nueva red		160 days	Wed 3/28/12	Fed 11/14/12
31 <input type="checkbox"/> Diseño red DWDM capa CORE		124 days	Mon 5/14/12	Mon 11/5/12
32 Definición de equipos a utilizar	16,20,24,26,27,29	10 days	Mon 5/14/12	Fri 5/25/12
33 Revisión de compra de equipo vs presupuesto	32	6 days	Mon 5/28/12	Mon 6/4/12
34 Compra de equipo (BOM)	33	12 days	Tue 6/5/12	Wed 6/20/12
35 Despacho de equipo	34	90 days	Thu 6/21/12	Thu 10/25/12
36 Registro de equipos en bodega	35	6 days	Fri 10/26/12	Mon 11/5/12
37 Dimensionamiento de espacio, energía y ventilación	33	15 days	Tue 6/5/12	Mon 6/25/12
38 Elaboración de ingenierías de instalación Región Guarda	37	6 days	Tue 6/26/12	Tue 7/3/12
39 Elaboración de ingenierías de instalación Región Reformita	38	6 days	Wed 7/4/12	Wed 7/11/12
40 Elaboración de ingenierías de instalación Región Centro	39	6 days	Thu 7/12/12	Thu 7/19/12
41 <input type="checkbox"/> Diseño red L2 para capa de distribución L2		124 days	Wed 3/28/12	Mon 9/24/12
42 Definición de equipos a utilizar	16,20,24,26,27,28	10 days	Wed 3/28/12	Fri 4/13/12
43 Revisión de compra de equipo vs presupuesto	42	6 days	Mon 4/16/12	Mon 4/23/12
44 Compra de equipo (BOM)	43	12 days	Tue 4/24/12	Thu 5/10/12
45 Despacho de equipo	44	90 days	Fri 5/11/12	Fri 9/14/12
46 Registro de equipos en bodega	45	6 days	Mon 9/17/12	Mon 9/24/12
47 Dimensionamiento de espacio, energía y ventilación	43	30 days	Tue 4/24/12	Tue 6/5/12
48 Ingenierías anillos distribución Región Guarda	47	4 days	Wed 6/6/12	Mon 6/11/12
49 Ingenierías anillos distribución Región Reformita	48	4 days	Tue 6/12/12	Fri 6/15/12
50 Ingenierías anillos distribución Región Centro	49	4 days	Mon 6/18/12	Thu 6/21/12

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project 2007.

Figura 104. **Desglose de tareas para cumplimiento del proyecto, tareas de 51 a 75**

Task Name	Predecessors	Duration	Start	Finish
51	[-] Diseño red SDH nueva para capa de distribución	109 days	Wed 3/28/12	Mon 9/3/12
52	Definición de equipos a utilizar	16,20,24,26,27,28	5 days	Wed 3/28/12 Tue 4/3/12
53	Revisión de compra de equipo vs presupuesto	52	4 days	Mon 4/9/12 Thu 4/12/12
54	Compra de equipo (BOM)	53	4 days	Fri 4/13/12 Wed 4/18/12
55	Despacho de equipo	54	90 days	Thu 4/19/12 Fri 8/24/12
56	Registro de equipos en bodega	55	6 days	Mon 8/27/12 Mon 9/3/12
57	Dimensionamiento de espacio, energía y ventilación	54	10 days	Thu 4/19/12 Thu 5/3/12
58	Ingenierías de distribución Región Guarda	57	12 days	Fri 5/4/12 Mon 5/21/12
59	Ingenierías de distribución Región Reformita	58	12 days	Tue 5/22/12 Wed 6/6/12
60	Ingenierías de distribución Región Centro	59	12 days	Thu 6/7/12 Fri 6/22/12
61	[-] Diseño red L2 para capa de acceso	113 days	Fri 5/11/12	Fri 10/17/12
62	Definición de equipos a utilizar	44	5 days	Fri 5/11/12 Thu 5/17/12
63	Revisión de compra de equipo vs presupuesto	62	4 days	Fri 5/18/12 Wed 5/23/12
64	Compra de equipo (BOM)	63	6 days	Thu 5/24/12 Thu 5/31/12
65	Despacho de equipo	64	90 days	Fri 6/1/12 Fri 10/5/12
66	Registro de equipos en bodega	65	8 days	Mon 10/8/12 Wed 10/17/12
67	Dimensionamiento de espacio, energía y ventilación	64	14 days	Fri 6/1/12 Wed 6/20/12
68	Ingenierías de acceso Región Reformita	67	12 days	Thu 6/21/12 Fri 7/6/12
69	Ingenierías de acceso Región Centro	68	12 days	Mon 7/9/12 Tue 7/24/12
70	[-] Diseño red SDH/PDH para capa de acceso	147 days	Thu 4/19/12	Fri 11/14/12
71	Definición de equipos a utilizar	54	3 days	Thu 4/19/12 Mon 4/23/12
72	Revisión de compra de equipo vs presupuesto	71	2 days	Tue 4/24/12 Wed 4/25/12
73	Compra de equipo (BOM)	72	6 days	Thu 4/26/12 Fri 5/4/12
74	Despacho de equipo	73	90 days	Mon 5/7/12 Mon 9/10/12
75	Registro de equipos en bodega	74	8 days	Tue 9/11/12 Thu 9/20/12

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project 2007.

Figura 105. **Desglose de tareas para cumplimiento del proyecto, tareas de 76 a 100**

Task Name	Predecessors	Duration	Start	Finish
76	Dimensionamiento de espacio, energía y ventilación	75	14 days	Fri 9/21/12 Wed 10/10/12
77	Ingenierías de acceso Región Reformita	76	12 days	Thu 10/11/12 Fri 10/26/12
78	Ingenierías de acceso Región Centro	77	12 days	Mon 10/29/12 Wed 11/14/12
79	[-] Fase de adjudicación de proveedores de servicio técnico de instalación	155 days	Mon 5/14/12	Tue 12/18/12
80	[-] Definición de servicios para fibra óptica a adquirir a través de RFQ	40 days	Mon 5/14/12	Fri 7/6/12
81	Cotización de trabajos técnicos con proveedores de servicio	29	30 days	Mon 5/14/12 Fri 6/22/12
82	Adjudicación de proveedores de trabajos	81	10 days	Mon 6/25/12 Fri 7/6/12
83	[-] Definición de servicios para instalación de equipo a través de RFQ	106 days	Fri 7/20/12	Tue 12/18/12
84	Cotización de trabajos técnicos con proveedores de servicio para capa CO	40	30 days	Fri 7/20/12 Fri 8/31/12
85	Cotización de trabajos técnicos con proveedores de servicio para capa dist	60,78	20 days	Thu 11/15/12 Wed 12/12/12
86	Cotización de trabajos técnicos con proveedores de servicio para capa dist	50,69	30 days	Wed 7/25/12 Wed 9/5/12
87	Adjudicación de proveedores de trabajos equipos CORE	84	4 days	Mon 9/3/12 Thu 9/6/12
88	Adjudicación de proveedores de trabajos equipos capa de distribución y ac	85	4 days	Thu 12/13/12 Tue 12/18/12
89	Adjudicación de proveedores de trabajos equipos capa de distribución y ac	86	4 days	Thu 9/6/12 Tue 9/11/12
90	[-] Fase de habilitación de fibra óptica	64 days	Mon 5/14/12	Thu 8/9/12
91	[-] Habilitación fibra óptica Región Reformita	24 days	Mon 7/9/12	Thu 8/9/12
92	Habilitación Anillo 1	82	10 days	Mon 7/9/12 Fri 7/20/12
93	Habilitación Anillo 2	92	10 days	Mon 7/23/12 Fri 8/3/12
94	Certificación de la fibra	92,93	4 days	Mon 8/6/12 Thu 8/9/12
95	[-] Habilitación fibra óptica Región Centro	24 days	Mon 7/9/12	Thu 8/9/12
96	Habilitación Anillo 1	82	10 days	Mon 7/9/12 Fri 7/20/12
97	Habilitación Anillo 2	96	10 days	Mon 7/23/12 Fri 8/3/12
98	Certificación de la fibra	96,97	4 days	Mon 8/6/12 Thu 8/9/12
99	[-] Habilitación de fibras para anillo CORE	44 days	Mon 5/14/12	Thu 7/12/12
100	Habilitación planta interna para equipos CORE	29	20 days	Mon 5/14/12 Fri 6/8/12

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project 2007.

Figura 106. **Desglose de tareas para cumplimiento del proyecto, tareas de 101 a 125**

Task Name	Predecessors	Duration	Start	Finish
101 Caracterización de la fibra CD y PMD	100	18 days	Mon 6/11/12	Wed 7/4/12
102 Certificación de fibra óptica	101	6 days	Thu 7/5/12	Thu 7/12/12
103 Fase de instalación de equipo		107 days	Tue 9/4/12	Tue 2/5/13
104 Instalación de equipo CORE		52 days	Tue 11/6/12	Mon 1/21/13
105 Entrega y revisión de equipo	36	3 days	Tue 11/6/12	Thu 11/8/12
106 Instalación equipo CORE Región Guarda		15 days	Fri 11/9/12	Thu 11/29/12
107 Instalación física de equipos	38,87,105	5 days	Fri 11/9/12	Thu 11/15/12
108 Comisionamiento de equipo y pruebas	107	4 days	Fri 11/16/12	Wed 11/21/12
109 Reporte de instalación	108	4 days	Thu 11/22/12	Tue 11/27/12
110 Protocolo de aceptación físico y lógico del equipo	109	2 days	Wed 11/28/12	Thu 11/29/12
111 Instalación equipo CORE Región Reformita		15 days	Thu 11/22/12	Fed 12/12/12
112 Instalación física de equipos	39,108	5 days	Thu 11/22/12	Wed 11/28/12
113 Comisionamiento de equipo y pruebas	112	4 days	Thu 11/29/12	Tue 12/4/12
114 Reporte de instalación	113	4 days	Wed 12/5/12	Mon 12/10/12
115 Protocolo de aceptación físico y lógico del equipo	114	2 days	Tue 12/11/12	Wed 12/12/12
116 Instalación equipo CORE Región Centro		15 days	Thu 11/29/12	Fed 12/19/12
117 Instalación física de equipos	40,112	5 days	Thu 11/29/12	Wed 12/5/12
118 Comisionamiento de equipo y pruebas	117	4 days	Thu 12/6/12	Tue 12/11/12
119 Reporte de instalación	118	4 days	Wed 12/12/12	Mon 12/17/12
120 Protocolo de aceptación físico y lógico del equipo	119	2 days	Tue 12/18/12	Wed 12/19/12
121 Integración equipos CORE		25 days	Thu 12/13/12	Mon 1/21/13
122 Integración de la red CORE Guarda - Reformita	110,115,102	2 days	Thu 12/13/12	Fri 12/14/12
123 Integración de la red CORE Reformita - Centro	120,122,102	2 days	Thu 12/20/12	Fri 12/21/12
124 Integración total red CORE	123,102	2 days	Wed 12/26/12	Thu 12/27/12
125 Pruebas lógicas y BER-test	124	6 days	Fri 12/28/12	Mon 1/7/13

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project 2007.

Figura 107. **Desglose de tareas para cumplimiento del proyecto, tareas de 126 a 150**

Task Name	Predecessors	Duration	Start	Finish
126 Pruebas de esquemas de protección y conmutación	125	3 days	Tue 1/8/13	Thu 1/10/13
127 Protocolo de aceptación red CORE integrada	126	1 day	Fri 1/11/13	Fri 1/11/13
128 Reporte de instalación, integración y pruebas	127	6 days	Mon 1/14/13	Mon 1/21/13
129 Instalación de equipo capa de distribución		107 days	Tue 9/4/12	Tue 2/5/13
130 Equipo distribución SDH		93 days	Tue 9/4/12	Wed 1/16/13
131 Entrega y revisión de equipo	56	6 days	Tue 9/4/12	Tue 9/11/12
132 Instalación y comisionamiento de equipo SDH Región Reformita	59,94,131,88	18 days	Wed 12/19/12	Wed 1/16/13
133 Instalación y comisionamiento de equipo SDH Región Guarda	58,88,131	8 days	Wed 12/19/12	Wed 1/2/13
134 Instalación y comisionamiento de equipo SDH Región Centro	60,88,96,131	18 days	Wed 12/19/12	Wed 1/16/13
135 Equipo distribución L2		14 days	Tue 9/25/12	Fri 10/12/12
136 Entrega y revisión de equipo	46	6 days	Tue 9/25/12	Tue 10/2/12
137 Instalación y comisionamiento de equipo L2 Región Reformita	89,49,94,136	8 days	Wed 10/3/12	Fri 10/12/12
138 Instalación y comisionamiento de equipo L2 Región Guarda	48,89,136	2 days	Wed 10/3/12	Thu 10/4/12
139 Instalación y comisionamiento de equipo L2 Región Centro	50,89,96,136	8 days	Wed 10/3/12	Fri 10/12/12
140 Protocolos de aceptación capa distribución		24 days	Thu 1/3/13	Tue 2/5/13
141 Protocolos de aceptación físico y lógico (SDH y L2) Región Reformita	132,137	2 days	Thu 1/17/13	Fri 1/18/13
142 Protocolos de aceptación físico y lógico (SDH y L2) Región Guarda	133,138	1 day	Thu 1/3/13	Thu 1/3/13
143 Protocolos de aceptación físico y lógico (SDH y L2) Región Centro	134,139	2 days	Thu 1/17/13	Fri 1/18/13
144 Reportes de instalación y pruebas	141,142,143	12 days	Mon 1/21/13	Tue 2/5/13
145 Instalación de equipo capa de acceso		86 days	Fri 9/21/12	Thu 1/24/13
146 Equipo SDH acceso SDH		86 days	Fri 9/21/12	Thu 1/24/13
147 Entrega y revisión de equipo	75	4 days	Fri 9/21/12	Wed 9/26/12
148 Instalación y comisionamiento de equipo SDH Región Reformita	77,88,94,147	12 days	Wed 12/19/12	Tue 1/8/13
149 Instalación y comisionamiento de equipo SDH Región Centro	78,88,96,147	12 days	Wed 12/19/12	Tue 1/8/13
150 Protocolos de aceptación físico y lógico para los equipos acceso Región	148	4 days	Wed 1/8/13	Mon 1/14/13

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project 2007.

Figura 108. **Desglose de tareas para cumplimiento del proyecto, tareas de 151 a 175**

Task Name	Predecessors	Duration	Start	Finish
151	149	4 days	Wed 1/9/13	Mon 1/14/13
152	150,151	8 days	Tue 1/15/13	Thu 1/24/13
153		22 days	Thu 10/18/12	Mon 11/19/12
154	66	4 days	Thu 10/18/12	Tue 10/23/12
155	68,94,89,66	10 days	Thu 10/18/12	Wed 10/31/12
156	69,98,89,66	10 days	Thu 10/18/12	Wed 10/31/12
157	155	4 days	Thu 11/1/12	Wed 11/7/12
158	156	4 days	Thu 11/1/12	Wed 11/7/12
159	157,158	8 days	Thu 11/8/12	Mon 11/19/12
160		5 days	Thu 11/1/12	Thu 11/8/12
161	155	5 days	Thu 11/1/12	Thu 11/8/12
162	156	5 days	Thu 11/1/12	Thu 11/8/12
163	155,156	1 day	Thu 11/1/12	Thu 11/1/12
164	163	1 day	Mon 11/5/12	Mon 11/5/12
165		26 days	Tue 1/22/13	Tue 2/26/13
166	128	15 days	Tue 1/22/13	Mon 2/11/13
167	152,159,144	15 days	Wed 2/6/13	Tue 2/26/13
168		26 days	Tue 1/22/13	Tue 2/26/13
169	128	15 days	Tue 1/22/13	Mon 2/11/13
170	152,159,164,144	15 days	Wed 2/6/13	Tue 2/26/13
171		17 days	Tue 11/6/12	Wed 11/28/12
172		17 days	Tue 11/6/12	Wed 11/28/12
173	164	2 days	Tue 11/6/12	Wed 11/7/12
174	173	7 days	Thu 11/8/12	Fri 11/16/12
175	174	4 days	Mon 11/19/12	Thu 11/22/12

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project 2007.

Figura 109. **Desglose de tareas para cumplimiento del proyecto, tareas de 176 a 199**

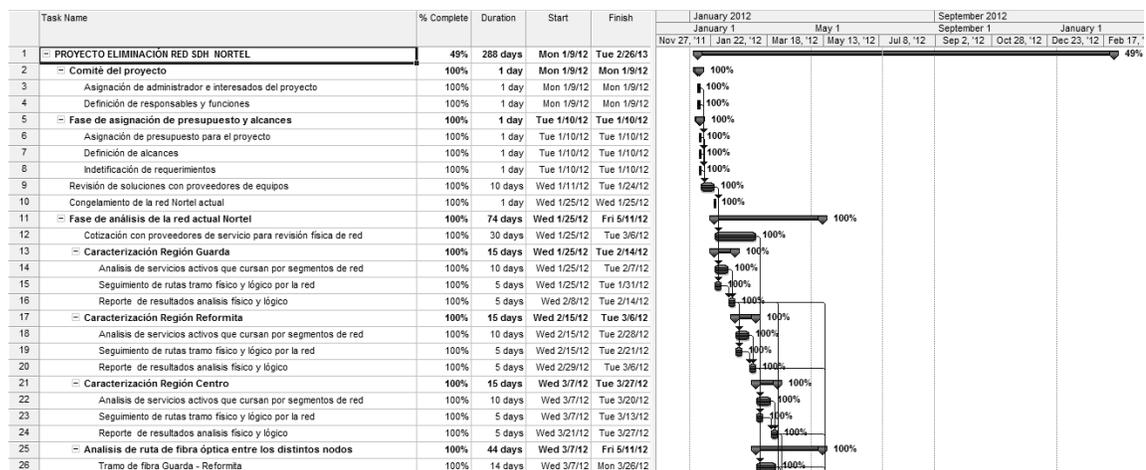
Task Name	Predecessors	Duration	Start	Finish
176	175	4 days	Fri 11/23/12	Wed 11/28/12
177	173	4 days	Thu 11/8/12	Tue 11/13/12
178	177	4 days	Wed 11/14/12	Mon 11/19/12
179		13 days	Tue 11/6/12	Thu 11/22/12
180	164	2 days	Tue 11/6/12	Wed 11/7/12
181	180	7 days	Thu 11/8/12	Fri 11/16/12
182	181	2 days	Mon 11/19/12	Tue 11/20/12
183	182	2 days	Wed 11/21/12	Thu 11/22/12
184	180	2 days	Thu 11/8/12	Fri 11/9/12
185	184	2 days	Mon 11/12/12	Tue 11/13/12
186		13 days	Tue 11/20/12	Thu 12/6/12
187	178,185	2 days	Tue 11/20/12	Wed 11/21/12
188	187	7 days	Thu 11/22/12	Fri 11/30/12
189	188	4 days	Mon 12/3/12	Thu 12/6/12
190	189	10 days	Fri 12/7/12	Thu 12/20/12
191	190	15 days	Fri 12/21/12	Tue 1/15/13
192		2 days	Wed 1/16/13	Thu 1/17/13
193	189,191	0.5 days	Wed 1/16/13	Wed 1/16/13
194	193	0.5 days	Wed 1/16/13	Wed 1/16/13
195	194	0.5 days	Thu 1/17/13	Thu 1/17/13
196	195	0.5 days	Thu 1/17/13	Thu 1/17/13
197	190,196	4 days	Fri 1/18/13	Wed 1/23/13
198	197	1 day	Thu 1/24/13	Thu 1/24/13
199	198,166,167,169	5 days	Wed 2/27/13	Tue 3/5/13

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project 2007.

El cumplimiento de las tareas se deberá gestionar según el cronograma, para este caso introduciendo el porcentaje de avance de cada tarea. Se deberá tener identificada la línea crítica del proyecto para evitar el atraso en el avance de las tareas que no tienen holgura a lo largo de la vida del proyecto. Esta tarea puede ser bastante compleja en proyectos donde existe una gran interacción y dependencia entre tareas, caso que si aplica al presente proyecto. El software Microsoft Project ofrece herramientas para la identificación de la línea crítica.

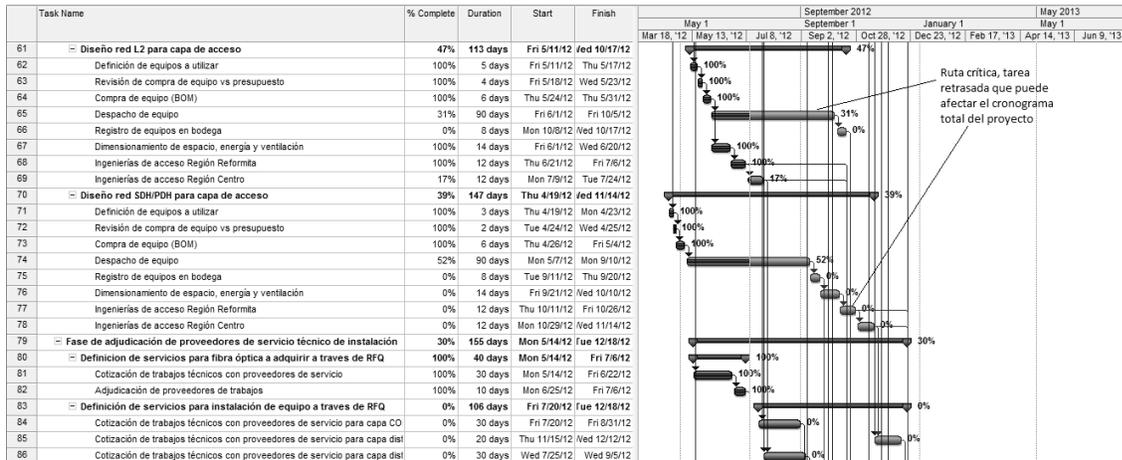
El proyecto de eliminación de red Nortel e instalación de nueva red convergente tiene una duración de 288 días según el calendario establecido, la fecha de inicio del proyecto es el lunes 9 de enero de 2012 y su fecha estimada de conclusión es el martes 26 de febrero de 2013. El avance total reportado es de 49% a la fecha de corte de monitoreo del proyecto (por ejemplo se tomó como fecha de corte para establecer línea base el 10 de julio de 2012).

Figura 110. Ejemplo de avance del proyecto a fecha de corte



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project 2007.

Figura 111. Ejemplo de línea crítica del proyecto a fecha de corte

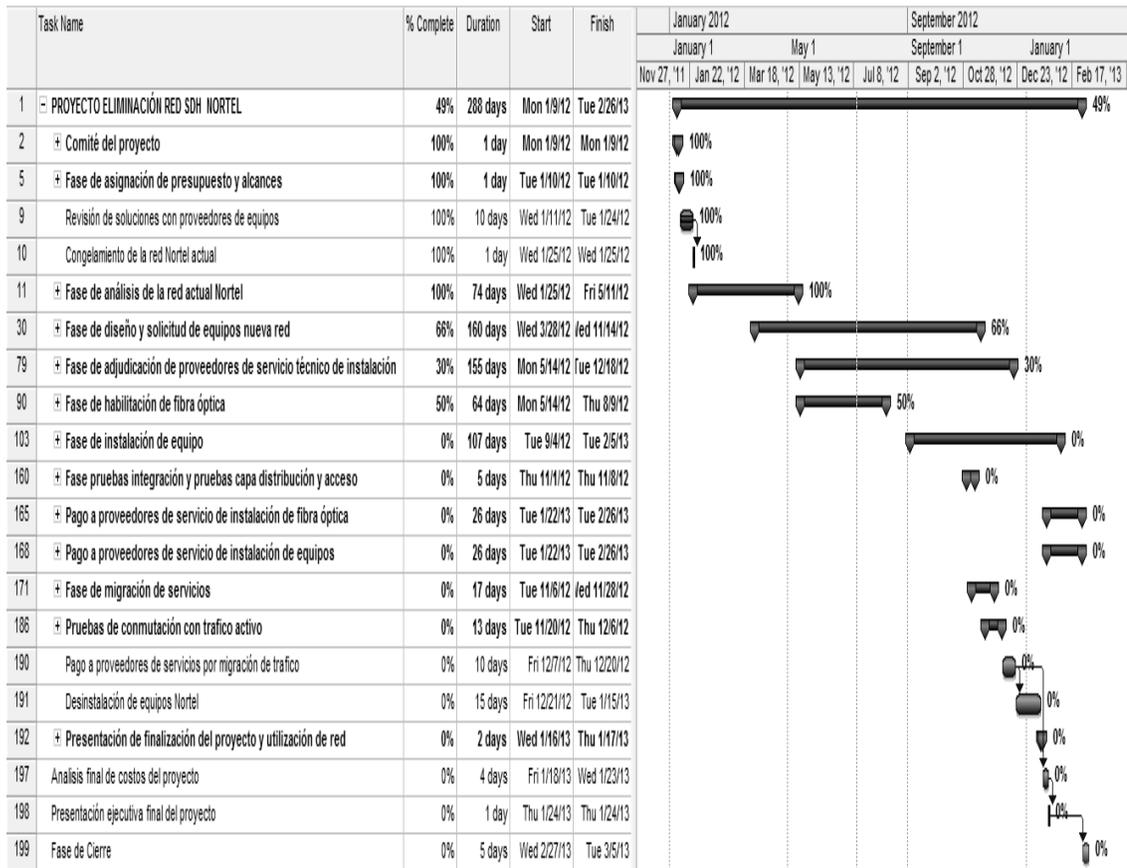


Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project 2007.

En la figura 110 se muestra el avance del proyecto según cronograma, y en la figura 111 se establece la identificación de la línea crítica.

Con el presupuesto adecuado y una buena gestión de calidad de cada una de las tareas abajo descritas se podrá hacer realidad el proyecto de eliminación de los antiguos equipos SDH Nortel 16XE y los equipos Lucent del Anillo Central y reemplazarlos por equipos ya existentes en la red y por una nueva red con un *core* capaz de optimizar la fibra óptica existente y de suministrar un ancho de banda suficiente para suplir la demanda de interconexión convergente a través de la red existente SDH legada y a través de una red capa 2 y MPLS. En la figura 112 se observa el diagrama de Gantt para el proyecto entero y su avance respecto al cronograma a la fecha de monitoreo (10 de julio de 2012).

Figura 112. Diagrama de Gantt del proyecto entero



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project 2007.

CONCLUSIONES

1. En el diseño de un enlace por fibra óptica entre dos nodos se dimensiona el presupuesto de potencia óptica de transmisión en dBm a través del valor de sensibilidad de potencia óptica en el receptor, de tal forma que, se tenga un margen de potencia que no sea atenuado por la sumatoria de las pérdidas intrínsecas y extrínsecas en la fibra.
2. Se puede realizar un uso más eficiente de un canal cuando a través de él se multiplexan cierta cantidad de subcanales cuya sumatoria no excede el ancho de banda del canal completo.
3. La trama de E1 representa uno de los estándares más utilizados a nivel mundial para el suministro de datos PDH y se caracteriza por tener un ancho de banda de 2.048 Mbps subdividido en 32 canales E0; de los cuales 30 pueden ser canales de voz o datos y 2 son canales de señalización y control. A su vez, la jerarquía digital plesiosíncrona inicia sus niveles de multiplexión con la trama E0 para formar la trama E1 y utiliza un factor de 4 para los niveles superiores de multiplexación suministrando anchos de banda que varían desde $E1 = 2.048$ Mbps hasta $E5 = 564.992$ Mbps, según la norma europea.
4. Para la recuperación y monitoreo de un mensaje PDH en el receptor se utiliza el algoritmo de alineamiento de trama combinado con un código cíclico de detección de errores en los bits entrantes.

5. SDH es una tecnología cuyos elementos de red utilizan una misma fuente de sincronía que se propaga a través de la red mediante la trama STM-1. Para el transporte de datos, se utiliza una estructura de encapsulamiento a través de una trama especial llamada contenedor virtual, la cual es formada a través de algunas etapas de multiplexación a las cuales se les agrega una cabecera por etapa y corresponden a segmentos de trama con información de sincronía, control, estado de enlace y comunicación. SDH suministra anchos de banda que varían desde los 155 Mbps para un STM-1 hasta 10 Gbps para un STM-64.
6. Un sistema de administración de red NMS es una plataforma que integra interfaces de aplicación con los usuarios, una o más bases de datos y servidores para la comunicación con los elementos de red, permitiendo la administración de un sistema completo para la configuración de nuevos servicios y la operación y mantenimiento de la red.
7. Un circuito a través de una red SDH es formado a partir del conjunto de cross-conexiones que en cada elemento de red se establecen en función de los puertos de entrada y salida, formando una ruta para un enlace punto a punto de ancho de banda determinado.
8. En el análisis del anillo SDH Nortel Central, se identifica predominancia de topología de anillo STM-16 y STM-1 e interconexiones con adaptaciones de alto orden. Para el análisis de tráfico activo es necesario verificar la ruta completa de cada uno de los circuitos a nivel de VC-12, tanto en su configuración lógica como en sus conexiones físicas, revisando el estado de alarmas en los nodos a través de su trayectoria.

9. La aplicación de sistemas de protección o redundancia para la protección del tráfico activo es fundamental para mantener el nivel de SLA que una empresa de telecomunicaciones acuerda con sus clientes.
10. Una red convergente está estructurada en las capas de *core*, distribución y acceso con el objeto de dar interconectividad de banda ancha de voz, video y datos utilizando tecnologías Ethernet, IP y MPLS.
11. La tecnología WDM permite aprovechar el ancho de banda de la fibra óptica mediante la multiplexación de distintas señales con longitudes de onda determinadas en una sola señal que viaja sobre la misma fibra. ROADM es una tecnología que permite la agregación y extracción de señales ópticas de una longitud de onda determinada a partir de una señal DWDM sin pasar al plano electrónico.
12. El ciclo de vida de un proyecto se puede dividir en 5 fases que son iniciación, planificación, ejecución, control y cierre, así mismo se describe que para la planificación y gestión de proyectos se utilizan técnicas como EDT, diagramación de precedencia, método de PERT, método del camino crítico y diagrama de Gantt.

RECOMENDACIONES

1. Motivar al estudiante de la Facultad de Ingeniería a la investigación de las tecnologías en telecomunicaciones más utilizadas a nivel mundial, mediante actividades de exposición de temas y conferencias. Lo anterior se pueda aplicar como complemento al contenido del curso de Comunicaciones 3, así como instar a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Facultad de Ingeniería a profundizar en el conocimiento de redes Ethernet e IP, complementando los conocimientos mediante laboratorios virtuales y laboratorios con equipo real.
2. Implementar en la Facultad de Ingeniería un laboratorio real de telecomunicaciones en donde se pueda observar y experimentar la comunicación de datos por radiofrecuencia, por fibra óptica y por cobre.
3. Incluir en el pensum de las carreras pertenecientes a la Escuela de Mecánica Eléctrica, un curso sobre administración de proyectos, en donde el estudiante pueda aprender la metodología de diseño y gestión de proyectos bajo el principio de la triple restricción de calidad, costo y tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

1. BRIONES OLMEDO, Oscar. *Diseño de un enlace por diversidad de ruta utilizando fibra óptica con transmisión SDH entre Santa Ana (Samborondon) y Guayaquil*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1999. 48 p.
2. ESQUEMBRE, Juan Francisco. *Dirección profesional de proyectos, guía examen PMP*. Argentina: Editorial Prentice Hall – Pearson Education, 2009. 163 p.
3. FERREL G., Stremmer. *Introducción a los sistemas de comunicación*. 3a ed. Estados Unidos: Editorial Addison-Wesley Iberoamericana, 1993. 632 p.
4. J.D. KRAUS. *Fundamentos de electromagnetismo*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 1986. 183 p.
5. MRN/MLN. *Multi Regional Network/Multi Layer Network*, RFC 5212. Tecnología y Telecomunicaciones [en línea][ref. 1 de abril de 2012]. Disponible en web: <<http://filotecnologia.wordpress.com/2011/08/24/roadm-en-las-redes-de-nueva-generacion/>>
6. NORTEL NETWORKS. *SDH Transmission Nortel Networks OPTera metro 4100 system description*. Inglaterra, 2001. 13 p.

7. RUBIO MARTÍNEZ, Baltazar. *Introducción a la ingeniería de la fibra óptica*. Argentina: Adison-Wesley Iberoamericana, 1994. 161 p.
8. SOHL, Johann. *Pocket Reference: Measurement technology for synchronous communication systems*. Estados Unidos: Wandel & Goltermann GbmH & Co, 1997. 119 p.
9. TAUB, Herbert & SCHILLING, Donald L. *Principles of communication system*. 2a ed. Estados Unidos: Editorial McGraw Hill, 1986. 211 p.
10. TELLABS 6340 FP 4.0. *Nodes in Tellabs 8100 system*. Estados Unidos, 2002. 48 p.
11. TELLABS 6340. *Switch node in Tellabs 8100 system R3*. Estados Unidos, 2002. 22 p.
12. TELLABS 8100. *Network manager R13, bug notes*. Estados Unidos, 2002. 14 p.
13. TELLABS 8100. *Network manager R13, release and installation notes*. Estados Unidos, 2002. 32 p.
14. TELLABS 8100. *Network manager R13, system description*. Estados Unidos, 2002. 119 p.
15. TELLABS 6300. *Managed transport system*. Estados Unidos, 2002. 19 p.

APÉNDICE

Apéndice 1: Tablas para análisis de servicios por puerto extraída de la matriz de interconexión de los equipos Nortel 16 XE de la Región Centro, Región Guarda y Región Reformita.

Name: TN-16XE/CENTRO		
Label	From	To
GUA119L053RGVS3	S6-1-J1-K111&S8-1-J1-K111*	S11-1-J1-K331&S12-1-J1-K331*
CelMartinicoGSM	S6-1-J1-K112&S8-1-J1-K112*	S11-1-J1-K341&S12-1-J1-K341*
AlamosGSMParale	S6-1-J1-K113	S8-1-J1-K113
Tr10003-Centro2	S6-1-J1-K121&S8-1-J1-K121*	S1-4
VistaAILagoGSM	S6-1-J1-K122	S8-1-J1-K122
MetroCenViNuGSM	S6-1-J1-K123	S8-1-J1-K123
GUA588R171B02G1	S6-1-J1-K131&S8-1-J1-K131*	S12-1-J1-K212*&S11-1-J1-K212
ChichimecGSMPar	S6-1-J1-K132	S8-1-J1-K132
18182)GUA454G1	S6-1-J1-K133&S8-1-J1-K133*	S11-1-J1-K132&S12-1-J1-K132*
GUA027L110RGS4	S6-1-J1-K141&S8-1-J1-K141*	S11-1-J1-K213&S12-1-J1-K213*
GUA027L111RGS4	S6-1-J1-K143&S8-1-J1-K143*	S12-1-J1-K111*&S11-1-J1-K111
12GAMGSMSC3	S6-1-J1-K151&S8-1-J1-K151*	S11-1-J1-K122&S12-1-J1-K122*
GUA027L112RGS4	S6-1-J1-K152&S8-1-J1-K152*	S12-1-J1-K112*&S11-1-J1-K112
17024EnelXela	S6-1-J1-K153&S8-1-J1-K153*	S2-32
TLFSec_de_Mujer	S6-1-J1-K161&S8-1-J1-K161*	S11-1-J1-K131*&S12-1-J1-K131
S8-1-J1-K171	S6-1-J1-K171	S8-1-J1-K171
GUA245L079RGVS6	S6-1-J1-K172&S8-1-J1-K172*	S1-3
Celda_Zapote_2	S6-1-J1-K173&S8-1-J1-K173*	S11-1-J1-K142&S12-1-J1-K142*
GUA245L080RGVS5	S6-1-J1-K211&S8-1-J1-K211*	S1-6
TrPepsiEntreRio	S6-1-J1-K213	S8-1-J1-K213
S8-1-J1-K221	S6-1-J1-K221	S8-1-J1-K221
S8-1-J1-K222	S6-1-J1-K222	S8-1-J1-K222
S8-1-J1-K223	S6-1-J1-K223	S8-1-J1-K223
S8-1-J1-K231	S6-1-J1-K231	S8-1-J1-K231
S8-1-J1-K233	S6-1-J1-K233	S8-1-J1-K233
S8-1-J1-K241	S6-1-J1-K241	S8-1-J1-K241
NvaMonseMCGSM2	S6-1-J1-K242	S8-1-J1-K242
S8-1-J1-K243	S6-1-J1-K243	S8-1-J1-K243
S8-1-J1-K251	S6-1-J1-K251	S8-1-J1-K251
S8-1-J1-K252	S6-1-J1-K252	S8-1-J1-K252
EscTipFederGSM	S6-1-J1-K253	S8-1-J1-K253
S8-1-J1-K261	S6-1-J1-K261	S8-1-J1-K261
TLFComFarLanque	S6-1-J1-K263&S8-1-J1-K263*	S11-1-J1-K133*&S12-1-J1-K133

Continuación del apéndice 1.

Name: TN-16XE/CENTRO		
Label	From	To
GUA285L099RGVS6	S6-1-J1-K321&S8-1-J1-K321*	S1-14
GUA042L031RRFS3	S6-1-J1-K323&S8-1-J1-K323*	S11-2-J1-K151*&S12-2-J1-K151
GUA042L032RRFS3	S6-1-J1-K331&S8-1-J1-K331*	S11-2-J1-K161*&S12-2-J1-K161
S8-1-J1-K342	S6-1-J1-K342	S8-1-J1-K342
S8-1-J1-K343	S6-1-J1-K343	S8-1-J1-K343
S8-1-J1-K351	S6-1-J1-K351	S8-1-J1-K351
Celd_Bethania_2	S6-1-J1-K352&S8-1-J1-K352*	S11-1-J1-K151&S12-1-J1-K151*
GUA067L020RRFS3	S6-1-J1-K353&S8-1-J1-K353*	S12-1-J1-K141&S11-1-J1-K141*
Celda_CMartí_2	S6-1-J1-K361&S8-1-J1-K361*	S11-1-J1-K161*&S12-1-J1-K161
S8-1-J1-K362	S6-1-J1-K362	S8-1-J1-K362
GUA067L021RRFS3	S6-1-J1-K363&S8-1-J1-K363*	S12-1-J1-K143&S11-1-J1-K143*
S8-1-J1-K371	S6-1-J1-K371	S8-1-J1-K371
TelefoniaUnitab	S6-1-J1-K372&S8-1-J1-K372*	S11-1-J1-K342&S12-1-J1-K342*
TLF_Samboro	S6-1-J1-K373	S8-1-J1-K373
GUA462R072B04G1	S6-1-J2-K111	S8-1-J2-K111
GUA553R087B02G1	S6-1-J2-K112&S8-1-J2-K112*	S11-2-J1-K123*&S12-2-J1-K123
Celd_Cerrito_1	S6-1-J2-K113&S8-1-J2-K113*	S11-1-J1-K221&S12-1-J1-K221*
Telnor_1	S6-1-J2-K121&S8-1-J2-K121*	S1-29
Telnor_2	S6-1-J2-K122&S8-1-J2-K122*	S1-30
GUA067L022RRFS3	S6-1-J2-K123&S8-1-J2-K123*	S12-1-J1-K163&S11-1-J1-K163*
Telnor_3	S6-1-J2-K132&S8-1-J2-K132*	S1-31
Telnor_4	S6-1-J2-K133&S8-1-J2-K133*	S1-32
Telnor_5	S6-1-J2-K141&S8-1-J2-K141*	S2-1
Telnor_6	S6-1-J2-K142&S8-1-J2-K142*	S2-2
S8-1-J2-K143	S6-1-J2-K143	S8-1-J2-K143
GUA268L090RGVS3	S6-1-J2-K151&S8-1-J2-K151*	S11-1-J1-K362&S12-1-J1-K362*
TrCentroRefor	S6-1-J2-K152&S8-1-J2-K152*	S2-4
8482)GUA196G1	S6-1-J2-K153&S8-1-J2-K153*	S11-2-J1-K143*&S12-2-J1-K143
SnCris2MCGSM	S6-1-J2-K161	S8-1-J2-K161
S8-1-J2-K163	S6-1-J2-K163	S8-1-J2-K163
25619)GUA948G1	S6-1-J2-K171&S8-1-J2-K171*	S11-1-J1-K222&S12-1-J1-K222*
Tr_5Centro2	S6-1-J2-K172&S8-1-J2-K172*	S1-13
BNA_Telgua_1	S6-1-J2-K173&S8-1-J2-K173*	S2-5
BNA_Telgua_2	S6-1-J2-K211&S8-1-J2-K211*	S2-6
S8-1-J2-K212	S6-1-J2-K212	S8-1-J2-K212
GUA268L090RGVS3	S6-1-J2-K213&S8-1-J2-K213*	S11-1-J1-K321&S12-1-J1-K321*
Martis_Z6_1	S6-1-J2-K222&S8-1-J2-K222*	S11-1-J1-K211&S12-1-J1-K211*
Cel_Jocotales_2	S6-1-J2-K223&S8-1-J2-K223*	S11-1-J1-K232&S12-1-J1-K232*
10447)GUA972G1	S6-1-J2-K232&S8-1-J2-K232*	S11-2-J1-K213*&S12-2-J1-K213
CiudadRealGSM	S6-1-J2-K242	S8-1-J2-K242

Continuación del apéndice 1.

Name: TN-16XE/CENTRO		
Label	From	To
SnFranciscoGSM2	S6-1-J2-K251	S8-1-J2-K251
MartisMetroNor	S6-1-J2-K252&S8-1-J2-K252*	S11-1-J1-K241&S12-1-J1-K241*
S8-1-J2-K253	S6-1-J2-K253	S8-1-J2-K253
GUA223R164B08G2	S6-1-J2-K261	S8-1-J2-K261
S8-1-J2-K262	S6-1-J2-K262	S8-1-J2-K262
S8-1-J2-K263	S6-1-J2-K263	S8-1-J2-K263
GUA162L072RGVS4	S6-1-J2-K272&S8-1-J2-K272*	S11-2-J1-K121*&S12-2-J1-K121
16696)GUA454G1	S6-1-J2-K273&S8-1-J2-K273*	S11-1-J1-K171&S12-1-J1-K171*
GUA162L073RGVS4	S6-1-J2-K341&S8-1-J2-K341*	S11-2-J1-K172*&S12-2-J1-K172
Celda_Minerva_1	S6-1-J2-K342&S8-1-J2-K342*	S11-1-J1-K173&S12-1-J1-K173*
GUA113L119S18GV	S6-1-J2-K352&S8-1-J2-K352*	S11-2-J1-K273*&S12-2-J1-K273
S8-1-J2-K353	S6-1-J2-K353	S8-1-J2-K353
4411E1Int2UVG	S6-1-J2-K361	S8-1-J2-K361
MartisCentro21	S6-1-J2-K362&S8-1-J2-K362*	S2-20
S8-1-J2-K363	S6-1-J2-K363	S8-1-J2-K363
18111)GUA998G1	S6-1-J2-K373&S8-1-J2-K373*	S11-2-J1-K112*&S12-2-J1-K112
8398)GUA195G1	S6-1-J3-K111&S8-1-J3-K111*	S11-1-J1-K152*&S12-1-J1-K152
BocaMonte1GSM	S6-1-J3-K113	S8-1-J3-K113
S8-1-J3-K121	S6-1-J3-K121	S8-1-J3-K121
LaComunidadGSM2	S6-1-J3-K133	S8-1-J3-K133
Tr1740AntAmati	S6-1-J3-K142	S8-1-J3-K142
BNA_Telgua_4	S6-1-J3-K143&S8-1-J3-K143*	S2-26
Cel_CentroGSM_1	S6-1-J3-K171&S8-1-J3-K171*	S2-9
S8-1-J3-K211	S6-1-J3-K211	S8-1-J3-K211
TelSimanMiraflo	S6-1-J3-K213	S8-1-J3-K213
Martis-Centro1	S6-1-J3-K223&S8-1-J3-K223*	S2-17
Martis-Centro2	S6-1-J3-K231&S8-1-J3-K231*	S2-18
Tr1605TikalCent	S6-1-J3-K232&S8-1-J3-K232*	S1-7
BNA_Telgua_3	S6-1-J3-K233&S8-1-J3-K233*	S2-25
AmatitlanCeGSM	S6-1-J3-K241	S8-1-J3-K241
Mar_Centro_2_2	S6-1-J3-K243&S8-1-J3-K243*	S2-27
S8-1-J3-K251	S6-1-J3-K251	S8-1-J3-K251
TLF_PapeleraLuz	S6-1-J3-K252&S8-1-J3-K252*	S11-1-J1-K123&S12-1-J1-K123*
7984)MIC913G1	S6-1-J3-K261&S8-1-J3-K261*	S1-20
TR_CENTRO_5	S6-1-J3-K262&S8-1-J3-K262*	S2-24
S8-1-J3-K263	S6-1-J3-K263	S8-1-J3-K263
S8-1-J3-K271	S6-1-J3-K271	S8-1-J3-K271
TecomatesGSM	S6-1-J3-K272&S8-1-J3-K272*	S11-2-J1-K152*&S12-2-J1-K152
Tr1433Z4Centro3	S6-1-J3-K273&S8-1-J3-K273*	S2-23
8954)GUA042G2	S6-1-J3-K311&S8-1-J3-K311*	S11-2-J1-K252*&S12-2-J1-K252
TrCentro2_6	S6-1-J3-K322&S8-1-J3-K322*	S1-21
TelITySCA	S6-1-J3-K351	S8-1-J3-K351

Continuación del apéndice 1.

Name: TN-16XE/CENTRO		
Label	From	To
AmatitlanCdGSM	S6-1-J3-K352	S8-1-J3-K352
Tr1631N2600N710	S6-1-J3-K353&S8-1-J3-K353*	S1-11
Tr26	S6-1-J3-K371&S8-1-J3-K371*	S2-30
BodegaComcelGSM	S6-1-J4-K112	S8-1-J4-K112
Internet_BI_2	S6-1-J4-K132	S8-1-J4-K132
Tr1789Z4-5Cen3	S6-1-J4-K133&S8-1-J4-K133*	S1-18
E1WirelessSolol	S6-1-J4-K141&S8-1-J4-K141*	S1-8
TelCodico	S6-1-J4-K142&S8-1-J4-K142*	S2-22
TLFCodicoLitegu	S6-1-J4-K143	S8-1-J4-K143
TelPNC2	S6-1-J4-K151&S8-1-J4-K151*	S11-2-J1-K211*&S12-2-J1-K211
E1AmigoN19000U5	S6-1-J4-K152&S8-1-J4-K152*	S11-2-J1-K212*&S12-2-J1-K212
PruebaGV4t1	S6-1-J4-K153	S8-1-J4-K153
TLFOfimat	S6-1-J4-K161	S8-1-J4-K161
TelWhirpool	S6-1-J4-K162	S8-1-J4-K162
MolinoFloreGSM2	S6-1-J4-K171	S8-1-J4-K171
TelGrupoSIS	S6-1-J4-K211	S8-1-J4-K211
GUA131L024RGVS3	S6-1-J4-K212&S8-1-J4-K212*	S12-1-J1-K223*&S11-1-J1-K223
GUA131L025RGVS3	S6-1-J4-K213&S8-1-J4-K213*	S12-1-J1-K231*&S11-1-J1-K231
GUA131L026RGVS3	S6-1-J4-K221&S8-1-J4-K221*	S12-1-J1-K372*&S11-1-J1-K372
S8-1-J4-K233	S6-1-J4-K233	S8-1-J4-K233
Tr1894Reu_Z6_II	S6-1-J4-K242&S8-1-J4-K242*	S11-2-J1-K221*&S12-2-J1-K221
MicPaizParrGSM	S6-1-J4-K243&S8-1-J4-K243*	S11-2-J1-K223*&S12-2-J1-K223
MicAgBatres1GSM	S6-1-J4-K251	S8-1-J4-K251
Mar_Centro_2_3	S6-1-J4-K252&S8-1-J4-K252*	S2-28
Tr-Mayan-10003	S6-1-J4-K253	S8-1-J4-K253
MicG_TAgBatGSM	S6-1-J4-K261	S8-1-J4-K261
MicCCAgBatGSM	S6-1-J4-K262	S8-1-J4-K262
MicMercParrGSM	S6-1-J4-K263&S8-1-J4-K263*	S11-2-J1-K231*&S12-2-J1-K231
GUA119L052RGVS3	S6-1-J4-K271&S8-1-J4-K271*	S11-1-J1-K243&S12-1-J1-K243*
MicCallMartGSM	S6-1-J4-K273&S8-1-J4-K273*	S11-2-J1-K232*&S12-2-J1-K232
S8-1-J4-K312	S6-1-J4-K312	S8-1-J4-K312
Tr1394MnortPeta	S6-1-J4-K321&S8-1-J4-K321*	S11-2-J1-K131*&S12-2-J1-K131
E1AmigoNimaK323	S6-1-J4-K323	S8-1-J4-K323
TLFAlkemy	S6-1-J4-K331	S8-1-J4-K331
S8-1-J4-K332	S6-1-J4-K332	S8-1-J4-K332
S8-1-J4-K333	S6-1-J4-K333	S8-1-J4-K333
S8-1-J4-K351	S6-1-J4-K351	S8-1-J4-K351
Cel_EI_Chato_1	S6-1-J4-K361	S8-1-J4-K361
Cel_EI_Chato_2	S6-1-J4-K362	S8-1-J4-K362
S8-1-J4-K371	S6-1-J4-K371	S8-1-J4-K371
18179)GUA268G2	S6-1-J4-K372&S8-1-J4-K372*	S11-1-J1-K271&S12-1-J1-K271*
8953)GUA042G1	S6-1-J4-K373&S8-1-J4-K373*	S11-2-J1-K272*&S12-2-J1-K272

Continuación del apéndice 1.

Name: TN-16XE/CENTRO		
Label	From	To
8961)GUA131G1	S6-1-J5-K173&S8-1-J5-K173*	S11-2-J1-K311*&S12-2-J1-K311
EICalvaViNvaGSM	S6-1-J5-K211	S8-1-J5-K211
Tr793_z14_Reu	S6-1-J5-K323	S8-1-J5-K323
8967)GUA162G1	S6-1-J5-K361&S8-1-J5-K361*	S11-2-J1-K312*&S12-2-J1-K312
8086)GUA054G1	S6-1-J6-K111&S8-1-J6-K111*	S11-1-J1-K253&S12-1-J1-K253*
CelMinervaGSM_1	S6-1-J6-K112&S8-1-J6-K112*	S11-1-J1-K261&S12-1-J1-K261*
8251)GUA119G1	S6-1-J6-K113&S8-1-J6-K113*	S11-1-J1-K262&S12-1-J1-K262*
Cel_Zona6_GSM_1	S6-1-J6-K123&S8-1-J6-K123*	S11-1-J1-K272&S12-1-J1-K272*
S8-1-J6-K133	S6-1-J6-K133	S8-1-J6-K133
S8-1-J6-K141	S6-1-J6-K141	S8-1-J6-K141
S8-1-J6-K143	S6-1-J6-K143	S8-1-J6-K143
AutoMariscosGSM	S6-1-J6-K162	S8-1-J6-K162
MicroCerveceGSM	S6-1-J6-K163&S8-1-J6-K163*	S11-2-J1-K251*&S12-2-J1-K251
S8-1-J6-K171	S6-1-J6-K171	S8-1-J6-K171
AVONELSALVADOR	S6-1-J6-K252	S8-1-J6-K252
TLFInmaco	S6-1-J6-K263	S8-1-J6-K263
Tel_CarpExporta	S6-1-J6-K271&S8-1-J6-K271*	S11-1-J1-K312&S12-1-J1-K312*
Tel_Tecnifibras	S6-1-J6-K272&S8-1-J6-K272*	S11-1-J1-K313&S12-1-J1-K313*
TrMartisZ4Guard	S6-1-J6-K273	S8-1-J6-K273
E1CanaMetrored3	S6-1-J6-K311	S8-1-J6-K311
Tron.Cent.Petap	S6-1-J6-K312&S8-1-J6-K312*	S1-1
S8-1-J6-K313	S6-1-J6-K313	S8-1-J6-K313
CelProy4-4GSM	S6-1-J6-K323&S8-1-J6-K323*	S11-1-J1-K323&S12-1-J1-K323*
S8-1-J6-K342	S6-1-J6-K342	S8-1-J6-K342
S8-1-J6-K343	S6-1-J6-K343	S8-1-J6-K343
TR924BocaNaranj	S6-1-J6-K373	S8-1-J6-K373
8962)GUA131G2	S6-1-J7-K141&S8-1-J7-K141*	S11-2-J1-K243*&S12-2-J1-K243
8251)GUA119G1	S6-1-J7-K142&S8-1-J7-K142*	S11-2-J1-K163*&S12-2-J1-K163
LaMontanaGSM	S6-1-J7-K151	S8-1-J7-K151
EIChatoGSM2	S6-1-J7-K153&S8-1-J7-K153*	S11-2-J1-K372*&S12-2-J1-K372
NuevaPedrerGSM2	S6-1-J7-K163&S8-1-J7-K163*	S11-2-J1-K361*&S12-2-J1-K361
JocotalesIIIGSM	S6-1-J7-K212&S8-1-J7-K212*	S11-2-J1-K351*&S12-2-J1-K351
Tr900ZapoteUtat	S6-1-J7-K241&S8-1-J7-K241*	S11-1-J1-K343&S12-1-J1-K343*
Celda17Calle	S6-1-J7-K242&S8-1-J7-K242*	S11-1-J1-K353&S12-1-J1-K353*
TelefonicaTelno	S6-1-J7-K243&S8-1-J7-K243*	S11-1-J1-K351&S12-1-J1-K351*
TrZona9Centro	S6-1-J7-K251&S8-1-J7-K251*	S1-27
TelKraft	S6-1-J7-K252	S8-1-J7-K252
GUA014L114S18RF	S6-1-J7-K262	S8-1-J7-K262
TelMarBran	S6-1-J7-K263	S8-1-J7-K263
LosAngelZ25GSM	S6-1-J7-K272&S8-1-J7-K272*	S11-1-J1-K361&S12-1-J1-K361*
10495)MIC955G1	S6-1-J7-K273	S8-1-J7-K273

Continuación del apéndice 1.

Name: TN-16XE/CENTRO		
Label	From	To
TrBvd	S6-1-J7-K311	S8-1-J7-K311
TelDrogColon	S6-1-J7-K312&S8-1-J7-K312*	S1-19
TelLogisticGrup	S6-1-J7-K313	S8-1-J7-K313
TrBocaGuarda1	S6-1-J7-K321	S8-1-J7-K321
TrBocaGuarda2	S6-1-J7-K322	S8-1-J7-K322
Tr16402a10003	S6-1-J7-K323	S8-1-J7-K323
TLFEsbasa	S6-1-J7-K331	S8-1-J7-K331
TelChemilco	S6-1-J7-K332	S8-1-J7-K332
TrZona6GuardaV	S6-1-J7-K341&S8-1-J7-K341*	S11-1-J1-K371&S12-1-J1-K371*
JocotalesGSM2	S6-1-J7-K351&S8-1-J7-K351*	S11-2-J1-K353*&S12-2-J1-K353
FloridaGSM2	S6-1-J7-K352	S8-1-J7-K352
S8-1-J7-K361	S6-1-J7-K361	S8-1-J7-K361
TelConfAsesoria	S6-1-J7-K362	S8-1-J7-K362
MonteMariaGSM1	S6-1-J7-K371	S8-1-J7-K371
S8-1-J7-K372	S6-1-J7-K372	S8-1-J7-K372
TelMultimateria	S6-1-J7-K373	S8-1-J7-K373
TrMartisReu1	S6-1-J8-K112	S8-1-J8-K112
TLFPainsa	S6-1-J8-K121	S8-1-J8-K121
S8-1-J8-K122	S6-1-J8-K122	S8-1-J8-K122
JardSnJuanGSM2	S6-1-J8-K132	S8-1-J8-K132
TelCongreso3	S6-1-J8-K133&S8-1-J8-K133*	S2-15
S8-1-J8-K143	S6-1-J8-K143	S8-1-J8-K143
TrCentroGua21	S6-1-J8-K151&S8-1-J8-K151*	S2-21
TrRefor2-10003	S6-1-J8-K152	S8-1-J8-K152
TrStaLucia10003	S6-1-J8-K153	S8-1-J8-K153
TelFiguepartes	S6-1-J8-K161&S8-1-J8-K161*	S11-1-J1-K373&S12-1-J1-K373*
TelAsesAduana	S6-1-J8-K162	S8-1-J8-K162
TelLGElectronic	S6-1-J8-K163	S8-1-J8-K163
TrMmarialntecap	S6-1-J8-K172	S8-1-J8-K172
CComercioComcel	S6-1-J8-K173&S8-1-J8-K173*	S1-2
TrGuardaMayang2	S6-1-J8-K212	S8-1-J8-K212
8065)GUA074G1	S6-1-J8-K213	S8-1-J8-K213
TrCoatepequeGV	S6-1-J8-K221	S8-1-J8-K221
BocaDelMon2GSM1	S6-1-J8-K222	S8-1-J8-K222
CiudQuetzalGSM2	S6-1-J8-K223	S8-1-J8-K223
PruebaGV4T1N2	S6-1-J8-K231	S8-1-J8-K231
VillaLobosGSM	S6-1-J8-K232	S8-1-J8-K232
TelTelemedic	S6-1-J8-K253	S8-1-J8-K253
TrGuardaReu2	S6-1-J8-K261	S8-1-J8-K261
TrMiralbosGBNet	S6-1-J8-K311	S8-1-J8-K311
PruebaGV4T1N4	S6-1-J8-K312	S8-1-J8-K312

Continuación del apéndice 1.

Name: TN-16XE/CENTRO		
Label	From	To
Tr7OrejasGuarda	S6-1-J8-K321	S8-1-J8-K321
TelPatrDiabetic	S6-1-J8-K322&S8-1-J8-K322*	S1-22
TrSnCrisMiralb1	S6-1-J8-K323	S8-1-J8-K323
Guarda-Petapa	S6-1-J8-K331	S8-1-J8-K331
AtelMazatenango	S6-1-J8-K333	S8-1-J8-K333
FlavioHerrerGSM	S6-1-J8-K341	S8-1-J8-K341
TelDIDEA	S6-1-J8-K342	S8-1-J8-K342
TelCorpChadinov	S6-1-J8-K343	S8-1-J8-K343
TelASPRADCO	S6-1-J8-K351	S8-1-J8-K351
TelManpower	S6-1-J8-K362	S8-1-J8-K362
TrMariscal10003	S6-1-J8-K363	S8-1-J8-K363
NuevaPedreraGSM	S6-1-J8-K371&S8-1-J8-K371*	S11-2-J1-K132*&S12-2-J1-K132
TelDosPuntos	S6-1-J8-K372	S8-1-J8-K372
Tr1121	S6-1-J9-K112	S8-1-J9-K112
TelRestopan	S6-1-J9-K113	S8-1-J9-K113
AmigoSTMKLM113	S6-1-J9-K121&S8-1-J9-K121*	S1-9
TelMolinModerZ9	S6-1-J9-K122	S8-1-J9-K122
CiudadNuevaGSM2	S6-1-J9-K123&S8-1-J9-K123*	S11-1-J1-K172*&S12-1-J1-K172
TelguaTelnor1	S6-1-J9-K131&S8-1-J9-K131*	S2-14
TelguaTelnor2	S6-1-J9-K132&S8-1-J9-K132*	S2-29
TelFuturaGraphi	S6-1-J9-K133	S8-1-J9-K133
TelDistCarib(e	S6-1-J9-K142	S8-1-J9-K142
TrPalafox-Z9V	S6-1-J9-K151	S8-1-J9-K151
TR1149GvPtoBarr	S6-1-J9-K152	S8-1-J9-K152
InterDisagro	S6-1-J9-K163	S8-1-J9-K163
TrN5900N10003	S6-1-J9-K173&S8-1-J9-K173*	S11-2-J1-K111*&S12-2-J1-K111
Tr1154GVZ6	S6-1-J9-K211&S8-1-J9-K211*	S11-2-J1-K113*&S12-2-J1-K113
TrSalcaja-10003	S6-1-J9-K221	S8-1-J9-K221
TrRef4GV10003	S6-1-J9-K222	S8-1-J9-K222
MartinicoGSM2	S6-1-J9-K223&S8-1-J9-K223*	S11-2-J1-K371*&S12-2-J1-K371
HiperPNaraMCGSM	S6-1-J9-K231	S8-1-J9-K231
Tr939GVRaxquin	S6-1-J9-K232	S8-1-J9-K232
TrPlazComCentro	S6-1-J9-K233&S8-1-J9-K233*	S1-5
VillaNuevaGSM2	S6-1-J9-K241	S8-1-J9-K241
VillaCanalesGSM	S6-1-J9-K242	S8-1-J9-K242
VillaNuevaGSM	S6-1-J9-K252	S8-1-J9-K252
HipePaizVNvaGSM	S6-1-J9-K261	S8-1-J9-K261
SnMiguelPetaGSM	S6-1-J9-K263	S8-1-J9-K263
VillaHermosaGSM	S6-1-J9-K271	S8-1-J9-K271
7948)GUA130G1	S6-1-J9-K272	S8-1-J9-K272
CdadPeroniaGSM	S6-1-J9-K273	S8-1-J9-K273

Continuación del apéndice 1.

Name: TN-16XE/CENTRO		
Label	From	To
ValleDoradoGSM	S6-1-J9-K311	S8-1-J9-K311
CenmaGSM	S6-1-J9-K312	S8-1-J9-K312
EurekaGSM	S6-1-J9-K313	S8-1-J9-K313
GuajitosIIIGSM	S6-1-J9-K321	S8-1-J9-K321
MIC973PlazaFlor	S6-1-J9-K322	S8-1-J9-K322
GuajitosGSM	S6-1-J9-K323	S8-1-J9-K323
MayorpitZ11Z12	S6-1-J9-K331	S8-1-J9-K331
HermanoPedroGSM	S6-1-J9-K333	S8-1-J9-K333
AguilarBatreGSM	S6-1-J9-K341	S8-1-J9-K341
TLFCompaca	S6-1-J9-K342	S8-1-J9-K342
PaisajesGSM	S6-1-J9-K343	S8-1-J9-K343
LaComunidadGSM	S6-1-J9-K351	S8-1-J9-K351
EscTipFedGSM2	S6-1-J9-K352	S8-1-J9-K352
HosHerPedroGSM2	S6-1-J9-K353	S8-1-J9-K353
Troncal581	S6-1-J9-K361&S8-1-J9-K361*	S11-2-J1-K373*&S12-2-J1-K373
TR1315CenTecpan	S6-1-J9-K362&S8-1-J9-K362*	S2-10
Tr1312CoateGV01	S6-1-J9-K363	S8-1-J9-K363
Tr1314MixcoStaL	S6-1-J9-K371	S8-1-J9-K371
E1IntBacFinanza	S6-1-J9-K372&S8-1-J9-K372*	S2-7
TR1518ZapotRef4	S6-1-J9-K373&S8-1-J9-K373*	S11-2-J1-K142*&S12-2-J1-K142
Tr1108EscGV1003	S6-1-J10-K111	S8-1-J10-K111
TelGranelsaPto	S6-1-J10-K112	S8-1-J10-K112
IltraAguaCaGSM	S6-1-J10-K113&S8-1-J10-K113*	S11-2-J1-K133*&S12-2-J1-K133
Tr1539Z4IIIZFran	S6-1-J10-K121	S8-1-J10-K121
TEL_PNC1	S6-1-J10-K122&S8-1-J10-K122*	S2-3
Tel_PNC2	S6-1-J10-K123&S8-1-J10-K123*	S2-12
MicMalacaCenGSM	S6-1-J10-K131&S8-1-J10-K131*	S1-10
MicCCSanFcoGSM	S6-1-J10-K132	S8-1-J10-K132
TLFQuimCalAmeri	S6-1-J10-K133	S8-1-J10-K133
GUA251R043B04G2	S6-1-J10-K141	S8-1-J10-K141
GUA120RO52B04G2	S6-1-J10-K142	S8-1-J10-K142
E1MasesaBodeg42	S6-1-J10-K143	S8-1-J10-K143
Tr2996	S6-1-J10-K151	S8-1-J10-K151
TLFMarilan	S6-1-J10-K152	S8-1-J10-K152
Tr1895	S6-1-J10-K163&S8-1-J10-K163*	S11-2-J1-K222*&S12-2-J1-K222
Tr1904Z9IVZapot	S6-1-J10-K171&S8-1-J10-K171*	S11-2-J1-K233*&S12-2-J1-K233
TelHnosGrajeda	S6-1-J10-K172&S8-1-J10-K172*	S11-1-J1-K153*&S12-1-J1-K153
Tr1922MixMazate	S6-1-J10-K173	S8-1-J10-K173
Tr1929StLucipMa	S6-1-J10-K211	S8-1-J10-K211
ESnAntPazMCGSM_	S6-1-J10-K212&S8-1-J10-K212*	S11-2-J1-K253*&S12-2-J1-K253
CdadQuetzalGSM	S6-1-J10-K221	S8-1-J10-K221
Tr3035	S6-1-J10-K231	S8-1-J10-K231

Continuación del apéndice 1.

Name: TN-16XE/CENTRO		
Label	From	To
ESnAntPazMCGSM_	S6-1-J10-K212&S8-1-J10-K212*	S11-2-J1-K253*&S12-2-J1-K253
CdadQuetzalGSM	S6-1-J10-K221	S8-1-J10-K221
Tr3035	S6-1-J10-K231	S8-1-J10-K231
TLFPNCZ6	S6-1-J10-K241	S8-1-J10-K241
TLFACumullberia	S6-1-J10-K242	S8-1-J10-K242
UMG_GSM2	S6-1-J10-K243&S8-1-J10-K243*	S11-2-J1-K322*&S12-2-J1-K322
13856)GUA396G1	S6-1-J10-K251&S8-1-J10-K251*	S11-2-J1-K323*&S12-2-J1-K323
TR1983Proc-Z6	S6-1-J10-K252&S8-1-J10-K252*	S11-2-J1-K331*&S12-2-J1-K331
17765)GUA291G1	S6-1-J10-K253&S8-1-J10-K253*	S11-1-J1-K162*&S12-1-J1-K162
Troncal1229	S6-1-J10-K262&S8-1-J10-K262*	S11-2-J1-K342*&S12-2-J1-K342
Troncal_2005	S6-1-J10-K271	S8-1-J10-K271
Troncal_1715	S6-1-J10-K272&S8-1-J10-K272*	S11-2-J1-K352*&S12-2-J1-K352
ElFrutalGSM2	S6-1-J10-K273	S8-1-J10-K273
TelLogiservicio	S6-1-J10-K311	S8-1-J10-K311
TelProservis	S6-1-J10-K312	S8-1-J10-K312
TelEbclosion4	S6-1-J10-K313	S8-1-J10-K313
Tr2540	S6-1-J10-K321&S8-1-J10-K321*	S1-15
GUA262R067B08G2	S6-1-J10-K322	S8-1-J10-K322
Tr1325Esc17Call	S6-1-J10-K341&S8-1-J10-K341*	S11-1-J1-K121&S12-1-J1-K121*
E1CanAmiOpCh16	S6-1-J10-K343	S8-1-J10-K343
Tr2987	S6-1-J10-K351	S8-1-J10-K351
E1AmN8910U26IF4	S6-1-J10-K361	S8-1-J10-K361
CallCenterNew1	S6-1-J10-K362	S8-1-J10-K362
S8-1-J10-K371	S6-1-J10-K371	S8-1-J10-K371
5434CableOroRey	S6-1-J10-K372&S8-1-J10-K372*	S2-31
10412)GUA268G1	S6-1-J10-K373&S8-1-J10-K373*	S11-2-J1-K153*&S12-2-J1-K153
Tr3099	S6-1-J11-K111	S8-1-J11-K111
Tr1901_Z6-Marti	S6-1-J11-K113&S8-1-J11-K113*	S11-1-J1-K113*&S12-1-J1-K113
S11-2-J1-K271	S6-1-J16-K271&S8-1-J16-K271*	S11-2-J1-K271*&S12-2-J1-K271
ComcelWimaxMetr	S11-2-J1-K162	S12-2-J1-K162
S11-1-J1-K242	S12-1-J1-K242	S11-1-J1-K242

NE Name: TN-16XE/REFOR_CENTRAL			
Label	From	To	
Troncal2284	S1-1-J1-K113	S12-2-J1-K141	
Tr1529PtoSjRefo	S1-1-J1-K212	S11-3-J1-K242	
PruebaSta_Lucia	S1-1-J1-K222	S11-3-J1-K111	
E1WirePalestina	S1-1-J1-K362	S11-3-J1-K323	
Tr36400-CoMinas	S1-1-J2-K143	S11-2-J1-K111	
S12-2-J1-K112	S1-1-J3-K112	S12-2-J1-K112	

Continuación del apéndice 1.

NE Name: TN-16XE/REFOR CENTRAL				
Label	From	To		
Wiless_RioHon1	S1-1-J3-K121	S12-2-J1-K121		
WilessVirginia1	S1-1-J3-K122	S12-2-J1-K122		
Tr-Wir-PtoBarri	S1-1-J3-K123	S12-2-J1-K123		
Tr-Mar-PtoBarri	S1-1-J3-K131	S12-2-J1-K131		
Tr1227	S1-1-J3-K132	S12-2-J1-K161		
TrRioHondoGuar2	S1-1-J3-K133	S12-2-J1-K133		
Tr1800RefNic	S1-1-J3-K142	S12-2-J1-K142		
S12-2-J1-K151	S1-1-J3-K151	S12-2-J1-K151		
TrN46400N3000	S1-1-J3-K152	S12-2-J1-K152		
S12-2-J1-K153	S1-1-J3-K153	S12-2-J1-K153		
Tr293Trincheras	S1-1-J3-K162	S12-2-J1-K162		
Tr562Z4-4Yupi	S1-1-J3-K163	S12-2-J1-K163		
CAN-METRORED-2	S1-1-J3-K172	S12-2-J1-K172		
JLP293R087B05G1	S1-1-J3-K212	S12-2-J1-K212		
Tr1901-PBA-Ref6	S1-1-J3-K221	S12-2-J1-K221		
Can4Hond-Guate	S1-1-J3-K223	S12-2-J1-K223		
ChiquimuljaE1_1	S1-1-J3-K231	S12-2-J1-K231		
ChiquimuljaE1_2	S1-1-J3-K232	S12-2-J1-K232		
E1CanaMetrored3	S1-1-J3-K233	S12-2-J1-K233		
Tr1949TecuZ9VI	S1-1-J3-K241	S12-2-J1-K241		
E1WirelessSemox	S1-1-J3-K242	S12-2-J1-K242		
TelMarBran	S3-1-J3-K261	S11-3-J1-K372		
TelefCrowley	S3-1-J4-K213	S13-1-J2-K341	S14-1-J2-K341*	
GUA119L053RGVS3	S6-1-J1-K111	S8-1-J1-K111		
8886)GUA130G2	S6-1-J1-K113*	S8-1-J1-K113	S11-1-J1-K263*	S12-1-J1-K263
Tr10003-Centro2	S6-1-J1-K121	S8-1-J1-K121		
VistaAllagoGSM	S6-1-J1-K122*	S8-1-J1-K122	S12-4-J1-K112	
8464)GUA184G1	S6-1-J1-K123*	S8-1-J1-K123	S11-1-J1-K151*	S12-1-J1-K151
GUA588R171B02G1	S6-1-J1-K131	S8-1-J1-K131		
16686)GUA455G1	S6-1-J1-K132*	S8-1-J1-K132	S11-1-J1-K311*	S12-1-J1-K311
18182)GUA454G1	S6-1-J1-K133	S8-1-J1-K133		
GUA027L110RGS4	S6-1-J1-K141	S8-1-J1-K141		
GUA027L111RGS4	S6-1-J1-K143	S8-1-J1-K143		
GUA352R169B02G1	S6-1-J1-K151	S8-1-J1-K151		
GUA027L112RGS4	S6-1-J1-K152	S8-1-J1-K152		
17024EnelXela	S6-1-J1-K153	S8-1-J1-K153*	S11-3-J1-K312	
TLFSec_de_mujer	S6-1-J1-K161	S8-1-J1-K161		
Tr830Zona9Zona4	S6-1-J1-K171	S8-1-J1-K171*	S13-1-J1-K123	S14-1-J1-K123*
GUA245L079RGVS6	S6-1-J1-K172	S8-1-J1-K172		
S8-1-J1-K173	S6-1-J1-K173	S8-1-J1-K173		
GUA245L080RGVS6	S6-1-J1-K211	S8-1-J1-K211		
TrPepsiEntreRio	S6-1-J1-K213*	S8-1-J1-K213	S11-2-J1-K211	

Continuación del apéndice 1.

NE Name: TN-16XE/REFOR_CENTRAL				
Label	From	To		
GUA245L080RGVS6	S6-1-J1-K211	S8-1-J1-K211		
TrPepsiEntreRio	S6-1-J1-K213*	S8-1-J1-K213	S11-2-J1-K211	
MartisZ4_TR299	S6-1-J1-K221	S8-1-J1-K221*	S13-1-J1-K221	S14-1-J1-K221*
Transexpress	S6-1-J1-K222	S8-1-J1-K222*	S13-1-J1-K222	S14-1-J1-K222*
Trc.Zona4_CViej	S6-1-J1-K223*	S8-1-J1-K223	S13-1-J2-K151	S14-1-J2-K151*
Tr-Mar-PtoBarri	S6-1-J1-K231	S8-1-J1-K231*	S1-1-J1-K353	
TrZFGuarda	S6-1-J1-K233*	S8-1-J1-K233	S3-1-J2-K173	
TrZFGuarda2	S6-1-J1-K241	S8-1-J1-K241*	S3-1-J2-K211	
NvaMonsMCGSM2	S6-1-J1-K242*	S8-1-J1-K242	S11-2-J1-K173	
VillaHerCdadGSM	S6-1-J1-K243*	S8-1-J1-K243	S11-1-J1-K111	S12-1-J1-K111*
7988)GUA102G1	S6-1-J1-K251*	S8-1-J1-K251	S13-1-J1-K132	S14-1-J1-K132*
TrZ4z3Guarda2	S6-1-J1-K252	S8-1-J1-K252*	S13-1-J1-K133	S14-1-J1-K133*
7918)GUA084G1	S6-1-J1-K253*	S8-1-J1-K253	S1-1-J1-K171	
TrZ14ShellPBarr	S6-1-J1-K261*	S8-1-J1-K261	S11-2-J1-K161	
TLFComFarLanque	S6-1-J1-K263	S8-1-J1-K263		
GUA068L020RGVS5	S6-1-J1-K321	S8-1-J1-K321		
GUA042L031RRFS3	S6-1-J1-K323	S8-1-J1-K323		
GUA042L032RRFS3	S6-1-J1-K331	S8-1-J1-K331		
TrRioHondoGuar2	S6-1-J1-K342	S8-1-J1-K342*	S1-1-J1-K363	
TrZ4z1Guarda2	S6-1-J1-K343*	S8-1-J1-K343	S13-1-J1-K142	S14-1-J1-K142*
TrZ4z2Guarda2	S6-1-J1-K351	S8-1-J1-K351*	S13-1-J1-K143	S14-1-J1-K143*
S8-1-J1-K352	S6-1-J1-K352	S8-1-J1-K352		
GUA067L020RGVS3	S6-1-J1-K353	S8-1-J1-K353		
S8-1-J1-K361	S6-1-J1-K361	S8-1-J1-K361		
Tr_Zona4_2_5	S6-1-J1-K362*	S8-1-J1-K362	S13-1-J1-K362	S14-1-J1-K362*
GUA067L021RGVS3	S6-1-J1-K363	S8-1-J1-K363		
S1-1-J1-K112	S6-1-J1-K371*	S8-1-J1-K371	S11-1-J1-K113	S12-1-J1-K113*
S8-1-J1-K372	S6-1-J1-K372	S8-1-J1-K372		
TLF_Samboro	S6-1-J1-K373*	S8-1-J1-K373	S3-1-J1-K151	
17004)GUA462G1	S6-1-J2-K111	S8-1-J2-K111*	S11-3-J1-K153	
GUA553R087B02G1	S6-1-J2-K112	S8-1-J2-K112		
S8-1-J2-K113	S6-1-J2-K113	S8-1-J2-K113		
S8-1-J2-K121	S6-1-J2-K121	S8-1-J2-K121		
S8-1-J2-K122	S6-1-J2-K122	S8-1-J2-K122		
GUA067L022RGVS3	S6-1-J2-K123	S8-1-J2-K123		
S8-1-J2-K132	S6-1-J2-K132	S8-1-J2-K132		
S8-1-J2-K133	S6-1-J2-K133	S8-1-J2-K133		
S8-1-J2-K141	S6-1-J2-K141	S8-1-J2-K141		
S8-1-J2-K142	S6-1-J2-K142	S8-1-J2-K142		
8574)GUA067G2	S6-1-J2-K143*	S8-1-J2-K143	S11-1-J1-K121	S12-1-J1-K121*
GUA268L090RGVS3	S6-1-J2-K151	S8-1-J2-K151		

Continuación del apéndice 1.

NE Name: TN-16XE/REFOR_CENTRAL				
Label	From	To		
Tr225	S6-1-J2-K152	S8-1-J2-K152*	S11-1-J2-K122	
LancascoMCGSM	S6-1-J2-K153	S8-1-J2-K153		
SnCris2MCGSM	S6-1-J2-K161*	S8-1-J2-K161	S11-1-J1-K123*	S12-1-J1-K123
TrBarillasGuar	S6-1-J2-K163*	S8-1-J2-K163	S3-1-J2-K222	
GUA900R121B14G1	S6-1-J2-K171	S8-1-J2-K171		
S8-1-J2-K172	S6-1-J2-K172	S8-1-J2-K172		
S8-1-J2-K173	S6-1-J2-K173	S8-1-J2-K173		
S8-1-J2-K211	S6-1-J2-K211	S8-1-J2-K211		
Tron_MartisZ4_1	S6-1-J2-K212*	S8-1-J2-K212	S13-1-J2-K212	S14-1-J2-K212*
GUA268L091RGVS3	S6-1-J2-K213	S8-1-J2-K213		
S8-1-J2-K222	S6-1-J2-K222	S8-1-J2-K222		
S8-1-J2-K223	S6-1-J2-K223	S8-1-J2-K223		
GUA972R117B14G1	S6-1-J2-K232	S8-1-J2-K232		
CiudadRealGSM	S6-1-J2-K242*	S8-1-J2-K242	S11-1-J1-K131	S12-1-J1-K131*
SnFranciscoGSM2	S6-1-J2-K251*	S8-1-J2-K251	S11-2-J1-K223	
S8-1-J2-K252	S6-1-J2-K252	S8-1-J2-K252		
Tr_SieteOrejas	S6-1-J2-K253*	S8-1-J2-K253	S13-1-J2-K253	S14-1-J2-K253*
17738)GUA223G2	S6-1-J2-K261*	S8-1-J2-K261	S11-1-J1-K153*	S12-1-J1-K153
BI_Westrust	S6-1-J2-K262*	S8-1-J2-K262	S13-1-J2-K262	S14-1-J2-K262*
Tr_Zona4_2_4	S6-1-J2-K263*	S8-1-J2-K263	S13-1-J2-K263	S14-1-J2-K263*
GUA162L072RGVS4	S6-1-J2-K272	S8-1-J2-K272		
GUA454R149B11G1	S6-1-J2-K273	S8-1-J2-K273		
GUA162L073RGVS4	S6-1-J2-K341	S8-1-J2-K341		
S8-1-J2-K342	S6-1-J2-K342	S8-1-J2-K342		
GUA113L119S18GV	S6-1-J2-K352	S8-1-J2-K352		
Cel_Tipografia2	S6-1-J2-K353*	S8-1-J2-K353	S13-1-J2-K353	S14-1-J2-K353*
4411E1Int2UVG	S6-1-J2-K361	S8-1-J2-K361*	S11-3-J1-K161	
S8-1-J2-K362	S6-1-J2-K362	S8-1-J2-K362		
Tr35NimaGuarda3	S6-1-J2-K363	S8-1-J2-K363*	S11-1-J1-K171	S12-1-J1-K171*
18111)GUA998G1	S6-1-J2-K373	S8-1-J2-K373		
8398)GUA195G1	S6-1-J3-K111	S8-1-J3-K111		
8139)GUA014G1	S6-1-J3-K113*	S8-1-J3-K113	S11-1-J1-K313	S12-1-J1-K313*
Tr_Zona4_1_5	S6-1-J3-K121*	S8-1-J3-K121	S13-1-J3-K121	S14-1-J3-K121*
S8-1-J3-K123	S6-1-J3-K123	S8-1-J3-K123		
LindaVistaGSM	S6-1-J3-K131*	S8-1-J3-K131	S12-4-J1-K111	
8658)GUA154G2	S6-1-J3-K133*	S8-1-J3-K133	S3-1-J2-K333	
Tr1740AntAmati	S6-1-J3-K142*	S8-1-J3-K142	S12-4-J1-K142	
S8-1-J3-K143	S6-1-J3-K143	S8-1-J3-K143		
S8-1-J3-K171	S6-1-J3-K171	S8-1-J3-K171		
MicroIGSS_2	S6-1-J3-K211*	S8-1-J3-K211	S13-1-J3-K211	S14-1-J3-K211*
TelSimanMiraflo	S6-1-J3-K213*	S8-1-J3-K213	S3-1-J2-K223	

Continuación del apéndice 1.

NE Name: TN-16XE/REFOR_CENTRAL				
Label	From	To		
S8-1-J3-K223	S6-1-J3-K223	S8-1-J3-K223		
S8-1-J3-K231	S6-1-J3-K231	S8-1-J3-K231		
Tr1605TikalCent	S6-1-J3-K232	S8-1-J3-K232		
S8-1-J3-K233	S6-1-J3-K233	S8-1-J3-K233		
AmatitlanCeGSM	S6-1-J3-K241*	S8-1-J3-K241	S12-4-J1-K113	
S8-1-J3-K243	S6-1-J3-K243	S8-1-J3-K243		
TLF_PapeleraLuz	S6-1-J3-K252	S8-1-J3-K252		
7984)MIC913G1	S6-1-J3-K261	S8-1-J3-K261		
S8-1-J3-K262	S6-1-J3-K262	S8-1-J3-K262		
Tron_MartisZ4_3	S6-1-J3-K263*	S8-1-J3-K263	S13-1-J3-K263	S14-1-J3-K263*
Tron_MartisZ4_4	S6-1-J3-K271*	S8-1-J3-K271	S13-1-J3-K271	S14-1-J3-K271*
TecomatesGSM	S6-1-J3-K272	S8-1-J3-K272		
Tr1433Z4Centro	S6-1-J3-K273	S8-1-J3-K273*	S13-1-J1-K322	S14-1-J1-K322*
LomasLavarrGSM2	S6-1-J3-K311	S8-1-J3-K311		
S8-1-J3-K322	S6-1-J3-K322	S8-1-J3-K322		
TellTySCA	S6-1-J3-K351*	S8-1-J3-K351	S3-1-J4-K373	
AmatitlanCdGSM	S6-1-J3-K352*	S8-1-J3-K352	S12-4-J1-K121	
Tr1631N2600N710	S6-1-J3-K353	S8-1-J3-K353*	S1-1-J1-K263	
Tr26	S6-1-J3-K371	S8-1-J3-K371		
TecomatesGSM2	S6-1-J4-K111	S8-1-J4-K111		
BodegaComcelGSM	S6-1-J4-K112*	S8-1-J4-K112	S11-1-J1-K351	S12-1-J1-K351*
Internet_BI_2	S6-1-J4-K132	S8-1-J4-K132*	S13-1-J3-K243	S14-1-J3-K243*
Tr1789Z4-5Cent3	S6-1-J4-K133*	S8-1-J4-K133	S13-1-J2-K141	S14-1-J2-K141*
E1WirelssSolola	S6-1-J4-K141	S8-1-J4-K141*	S11-3-J1-K261	
TelCodico	S6-1-J4-K142	S8-1-J4-K142*	S3-1-J1-K173	
TelCodicoLitegu	S6-1-J4-K143*	S8-1-J4-K143	S3-1-J2-K152	
TelPNC2	S6-1-J4-K151	S8-1-J4-K151*	S3-1-J2-K162	
MiradCruzGSM1	S6-1-J4-K152	S8-1-J4-K152		
PruebaGV4t1	S6-1-J4-K153*	S8-1-J4-K153	S1-1-J2-K173	
Tel_Ofimat	S6-1-J4-K161*	S8-1-J4-K161	S3-1-J3-K141	
TelWhirpool	S6-1-J4-K162*	S8-1-J4-K162	S3-1-J3-K143	
8663)GUA060G2	S6-1-J4-K171*	S8-1-J4-K171	S3-1-J4-K141	
TelGrupoSIS	S6-1-J4-K211*	S8-1-J4-K211	S3-1-J4-K133	
GUA131L024RGVS3	S6-1-J4-K212	S8-1-J4-K212*	S12-3-J1-K111	
GUA131L025RGVS3	S6-1-J4-K213	S8-1-J4-K213*	S12-3-J1-K112	
GUA131L026RGVS3	S6-1-J4-K221	S8-1-J4-K221*	S12-3-J1-K113	
Tr_MartisZ4_2_3	S6-1-J4-K233*	S8-1-J4-K233	S13-1-J4-K233	S14-1-J4-K233*
Tr1894Reu_Z6_II	S6-1-J4-K242*	S8-1-J4-K242	S11-3-J1-K342	
MicPaizParroGSM	S6-1-J4-K243	S8-1-J4-K243*	S11-2-J1-K323	
8650)MIC926G1	S6-1-J4-K251*	S8-1-J4-K251	S1-1-J3-K211	
S8-1-J4-K252	S6-1-J4-K252	S8-1-J4-K252		

Continuación del apéndice 1.

NE Name: TN-16XE/REFOR_CENTRAL				
Label	From	To		
Troncal918Gu-Ma	S6-1-J4-K253*	S8-1-J4-K253	S11-1-J1-K133*	S12-1-J1-K133
8651)MIC927G1	S6-1-J4-K261*	S8-1-J4-K261	S1-1-J3-K213	
8652)MIC928G1	S6-1-J4-K262*	S8-1-J4-K262	S1-1-J3-K222	
MicMercParroGSM	S6-1-J4-K263	S8-1-J4-K263*	S11-2-J1-K331	
GUA119L052RGVS3	S6-1-J4-K271	S8-1-J4-K271		
MicCallMartiGSM	S6-1-J4-K273	S8-1-J4-K273*	S11-2-J1-K332	
TelHermes	S6-1-J4-K312*	S8-1-J4-K312	S3-1-J2-K171	
Tr1394MnortPeta	S6-1-J4-K321	S8-1-J4-K321		
E1AmigoNimaK212	S6-1-J4-K323*	S8-1-J4-K323	S11-1-J1-K233	S12-1-J1-K233*
TelAlkemy	S6-1-J4-K331*	S8-1-J4-K331	S3-1-J2-K163	
Tr_Martisz4_2_1	S6-1-J4-K332*	S8-1-J4-K332	S13-1-J4-K332	S14-1-J4-K332*
Tr_Martisz4_2_2	S6-1-J4-K333*	S8-1-J4-K333	S13-1-J4-K333	S14-1-J4-K333*
Tel-Masesa	S6-1-J4-K351*	S8-1-J4-K351	S13-1-J4-K351	S14-1-J4-K351*
Cel_El_Chato_1	S6-1-J4-K361*	S8-1-J4-K361	S1-1-J1-K311	
AguaCaliente_2	S6-1-J4-K362*	S8-1-J4-K362	S1-1-J1-K313	
Unitel_Atel	S6-1-J4-K371*	S8-1-J4-K371	S13-1-J4-K371	S14-1-J4-K371*
18179)GUA268G2	S6-1-J4-K372	S8-1-J4-K372*	S11-2-J1-K152	
LomasLavarrGSM	S6-1-J4-K373	S8-1-J4-K373		
8961)GUA131G1	S6-1-J5-K173	S8-1-J5-K173		
8204)GUA177G1	S6-1-J5-K211*	S8-1-J5-K211	S12-4-J1-K161	
Tr793_z14_Reu	S6-1-J5-K323*	S8-1-J5-K323	S11-3-J1-K322	
8967)GUA162G1	S6-1-J5-K361	S8-1-J5-K361		
S8-1-J6-K111	S6-1-J6-K111	S8-1-J6-K111		
S8-1-J6-K112	S6-1-J6-K112	S8-1-J6-K112		
8251)GUA119G1	S6-1-J6-K113	S8-1-J6-K113		
EIChatoGSM	S6-1-J6-K122	S8-1-J6-K122		
S8-1-J6-K123	S6-1-J6-K123	S8-1-J6-K123		
S8-1-J6-K131	S6-1-J6-K131	S8-1-J6-K131		
7994)GUA037G1	S6-1-J6-K133*	S8-1-J6-K133	S13-1-J1-K112	S14-1-J1-K112*
7998)GUA039G1	S6-1-J6-K141*	S8-1-J6-K141	S13-1-J1-K113	S14-1-J1-K113*
Tr-WIR-PtoBarri	S6-1-J6-K143	S8-1-J6-K143*	S1-1-J1-K343	
AutoMariscosGSM	S6-1-J6-K162*	S8-1-J6-K162	S12-4-J1-K152	
MicroCerveceGSM	S6-1-J6-K163	S8-1-J6-K163*	S11-2-J1-K341	
Tr920NimaGuarda	S6-1-J6-K171	S8-1-J6-K171*	S11-1-J1-K141	S12-1-J1-K141*
AVONEL SALVADOR	S6-1-J6-K252*	S8-1-J6-K252	S11-2-J1-K212	
S8-1-J6-K263	S6-1-J6-K263	S8-1-J6-K263		
S8-1-J6-K271	S6-1-J6-K271	S8-1-J6-K271		
S8-1-J6-K272	S6-1-J6-K272	S8-1-J6-K272		
TrMartisz4Guard	S6-1-J6-K273*	S8-1-J6-K273	S13-1-J2-K142	S14-1-J2-K142*
S8-1-J6-K312	S6-1-J6-K312	S8-1-J6-K312		
TelnorPrados	S6-1-J6-K313	S8-1-J6-K313*	S11-1-J1-K143	S12-1-J1-K143*

Continuación del apéndice 1.

NE Name: TN-16XE/REFOR CENTRAL				
Label	From	To		
Proyectos4-4GSM	S6-1-J6-K323	S8-1-J6-K323		
TR924BocaNaranj	S6-1-J6-K373*	S8-1-J6-K373	S11-1-J1-K142	S12-1-J1-K142*
StoDomingoGSM2	S6-1-J7-K141	S8-1-J7-K141		
MetroNorteGSM2	S6-1-J7-K142	S8-1-J7-K142		
SitioVilNuevGSM	S6-1-J7-K143*	S8-1-J7-K143	S12-4-J1-K173	
LaMontanaGSM	S6-1-J7-K151*	S8-1-J7-K151	S3-1-J3-K151	
EiChatoGSM2	S6-1-J7-K153	S8-1-J7-K153		
NuevaPedrerGSM	S6-1-J7-K163	S8-1-J7-K163		
Jocotales2GSM	S6-1-J7-K212	S8-1-J7-K212		
Tr900ZapoteUtat	S6-1-J7-K241	S8-1-J7-K241		
Celda17Calle	S6-1-J7-K242	S8-1-J7-K242		
S8-1-J7-K243	S6-1-J7-K243	S8-1-J7-K243		
S8-1-J7-K251	S6-1-J7-K251	S8-1-J7-K251		
TelKraft	S6-1-J7-K252*	S8-1-J7-K252	S3-1-J3-K251	
GUA014L114S18RF	S6-1-J7-K262*	S8-1-J7-K262	S11-1-J1-K172	S12-1-J1-K172*
LsAngelesZ25GSM	S6-1-J7-K272	S8-1-J7-K272		
10495)MIC955G1	S6-1-J7-K273*	S8-1-J7-K273	S11-1-J1-K173	S12-1-J1-K173*
Tr831BlvSCGuard	S6-1-J7-K311	S8-1-J7-K311*	S11-1-J1-K211*	S12-1-J1-K211
TelDrogColon	S6-1-J7-K312	S8-1-J7-K312*	S3-1-J3-K263	
TelLogisticGrup	S6-1-J7-K313*	S8-1-J7-K313	S3-1-J3-K271	
Tr954BocaGuarda	S6-1-J7-K321	S8-1-J7-K321*	S11-1-J1-K213	S12-1-J1-K213*
Tr955BocaGuarda	S6-1-J7-K322*	S8-1-J7-K322	S11-1-J1-K221	S12-1-J1-K221*
TrFRU3Guarda2	S6-1-J7-K323*	S8-1-J7-K323	S3-1-J3-K272	
TelEbasa	S6-1-J7-K331*	S8-1-J7-K331	S3-1-J3-K273	
TelChemilco	S6-1-J7-K332*	S8-1-J7-K332	S3-1-J3-K311	
TrZona6GuardaV	S6-1-J7-K341	S8-1-J7-K341		
Comcel-Telem-SV	S6-1-J7-K343	S11-2-J1-K221		
JocotalesGSM2	S6-1-J7-K351	S8-1-J7-K351		
FloridaGSM2	S6-1-J7-K352*	S8-1-J7-K352	S11-2-J1-K363	
TrSnPedroGuarda	S6-1-J7-K361*	S8-1-J7-K361	S11-3-J1-K112	
TelConfAsesoria	S6-1-J7-K362*	S8-1-J7-K362	S3-1-J3-K333	
8187)GUA050G1	S6-1-J7-K371*	S8-1-J7-K371	S11-1-J1-K232*	S12-1-J1-K232
TrGuarda_16422	S6-1-J7-K372*	S8-1-J7-K372	S3-1-J3-K332	
TelMultimateria	S6-1-J7-K373*	S8-1-J7-K373	S3-1-J3-K342	
TrMartisReu	S6-1-J8-K112*	S8-1-J8-K112	S11-3-J1-K113	
TelPainsa	S6-1-J8-K121*	S8-1-J8-K121	S3-1-J3-K343	
TrRefor3GCl2-1	S6-1-J8-K122*	S8-1-J8-K122	S1-1-J2-K111	
JardSnJuanGSM2	S6-1-J8-K132*	S8-1-J8-K132	S3-1-J4-K151	
TelCongreso3	S6-1-J8-K133	S8-1-J8-K133*	S3-1-J3-K361	
TelCongreso4	S6-1-J8-K141	S8-1-J8-K141*	S3-1-J3-K362	
TelCongreso5	S6-1-J8-K142	S8-1-J8-K142*	S3-1-J3-K363	

Continuación del apéndice 1.

NE Name: TN-16XE/REFOR_CENTRAL				
Label	From	To		
TrSieteOrGua22	S6-1-J8-K143*	S8-1-J8-K143	S13-1-J3-K212	S14-1-J3-K212*
S8-1-J8-K151	S6-1-J8-K151	S8-1-J8-K151		
TrRefor2-10003	S6-1-J8-K152*	S8-1-J8-K152	S1-1-J2-K112	
TrStaLucia10003	S6-1-J8-K153*	S8-1-J8-K153	S11-3-J1-K122	
TelFiguepartes	S6-1-J8-K161	S8-1-J8-K161		
TelAsesAduana	S6-1-J8-K162*	S8-1-J8-K162	S3-1-J3-K372	
TelLGElectronic	S6-1-J8-K163*	S8-1-J8-K163	S3-1-J2-K313	
Tr1021MMarIntec	S6-1-J8-K172	S8-1-J8-K172*	S11-1-J1-K241*	S12-1-J1-K241
CComercioComcel	S6-1-J8-K173	S8-1-J8-K173*	S3-1-J4-K111	
Tr1029MayanGuar	S6-1-J8-K212	S8-1-J8-K212*	S11-1-J1-K242*	S12-1-J1-K242
8065)GUA074G1	S6-1-J8-K213*	S8-1-J8-K213	S11-1-J1-K243*	S12-1-J1-K243
TrCoatepequeGV	S6-1-J8-K221*	S8-1-J8-K221	S11-3-J1-K123	
8144)GUA085G1	S6-1-J8-K222*	S8-1-J8-K222	S11-1-J1-K251	S12-1-J1-K251*
8643)GUA136G2	S6-1-J8-K223*	S8-1-J8-K223	S11-3-J1-K243	
PruebaGV4T1N2	S6-1-J8-K231	S8-1-J8-K231		
VillaLobosGSM1	S6-1-J8-K232*	S8-1-J8-K232	S11-1-J1-K261*	S12-1-J1-K261
TelTelemedic	S6-1-J8-K253*	S8-1-J8-K253	S3-1-J4-K212	
TrGuardaReu2	S6-1-J8-K261*	S8-1-J8-K261	S11-3-J1-K131	
TrMiralbosGBNet	S6-1-J8-K311	S8-1-J8-K311*	S11-2-J1-K121	
PruebaGV4T1N4	S6-1-J8-K312*	S8-1-J8-K312	S3-1-J2-K141	
Tr7OrejasGuarda	S6-1-J8-K321*	S8-1-J8-K321	S13-1-J1-K373	S14-1-J1-K373*
TelPatroPacDiab	S6-1-J8-K322	S8-1-J8-K322*	S3-1-J4-K243	
Tr1077MirBosSaC	S6-1-J8-K323*	S8-1-J8-K323	S11-1-J1-K273*	S12-1-J1-K273
E1BancAlmPais	S6-1-J8-K331	S8-1-J8-K331*	S11-1-J1-K272	S12-1-J1-K272*
AtelMazatenango	S6-1-J8-K333*	S8-1-J8-K333	S11-3-J1-K133	
8084)GUA180G1	S6-1-J8-K341*	S8-1-J8-K341	S3-1-J4-K352	
TelDIDEA	S6-1-J8-K342	S8-1-J8-K342*	S3-1-J4-K251	
TelCorpChanidov	S6-1-J8-K343*	S8-1-J8-K343	S3-1-J4-K253	
TelAspradco	S6-1-J8-K351*	S8-1-J8-K351	S3-1-J4-K262	
TelManpower	S6-1-J8-K362*	S8-1-J8-K362	S3-1-J4-K312	
Tr1112	S6-1-J8-K363*	S8-1-J8-K363	S3-1-J4-K313	
NvaPedreraGSM	S6-1-J8-K371	S8-1-J8-K371		
TelDosPuntos	S6-1-J8-K372*	S8-1-J8-K372	S3-1-J4-K322	
S11-3-J1-K143	S6-1-J9-K112*	S8-1-J9-K112	S11-3-J1-K143	
TelRestopan	S6-1-J9-K113*	S8-1-J9-K113	S3-1-J4-K363	
AmigoSTMKLM113	S6-1-J9-K121	S8-1-J9-K121*	S11-2-J1-K122	
TelMoliModernZ9	S6-1-J9-K122*	S8-1-J9-K122	S3-1-J4-K332	
CiudadNuevaGSM	S6-1-J9-K123	S8-1-J9-K123		
TelguaTelnor1	S6-1-J9-K131	S8-1-J9-K131		
TelguaTelnor2	S6-1-J9-K132	S8-1-J9-K132		
TelFuturaGraphi	S6-1-J9-K133*	S8-1-J9-K133	S3-1-J4-K342	

Continuación del apéndice 1.

NE Name: TN-16XE/REFOR CENTRAL				
Label	From	To		
TelDistCaribe	S6-1-J9-K142	S8-1-J9-K142*	S3-1-J4-K351	
TrPalafox-Z9V	S6-1-J9-K151*	S8-1-J9-K151	S11-3-J1-K152	
TR1149GvPtoBarr	S6-1-J9-K152	S8-1-J9-K152*	S11-2-J1-K132	
IntenetDisagro	S6-1-J9-K163*	S8-1-J9-K163	S3-1-J4-K372	
S8-1-J9-K173	S6-1-J9-K173	S8-1-J9-K173		
TR1154GVZ6	S6-1-J9-K211	S8-1-J9-K211		
AmigonetK153	S6-1-J9-K212	S8-1-J9-K212		
TrSalcaja-10003	S6-1-J9-K221*	S8-1-J9-K221	S11-3-J1-K173	
TrRef4GV10003	S6-1-J9-K222	S8-1-J9-K222*	S1-1-J1-K111	
MartinicoGSM2	S6-1-J9-K223	S8-1-J9-K223		
HiperPNaraMCGSM	S6-1-J9-K231*	S8-1-J9-K231	S11-3-J1-K253	
Tr939	S6-1-J9-K232*	S8-1-J9-K232	S11-3-J1-K211	
TrPlazComCentro	S6-1-J9-K233	S8-1-J9-K233*	S11-2-J1-K151	
8856)GUA061G2	S6-1-J9-K241*	S8-1-J9-K241	S12-4-J1-K162	
7947)GUA121G1	S6-1-J9-K242*	S8-1-J9-K242	S11-1-J1-K343*	S12-1-J1-K343
7943)GUA061G1	S6-1-J9-K252*	S8-1-J9-K252	S12-4-J1-K122	
CatalinaGSM	S6-1-J9-K262*	S8-1-J9-K262	S12-4-J1-K132	
7942)GUA048G1	S6-1-J9-K263*	S8-1-J9-K263	S11-1-J1-K352*	S12-1-J1-K352
7945)GUA109G1	S6-1-J9-K271*	S8-1-J9-K271	S11-1-J1-K353	S12-1-J1-K353*
7948)GUA130G1	S6-1-J9-K272*	S8-1-J9-K272	S11-1-J1-K361	S12-1-J1-K361*
8202)GUA172G1	S6-1-J9-K273*	S8-1-J9-K273	S11-1-J1-K362*	S12-1-J1-K362
7905)GUA018G1	S6-1-J9-K311*	S8-1-J9-K311	S11-1-J1-K363*	S12-1-J1-K363
7909)GUA135G1	S6-1-J9-K312*	S8-1-J9-K312	S11-1-J1-K371	S12-1-J1-K371*
7907)GUA096G1	S6-1-J9-K313*	S8-1-J9-K313	S11-1-J1-K372	S12-1-J1-K372*
8191)GUA063G1	S6-1-J9-K321*	S8-1-J9-K321	S11-1-J1-K373	S12-1-J1-K373*
8670)MIC973G1	S6-1-J9-K322*	S8-1-J9-K322	S11-3-J1-K252	
7944)GUA098G1	S6-1-J9-K323*	S8-1-J9-K323	S12-4-J1-K141	
MayorpitZ11-Z2	S6-1-J9-K331*	S8-1-J9-K331	S1-1-J3-K143	
7897)GUA126G1	S6-1-J9-K333*	S8-1-J9-K333	S1-1-J1-K241	
7916)GUA024G1	S6-1-J9-K341*	S8-1-J9-K341	S1-1-J1-K233	
TelConcapa	S6-1-J9-K342*	S8-1-J9-K342	S11-2-J1-K153	
8072)GUA120G1	S6-1-J9-K343*	S8-1-J9-K343	S3-1-J1-K211	
8078)GUA154G1	S6-1-J9-K351*	S8-1-J9-K351	S3-1-J3-K152	
8639)GUA084G2	S6-1-J9-K352*	S8-1-J9-K352	S1-1-J2-K232	
8691)GUA126G2	S6-1-J9-K353*	S8-1-J9-K353	S1-1-J2-K233	
Troncal581	S6-1-J9-K361	S8-1-J9-K361*	S1-1-J2-K231	
TrCen3Tecpan	S6-1-J9-K362	S8-1-J9-K362*	S11-3-J1-K213	
Tr1312CoateGV01	S6-1-J9-K363*	S8-1-J9-K363	S11-3-J1-K221	
Tr1314MixcoStal	S6-1-J9-K371*	S8-1-J9-K371	S11-3-J1-K222	
E1IntBackFinanz	S6-1-J9-K372	S8-1-J9-K372		
Tr1518ZapotRef4	S6-1-J9-K373	S8-1-J9-K373*	S1-1-J1-K211	

Continuación del apéndice 1.

NE Name: TN-16XE/REFOR_CENTRAL				
Label	From	To		
Tr1108	S6-1-J10-K111*	S8-1-J10-K111	S11-3-J1-K231	
TelGranelsaPto	S6-1-J10-K112*	S8-1-J10-K112	S11-3-J1-K233	
IrtAguaCalieGSM	S6-1-J10-K113	S8-1-J10-K113		
Tr1539Z4IIZFran	S6-1-J10-K121*	S8-1-J10-K121	S3-1-J4-K353	
TelPNC1	S6-1-J10-K122	S8-1-J10-K122*	S3-1-J2-K251	
TelPNC2	S6-1-J10-K123	S8-1-J10-K123*	S3-1-J2-K252	
Tr1728MaesCent	S6-1-J10-K131	S8-1-J10-K131*	S1-1-J1-K172	
CCSnFcoGSMPoste	S6-1-J10-K132*	S8-1-J10-K132	S11-2-J1-K232	
TelQuimicosCali	S6-1-J10-K133*	S8-1-J10-K133	S3-1-J4-K371	
GUA251R043B04G2	S6-1-J10-K141*	S8-1-J10-K141	S3-1-J4-K142	
13848)GUA120G2	S6-1-J10-K142*	S8-1-J10-K142	S3-1-J4-K223	
E1MasesaBodeg42	S6-1-J10-K143*	S8-1-J10-K143	S12-4-J1-K322	
Tr2996	S6-1-J10-K151*	S8-1-J10-K151	S12-4-J1-K323	
TLFMarilan	S6-1-J10-K152*	S8-1-J10-K152	S11-3-J1-K361	
TR1895	S6-1-J10-K163	S8-1-J10-K163*	S1-1-J2-K163	
TR2157PradCarlo	S6-1-J10-K171	S8-1-J10-K171*	S1-1-J2-K171	
TelHnosGrajeda	S6-1-J10-K172	S8-1-J10-K172*	S3-1-J4-K132	
Tr1922MixMazate	S6-1-J10-K173*	S8-1-J10-K173	S11-3-J1-K343	
Tr1929StLuclpMa	S6-1-J10-K211*	S8-1-J10-K211	S11-3-J1-K262	
EtSnAntPazMCGSM	S6-1-J10-K212	S8-1-J10-K212		
8076)GUA136G1	S6-1-J10-K221*	S8-1-J10-K221	S11-3-J1-K351	
Tr3035	S6-1-J10-K231*	S8-1-J10-K231	S11-2-J1-K311	
TelPNC_Z6	S6-1-J10-K241*	S8-1-J10-K241	S3-1-J4-K143	
TelAcumullberia	S6-1-J10-K242*	S8-1-J10-K242	S12-4-J1-K243	
UMG_GSM2	S6-1-J10-K243	S8-1-J10-K243		
GUA396R124B11G1	S6-1-J10-K251	S8-1-J10-K251		
TR1983Proc-Z6	S6-1-J10-K252	S8-1-J10-K252*	S1-1-J2-K153	
17765)GUA291G1	S6-1-J10-K253*	S8-1-J10-K253	S12-3-J1-K131	
Troncal1229	S6-1-J10-K262	S8-1-J10-K262*	S1-1-J2-K212	
AmigRoutZ4II5_1	S6-1-J10-K271*	S8-1-J10-K271	S1-1-J2-K221	
10516)GUA257G2	S6-1-J10-K273*	S8-1-J10-K273	S12-4-J1-K133	
TelLogiservicio	S6-1-J10-K311	S8-1-J10-K311*	S3-1-J4-K153	
TelProservis	S6-1-J10-K312*	S8-1-J10-K312	S3-1-J4-K161	
TelEbclosion4	S6-1-J10-K313*	S8-1-J10-K313	S3-1-J4-K263	
Tr2540	S6-1-J10-K321	S8-1-J10-K321*	S13-1-J3-K313	S14-1-J3-K313*
GUA262R067B08G2	S6-1-J10-K322*	S8-1-J10-K322	S12-4-J1-K232	
GUA113R034B11G2	S6-1-J10-K332	S8-1-J10-K332		
TR1325Esc17Call	S6-1-J10-K341	S8-1-J10-K341*	S11-3-J1-K341	
E1CanAmiOpCh16	S6-1-J10-K343*	S8-1-J10-K343	S12-4-J1-K343	
Tr2987	S6-1-J10-K351*	S8-1-J10-K351	S12-4-J1-K321	
E1AmN8910U26IF4	S6-1-J10-K361*	S8-1-J10-K361	S12-4-J1-K331	

Continuación del apéndice 1.

NE Name: TN-16XE/REFOR_CENTRAL				
Label	From	To		
CallCenterNew1	S6-1-J10-K362*	S8-1-J10-K362	S11-3-J1-K363	
S11-3-J1-K271	S6-1-J10-K371*	S8-1-J10-K371	S11-3-J1-K271	
5434CableOroRey	S6-1-J10-K372	S8-1-J10-K372*	S11-3-J1-K373	
GUA268AtlanGSM1	S6-1-J10-K373	S8-1-J10-K373		
Tr3099	S6-1-J11-K111*	S8-1-J11-K111	S11-3-J1-K313	
TR1901_Z6-Marti	S6-1-J11-K113	S8-1-J11-K113		
IntComDelEjerci	S6-1-J16-K271	S8-1-J16-K271*	S11-2-J1-K272	
TrMMariaPetapa	S11-1-J1-K112	S12-1-J1-K112		
Tel-Manu.Caribe	S11-1-J1-K132*	S12-1-J1-K132	S3-1-J3-K161	
InyecPlasticos1	S11-1-J1-K161	S12-1-J1-K161*	S3-1-J3-K252	
InyecPlasticos2	S11-1-J1-K162	S12-1-J1-K162*	S3-1-J3-K253	
TelUnDSeguridad	S11-1-J1-K212	S12-1-J1-K212*	S3-1-J3-K262	
Tr1515ReforNima	S11-1-J1-K223	S12-1-J1-K223*	S1-1-J1-K173	
AviVillaLobZ11	S11-1-J1-K231*	S12-1-J1-K231	S11-2-J1-K372	
VillalobosTDMA1	S11-1-J1-K252	S12-1-J1-K252*	S3-1-J4-K361	
VillalobosTDMA2	S11-1-J1-K253	S12-1-J1-K253*	S3-1-J4-K362	
TrManyanGProc1	S11-1-J1-K262	S12-1-J1-K262		
TelUniautoPetap	S11-1-J1-K271	S12-1-J1-K271*	S3-1-J4-K242	
TelOrion	S11-1-J1-K312	S12-1-J1-K312*	S3-1-J4-K321	
TelSignosZ12	S11-1-J1-K321	S12-1-J1-K321*	S3-1-J4-K333	
TelTransLosAnde	S11-1-J1-K322	S12-1-J1-K322*	S3-1-J4-K341	
TelReyesREP-GAS	S11-1-J1-K323	S12-1-J1-K323*	S3-1-J3-K373	
TelShaddai	S11-1-J1-K331	S12-1-J1-K331*	S3-1-J4-K343	
TelMalherGLC	S11-1-J1-K332	S12-1-J1-K332*	S3-1-J3-K351	
TelPromAtlaPaci	S11-1-J1-K333*	S12-1-J1-K333	S3-1-J2-K242	
TR1887AuroraRef	S11-1-J1-K341	S12-1-J1-K341*	S1-1-J1-K242	
TrColinasMMaria	S11-1-J1-K342*	S12-1-J1-K342	S11-3-J1-K172	
Tr36400-Barbere	S11-2-J1-K123	S1-1-J1-K271		
PruebaFredex	S11-2-J1-K141	S1-1-J1-K141		
TampaAlboradaEs	S11-2-J1-K231	S11-3-J1-K162		
GUA049R050B08G2	S11-2-J1-K243	S12-4-J1-K131		
AeropuertoTDMA1	S11-2-J1-K252	S12-4-J1-K241		
Tr1795EscRef6	S11-2-J1-K253	S11-3-J1-K273		
TampaAlboradaEs	S11-2-J1-K262	S11-3-J1-K321		
TecniScan3M1	S11-2-J1-K263	S11-3-J1-K332		
TecniScan3M2	S11-2-J1-K271	S11-3-J1-K352		
Troncal_Tec_Ref	S11-2-J1-K273	S11-3-J1-K362		
Troncal_2015	S11-2-J1-K322	S1-1-J2-K222		
Tr1888BarbZ9VII	S11-2-J1-K333	S1-1-J2-K172		
TLF_De_Royal	S11-2-J1-K373	S12-4-J1-K271		
TrComcelPtoRefo	S11-3-J1-K132	S1-1-J2-K123		

Continuación del apéndice 1.

NE Name: TN-16XE/REFOR_CENTRAL				
Label	From	To		
CableDX4	S11-3-J1-K142	S1-1-J2-K142		
CanaAmatitCerro	S11-3-J1-K212	S12-4-J1-K143		
S1-1-J1-K163	S11-3-J1-K232	S1-1-J1-K163		
Tr1970PalaProc3	S11-3-J1-K263	S12-4-J1-K251		
Tr3040	S11-3-J1-K331	S11-2-J1-K251		
tr291RefPtoSnJo	S11-3-J1-K333	S1-1-J1-K213		
E1PYGGlobCrossi	S11-3-J1-K353	S1-1-J2-K213		
Tr1940TecuMazat	S11-3-J1-K371	S11-2-J1-K352		
TLF_Reguasa	S12-2-J1-K143	S12-4-J1-K373		
ESC534R004B08G1	S12-2-J1-K243	S12-4-J1-K211		
58PRA_CallC2	S12-3-J1-K132	S3-1-J2-K322		
59PRA_CallC3	S12-3-J1-K133	S3-1-J2-K323		
Tr7BocaBerlin	S12-3-J1-K141	S11-1-J1-K152		S12-1-J1-K152
TLF_PintuKendal	S12-3-J1-K142	S11-1-J1-K163		S12-1-J1-K163
LindaVistaGSM	S12-4-J1-K151	S11-2-J1-K172		
PalinGSM	S12-4-J1-K171	S11-3-J1-K151		
GUA546R163B08G1	S12-4-J1-K212	S11-2-J1-K233		
SonoraMC_GSM	S12-4-J1-K213	S11-2-J1-K143		
AmigoK313N8000	S12-4-J1-K221	S3-1-J3-K352		
IntBackbone6-1	S12-4-J1-K223	S1-1-J1-K351		
GUA276R058B08G1	S12-4-J1-K231	S11-2-J1-K241		
TLFTecUniversal	S12-4-J1-K233	S3-1-J1-K232		
GUA092L072S14RF	S12-4-J1-K242	S11-2-J1-K112		
GUA092L073S14RF	S12-4-J1-K253	S11-2-J1-K113		
GUA262L024S16RF	S12-4-J1-K261	S11-2-J1-K163		
GUA262L025S16RF	S12-4-J1-K263	S11-2-J1-K171		
VistaAILagoGSM2	S12-4-J1-K272	S11-2-J1-K361		
AmatitCerroGSM2	S12-4-J1-K273	S11-2-J1-K362		
8882)GUA194G2	S12-4-J1-K312	S11-2-J1-K371		
GUA078L057RRFS1	S12-4-J1-K332	S12-3-J1-K121		
GUA078L058RRFS1	S12-4-J1-K333	S12-3-J1-K122		
ESC541R081B08G1	S12-4-J1-K341	S12-3-J1-K123		
TLF_CODIDEMA	S12-4-J1-K353	S11-2-J1-K353		
E1Amigo	S12-4-J1-K361	S11-2-J1-K261		
Ecotermo_2	S12-4-J1-K363	S11-2-J1-K343		
TrAmatit-Aurora	S12-4-J1-K371	S11-2-J1-K342		
12685TLFMolStAn	S12-4-J1-K372	S11-2-J1-K351		
Tr-Escuin-Z4	S13-1-J1-K121	S14-1-J1-K121*	S1-1-J1-K352	
Bi#totalcom	S13-1-J1-K122	S14-1-J1-K122*	S3-1-J2-K212	
TrN16200N46400	S13-1-J1-K141	S14-1-J1-K141*	S1-1-J2-K152	
AmigoK321Z4_4	S13-1-J1-K321	S14-1-J1-K321*	S3-1-J1-K362	

Continuación del apéndice 1.

NE Name: TN-16XE/REFOR_CENTRAL				
Label	From	To		
ICG_Inmobiliari	S13-1-J1-K371	S14-1-J1-K371*	S1-1-J1-K112	
TrRefor-Zona4	S13-1-J1-K372	S14-1-J1-K372*	S1-1-J2-K121	
Atellxchiguan	S13-1-J2-K111	S14-1-J2-K111*	S11-3-J1-K171	
S1-1-J1-K323	S13-1-J2-K143	S14-1-J2-K143*	S1-1-J1-K323	
TR-1648-z9-z4	S13-1-J2-K153	S14-1-J2-K153*	S1-1-J1-K252	
262DT15	S13-1-J2-K222	S14-1-J2-K222*	S11-4-J1-K241	
270DT15	S13-1-J2-K342	S14-1-J2-K342*	S11-4-J1-K171	
TelServicomp	S13-1-J3-K131	S14-1-J3-K131*	S3-1-J3-K341	
TelAPSAZ4	S13-1-J3-K132	S14-1-J3-K132*	S3-1-J3-K142	
ICGAmigonet271	S13-1-J3-K133	S14-1-J3-K133*	S11-2-J1-K213	
E1CanaAmigo213	S13-1-J3-K223	S14-1-J3-K223*	S3-1-J4-K113	
Nestle_Internet	S13-1-J3-K231	S14-1-J3-K231*	S11-3-J1-K311	
Tr-1669-Ref-Z4	S13-1-J3-K251	S14-1-J3-K251*	S3-1-J2-K243	
Tr1682-Z4-Guard	S13-1-J3-K252	S14-1-J3-K252*	S1-1-J1-K322	
Tr1688Z4AgBatre	S13-1-J3-K272	S14-1-J3-K272*	S1-1-J1-K223	
Troncal2181	S13-1-J3-K273	S14-1-J3-K273*	S12-4-J1-K313	
Tr1844Z4PtoBarr	S13-1-J3-K311	S14-1-J3-K311*	S11-2-J1-K142	
TelHerramDeCali	S13-1-J3-K321	S14-1-J3-K321*	S3-1-J3-K321	
TR-1687-Z4-Z9	S13-1-J3-K352	S14-1-J3-K352*	S1-1-J1-K262	
E1AtelUnitel	S13-1-J3-K353	S14-1-J3-K353*	S1-1-J2-K131	
TelefMultiplaza	S13-1-J3-K361	S14-1-J3-K361*	S1-1-J1-K312	
RMIUFMXelaN2	S13-1-J4-K242	S14-1-J4-K242*	S1-1-J1-K342	
RMIUFMXwlaN1	S13-1-J4-K251	S14-1-J4-K251*	S1-1-J2-K141	
Troncal_546	S13-1-J4-K271	S14-1-J4-K271*	S12-4-J1-K311	
TelMaySerTorito	S13-1-J4-K311	S14-1-J4-K311*	S3-1-J4-K123	
Tr_Refor_Z4	S13-1-J4-K313	S14-1-J4-K313*	S1-1-J1-K231	
Tr_SAT_FR	S13-1-J4-K372	S14-1-J4-K372*	S1-1-J1-K331	

TN-16XE/GUARDA_CENTRAL			
Label	From	To	
8675)MIC916G1	S11-2-J1-K313	S11-4-J1-K353	
8676)MIC918G1	S11-2-J1-K321	S11-4-J1-K163	
8678)MIC923G1	S11-2-J1-K322	S11-4-J1-K363	
8671)GUA215G1	S11-2-J1-K351	S11-4-J1-K133	
E1Minis_Agricu	S11-2-J1-K353	S11-1-J1-K363	
8683)GUA127G2	S11-2-J1-K361	S11-1-J1-K131	
13714)SCT794G1	S11-2-J1-K362	S11-1-J1-K133	
8642)GUA058G2	S11-2-J1-K372	S11-3-J1-K312	
8667)GUA044G2	S11-2-J1-K373	S11-4-J1-K262	
GUA287R015B04	S11-3-J1-K161	S1-1-J3-K231	
13842)GUA279G2	S11-3-J1-K162	S1-1-J2-K312	

Continuación apéndice 1.

TN-16XE/GUARDA CENTRAL			
Label	From		To
GUA111R079B04G2	S1-1-J1-K121		S11-4-J1-K261
16752)MIC983G1	S1-1-J1-K172		S11-4-J1-K373
8051)GUA008G1	S1-1-J2-K221		S11-3-J1-K211
8637)GUA008G2	S1-1-J2-K261		S11-3-J1-K111
Tr1524MirafIRef	S1-1-J3-K223		S11-2-J1-K172
RooseveltGSM	S1-1-J4-K162		S11-3-J1-K341
TLFMasesaZ4	S2-1-J2-K351		S1-1-J1-K371
GUA119L053RGVS3	S6-1-J1-K111	S8-1-J1-K111*	S12-1-J1-K142
8886)GUA130G2	S6-1-J1-K113	S8-1-J1-K113*	S1-1-J1-K131
Tr1279	S6-1-J1-K121	S8-1-J1-K121*	S2-1-J1-K112
VistaAllagoGSM	S6-1-J1-K122	S8-1-J1-K122*	S1-1-J1-K331
8464)GUA184G1	S6-1-J1-K123	S8-1-J1-K123*	S2-1-J2-K321
GUA588R171B02G1	S6-1-J1-K131	S8-1-J1-K131*	S12-1-J1-K143
16686)GUA455G1	S6-1-J1-K132	S8-1-J1-K132*	S1-1-J1-K132
18182)GUA454G1	S6-1-J1-K133*	S8-1-J1-K133	S12-1-J1-K171
GUA027L110RGS4	S6-1-J1-K141	S8-1-J1-K141*	S12-1-J1-K371
GUA027L111RGS4	S6-1-J1-K143	S8-1-J1-K143*	S12-1-J1-K372
GUA352R169B02G1	S6-1-J1-K151	S8-1-J1-K151*	S12-1-J1-K153
GUA027L112RGS4	S6-1-J1-K152	S8-1-J1-K152*	S12-1-J1-K373
17024EnelXela	S6-1-J1-K153		S8-1-J1-K153
TLFSec_de_Mujer	S6-1-J1-K161*	S8-1-J1-K161	S1-1-J1-K111
Tr830Zona9Zona4	S6-1-J1-K171	S8-1-J1-K171*	S2-1-J3-K251
GUA245L079RGVS6	S6-1-J1-K172*	S8-1-J1-K172	S11-1-J1-K113
Celda_Zapote_2	S6-1-J1-K173	S8-1-J1-K173*	S1-1-J1-K173
GUA245L080RGVS6	S6-1-J1-K211*	S8-1-J1-K211	S11-1-J1-K171
TrPepsiEntreRio	S6-1-J1-K213	S8-1-J1-K213*	S1-1-J4-K233
Tr299Z4-GV	S6-1-J1-K221	S8-1-J1-K221*	S2-1-J1-K221
Transexpress	S6-1-J1-K222	S8-1-J1-K222*	S2-1-J1-K222
S2-1-J1-K171	S6-1-J1-K223	S8-1-J1-K223*	S2-1-J1-K171
Tr817PBarriosGV	S6-1-J1-K231	S8-1-J1-K231*	S2-1-J1-K111
TR834ZFGuarda	S6-1-J1-K233	S8-1-J1-K233*	S2-1-J3-K252
S2-1-J3-K253	S6-1-J1-K241	S8-1-J1-K241*	S2-1-J3-K253
GUA188R067B04G2	S6-1-J1-K242*	S8-1-J1-K242	S11-4-J1-K221
S1-1-J3-K162	S6-1-J1-K243	S8-1-J1-K243*	S1-1-J3-K162
7988)GUA102G1	S6-1-J1-K251	S8-1-J1-K251*	S1-1-J4-K272
TR846-Z4GV	S6-1-J1-K252	S8-1-J1-K252*	S2-1-J3-K263
7918)GUA084G1	S6-1-J1-K253*	S8-1-J1-K253	S11-4-J1-K252
Telgua_Guar_1	S6-1-J1-K261	S8-1-J1-K261*	S2-1-J1-K223
TLFComFarLanque	S6-1-J1-K263*	S8-1-J1-K263	S1-1-J1-K263
GUA068L020RGVS5	S6-1-J1-K321*	S8-1-J1-K321	S11-1-J1-K251
GUA042L031RRFS3	S6-1-J1-K323*	S8-1-J1-K323	S11-1-J1-K362

Continuación del apéndice 1.

TN-16XE/GUARDA CENTRAL			
Label	From		To
GUA042L032RRFS3	S6-1-J1-K331*	S8-1-J1-K331	S11-1-J1-K372
RioHondoGUarda2	S6-1-J1-K342	S8-1-J1-K342*	S2-1-J3-K262
TR883rZ4Guarda2	S6-1-J1-K343	S8-1-J1-K343*	S2-1-J3-K313
TR877-Z4II-GV2	S6-1-J1-K351	S8-1-J1-K351*	S2-1-J3-K273
Cel_Bethania_2	S6-1-J1-K352	S8-1-J1-K352*	S2-1-J1-K352
GUA067L020RGVS3	S6-1-J1-K353*	S8-1-J1-K353	S11-1-J1-K262
Celda_CMarti_2	S6-1-J1-K361	S8-1-J1-K361*	S1-1-J1-K361
TR383_Z4-2_5	S6-1-J1-K362	S8-1-J1-K362*	S2-1-J3-K142
GUA067L021RGVS3	S6-1-J1-K363*	S8-1-J1-K363	S11-1-J1-K373
TR879PetapaGV	S6-1-J1-K371	S8-1-J1-K371*	S2-1-J3-K311
TelefoniaUnitab	S6-1-J1-K372	S8-1-J1-K372*	S12-1-J1-K121
TLF_Samboro	S6-1-J1-K373*	S8-1-J1-K373	S11-2-J1-K363
17004)GUA462G1	S6-1-J2-K111*	S8-1-J2-K111	S11-4-J1-K141
GUA553R087B02G1	S6-1-J2-K112*	S8-1-J2-K112	S11-1-J1-K132
MarianoGalvez_2	S6-1-J2-K113	S8-1-J2-K113*	S1-1-J2-K113
Telnor_1	S6-1-J2-K121	S8-1-J2-K121*	S2-1-J2-K121
Telnor_2	S6-1-J2-K122	S8-1-J2-K122*	S2-1-J2-K122
GUA067L022RGVS3	S6-1-J2-K123*	S8-1-J2-K123	S11-1-J1-K161
Telnor_3	S6-1-J2-K132	S8-1-J2-K132*	S2-1-J2-K132
Telnor_4	S6-1-J2-K133	S8-1-J2-K133*	S2-1-J2-K133
Telnor_5	S6-1-J2-K141	S8-1-J2-K141*	S2-1-J2-K123
Telnor_6	S6-1-J2-K142	S8-1-J2-K142*	S2-1-J2-K142
TR880-Petapa2GV	S6-1-J2-K143	S8-1-J2-K143*	S2-1-J3-K312
GUA168L090RGVS3	S6-1-J2-K151	S8-1-J2-K151*	S1-1-J1-K113
Tr225	S6-1-J2-K152		S8-1-J2-K152
8482)GUA196G1	S6-1-J2-K153*	S8-1-J2-K153	S11-1-J1-K371
8415)GUA201G1	S6-1-J2-K161	S8-1-J2-K161*	S12-1-J1-K172
Tr453BarillasGV	S6-1-J2-K163	S8-1-J2-K163*	S2-1-J3-K322
25619)GUA948G1	S6-1-J2-K171	S8-1-J2-K171*	S12-1-J1-K112
TR352_Centro2	S6-1-J2-K172	S8-1-J2-K172*	S2-1-J1-K263
BNA_Telgua_1	S6-1-J2-K173	S8-1-J2-K173*	S2-1-J2-K162
BNA_Telgua_2	S6-1-J2-K211	S8-1-J2-K211*	S2-1-J2-K163
Tr1008MartisZ4I	S6-1-J2-K212	S8-1-J2-K212*	S2-1-J2-K171
GUA268L091RGVS3	S6-1-J2-K213	S8-1-J2-K213*	S1-1-J1-K122
LancascoMCGSM2	S6-1-J2-K222	S8-1-J2-K222*	S12-1-J1-K111
Jocotales_2	S6-1-J2-K223	S8-1-J2-K223*	S1-1-J2-K161
10447)GUA972G1	S6-1-J2-K232	S8-1-J2-K232*	S1-1-J1-K133
CiudadRealGSM	S6-1-J2-K242	S8-1-J2-K242*	S1-1-J1-K163
SnFranciscoGSM2	S6-1-J2-K251*	S8-1-J2-K251	S11-4-J1-K361
MartisMetronort	S6-1-J2-K252	S8-1-J2-K252*	S2-1-J2-K241
TR367_SieteOrej	S6-1-J2-K253	S8-1-J2-K253*	S2-1-J1-K232

Continuación del apéndice 1.

TN-16XE/GUARDA CENTRAL			
Label	From		To
17738)GUA223G2	S6-1-J2-K261*	S8-1-J2-K261	S11-1-J1-K172
BI_Westrust	S6-1-J2-K262	S8-1-J2-K262*	S1-1-J2-K251
TR380_Z4-2_4	S6-1-J2-K263	S8-1-J2-K263*	S2-1-J3-K141
GUA162L072RGVS4	S6-1-J2-K272	S8-1-J2-K272*	S1-1-J1-K153
16696)GUA454G1	S6-1-J2-K273	S8-1-J2-K273*	S1-1-J1-K161
GUA162L073RGVS4	S6-1-J2-K341	S8-1-J2-K341*	S1-1-J1-K171
Celd_Martinico2	S6-1-J2-K342	S8-1-J2-K342*	S1-1-J2-K331
GUA113L119S18GV	S6-1-J2-K352	S8-1-J2-K352*	S1-1-J1-K232
Ce_tipografia2	S6-1-J2-K353	S8-1-J2-K353*	S2-1-J2-K341
4411E1Int2UVG	S6-1-J2-K361	S8-1-J2-K361*	S1-1-J1-K271
TR35NimaGuarda3	S6-1-J2-K363	S8-1-J2-K363*	S2-1-J3-K351
18111)GUA998G1	S6-1-J2-K373*	S8-1-J2-K373	S12-1-J1-K162
8398)GUA195G1	S6-1-J3-K111*	S8-1-J3-K111	S11-1-J1-K143
8139)GUA014G1	S6-1-J3-K113	S8-1-J3-K113*	S1-1-J3-K151
TR157_Z4_1_5	S6-1-J3-K121	S8-1-J3-K121*	S2-1-J2-K263
S2-1-J2-K272	S6-1-J3-K123	S8-1-J3-K123*	S2-1-J2-K272
8658)GUA154G2	S6-1-J3-K133*	S8-1-J3-K133	S11-4-J1-K351
Tr1740AntAmati	S6-1-J3-K142*	S8-1-J3-K142	S11-2-J1-K323
BNA_Telgua_4	S6-1-J3-K143	S8-1-J3-K143*	S2-1-J2-K242
Cel_CentroGSM_1	S6-1-J3-K171	S8-1-J3-K171*	S1-1-J3-K171
MicroGSS28voNi	S6-1-J3-K211	S8-1-J3-K211*	S2-1-J1-K233
TLFSimanMiraflo	S6-1-J3-K213	S8-1-J3-K213*	S2-1-J3-K323
Tr87GVCentro	S6-1-J3-K223	S8-1-J3-K223*	S2-1-J2-K221
TrMartisCentro2	S6-1-J3-K231	S8-1-J3-K231*	S2-1-J2-K371
Tr1605TikalCent	S6-1-J3-K232*	S8-1-J3-K232	S11-2-J1-K171
BNATelgua3	S6-1-J3-K233	S8-1-J3-K233*	S2-1-J2-K332
AmatitlCerroGSM	S6-1-J3-K241	S8-1-J3-K241*	S1-1-J1-K321
TR350-Centro2_2	S6-1-J3-K243	S8-1-J3-K243*	S2-1-J3-K121
TLF_PapeleraLuz	S6-1-J3-K252	S8-1-J3-K252*	S1-1-J1-K313
7984)MIC913G1	S6-1-J3-K261	S8-1-J3-K261*	S1-1-J3-K332
TR280_Centro	S6-1-J3-K262	S8-1-J3-K262*	S2-1-J3-K133
Tr109-MartisZ4	S6-1-J3-K263	S8-1-J3-K263*	S2-1-J1-K322
Tr110-MartisZ4	S6-1-J3-K271	S8-1-J3-K271*	S2-1-J1-K323
Tr1433Zona4Cent	S6-1-J3-K273		S8-1-J3-K273
8954)GUA042G2	S6-1-J3-K311*	S8-1-J3-K311	S11-1-J1-K331
TR500-Centro2_6	S6-1-J3-K322	S8-1-J3-K322*	S2-1-J1-K311
TLFItysca	S6-1-J3-K351	S8-1-J3-K351*	S2-1-J4-K362
AmatitlanGSM	S6-1-J3-K352	S8-1-J3-K352*	S1-1-J2-K243
Tr1631N2600N710	S6-1-J3-K353		S8-1-J3-K353
Tr26	S6-1-J3-K371	S8-1-J3-K371*	S2-1-J2-K153
BodAtanTzGSM	S6-1-J4-K112	S8-1-J4-K112*	S1-1-J4-K313

Continuación del apéndice 1.

TN-16XE/GUARDA CENTRAL			
Label	From		To
Internet_BI_2	S6-1-J4-K132	S8-1-J4-K132*	S2-1-J1-K243
tr1789Z4-5Cen3	S6-1-J4-K133		S8-1-J4-K133
E1WirelessSolol	S6-1-J4-K141		S8-1-J4-K141
TelCodico	S6-1-J4-K142		S8-1-J4-K142
TLFCodicoLitegu	S6-1-J4-K143	S8-1-J4-K143*	S12-1-J1-K211
TelPNC	S6-1-J4-K151		S8-1-J4-K151
TLFOfimat	S6-1-J4-K161*	S8-1-J4-K161	S11-1-J1-K271
TelWhirpool	S6-1-J4-K162*	S8-1-J4-K162	S11-2-J1-K333
8663)GUA060G2	S6-1-J4-K171*	S8-1-J4-K171	S11-4-J1-K122
TelGrupoSisTras	S6-1-J4-K211	S8-1-J4-K211*	S1-1-J1-K362
GUA131L024RGVS3	S6-1-J4-K212		S8-1-J4-K212
GUA131L025RGVS3	S6-1-J4-K213		S8-1-J4-K213
GUA131L026RGVS3	S6-1-J4-K221		S8-1-J4-K221
Tr_MartisZ4_2_6	S6-1-J4-K233	S8-1-J4-K233*	S2-1-J3-K143
MicPaizParroGSM	S6-1-J4-K243		S8-1-J4-K243
8650)MIC926G1	S6-1-J4-K251*	S8-1-J4-K251	S11-3-J1-K273
TR351-Centro2-3	S6-1-J4-K252	S8-1-J4-K252*	S2-1-J3-K122
TR918-MayanGolf	S6-1-J4-K253	S8-1-J4-K253*	S2-1-J3-K232
8651)MIC927G1	S6-1-J4-K261*	S8-1-J4-K261	S11-3-J1-K373
8652)MIC928G1	S6-1-J4-K262*	S8-1-J4-K262	S11-4-J1-K111
MicMercParroGSM	S6-1-J4-K263		S8-1-J4-K263
GUA119L052RGVS3	S6-1-J4-K271	S8-1-J4-K271*	S12-1-J1-K132
MicCallMartiGSM	S6-1-J4-K273		S8-1-J4-K273
TLFHermes	S6-1-J4-K312	S8-1-J4-K312*	S2-1-J2-K143
Tr1394MNortPeta	S6-1-J4-K321	S8-1-J4-K321*	S12-1-J1-K273
E1AmigoNimak212	S6-1-J4-K323	S8-1-J4-K323*	S2-1-J3-K153
TelAlkemy_7Pra	S6-1-J4-K331	S8-1-J4-K331*	S12-1-J1-K363
TR378_Z4-2_1	S6-1-J4-K332	S8-1-J4-K332*	S2-1-J3-K151
TR341_Z4-2_2	S6-1-J4-K333	S8-1-J4-K333*	S2-1-J3-K112
Cel_El_Chato_2	S6-1-J4-K362	S8-1-J4-K362*	S12-1-J1-K152
18179)GUA268G2	S6-1-J4-K372		S8-1-J4-K372
8953)GUA042G1	S6-1-J4-K373*	S8-1-J4-K373	S11-1-J1-K323
8961)GUA131G1	S6-1-J5-K173*	S8-1-J5-K173	S11-1-J1-K341
8204)GUA177G1	S6-1-J5-K211	S8-1-J5-K211*	S1-1-J2-K271
Tr793_z14_Reu	S6-1-J5-K323	S8-1-J5-K323*	S1-1-J1-K323
8967)GUA162G1	S6-1-J5-K361*	S8-1-J5-K361	S11-1-J1-K361
8086)GUA054G1	S6-1-J6-K111*	S8-1-J6-K111	S11-4-J1-K152
MinervaGSM	S6-1-J6-K112*	S8-1-J6-K112	S11-3-J1-K233
8251)GUA119G1	S6-1-J6-K113	S8-1-J6-K113*	S1-1-J3-K172
Cel_Zona6_GSM_1	S6-1-J6-K123	S8-1-J6-K123*	S1-1-J3-K212
HosGeneralGSM_1	S6-1-J6-K131	S8-1-J6-K131*	S1-1-J3-K221

Continuación del apéndice 1.

TN-16XE/GUARDA CENTRAL			
Label	From		To
7994)GUA037G1	S6-1-J6-K133	S8-1-J6-K133*	S1-1-J3-K163
7998)GUA039G1	S6-1-J6-K141	S8-1-J6-K141*	S1-1-J3-K213
Tr-WIR-PtoBarri	S6-1-J6-K143	S8-1-J6-K143*	S2-1-J3-K242
AutoMariscosGSM	S6-1-J6-K162	S8-1-J6-K162*	S1-1-J2-K311
MicroCerveceGSM	S6-1-J6-K163		S8-1-J6-K163
TR920-NimaGuar1	S6-1-J6-K171	S8-1-J6-K171*	S2-1-J3-K331
AVONELESALVADOR	S6-1-J6-K252*	S8-1-J6-K252	S11-2-J1-K211
TR270Z4IIGV_6	S6-1-J6-K273	S8-1-J6-K273*	S2-1-J1-K273
Tr809CentroPeta	S6-1-J6-K312*	S8-1-J6-K312	S1-1-J1-K142
PradosTelnor	S6-1-J6-K313	S8-1-J6-K313*	S2-1-J1-K371
TR924	S6-1-J6-K373	S8-1-J6-K373*	S12-1-J1-K313
8962)GUA131G2	S6-1-J7-K141*	S8-1-J7-K141	S11-1-J1-K211
8251)GUA119G1	S6-1-J7-K142*	S8-1-J7-K142	S11-1-J1-K333
LaMontanaGSM	S6-1-J7-K151*	S8-1-J7-K151	S11-4-J1-K151
Tr900ZapoteUtat	S6-1-J7-K241	S8-1-J7-K241*	S1-1-J4-K121
GUA027R001B02G1	S6-1-J7-K242	S8-1-J7-K242*	S1-1-J1-K162
TelefonicaTelno	S6-1-J7-K243	S8-1-J7-K243*	S2-1-J3-K333
S2-1-J3-K272	S6-1-J7-K251*	S8-1-J7-K251	S2-1-J3-K272
TLFKraft	S6-1-J7-K252	S8-1-J7-K252*	S2-1-J3-K343
GUA014L114S18RF	S6-1-J7-K262	S8-1-J7-K262*	S1-1-J1-K242
TelMarBran	S6-1-J7-K263		S8-1-J7-K263
10495)MIC955G1	S6-1-J7-K273*	S8-1-J7-K273	S11-1-J1-K221
TR831Bvd-GV	S6-1-J7-K311	S8-1-J7-K311*	S2-1-J3-K353
TelDrogColon	S6-1-J7-K312		S8-1-J7-K312
TLFLogisticGrup	S6-1-J7-K313	S8-1-J7-K313*	S2-1-J3-K361
TR954BocaGuard1	S6-1-J7-K321	S8-1-J7-K321*	S2-1-J3-K363
TR955BocaGuard2	S6-1-J7-K322	S8-1-J7-K322*	S2-1-J3-K371
TR951-GV-REF	S6-1-J7-K323	S8-1-J7-K323*	S2-1-J3-K362
TLFEsbas	S6-1-J7-K331	S8-1-J7-K331*	S12-1-J1-K242
TLFChemilco	S6-1-J7-K332	S8-1-J7-K332*	S2-1-J3-K372
TR965Z6GuardaV	S6-1-J7-K341	S8-1-J7-K341*	S1-1-J3-K373
Comcel-Telem-SV		S8-1-J7-K343	S11-2-J1-K132
TR956SnPedroGV	S6-1-J7-K361	S8-1-J7-K361*	S2-1-J4-K111
TelConfAsesoría	S6-1-J7-K362	S8-1-J7-K362*	S1-1-J4-K112
8187)GUA050G1	S6-1-J7-K371	S8-1-J7-K371*	S1-1-J1-K343
TR974-Gv-16422	S6-1-J7-K372	S8-1-J7-K372*	S2-1-J1-K253
TLFMultimateria	S6-1-J7-K373	S8-1-J7-K373*	S2-1-J4-K113
TR994Reu-GV	S6-1-J8-K112	S8-1-J8-K112*	S2-1-J4-K122
TLFPainsa	S6-1-J8-K121	S8-1-J8-K121*	S12-1-J1-K243
S2-1-J4-K131	S6-1-J8-K122	S8-1-J8-K122*	S2-1-J4-K131
8653)GUA227G2	S6-1-J8-K132	S8-1-J8-K132*	S12-1-J1-K163

Continuación del apéndice 1.

TN-16XE/GUARDA CENTRAL			
Label	From		To
TelCongreso3	S6-1-J8-K133		S8-1-J8-K133
TelCongreso4	S6-1-J8-K141		S8-1-J8-K141
TelCongreso5	S6-1-J8-K142		S8-1-J8-K142
TR996SieteOrGV	S6-1-J8-K143	S8-1-J8-K143*	S2-1-J4-K133
TR865CentGV2_2	S6-1-J8-K151	S8-1-J8-K151*	S2-1-J4-K352
S2-1-J4-K142	S6-1-J8-K152	S8-1-J8-K152*	S2-1-J4-K142
T1006StaLuciaGV	S6-1-J8-K153	S8-1-J8-K153*	S2-1-J4-K143
TLFAsesAduana	S6-1-J8-K162	S8-1-J8-K162*	S2-1-J4-K151
TLFLGElectronic	S6-1-J8-K163	S8-1-J8-K163*	S2-1-J4-K123
TR1021	S6-1-J8-K172	S8-1-J8-K172*	S2-1-J1-K132
CComercioComcel	S6-1-J8-K173		S8-1-J8-K173
TR1029GVMayanG2	S6-1-J8-K212	S8-1-J8-K212*	S2-1-J4-K161
8065)GUA074G1	S6-1-J8-K213*	S8-1-J8-K213	S11-3-J1-K142
TrCoatepequeGV	S6-1-J8-K221	S8-1-J8-K221*	S2-1-J4-K162
8144)GUA085G1	S6-1-J8-K222	S8-1-J8-K222*	S1-1-J2-K353
8643)GUA136G2	S6-1-J8-K223*	S8-1-J8-K223	S11-3-J1-K232
VillaLobosGSM	S6-1-J8-K232	S8-1-J8-K232*	S1-1-J1-K213
TelTelemedic	S6-1-J8-K253	S8-1-J8-K253*	S1-1-J4-K213
TrGuardaReu2	S6-1-J8-K261	S8-1-J8-K261*	S2-1-J4-K213
TrMiralbosGBNet	S6-1-J8-K311*	S8-1-J8-K311	S11-2-J1-K131
Tr1066SieOGV	S6-1-J8-K321	S8-1-J8-K321*	S2-1-J4-K232
TelPatroPacDiab	S6-1-J8-K322		S8-1-J8-K322
Tr1077ScriMiral	S6-1-J8-K323*	S8-1-J8-K323	S11-2-J1-K352
Guarda-Petapa	S6-1-J8-K331	S8-1-J8-K331*	S2-1-J4-K152
AtelMazatenango	S6-1-J8-K333	S8-1-J8-K333*	S1-1-J4-K242
8084)GUA180G1	S6-1-J8-K341*	S8-1-J8-K341	S11-4-J1-K371
TLFDIDEA	S6-1-J8-K342	S8-1-J8-K342*	S2-1-J3-K271
TLFCorpChadinov	S6-1-J8-K343	S8-1-J8-K343*	S2-1-J4-K243
TelASPRADCO	S6-1-J8-K351	S8-1-J8-K351*	S1-1-J4-K132
TLFManpower	S6-1-J8-K362	S8-1-J8-K362*	S2-1-J4-K252
Tr1112	S6-1-J8-K363	S8-1-J8-K363*	S2-1-J4-K253
NvaPedreraGSM	S6-1-J8-K371*	S8-1-J8-K371	S11-1-J1-K332
TLFDosPuntos	S6-1-J8-K372	S8-1-J8-K372*	S2-1-J4-K373
TR1121_GV-Reu	S6-1-J9-K112	S8-1-J9-K112*	S2-1-J4-K273
TLFRestopan	S6-1-J9-K113	S8-1-J9-K113*	S2-1-J4-K343
S8-1-J9-K121	S6-1-J9-K121		S8-1-J9-K121
TLFMolinModerZ9	S6-1-J9-K122	S8-1-J9-K122*	S2-1-J4-K312
8574)GUA067G2	S6-1-J9-K123*	S8-1-J9-K123	S11-1-J1-K121
TelguaTelnor1	S6-1-J9-K131	S8-1-J9-K131*	S2-1-J4-K321
TelguaTelnor2	S6-1-J9-K132	S8-1-J9-K132*	S2-1-J4-K322
TLFFuturaGraphi	S6-1-J9-K133	S8-1-J9-K133*	S2-1-J4-K323

Continuación del apéndice 1.

TN-16XE/GUARDA_CENTRAL			
Label	From		To
TLFDistCaribe	S6-1-J9-K142	S8-1-J9-K142*	S2-1-J4-K342
Tr1218	S6-1-J9-K151	S8-1-J9-K151*	S2-1-J4-K372
Tr1149GVPToBarr	S6-1-J9-K152	S8-1-J9-K152*	S2-1-J4-K333
InternetDisagro	S6-1-J9-K163	S8-1-J9-K163*	S2-1-J4-K361
Tr532	S6-1-J9-K173	S8-1-J9-K173*	S2-1-J4-K311
LomNortGSMsnCri	S6-1-J9-K211	S8-1-J9-K211*	S12-1-J1-K113
Tr1016GV-Salcaj	S6-1-J9-K221	S8-1-J9-K221*	S2-1-J1-K161
TR1258Ref4-GV	S6-1-J9-K222	S8-1-J9-K222*	S2-1-J2-K273
HiperPNaraMCGSM	S6-1-J9-K231*	S8-1-J9-K231	S11-4-J1-K242
Tr939	S6-1-J9-K232	S8-1-J9-K232*	S2-1-J3-K222
TrPlazComCentro	S6-1-J9-K233		S8-1-J9-K233
8856)GUA061G2	S6-1-J9-K241*	S8-1-J9-K241	S11-1-J1-K232
7947)GUA121G1	S6-1-J9-K242	S8-1-J9-K242*	S1-1-J2-K212
7943)GUA061G1	S6-1-J9-K252	S8-1-J9-K252*	S1-1-J2-K322
HipPaizVNvaGSM	S6-1-J9-K261	S8-1-J9-K261*	S1-1-J1-K151
7942)GUA048G1	S6-1-J9-K263	S8-1-J9-K263*	S1-1-J1-K152
7945)GUA109G1	S6-1-J9-K271	S8-1-J9-K271*	S1-1-J3-K243
7948)GUA130G1	S6-1-J9-K272	S8-1-J9-K272*	S1-1-J2-K252
8202)GUA172G1	S6-1-J9-K273	S8-1-J9-K273*	S1-1-J4-K231
7905)GUA018G1	S6-1-J9-K311	S8-1-J9-K311*	S1-1-J4-K223
7909)GUA135G1	S6-1-J9-K312	S8-1-J9-K312*	S1-1-J1-K351
7907)GUA096G1	S6-1-J9-K313	S8-1-J9-K313*	S1-1-J2-K112
8191)GUA063G1	S6-1-J9-K321	S8-1-J9-K321*	S1-1-J1-K261
8670)MIC973G1	S6-1-J9-K322*	S8-1-J9-K322	S11-4-J1-K213
7944)GUA098G1	S6-1-J9-K323	S8-1-J9-K323*	S1-1-J2-K123
MayorpitZ12-Z11	S6-1-J9-K331	S8-1-J9-K331*	S2-1-J4-K332
7897)GUA126G1	S6-1-J9-K333*	S8-1-J9-K333	S11-3-J1-K223
7916)GUA024G1	S6-1-J9-K341*	S8-1-J9-K341	S11-3-J1-K131
TLFCompaca	S6-1-J9-K342	S8-1-J9-K342*	S12-1-J1-K173
8072)GUA120G1	S6-1-J9-K343*	S8-1-J9-K343	S11-3-J1-K313
8078)GUA154G1	S6-1-J9-K351*	S8-1-J9-K351	S11-3-J1-K163
8639)GUA084G2	S6-1-J9-K352*	S8-1-J9-K352	S11-3-J1-K241
8691)GUA126G2	S6-1-J9-K353*	S8-1-J9-K353	S11-1-J1-K141
Troncal581	S6-1-J9-K361		S8-1-J9-K361
Tr1315CenTecpan	S6-1-J9-K362		S8-1-J9-K362
Tr1312CoateGV	S6-1-J9-K363	S8-1-J9-K363*	S2-1-J4-K263
Tr1314ColinMixc	S6-1-J9-K371*	S8-1-J9-K371	S11-2-J1-K342
E1RDMIFinanzas	S6-1-J9-K372	S8-1-J9-K372*	S2-1-J4-K341
Tr1518ZapotRef4	S6-1-J9-K373		S8-1-J9-K373
Tr1108	S6-1-J10-K111	S8-1-J10-K111*	S2-1-J1-K123
TelGranelsaPto	S6-1-J10-K112	S8-1-J10-K112*	S12-1-J1-K123

Continuación del apéndice 1.

TN-16XE/GUARDA CENTRAL			
Label	From		To
Tr1539Z4IIZFran	S6-1-J10-K121	S8-1-J10-K121*	S1-1-J2-K222
TelPNC1	S6-1-J10-K122		S8-1-J10-K122
TelPNC2	S6-1-J10-K123		S8-1-J10-K123
Tr1728MaesCent	S6-1-J10-K131		S8-1-J10-K131
MicCCSanFcoGSM	S6-1-J10-K132*	S8-1-J10-K132	S11-4-J1-K113
TLFQuimCalAmeri	S6-1-J10-K133	S8-1-J10-K133*	S12-1-J1-K212
GUA251RO43B04G2	S6-1-J10-K141*	S8-1-J10-K141	S11-3-J1-K213
13848)GUA120G2	S6-1-J10-K142*	S8-1-J10-K142	S11-3-J1-K243
E1MasesaBodeg42	S6-1-J10-K143	S8-1-J10-K143*	S1-1-J1-K352
Tr2996	S6-1-J10-K151	S8-1-J10-K151*	S1-1-J1-K363
TLFMarilan	S6-1-J10-K152	S8-1-J10-K152*	S1-1-J1-K372
Tr1895	S6-1-J10-K163		S8-1-J10-K163
Tr1904Z9IVZapot	S6-1-J10-K171		S8-1-J10-K171
TelHnosGrajeda	S6-1-J10-K172		S8-1-J10-K172
Tr1922MixMazate	S6-1-J10-K173*	S8-1-J10-K173	S11-2-J1-K341
tr1929StLuclpMa	S6-1-J10-K211*	S8-1-J10-K211	S11-2-J1-K343
8076)GUA136G1	S6-1-J10-K221*	S8-1-J10-K221	S11-3-J1-K143
Tr3035	S6-1-J10-K231*	S8-1-J10-K231	S1-1-J1-K262
TLFPNCZ6	S6-1-J10-K241*	S8-1-J10-K241	S11-1-J1-K111
TLFAcumullberia	S6-1-J10-K242*	S8-1-J10-K242	S11-1-J1-K112
13856)GUA396G1	S6-1-J10-K251	S8-1-J10-K251*	S12-1-J1-K133
TR1983Proc-Z6	S6-1-J10-K252		S8-1-J10-K252
17765)GUA291G1	S6-1-J10-K253		S8-1-J10-K253
troncal1229	S6-1-J10-K262		S8-1-J10-K262
AmigRoutZ4II5_1	S6-1-J10-K271*	S8-1-J10-K271	S11-2-J1-K272
10516)GUA257G2	S6-1-J10-K273*	S8-1-J10-K273	S11-1-J1-K243
TelLogiservi	S6-1-J10-K311	S8-1-J10-K311*	S12-1-J1-K311
TLFProservice	S6-1-J10-K312	S8-1-J10-K312*	S12-1-J1-K312
TelEbclosion4	S6-1-J10-K313	S8-1-J10-K313*	S1-1-J3-K352
Tr2540	S6-1-J10-K321		S8-1-J10-K321
GUA262R067B08G2	S6-1-J10-K322*	S8-1-J10-K322	S11-1-J1-K261
GUA113R034B11G2	S6-1-J10-K332	S8-1-J10-K332*	S1-1-J1-K212
TR1325Esc17Call	S6-1-J10-K341		S8-1-J10-K341
E1CanAmiOpCh16	S6-1-J10-K343*	S8-1-J10-K343	S11-1-J1-K343
Tr2987	S6-1-J10-K351	S8-1-J10-K351*	S1-1-J1-K373
E1AmN8910U26IF4	S6-1-J10-K361	S8-1-J10-K361*	S12-1-J1-K141
CallCenterNew1	S6-1-J10-K362*	S8-1-J10-K362	S11-2-J1-K251
S1-1-J1-K353	S6-1-J10-K371	S8-1-J10-K371*	S1-1-J1-K353
5434CableOroRey	S6-1-J10-K372		S8-1-J10-K372
10412)GUA268G1	S6-1-J10-K373	S8-1-J10-K373*	S12-1-J1-K122
Tr3099	S6-1-J11-K111	S8-1-J11-K111*	S1-1-J1-K123

Continuación del apéndice 1.

TN-16XE/GUARDA_CENTRAL			
Label	From		To
TR1901_Z6-Marti	S6-1-J11-K113	S8-1-J11-K113*	S1-1-J4-K113
Tr3832Metr-Guar	S6-1-J16-K271		S8-1-J16-K271
12GAMGSMSC3	S11-1-J1-K122		S11-2-J1-K113
10422)MIC975G1	S11-1-J1-K152		S11-4-J1-K333
8655)GUA073G2	S11-1-J1-K162		S11-4-J1-K121
Kaminal2GSM2	S11-1-J1-K163		S11-4-J1-K251
8665)GUA054G2	S11-1-J1-K231		S11-4-J1-K132
10421)MIC904G1	S11-1-J1-K242		S11-4-J1-K143
8053)GUA023G1	S11-1-J1-K252		S11-3-J1-K321
GUA035R013B04G2	S11-1-J1-K253		S11-3-J1-K251
Troncal_922	S11-1-J1-K311		S11-2-J1-K112
9020)SCT709G1	S11-1-J1-K312		S11-2-J1-K332
9095)SCT713G1	S11-1-J1-K313		S11-2-J1-K253
8411)GUA227G1	S11-1-J1-K322		S12-1-J1-K161
TLFNestle2	S11-2-J1-K111		S12-1-J1-K321
TelLogisticGrup	S11-2-J1-K121		S12-1-J1-K263
Tr943	S11-2-J1-K123		S12-1-J1-K262
Tr941	S11-2-J1-K141		S12-1-J1-K261
8068)GUA086G1	S11-2-J1-K142		S11-3-J1-K252
Tr1004ProceBosq	S11-2-J1-K151		S12-1-J1-K271
8059)GUA058G1	S11-2-J1-K152		S11-3-J1-K371
8070)GUA107G1	S11-2-J1-K153		S11-3-J1-K172
UFMANT_1	S11-2-J1-K161		S1-1-J1-K211
UFMANT_2	S11-2-J1-K162		S11-1-J1-K213
Tr1837Utatl2CV3	S11-2-J1-K173		S1-1-J3-K173
8674)MIC912G1	S11-2-J1-K212		S11-4-J1-K253
8080)MIC906G1	S11-2-J1-K213		S11-3-J1-K363
8081)MIC924G1	S11-2-J1-K221		S11-3-J1-K173
25622_IntCanje	S11-2-J1-K222		S11-1-J1-K123
MirafloresGSM	S11-2-J1-K223		S11-3-J1-K323
8056)GUA044G1	S11-2-J1-K231		S11-3-J1-K151
8079)GUA159G1	S11-2-J1-K232		S11-3-J1-K263
8673)MIC911G1	S11-2-J1-K241		S11-4-J1-K153
Intelfon_Tikal	S11-2-J1-K242		S1-1-J1-K143
8654)MIC936G1	S11-2-J1-K252		S11-4-J1-K311
MasesaZ4Mayorpi	S11-2-J1-K261		S1-1-J1-K252
8417)GUA202G1	S11-2-J1-K262		S11-4-J1-K313
8418)GUA207G1	S11-2-J1-K263		S11-4-J1-K123
8648)GUA171G1	S11-2-J1-K273		S11-3-J1-K153
8672)MIC905G1	S11-2-J1-K311		S11-4-J1-K343
8677)MIC920G1	S11-2-J1-K312		S11-4-J1-K263

Continuación del apéndice 1.

TN-16XE/GUARDA Central		
Label	From	To
8066)GUA077G1.	S11-3-J1-K342	S1-1-J1-K221
8560)MIC894G1	S11-3-J1-K351	S11-2-J1-K163
8058)GUA053G1	S11-3-J1-K361	S12-1-J1-K151
17323)GUA463G1	S11-4-J1-K112	S12-1-J1-K221
16914)MIC989G1	S11-4-J1-K131	S1-1-J1-K141
12994)GUA273G1	S11-4-J1-K172	S11-1-J1-K151
8679)MIC958G1	S11-4-J1-K173	S11-1-J1-K173
8661)GUA243G1	S11-4-J1-K212	S11-1-J1-K222
NvaMontserCMGSM	S11-4-J1-K222	S11-1-J1-K241
17362)MIC885G1	S11-4-J1-K223	S12-1-J1-K251
16913)GUA458G1	S11-4-J1-K231	S2-1-J3-K111
10423)MIC974G1	S11-4-J1-K233	S11-1-J1-K142
MIC887R115B04G1	S11-4-J1-K243	S11-1-J1-K212
8083)GUA164G1	S11-4-J1-K271	S2-1-J2-K152
17361)GUA465G1	S11-4-J1-K272	S11-1-J1-K353
16630)GUA452G1	S11-4-J1-K321	S11-1-J1-K273
8664)GUA246G1	S11-4-J1-K322	S11-1-J1-K223
S12-1-J1-K252	S11-4-J1-K323	S12-1-J1-K252
8085)GUA036G1	S11-4-J1-K342	S2-1-J4-K371
8416)GUA205G1	S11-4-J1-K362	S2-1-J1-K151

Fuente: elaboración propia, con matriz de cross-conexión desde plataforma de gestión Nortel.

