

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO E IMPLANTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE DATO Y VOZ EN LA SUBESTACIÓN SANTA TERESA Y DESPACHO DE CARGA CENTRAL EN CORPOELEC-CADAFE

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central De Venezuela
por el Br. Sandy Lozano M.
para optar al título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2011

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO E IMPLANTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE DATO Y VOZ EN LA SUBESTACIÓN SANTA TERESA Y DESPACHO DE CARGA CENTRAL EN CORPOELEC-CADAFE

Prof. Guía: Ing. Zeldivar Bruzual
Tutor Industrial: Ing. Boris Mijares

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central De Venezuela
por el Br. Sandy Lozano M.
para optar al título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2011

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 30 de marzo de 2011

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Sandy Lozano titulado:

**“ESTUDIO E IMPLANTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE DATOS Y VOZ EN
LA SUBESTACIÓN SANTA TERESA Y DESPACHO DE CARGA CENTRAL
DE CORPORACIÓN ELÉCTRICA NACIONAL-CADAFE”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.



Prof. Carlos Moreno
Jurado



Prof. Luis Fernández
Jurado



Prof. Zeldívar Bruzual
Prof. Guía

DEDICATORIA

Principalmente a mis padres Orlanda Rosa De Lozano Moreno y José Benito Lozano, a mis hermanos Danny Lozano, Jenny Lozano, Yolimar Lozano también especialmente a mi hijo Yoiner Sthy Lozano y mi novia María Auxiliadora Briceño donde todos de una forma u otra me dieron fuerza para poder realizar esta meta en mi vida de gran importancia, sirvieron de apoyo, inspiración y confianza en la culminación de mis objetivos.

RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

Muy especialmente a mi madre Orlanda Rosa De Lozano quien con todo su amor y dedicación me apoya, del cual se siente orgullosa de su hijo porque debido a sus buenos consejos, perseverancia y crianza ha llevado por el camino de la enseñanza a culminar una meta importante como es ver a su hijo graduarse de ingeniero electricista. También a mi padre José Benito Lozano que en todo momento estuvo pendiente en la trayectoria de mi carrera y verificando que no decayera o me diera por vencido.

A mi casa de estudio la Universidad Central De Venezuela donde adquirí buenos conocimientos universitarios y personales, también a mis compañeros de estudio que su empuje fue de gran ayuda para mi.

Agradezco a mi tutor académico Zeldivar Bruzual por su apoyo, recomendaciones y buenos consejos para poder terminar la tesis. Mi tutor industrial Ing. Boris Mijares ya que sin la ayuda de el no hubiese terminado mi tesis.

A mis amigos de CORPOELEC, Ing. Efrén, y muy especialmente a T.S.U. Carlos Toro por su apoyo incondicional, sus consejos y conocimientos para el desarrollo de la tesis quien fue pieza clave e importante en la investigación.

Lozano M., Sandy

ESTUDIO E IMPLANTACION DE LOS SERVICIOS DE DATO Y VOZ EN LA SUBESTACION SANTA TERESA Y DESPACHO DE CARGA CENTRAL EN CORPOELEC–CADAPE

Prof. Guía: Zeldivar Bruzual. Tutor Industrial: Ing. Boris Mijares. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: CORPOELEC-CADAPE. 2011. 87 h. + anexos.

Palabras claves: Fibra Óptica; Jerarquía digital síncrona; Integración de los equipos; Enlace de comunicación; Multiplexación por División de Longitud de Onda Densa; Topologías de Redes; Integración de los equipos; Sistema de gestión de elementos de red.

Resumen. Se presenta la modernización de los equipos existentes en la subestaciones Santa Teresa y despacho de carga central de CORPOELEC-CADAPE, mediante el estudio e implantación de servicios de datos y voz, los operadores encargados de transmitir y recibir información acerca de la operatividad de los equipos de energía eléctrica como líneas de transporte, transmisión, distribución, medición y control hasta llegar a la utilización de los usuarios finales utilizaban equipos de onda portadora analógica, onda portadora digital, microondas, sala de altas frecuencias (HF), central telefónica. Donde se vio en la necesidad de ser cambiados para obtener una red de datos y voz de mayor capacidad, velocidad, ancho de banda usando la tecnología de fibra óptica y jerarquía digital síncrona (SDH) debido a la factibilidad de integración de los equipos como su nivel de protección al configurarlos de la mejor manera. También se utilizó la tecnología de multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM) para aumentar la capacidad y poder enviar los datos por la fibra óptica de forma rápida, segura y confiable para obtener una red de comunicación óptima.

ÍNDICE GENERAL

CONSTANCIA DE APROBACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
LISTA DE TABLAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE GRÁFICAS.....	xiii
SIGLAS.....	xiv
ACRÓNIMOS.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
PRELIMINARES.....	3
1.1 Antecedentes del estudio.....	3
1.2 Justificación.....	4
1.3 Planteamiento del problema.....	4
1.4 Objetivo General.....	4
1.5 Objetivos Específicos.....	5
1.6 Metodología.....	5
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Sistema de comunicación por fibra óptica.....	7
2.1.1 Tecnología de fibra óptica.....	8
2.1.2 Frecuencia y longitud de onda de la fibra óptica.....	9
2.1.3 Estructura de la fibra óptica.....	9
2.1.4 Clasificación de la fibra óptica.....	11

2.1.4.1	Forma de construcción.....	11
2.1.4.2	Distribución del índice de refracción.....	12
2.1.4.3	Número de modos de transmisión.....	12
2.1.5	Reflexión interna total de la fibra.....	14
2.1.6	Propuesta o recomendaciones para la instalación de la fibra.....	15
2.1.6.1	Calculo de la reflectancia.....	16
2.1.6.2	Pérdidas de retorno ópticas (Optical Return Loss, ORL).....	16
2.1.7	Tres recomendaciones de la ITU-T para la transmisión por fibra óptica...21	
2.1.8	Conectores de fibra óptica.....	21
2.1.8.1	Diferentes tipos de conectores y empalmes.....	22
2.1.8.2	Relación de conexión de fibra óptica.....	23
2.2	Jerarquía Digital Síncrona (SDH).....	26
2.2.1	Ventajas de SDH.....	27
2.2.2	Desventajas del SDH.....	29
2.2.3	Características de SDH.....	29
2.2.4	Velocidad de SDH.....	30
2.2.5	Estructura de la trama SDH.....	31
2.2.6	Multiplexación SDH/ Estructura de mapeo y asignación.....	34
2.2.7	Funciones de la cabecera de SDH.....	38
2.2.7.1	Arreglo de SOH.....	39
2.2.7.1.1	Arreglo de orden superior (high-order) POH.....	47
2.2.7.1.2	Arreglo de orden inferior (low-order) POH.....	53
2.2.7.2	Composición lógica de equipos SDH.....	54
2.2.7.2.1	TM.....	54
2.2.7.2.2	ADM.....	55
2.2.7.2.3	REG.....	56
2.2.7.2.4	DXC.....	57
2.2.7.3	Topología física de la red de transporte.....	58
2.2.7.4	Tiempo de sincronización.....	59
2.2.7.5	SSM función de la interfaz SDH.....	59

2.2.7.6 Aplicaciones de la cabecera SDH.....	60
2.3 Multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM).....	61
2.3.1 Características de DWDM.....	64
2.3.1.1 Requerimientos típicos de la relación señal a ruido óptico (OSNR) para sistemas DWDM.....	64
2.3.2 Tecnologías DWDM.....	65
CAPÍTULO III.....	66
FACTIBILIDAD DE INTEGRACION DE LOS EQUIPOS.....	66
3.1 Análisis y situación anterior de las telecomunicaciones en CADAFE tramo Santa Teresa y Despacho de Carga Central.....	66
3.2 Sistema de comunicaciones por fibra óptica actual.....	71
3.3 Implementación de los equipos de comunicación óptica.....	75
3.4 Integración de los equipos.....	77
CAPÍTULO IV.....	79
TOPOLOGÍA DE LA RED Y CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS.....	79
4.1 Propuesta de la nueva topología para la red de voz y dato.....	79
4.2 Configuración de los equipos para integrar todos los dispositivos de comunicaciones.....	81
CONCLUSIONES.....	85
RECOMENDACIONES.....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
BIBLIOGRAFÍAS.....	90
GLOSARIO.....	93
ANEXOS.....	95

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de conectores.....	21 y 22
Tabla 2: Comparación entre conectores y empalmes	22
Tabla 3: Estiramiento y fuerza de aplanamiento permitidos.....	23
Tabla 4: Radio de curvatura mínimo permitidos.....	23
Tabla 5: Valores típicos de pérdidas para fibras ópticas.....	26
Tabla 6: Especificaciones de conectores.....	26
Tabla 7: Velocidad y capacidad de canales de los módulos de transporte.....	30
Tabla 8: Lista de especificaciones y códigos del byte C2.....	49
Tabla 9: Lista de códigos SSM	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama del enlace de comunicaciones por fibra óptica.....	7
Figura 2: Estructura base de la fibra.....	10
Figura 3: Estructura completa de la fibra.....	11
Figura 4: Clasificación de las fibras.....	14
Figura 5: Reflexión interna total de la fibra.....	14
Figura 6: Curvatura de una fibra.....	15
Figura 7: Microcurvatura de la fibra.....	15
Figura 8: Empalmes mecánico.....	17
Figura 9: Empalme por fusión.....	17 y 18
Figura 10: Absorción intrínseca.....	18
Figura 11: Dispersión.....	19
Figura 12: Tolerancia de la comunicación a CD.....	19
Figura 13: Compensación por dispersión de la fibra.....	20
Figura 14: Tipos de conectores.....	22
Figura 15: Diagrama de red.....	24
Figura 16: Relación conexión de fibra óptica.....	24
Figura 17: Comparación de señales de inserción o extracción entre SDH y PDH.....	28
Figura 18: Estructura de la trama.....	31
Figura 19: Función de la PTR para un encapsulado pequeño.....	34
Figura 20: Estructura de Multiplexión en SDH estipulado por la ITU-T.....	35
Figura 21: Arreglo de Byte en STM-1.....	39
Figura 22: Canal de comunicación de datos.....	42
Figura 23: Función del Orderwire bytes: E1 y E2.....	43
Figura 24: Sección múltiplex-Indicador de deficiencia remota K2 (b6 hasta b8).....	45
Figura 25: Sección múltiplex-Indicador de error remoto (MS-REI) byte: M1.....	46
Figura 26: Rutas de cabecera para orden superior	47

Figura 27: Recorrido byte J1.....	48
Figura 28: Ruta del BIP-8.....	49
Figura 29: Ruta de la señal designada C2.....	50
Figura 30: Ruta del byte G1.....	50
Figura 31: Ruta del byte H4.....	51
Figura 32: Ruta de cabecera de orden inferior.....	52
Figura 33: Ruta del byte V5.....	53
Figura 34: Modelo TM.....	55
Figura 35: Modelo ADM.....	55
Figura 36: Modelo REG.....	56
Figura 37: Modelo Conexión cruz digital (DXC: Digital Cross-Connect).....	57
Figura 38: Topologías físicas para la red SDH	58
Figura 39: Contenido del byte S1.....	60
Figura 40: Composición del sistema DWDM.....	61
Figura 41: Relación entre DWDM y otros servicios.....	63
Figura 42: Requerimientos para DWDM.....	64
Figura 43: Esquema de conexión Onda Portadora (Mariposa).....	67
Figura 44: Esquema de conexión microondas antiguo.....	70
Figura 45: Esquema de conexión vía fibra óptica y microondas actual.....	72
Figura 46: Cable OPGW con empalme y torre.....	73 y 74
Figura 47: Conexión externa con interconexión de equipos activos.....	75
Figura 48: Propuesta de nueva topología de la red de voz y dato.....	80
Figura 49: Ventana de línea óptica o administrador de enlace.....	83
Figura 50: Ventana de configuración de servicio, señalando la estructura de multiplexión.....	83

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Atenuación y dispersión de la fibra.....	20
Gráfica 2: Relación atenuación y longitud de onda.....	63

SIGLAS

ANSI American National Standards Institute (Instituto Nacional Americano de Estándares)

CADAFE Compañía Anónima De Administración y Fomento Eléctrico.

CNG Centro Nacional de Gestión.

CORPOELEC Corporación Eléctrica Nacional

EDELCA Electrificación del Caroní C.A.

ETSI European Telecommunication Standards Institute (Instituto Europeo de Estándar de Telecomunicaciones)

IEEE Institute of Electrical and Electronic Engineers (Instituto de Ingenieros, Electricistas y Electrónicos)

ITU The International Telecommunication Union (La Unión Internacional de Telecomunicaciones)

IVIC Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas

ZTE Zhong Xing Telecommunication Equipment Company Limited

ACRÓNIMOS

ADM	Add Drop Multiplexor (Agregar o Quitar Multiplexores)
AFEC	Forward Error Correction Advanced (Corrección de Error Adelante Avanzado)
AIS	Alarm Indication Signal (Señal Indicadora de Alarma)
APD	Avalanche Photo Diode (Fotodiodo Avalancha)
APId	Path Access Point Identifier (Identificador de Punto de Acceso o Ruta)
APO	Automatic Power Optimization (Optimización Automática de Energía)
APS	Automatic Protection Switching (Conmutación Automática de protección)
ATM	Asynchronous Transfer Mode (Modo de Transferencia Asíncrona)
AU	Administration Unit (Unidad de Administración)
AUG	Administration Unit Group (Grupo Unidad Administrativa)
AU-PTR	Administration Unit-Pointer Area (Área de Unidad – Puntero de Administración)
BER	Bit Error Ratio (Tasa de Error de Bit)
BIP	Bit Parity (Bit de Paridad)
C	Container (Contenedores)
CBR	Constant Bit Rate (Tasa de Bit Constante)
CD	Chromatic Dispersion (Dispersión Cromática)
CPE	Equipo local del cliente
CSB	Cross Switch B Type (Conmutador Cruz Tipo B)
CSD	Cross Switch D Type (Conmutador Cruz Tipo D)
CSE	Cross Switch E Type (Conmutador Cruz Tipo E)
DCC	Data Communications Channel (Canal de Comunicación de Datos)
DDF	Digital Distribution Frame (Trama de Distribución Digital)
DNI	Dual Node Interconnection (Doble Nodo de Interconexión)
DXC	Digital Cross-Connect (Conexión Digital Cruzada)

DWDM Dense Wavelength Division Multiplexing (Multiplexación por División de Longitud de Onda Densa)

EAM Electrical Absorption Modulator (Modulador por Absorción Eléctrica)

ECC Embedded Control Channel (Canal de Control Integrado)

EDFA Erbium Doped Fiber Amplifier (Amplificador de Fibra Dopada Erbium)

EFEC Enhanced Forward Error Correction (Corrección de Error Adelante Mejorado)

EMS Element Management System (Sistema de Gestión de Elementos)

EPROM Erasable Programmable Read Only Memory (Memoria de Solo Lectura Programable Borrable)

ESCON Enterprise System Connection (Conexión de Sistema Empresarial)

FAS Frame Alignment Section (Sección de Alineación de Trama)

FE Fast Ethernet (Ethernet de Alta Velocidad)

FEC Forward Error Correction (Corrección de Error Adelante)

FICON Fiber Connection (Conexión de la Fibra)

GUI Graphical User Interface (Interfaces Gráficas de Usuario)

HO High Order (Orden Superior)

HOBA High Power Optical Booster Amplifier (Amplificador Booster Óptico de Alta Saturación)

Hz Hertz

IP Internet Protocol (Protocolo Internet)

ISI Intersymbol Interference (Interferencia Intersimbólica)

Kbps ó también kbits/s kilobits per second (one thousand bits per second) (Mil bits por segundo)

LD Laser Diode (Diodo Láser)

LOF Loss of Frame (Pérdida de la trama)

LOAPID Low Order Path Access Point Identifier (Identificador Punto de Acceso de Bajo Orden)

MAN Metropolitan Area Network (Red de Area Metropolitana)

MCU Micro Control Unit (Unidad de Control Micro)

MPI Message Passing Interface (Interfaz de Paso de Mensajes)

MM Multi Mode (Multimodo)

MS Multiplex Section (Sección Múltiplex)

MSOH Multiplex Section Overhead (Cabecera de Sección de Multiplexión)

MSP Multiplex Section Protection (Protección de Sección Múltiplex)

MSTP Multiple Spanning Tree Protocol (Protocolo de Árbol Extensible Múltiple)

NCP Network Element Control Processor (Procesador de Control Inteligente)

NE Network Element (Elemento de Red)

NMS Network Management System (Sistema de Gestión de Red)

nrt-VBR no real time-Variable Bit Rate (Tasa de Bit Variable en tiempo no real)

OA Optical Amplifier (Amplificación Óptica)

OADM Optical Add Drop Multiplexor (Multiplexores Ópticos de Agregar o Quitar)

OAM Operation, Administration and Maintenance (Operación, Administración y Mantenimiento)

OBA Optical Booster Amplifier (Amplificador Booster Óptico)

ODF Optical Fiber Distribution Frame (Trama de Distribución de la Fibra Óptica)

OLA Optical Line Amplifier (Amplificador de Línea Óptica)

OPA Optical Preamplicator (Preamplificador Óptico)

OPGW Optical Power Ground Wire (Cable de Tierra de Potencia Óptica)

ORL Optical Return Loss (Pérdida de Retorno Óptico)

OOF Out of Frame (Trama de Afuera)

OSC Optical Supervision Channel (Canal de Supervisión Óptico)

OSNR Optical Signal-Noise Ratio (Relación Señal a Ruido Óptico)

OTDR Optical Time Domain Reflectometer (Reflectómetro Óptico de Dominio en el Tiempo)

OTM Optical Terminal (Terminal Óptico)

OTU Optical Transponder Unit (Unidad de Transpondedor Óptico)

OW Orderwire (Orden de alambre)

PDH Plesiochronous Digital Hierarchy (Jerarquía Digital Plesiócrona)

PMD Polarization Mode Dispersion (Dispersión de Modo de Polarización)

POH Path Overhead (Ruta de Acceso a la Cabecera)

PoS Packet over SDH (Paquete sobre SDH)

PP Point to Point (Punto a Punto)

RDI Remote Deficiency Indication (Indicador de Deficiencia Remota)

REG Regenerator (Regenerador)

REI Remote Error Indication (Indicador de Error Remoto)

RFI Remote Failure Indication (Indicador de Falla Remota)

RSOH Regenerator Section Overhead (Cabecera de Sección de Regeneración)

rt-VBR real time-Variable Bit Rate (Tasa de Bit Variable en tiempo real)

RX Receiver (Receptor)

RZ Return to Zero (Retorno a Cero)

SAR Segmentation and Reassembly (Segmentación y Reensamblaje)

SC Synchronous Clock (Reloj de Sincronismo)

SDH Synchronous Digital Hierarchy (Jerarquía Digital Síncrona)

SM Single Mode (Monomodo)

SNCP SubNetwork Unit Control Processor (Unidad de Procesamiento y Control Subred)

SOH Section Overhead Area (Área de Sección de Cabecera)

SSM Synchronization Status Messaging (Mensajes de Estado de Sincronización)

STM-N Synchronous Transport Module Level N (Modulo de Transporte Síncrono Nivel N)

TCM Tandem Connection Monitor (Monitor de Conexión Tándem)

TM Multiplexor Terminal (Terminal Multiplexor)

TMUX Terminal Multiplexer (Multiplexor Terminal)

TS Time Slot (Ranura de Tiempo)

TU Tributary Unit (Unidad Tributaria)

TUG Tributary Unit Group (Grupo Unidad Tributaria)

TX Transmitter (Transmisor)

UBR Unspecified Bit Rate (Tasa de Bit sin especificar)

UNI User Network Interface (Interfaz de Red Usuario)

VC-n Virtual Container Level n (Contenedor Virtual Nivel n)

VDN Virtual Data Network (Red de Datos Virtual)

VP Virtual Path (Ruta Virtual)

INTRODUCCIÓN

CADAFE es una compañía de administración y fomento eléctrico, afiliada a la Corporación Eléctrica Nacional que se encuentra adscrita al Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica. Fue creada en Caracas e inscrita en el Registro Mercantil de la entonces Primera Circunscripción Judicial, el día 27-10-1958, bajo el N° 20, tomo 33-A, con el fin de optimizar la administración y la operación de todas las empresas eléctricas que dependen del Estado Venezolano y que se encuentran ubicadas en todo el territorio nacional, desarrollando una infraestructura capaz de generar, transmitir y distribuir la electricidad en todo el territorio nacional en concordancia con las políticas del Estado para impulsar el desarrollo y progreso del país.

Hoy en día existe un gran número de empresas dedicadas a instalar anillos de fibra óptica en toda Venezuela por lo tanto el Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica a través de CORPOELEC y sus filiales se vio en la obligación de instalar 5 anillos de fibra óptica al que se interconectan todas las empresas afiliadas. Debido al crecimiento de las comunicaciones y al rol que cumplen hoy en día, así como los grandes beneficios que ofrecen, la empresa se vio en la necesidad de expandir los servicios de voz y dato de todas las empresas afiliadas a CORPOELEC a nivel nacional para formar una infraestructura que pueda interconectarse.

El desarrollo de este proyecto de investigación se basa en sustituir equipos viejos por equipos de nueva tecnología basados en *Synchronous Digital Hierarchy* (SDH), Jerarquía Digital Sincronizada que puedan interfuncionar para poder transmitir datos por la fibra óptica ya que son numerosos los beneficios de la fibra óptica. Este trabajo esta estructurado en 4 capítulos, el capítulo I describe los objetivos, justificación y la metodología empleada. En el capítulo II tenemos información del funcionamiento de la comunicación por fibra óptica como sus

diferentes características y sus aplicaciones para el servicio de voz y dato. También se abarca en este capítulo la teoría de SDH, la técnica de transmisión *multiplexación por división de longitud de onda densa* (DWDM). El capítulo III consta de una propuesta de topología de la red y estudio para la factibilidad de integración de los equipos. Para finalmente en el último capítulo poder instalar y configurar los equipos para su óptimo funcionamiento, con el fin de mejorar y ofrecer servicios de datos y voz a los operadores del servicio eléctrico.

CAPÍTULO I

PRELIMINARES

1.1 Antecedentes del estudio

El autor María J. Escontrela G. de tomo I, realizó un trabajo especial de grado con el título “INTERCONEXIÓN DE PDVSA Y SUS FILIALES UTILIZANDO UN ANILLO DE FIBRA ÓPTICA CON TECNOLOGIA SDH” [1]. Donde se analizó y evaluó las tecnologías, equipos y procedimientos utilizados para llevar a cabo la interconexión de PDVSA y sus filiales. La selección de la SDH como tecnología obedeció al aporte debido a la capacidad y sincronización que permite el funcionamiento de un sistema de gestión centralizado para el manejo total de la red.

El autor Daniel F. Rengifo L., realizó un trabajo especial de grado con el título “DISEÑO DE ENLACE EN FIBRA ÓPTICA CON VISTA A LA MODERNIZACIÓN DE LOS EXISTENTES EN LA RED INTERNA DE AUDIO Y VIDEO PARA LA TELEVISORA ESTATAL DE VENEZOLANA DE TELEVISIÓN”[2]. El proyecto contempla la modernización de la red audiovisual de (VTV), mediante el análisis y diseño de enlaces de fibra óptica, según los requerimientos planteados tales como; números de canales de audio, video, ancho de banda, proporcionados por el personal técnico de la televisora.

El autor José L. Useche M. “DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES DEL CENTRO DE SERVICIOS DEL ESTE DE LA ELECTRICIDAD DE CARACAS Y SU INTERCONEXIÓN POR FIBRA ÓPTICA CON EL CENTRO DE SERVICIOS EL MARQUEZ Y LA SUBESTACIÓN BOLEITA” [3]. El mismo, consistió en diseñar una infraestructura de

telecomunicaciones basada en un sistema de cableado estructurado para el centro de servicio de la C.A. La Electricidad de Caracas e interconectar por medio de un enlace de fibra óptica a dos sedes.

1.2 Justificación

Debido a los constantes cambios y desarrollo en la tecnología de las comunicaciones y la gran demanda de usuarios para los servicios de voz y dato, se ha hecho imprescindible ofrecer una mejor calidad de vida mediante la interconexión de redes, con los beneficios de voz y dato en una misma conexión y a menor costo. Esta implantación generaría una optimización de los equipos para poder ofrecer con eficiencia los servicios a los operadores de la empresa, a los futuros suscriptores, así como también a todas las empresas afiliadas a la Corporación Eléctrica Nacional.

1.3 Planteamiento del problema

La Corporación Eléctrica Nacional (CORPOELEC), su filial la Compañía Anónima De Administración y Fomento Eléctrico (CADAFE), en el marco del desarrollo del país se están realizando una gran cantidad de proyectos entre los cuales se encuentra el estudio e implantación de los servicios de datos y voz en la subestación Santa Teresa y despacho de carga central. Motivado a las necesidades de operación es conveniente reforzar o mejorar los equipos que integran todos los dispositivos de comunicación de diferentes marcas existentes en la sala de *altas frecuencias* (HF), central telefónica, onda portadora digital, onda portadora analógica y microonda.

1.4 Objetivo General

Estudiar e implantar los servicios de datos y voz en la subestación Santa Teresa y despacho de carga central de CORPOELEC- CADAFE.

1.5 Objetivos Específicos

- Recopilar información referente a los servicios señalados:
 - Canales de voz entre las empresas que se necesita instalar.
 - Velocidad de transferencia de datos.

- Estudiar la tecnología de fibra óptica como aplicación en el diseño del servicio de voz y dato.

- Estudiar la factibilidad de integración de los equipos.

- Proponer la nueva topología de la red de voz y datos.

- Instalar y configurar los equipos para integrar todos los dispositivos de comunicaciones.

1.6 Metodología

Fase I.

Estudio Documental: Seleccionar material de investigación basado en libros, tesis, institutos de investigación, documentación, revistas, Internet, con la finalidad de comprender las necesidades y requerimientos de implantación de servicios de voz y dato a través de tecnología de fibra óptica. Además, comprender la capacidad de canales de voz y velocidad de transferencia de datos para dimensionar los equipos.

Fase II.

Estudio de equipos para el diseño en el acceso a fibra óptica: Se investigará las diferentes características técnicas de los equipos a implementar y cual se adapta

mejor a los requerimientos de operación, manuales de diseño y topología, normas o estándar que rigen la operación de estos equipos.

Fase III.

Presentar la topología de la red de voz y dato: Visitaré a la subestación eléctrica Santa Teresa para realizar un estudio previo, y escoger la configuración de la topología en la red.

Fase IV.

Instalar y configurar los equipos: Realizaré una visita a la subestación Santa Teresa e instalaré los equipos verificando el correcto funcionamiento, con ello se cuenta con el transporte de la empresa.

Fase V.

Elaboración del informe final: Sobre la base de los estudios, implantación, funcionamiento y análisis presentados en el servicio de voz y dato así como el cumplimiento de los objetivos, será redactado el informe final.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Sistema de comunicación por fibra óptica [4]

Un sistema de comunicación por fibra óptica como se muestra en la figura 1, consiste fundamentalmente de un transmisor que es el encargado de realizar diferentes funciones entre las cuales es convertir la señal eléctrica en señal óptica estos elementos se le denomina conversores donde el transmisor puede emplear un led o diodo láser, el medio físico o canal de comunicación donde se transporta la señal a su destino en nuestro caso la fibra óptica, y el receptor su función principal es convertir la señal óptica a la señal eléctrica.

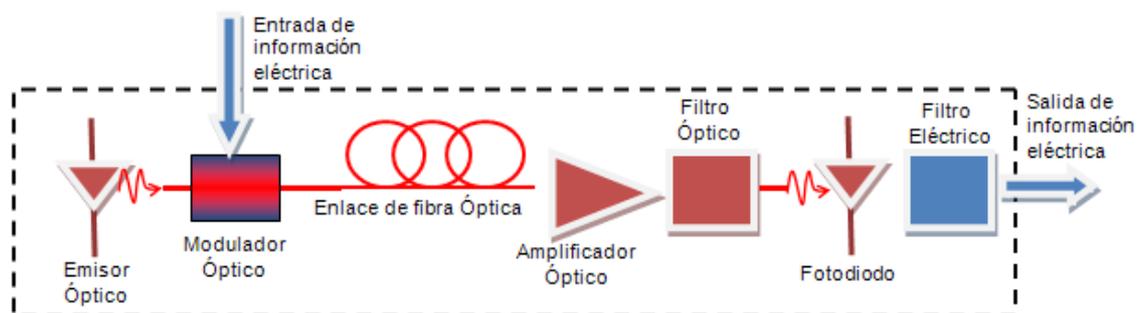


Figura 1: Diagrama del enlace de comunicaciones por fibra óptica [4]

El emisor óptico genera un haz de luz coherente de un medio adecuado y con características controladas, después se utiliza la técnica de modulación externa que consiste en un diodo láser emitiendo una potencia óptica seguido por un dispositivo externo que realiza la modulación deseada. Entre los moduladores ópticos utilizados se tienen *Electro Absorption Modulator* (EAM) conectándose a la fibra óptica para el cual se utilizan amplificadores ópticos para largas distancias, seguidamente se tiene el

filtro óptico que es un dispositivo capaz de seleccionar una banda de longitudes de onda y eliminar el resto. Entre sus aplicaciones, una de ellas es eliminar el ruido y la selección de canales en sistemas multiplexación por división de longitud de onda densa. Entre los filtros utilizados se tiene multiplexores y demultiplexores. Otro elemento del sistema es el fotodiodo, donde el más utilizado es el *Avalanche Photo Diode* (APD) y por último el filtro eléctrico para obtener a la salida la información requerida.

2.1.1 Tecnología de fibra óptica [5]

Las fibras ópticas son el medio de transporte de información de gran capacidad. Las fibras transportan señales a frecuencias ópticas definidas fundamentalmente por la luz a varias longitudes de onda. La comunicación por fibra tiene los siguientes meritos o ventajas:

- (a) Banda ancha de frecuencia para la transmisión.
- (b) Extensa capacidad de comunicación.
- (c) Baja pérdida y seguridad en la comunicación.
- (d) No hay interferencia electromagnética.
- (e) Gran potencial de ancho de banda.
- (f) Pequeñas dimensiones y bajo peso de la fibra.
- (g) Inmunidad eléctrica, el vidrio es un material aislante debido a que no requiere de un anillo a tierra, no se producen cortocircuitos y no existen riesgos de chispas.
- (h) Inmune a la interferencia y a la distorsión introducida por otro medio cercano (*crosstalk*).

Desventajas de las fibras ópticas:

- (a) Altamente sensible a vibraciones mecánicas y torsión.

- (b) La alta fragilidad de las fibras.
- (c) Necesidad de usar transmisores y receptores más caros.
- (d) Los empalmes entre fibras son difíciles de realizar, especialmente en el campo, lo que dificulta las reparaciones en caso de rotura del cable.
- (e) No se puede transmitir electricidad para alimentar repetidores intermedios.
- (f) La necesidad de efectuar, en muchos casos, procesos de conversión eléctrica a óptica.
- (g) La fibra óptica convencional no puede transmitir potencias elevadas.
- (h) No existen memorias ópticas.

2.1.2 Frecuencia y longitud de onda de la fibra óptica

Trabaja con frecuencia entre $10e^{14}$ Hz y $10e^{15}$ Hz, cuya longitud de onda está entre $0.8 \mu\text{m}$ y $1.8 \mu\text{m}$. En la actualidad, las tres longitudes de ondas prácticas aplicadas a la comunicación de fibra óptica son $0.8 \mu\text{m}$, $1.31 \mu\text{m}$ y $1.55 \mu\text{m}$. [6]

2.1.3 Estructura de la Fibra Óptica

Hoy en día la fibra es un medio de transmisión para la comunicación y está formada de doble capa y cilindros concéntricos con pequeñas secciones de cristal de cuarzo (SiO_2), cuando la fibra óptica no se ha revestido o enfundado con cubierta de plástico queda como se muestra en la figura 2.

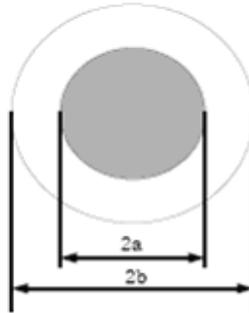
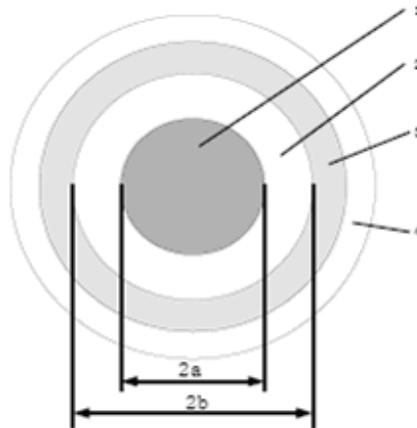


Figura 2: Estructura base de la fibra [Propia]

La fibra como se muestra en la figura 2 se compone del núcleo de la fibra y el revestimiento de la fibra. El núcleo tiene un alto índice de refracción que se denota como n_1 , y su diámetro es $2a$. El revestimiento con bajo índice de refracción que se denota como n_2 , y su diámetro es $2b$. Los valores de a y b serán diferentes según las diferentes longitudes de onda y modos de las señales de luz transmitidas, aunque $2a$ toma valores de (8 a 62.5) μm como también $2b$ toma valores de 125 μm . El cristal de cuarzo es frágil y fácil de romper, por lo tanto la superficie de una fibra se debe cubrir dos veces para formar los núcleos de fibra, protegiendo así su superficie y aumentando la resistencia a la tensión. Como se muestra en la figura 3, la fibra se compone del núcleo, revestimiento, la capa de recubrimiento el cual toma valores de (0.25 a 0.5) mm y la capa de envoltura de plástico. Fuera del revestimiento hay una capa fina, que es la resina de silicona o poliuretano. El exterior de plástico de la cubierta esta hecho mayormente de plástico, el nylon o polietileno. [6]



1. Núcleo 2. Revestimiento 3. Recubrimiento 4. Envoltura de plástico

Figura 3: Estructura completa de la fibra [Propia]

2.1.4 Clasificación de la fibra óptica

Se pueden clasificar de acuerdo a los siguientes patrones: materia prima, forma de construcción, modo de transmisión, la distribución del índice de refracción en la sección transversal de la fibra y la longitud de onda de trabajo. [6]

2.1.4.1 Forma de construcción

(a) Cable de estructura holgada: Consta de varios tubos de fibras rodeando una pieza central de refuerzo, y rodeado de una cubierta protectora. Cada tubo lleva varias fibras ópticas, los tubos están llenos de un gel resistente al agua que impide que ésta entre en la fibra y una cubierta llamada *buffer* que se distingue por los colores.

(b) Cable de estructura ajustada: Contiene varias fibras con protección secundaria que rodean una pieza central de tracción, y todo ello cubierto por una protección exterior.

(c) Cable *Optical Power Ground Wire* (OPGW): En la parte superior de las líneas de transmisión de alto voltaje utilizan un cable de guarda que protege a las mismas contra rayos y descargas eléctricas. Donde se vio conveniente utilizar el cable OPGW como cable de guarda formado en su parte central por fibras insertadas en un tubo que puede contener de 24 a 96 hilos de fibras ópticas y están completamente protegidas y rodeadas por cables de aluminio o acero.

2.1.4.2 Distribución del índice de refracción

(a) Fibras uniforme: Tantos los índices de refracción del núcleo de la fibra n_1 y el de revestimiento de capa n_2 son constantes y $n_1 > n_2$. Los índices de refracción a la tasa de unión entre el núcleo de la fibra y la capa de revestimiento son cambios en forma de nivel.[6]

(b) Fibras no uniforme: La fibra disminuye el índice de refracción n_1 por aumento de la parte radial del núcleo y el índice de refracción n_2 en la articulación entre el núcleo de la fibra y la capa de revestimiento. [6]

2.1.4.3 Numero de modos de transmisión

Modo es una forma de distribución del campo electromagnético, cuando el modo cambia, la forma de distribución también cambia. De acuerdo con el número de modos de transmisión en las fibras, se puede clasificar en fibras monomodo y fibras multimodo.

(a) Fibras *monomodo* (SM): Las fibras SM tienen un diámetro pequeño, que está entre $4\ \mu\text{m}$, $10\ \mu\text{m}$ y $125\ \mu\text{m}$ con revestimiento. Solo puede transmitir de un modo ya que solo hay un camino para la luz. Las fibras SM corresponde con el modo

fundamental de transmisión. De esta forma, se encarga de evitar la dispersión cromática. Estas fibras disfrutan de un amplio ancho de banda de transmisión y una gran capacidad de transmisión, haciéndolas adecuadas para la comunicación de larga distancia por fibra. Las fibras monomodo son fáciles de mejorar, expandir y bajo costo. Se utilizan como medios de transmisión sincrónica en sistemas digitales de transmisión óptica de voz y dato. Las ventanas (1310 y 1550) nm se utilizan para la transmisión monomodo.

(b) Fibras *multimodo* (MM): Es aquella donde los haces de luz pueden circular por varios caminos. El diámetro del núcleo de la fibra multimodo es por lo general de 50 μm , 62.5 μm , 75 μm , 100 μm y 125 μm para datos, mientras que su diámetro del revestimiento es 100 μm , 125 μm y 200 μm . También utiliza 980 μm o 1000 μm para iluminación. Este tipo de fibras tiene un rendimiento de transmisión relativamente pobre, estrecha transmisión de ancho de banda y de pequeña capacidad. La ventana de 850 nm se utiliza únicamente para multimodo. En la figura 4 se muestra la clasificación de las fibras.[6]-[7]

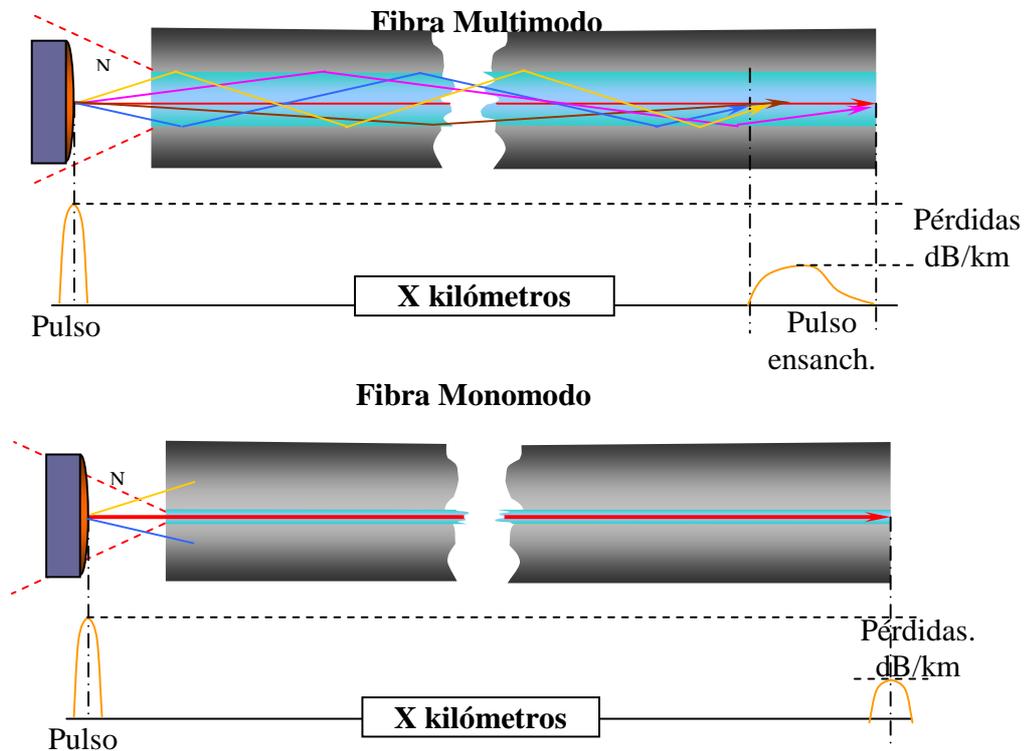


Figura 4: Clasificación de las fibras [7]

2.1.5 Reflexión interna total de la fibra

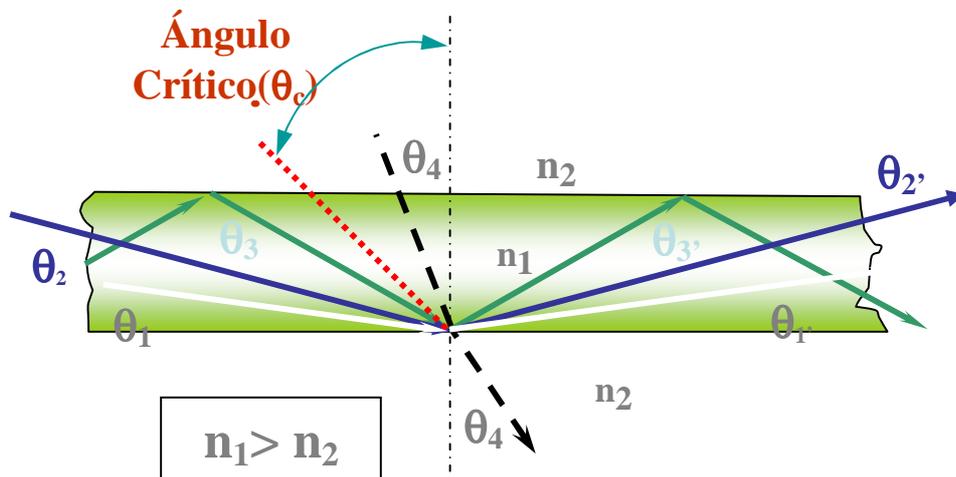


Figura 5: Reflexión interna total de la fibra [7]

2.1.6 Propuesta o recomendaciones para la instalación de la fibra

- El ángulo crítico como se observa en la figura 5 debe ser respetado cuando se instala la fibra.
- El fabricante debe especificar el radio mínimo de curvatura durante la instalación de los cables. En la figura 6 se tiene una curvatura de la fibra que hace perder energía.

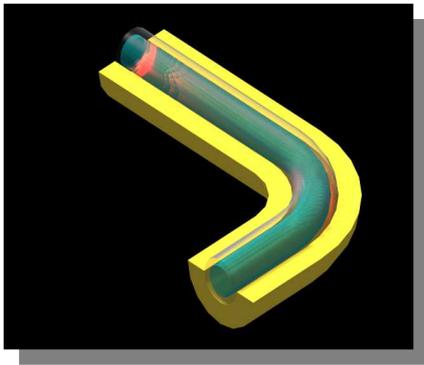


Figura 6: Curvatura de una fibra [7]

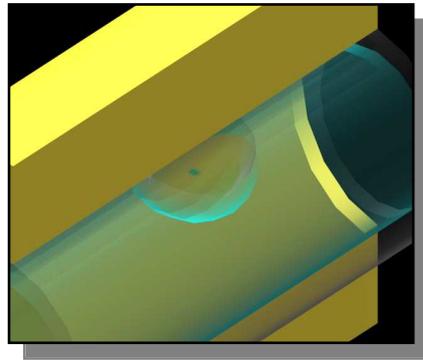


Figura 7: Microcurvatura de la fibra [7]

- Curvaturas microscópicas o golpes en la fibra causan pérdida por transferencia de energía del núcleo al revestimiento por lo cual hay que evitarlo. En la figura 7 se muestra una microcurvatura.
- Antes de conectar cualquier fibra hay que comprobar la limpieza de los conectores, debido a que la suciedad incrementa las pérdidas y por consecuencia más problemas de transmisión. La suciedad incrementa la reflectancia ocasionando la desestabilización de los sistemas de transmisión creando más errores, eso significa que los conectores tendrán que ser reemplazados.

- **Discontinuidades o reflectancia:** En el momento que un rayo de luz se encuentra con una discontinuidad, una parte de la luz es reflejada hacia la fuente. Este fenómeno se denomina reflectancia.

2.1.6.1 Calculo de la reflectancia

Es la proporción entre la potencia reflejada y la potencia incidente en un único punto de reflexión o en un dispositivo. En las ecuación (1) y (2) se muestra la expresión para el cálculo de la reflectancia y sus respectivas unidades [7]

$$\text{Reflectancia [dB]} = 10\log [\text{Preflejada (mW)}/\text{Pincidente (mW)}] \quad (1)$$

$$\text{Reflectancia [dB]} = \text{Preflejada [dBm]} - \text{Pincidente [dBm]} \quad (2)$$

Como nota importante la reflectancia de un componente influye en el balance óptico, no solo por la luz que vuelve a la fuente, sino también por que causa pérdida de potencia óptica.

2.1.6.2 Pérdidas de retorno ópticas (Optical Return Loss, ORL)

El ORL es la suma de las reflectancia de todos los componentes, que influye en el balance óptico no solo por la luz que se refleja a la fuente, sino que también produce perdidas ópticas y toma un valor positivo. En la ecuación (3) se muestra la expresión para el cálculo del ORL y sus respectivas unidades [7]

$$\text{ORL [dB]} = \text{Pincidente [dBm]} - \text{Preflejada [dBm]} \quad (3)$$

- **Empalmes:** Es un método para unir permanente o temporalmente dos extremos de fibra, existen empalmes mecánicos y por fusión. Los empalmes

mecánicos entre sus ventajas tenemos que es barato y rápido. Pero sus desventajas tenemos que produce mayor pérdida que una fusión y más frágil. En la figura 8 se muestra un ejemplo.



Figura 8: Empalmes mecánico [7]

Los empalmes por fusión se hacen fundiendo los extremos de dos fibras y es una conexión permanente. Posee bajas pérdidas y es muy estable con el tiempo. Dentro de sus desventajas se tiene que es una conexión permanente y requiere de equipos caros y complejos. En la figura 9 se muestra el proceso de realización de un empalme por fusión.





Figura 9: Empalme por fusión [Propia]

- Absorción intrínseca: Ocurre cuando hay impurezas en la fibra, esto se debe cuando un rayo de luz impacta una impureza, parte de su energía se absorbe por dicha impureza. En la figura 10 tenemos un ejemplo.

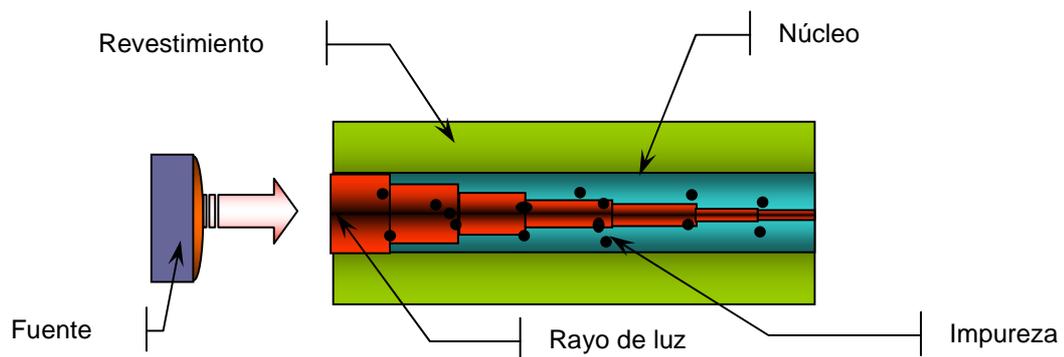


Figura 10: Absorción intrínseca [7]

La transmisión a distancia se ve afectada por 2 factores:

- Dispersión: Cada vez que un rayo de luz impacta una impureza, parte de su energía es dispersada por la impureza, En la figura 11 se muestra la forma original de la señal y como se expande el pulso de luz causando interferencia intersimbólica (ISI), aumentando la tasa de error. En la ecuación (4) se muestra la expresión para el cálculo de la distancia máxima de transmisión cuando hay dispersión procurando siempre tener un valor elevado de tolerancia a la dispersión.

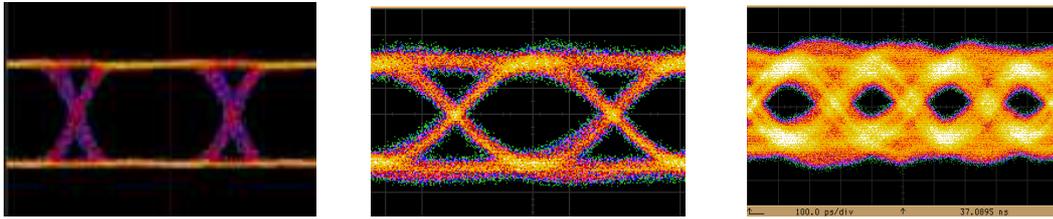


Figura 11: Dispersión [7]

Calculo de parámetros de dispersión:

Distancia máxima de transmisión: D_s/D (4)

D_s : Parámetro de tolerancia a la dispersión de la fuente de luz

D : Parámetro de dispersión de la fibra óptica

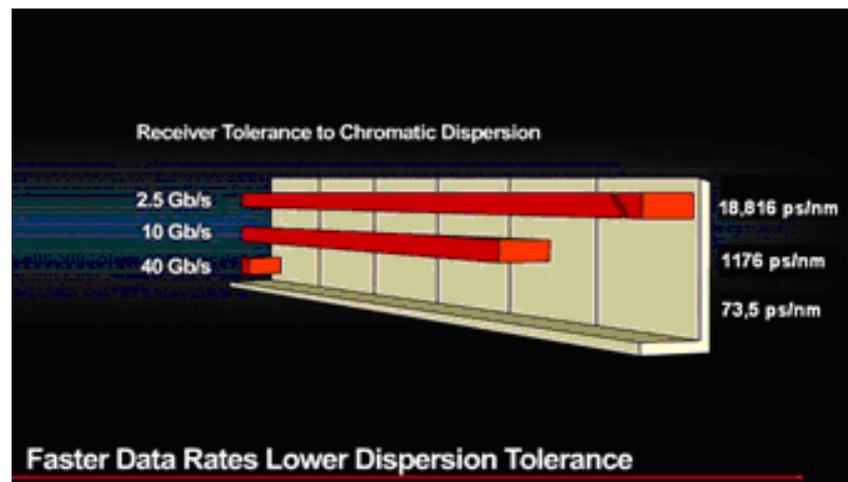


Figura 12: Tolerancia de la comunicación a DC [7]

De acuerdo al estudio de la figura 12, se tiene que el STM-64 posee una tolerancia 16 veces mayor que el STM-16. Entre las características de la compensación por dispersión se tiene que: es estable, predecible y controlable. Para corregir el problema de la dispersión se utilizan módulos de compensación DC como se muestran en la figura 13, para mantener entre los límites de cada red el ensanchamiento de los pulsos y no se provoque una superposición produciendo errores en la codificación debido a que la DC es un limitante en los sistemas de alta velocidad.

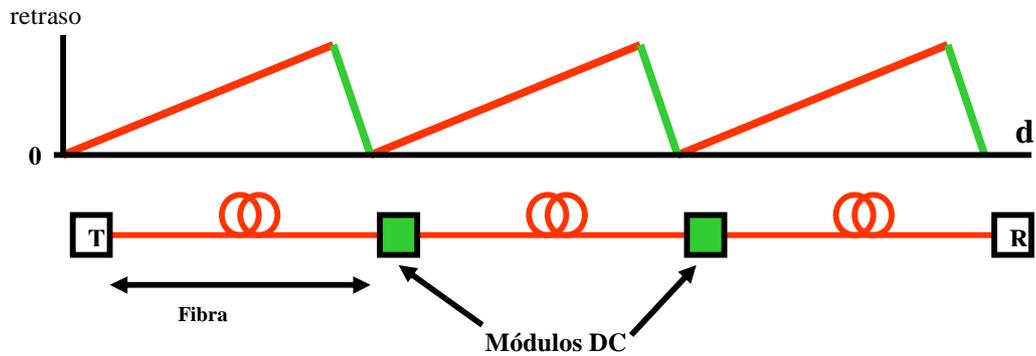
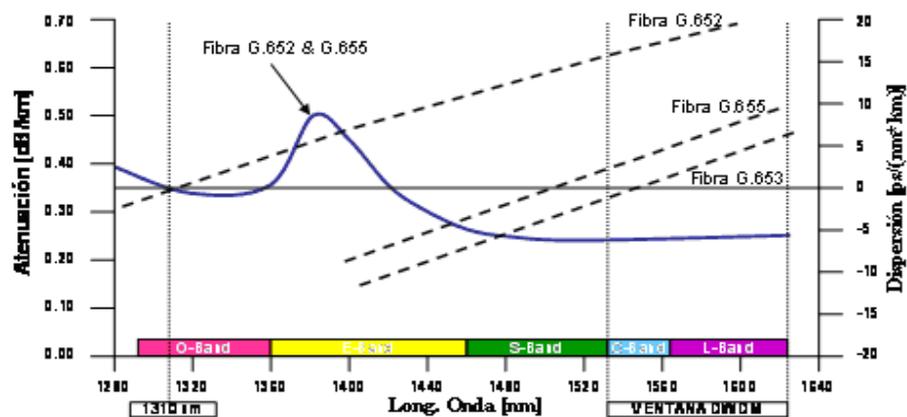


Figura 13: Compensación por dispersión de la fibra [7]

- Pérdida: Resulta en una reducción de potencia óptica que se da cuando la luz se propaga por la fibra. Influyen varios factores, tales como la absorción por materiales dentro de la fibra, disipación de la luz por largas distancias de transmisión entre otros. Para prolongar la distancia, capacidad y reducir la pérdida se opera en la ventana de 1550 nm, en la cual se tienen las señales ópticas con una pérdida mínima. Esta preferencia se muestra en la gráfica 1.



Gráfica 1: Atenuación y dispersión de la fibra [7]

Según se aprecia en la gráfica 1, se puede deducir que la tolerancia de la dispersión posee su valor en el siguiente punto:

- G.652, cercana a la ventana 1550 nm, la dispersión es aproximadamente 20 ps/nm.km.

2.1.7 Tres recomendaciones de la ITU-T para la transmisión por fibra óptica.

- Fibra G.652: Utilizando la longitud de onda 1310 nm se tiene una dispersión cero y la atenuación es menor cuando la longitud de onda es 1550 nm. Por lo tanto se puede trabajar con las dos ventanas.

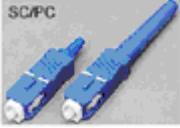
- Fibra G.653: Conocida como la dispersión desplazada de un monomodo. Se obtiene el punto cero de dispersión cromática a partir de 1310 nm y 1550 nm, cambiando el índice de refracción interno de la fibra, lográndose así la aplicación de una atenuación de baja dispersión cromática a 1550 nm. Este tipo de fibra óptica funciona con la ventana de 1550 nm.

- Fibra G. 654: Es la que produce menor atenuación en la ventana de 1550 nm, la cual es de 0.15 dB/km. Este tipo de fibra es difícil de producir y el costo es alto. Se aplica a la comunicación submarina de fibra, que requiere largas distancias. [8]

2.1.8 Conectores de fibra óptica

Tabla 1: Tipos de conectores [8]

Type	Description	Picture	Type	Description	Picture
FC/PC	Round fiber connector/protruding polished		FC/APC	Round fiber connector/8° beveling and convex spherical surface polishing	

Type	Description	Picture	Type	Description	Picture
SC/PC	Square fiber joint/protruding polished		SC/APC	Square fiber connector/8° beveling and convex spherical surface polishing	
SC/PC	Bayonet square fiber connector /protruding polished		MT-RJ	Bayonet square fiber connector	

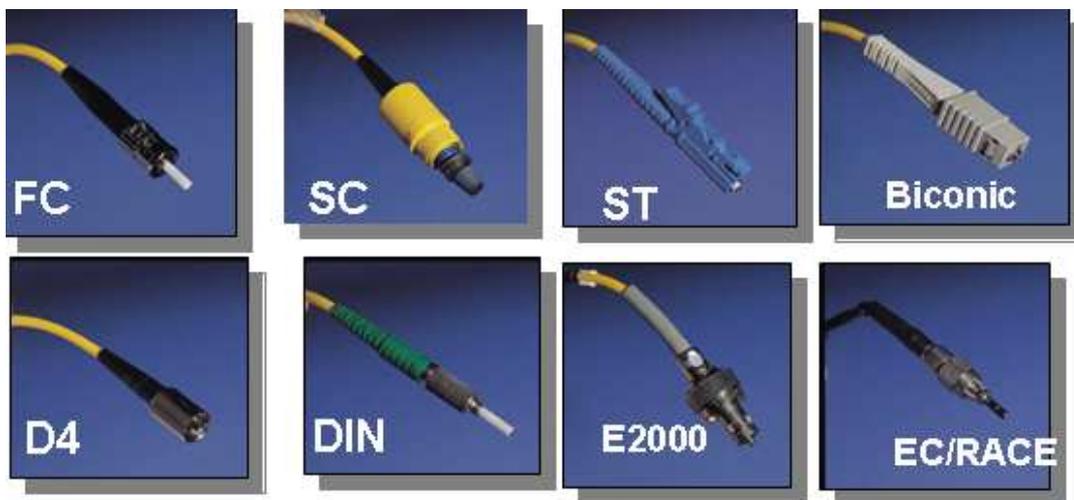


Figura 14: Tipos de conectores [8]

2.1.8.1 Diferentes tipos de conectores y empalmes

Tabla 2: Comparación entre conectores y empalmes [Propia]

Conectores	Empalmes
No permanente	Permanentes
Simple de usar una vez conectado	Atenuación baja
Puede ser instalado en fabricación	Baja reflectancia
Fácil configuración	Fácil aislado hermético
Existen interfaces estándar	Es barato por empalme y más compacto

Las menores pérdidas de los empalmes se imponen en los cables de larga distancia en el momento de la instalación. Los conectores FC y SC pertenecen a los más populares para redes de transporte existiendo de alta densidad así como para todo tipo de entornos, operadoras de telefonía, fácil roscado entre otras funciones. El gabinete ODF, es el lugar donde se encuentran organizados los cables de fibras ópticas como punto de interconexión entre planta externa y equipos de comunicación. Dentro de este equipo se encuentran las bandejas de empalmes, en donde se encuentran las fusiones de fibra óptica. Las bandejas JXP-E que se muestra en la figura 47 (d) y (e), tienen una capacidad de 12 hilos de fibra óptica y el gabinete ODF, posee la capacidad de organizar 420 fibras.

El estiramiento permitido y la fuerza de aplanamiento de la fibra óptica, es otra norma para evitar la pérdida de rendimiento o roturas y se muestran en la tabla 3. Los radios de curvatura mínimo permitido de la fibra óptica se muestran en la tabla 4.

Tabla 3: Estiramiento y fuerza de aplanamiento permitidos

Tiempo de estiramiento	Fuerza de estiramiento (N)	Fuerza de aplanamiento (N/100 mm)
Estiramiento a corto plazo	150	500
Estiramiento a largo plazo	80	100

Tabla 4: Radio de curvatura mínimo permitidos

Diámetro de La fibra óptica (mm)	0.9	2	3
Radio mínimo de curvatura (mm)	10	20	30

2.1.8.2 Relación de conexión de fibra óptica

Para asegurar que las relaciones de conexión de fibra óptica son compatibles con los equipo de redes, es recomendable dibujar una conexión de fibra óptica basado en la creación de equipos de red, donde el número de ranuras ópticas en los elementos

de red en el inicio y fin, y el número de interfaces ópticas, se indiquen para cada conexión óptica.

La figura 15 es un ejemplo ilustrativo de cómo determinar las conexiones de fibra óptica en la red. Por ejemplo los elementos de red A, B, C forman un enlace, donde los equipos en A y C son TM, mientras que en B tenemos un equipo ADM. Su relación con conexión de fibra óptica se muestra en la figura 16. [10]

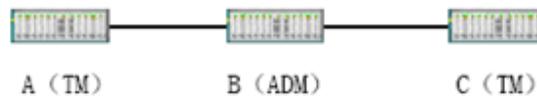


Figura 15: Diagrama de red [10]

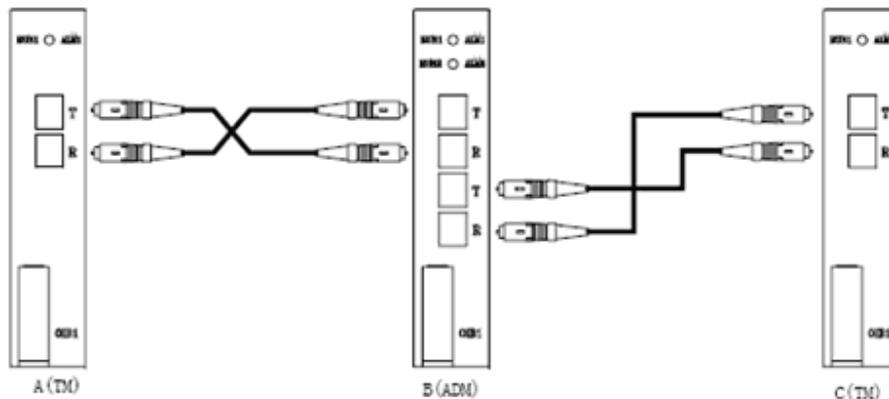


Figura 16: Relación conexión de fibra óptica [10]

Unidades absolutas

Potencia representada en miliwatt (mW) puede representarse también en decibelio (dBm). En la ecuación (4) se muestra la expresión para el cálculo de la potencia y sus respectivas unidades [11]

$$P \text{ (dBm)} = 10 \log_{10} \left(\frac{P \text{ (mW)}}{1 \text{ mW}} \right) \quad (4)$$

Unidades relativas

La atenuación es una relación entre la potencia de salida (P_{out}) y la potencia de entrada (P_{in}), se representa en decibelios (dB). En la ecuación (5) se muestra la expresión para el cálculo de la atenuación y sus respectivas unidades y en la ecuación (6) las pérdidas del sistema. [11]

$$A \text{ (dB)} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \quad (5)$$

Pérdidas del sistema = [(distancia de la conexión (km.) x atenuación de la fibra (dB/km)) + (números de empalmes x atenuación del empalme (dB) + (atenuación por conectores))] (6)

Pérdidas de inserción

Pérdida de energía óptica resultante de la inserción de un componente o dispositivo en el camino óptico. En la ecuación (7) se muestra la expresión para el cálculo de las pérdidas de inserción y sus respectivas unidades [11]

$$\text{Pérdida de inserción [dB]} = P_{out} \text{ [dBm]} - P_{in} \text{ [dBm]} \quad (7)$$

Es importante que el valor de la pérdida de inserción sea lo más pequeña posible para minimizar las pérdidas totales del sistema, también tomar en cuenta la atenuación, los diferentes diámetro, reflectancia de los conectores para lo cual se muestra la tabla 5 y tabla 6 para fibras monomodo (S/M) y multimodo (M/M) con la perspectiva de comparar los diferentes valores con la idea de utilizar la fibra óptica que más convenga en el sistema y en consecuencia poder reducir el número de los costosos amplificadores y regeneradores.

Tabla 5: Valores típicos de pérdidas para fibras ópticas [11]

	Long. Onda	S/M		M/M		M/M	
Diámetro núcleo (um)		8		50		62,5	
Diámetro de campo de modo		10		N/A		N/A	
Diámetro de recubrimiento (um)		125		125		125	
		NA	Ángulo	NA	Áng.	NA	Áng.
Apertura numérica		0,11	6,5	0,2	13	0,275	
		dB/Km	dB/Mi	dB/Km	dB/Mi	dB/Km	dB/Mi
Atenuación	850 nm	N/A	N/A	2,4		3	4,84
	1300 nm	0,4	0,644	0,6		0,7	1,13

N/A: No aplica, S/M: Monomodo, M/M: Multimodo

Tabla 6: Especificaciones de conectores [11]

Nombre	IL (dB)				Reflectancia (- dB)			
	SM		MM		SM		MM	
	Typical	Max	Typical	Max	Typical	Max	Typical	Max
FC/PC	0,2	0,5	0,6	1	40	35	30	20
SC/PC	0,2	0,5	0,6	1	40	35	30	20
FC/APC	0,2	0,5	N/A	N/A	60	50	N/A	N/A
FC/SPC	0,2	0,5	0,6	1	45	40	35	30
ST/PC	0,2	0,5	0,6	1	40	35	30	25
ST/SPC	0,2	0,5	0,6	1	45	40	35	30
SC/APC	0,2	0,5	N/A	N/A	60	50	N/A	N/A
FC/UPC	0,2	0,5	N/A	N/A	50	45	N/A	N/A
ST/UPC	0,2	0,5	N/A	N/A	50	45	N/A	N/A

IL: Pérdida de inserción

2.2 Jerarquía Digital Síncrona (SDH)

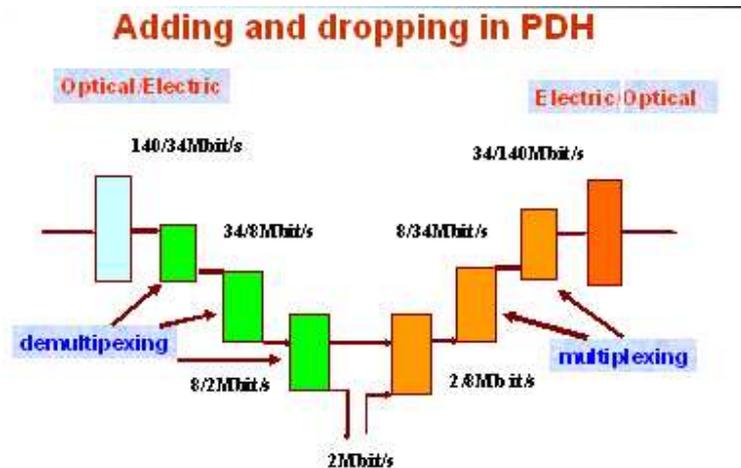
Es un estándar definido por la UIT-T para redes de transmisión de alta capacidad. Establece las características de las señales digitales, tales como la estructura de la trama, modo de multiplexación, la velocidad de transmisión, patrón de código de la interfaz. Crea la posibilidad de que el equipo de diferentes fabricantes interfuncionen.

2.2.1 Ventajas de SDH:

(a) Unificar los estándares de América del Norte, las de Japón y los de Europa a nivel STM-1 o categorías superiores. Las señales digitales no tienen por qué ser convertidas en otro estándar para la comunicación entre países, por lo tanto lo que se quiere es normalizar todos los estándares.

(b) Con el estándar unificado de interfaces ópticas y la compatibilidad en la fibra óptica, es posible que equipos de diferentes fabricantes se puedan interconectar para satisfacer los requisitos para varios fabricantes.

(c) El modo de multiplexación síncrono y la asignación de estructuras de multiplexación son aplicables para el SDH. El tráfico en los distintos niveles se organiza regularmente en la carga útil de cada trama y sincronizando con la red. Por lo tanto, el software solo es necesario para agregar alta velocidad a las señales de baja velocidad, que es realizado por un solo demultiplexado. Al adoptar SDH y *agregar o quitar multiplexores* (ADM), el software puede ser utilizado al caer la señal de una velocidad de 155 Mbit/s a 2 Mbit/s. Esto evita gradualmente multiplexar o demultiplexar todas las señales de alta velocidad y ahorra la inversión para un conjunto de equipos multiplexado. Por lo tanto las conexiones digitales cruzadas se vuelven sencillas. En la figura 17 se muestra la comparación de señales inserción o extracción entre SDH y la *jerarquía digital plesiócrona* (PDH).



Adding and dropping in SDH

SDH: Economical and easy way for network!

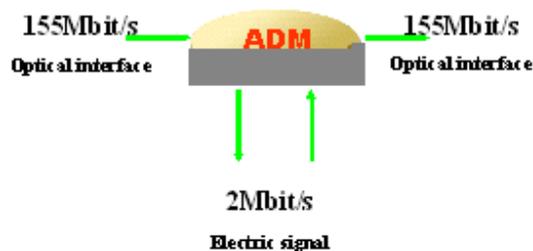


Figura 17: Comparación de señales de inserción o extracción entre SDH y PDH [12]

(d) SDH adopta un gran número de aplicaciones de software para controlar y configurar la red, todo esto para tener una configuración flexible y un satisfactorio envío.

(e) El software puede ser empleado para procesar los bits de cabecera para que la capacidad de la red *operación, administración y mantenimiento* (OAM) pueda ser mucho mayor.

(f) La red SDH es compatible con varias velocidades de la PDH. Esto significa que la SDH apoya lo construido por la red PDH y la PDH pueden ser

convenientemente actualizado al mismo tiempo, la red SDH también es compatible con los nuevos servicios de señalización como la celda modo de transmisión asíncrona (ATM), lo que indica que SDH disfruta perfectamente la compatibilidad hacia atrás y hacia delante.

(g) Integra diferentes mecanismos de protección automática de las redes.[12]

2.2.2 Desventajas del SDH:

(a) La tecnología SDH es más compleja por el uso de punteros.

(b) Adopta un control de software a gran escala; este software de gestión requiere de estaciones de trabajo de gran capacidad y características técnicas muy específicas.

(c) Debido a la gran cantidad de bytes de control que se debe procesar, así como los protocolos de protección, la complejidad de los equipos de SDH aumenta, lo cual se traduce en mayores costos.

(d) La eficiencia de frecuencia no es tan buena como PDH.

2.2.3 Características de SDH

(a) Gestiona los equipos basados en esta tecnología.

(b) Altas velocidades de transmisión hasta 40 Gb/s.

(c) Maneja tantos interfaces eléctricas como las ópticas.

(d) Ideal para ser utilizados con fibra óptica por su gran ancho de banda y capacidad de transporte como medio de transmisión.

(e) Estandarización de las velocidades mayores a 140 Mb/s.

2.2.4 Velocidad de SDH

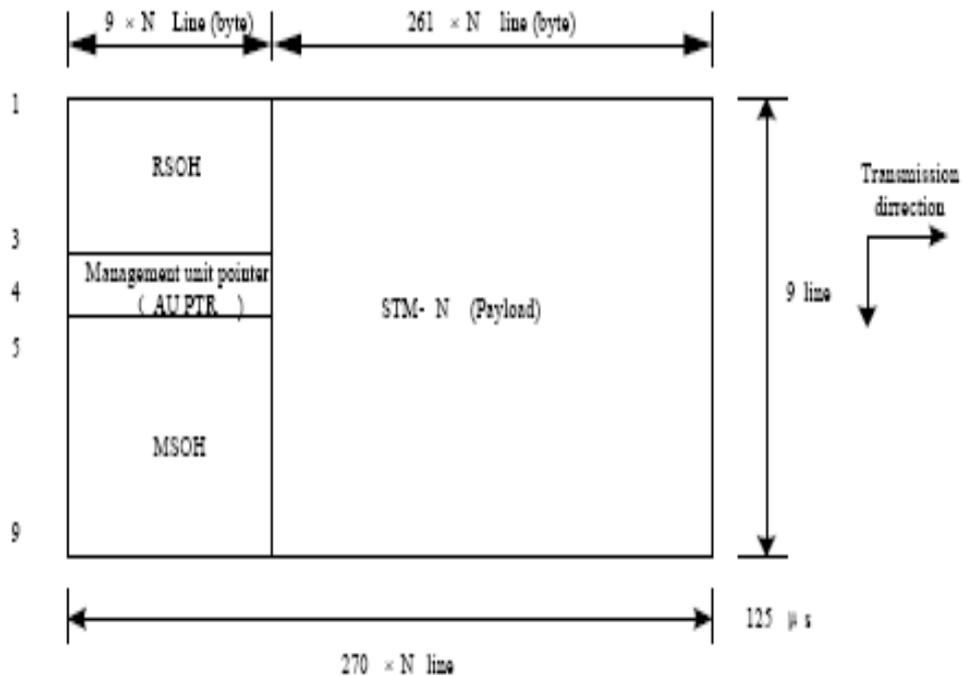
La velocidad de las señales SDH se denota como *módulo de transporte síncrono* (STM-N), en la que N es un número entero positivo. En la actualidad, SDH sólo admite algunos valores de N, es decir, 1, 4, 16, 64 y 256 en el que STM-1 es el más básico y más importante módulo, donde la velocidad de la señal es 155,529 Mbit/s. Otros niveles más altos se obtienen entrelazando los bits del módulo básico de STM-1. [12]

Tabla 7: Velocidad y capacidad de canales de los módulos de transporte [Propia]

Módulo de transporte	Velocidad	Capacidad de canales
STM-1	155,529 Mbit/s.	1920 canales telefónicos
STM-4	622,080Mbit/s	7680 canales telefónicos
STM-16	2488,320 Mbit/s	30720 canales telefónicos
STM-64	9953,280 Mbit/s	122880 canales telefónicos
STM-256	39813,120 Mbit/s	491520 canales telefónicos

2.2.5 Estructura de la trama SDH

En la figura 18 se muestra la estructura de la trama SDH



RSOH: Cabecera de sección de regeneración, AU-PTR: Puntero de unidad administrativa, MSOH: Cabecera de sección de multiplexión

Figura 18: Estructura de la trama [13]

(a) La transmisión en el sistema SDH se lleva a cabo en la unidad de bytes. Esta estructura de trama es un rectángulo con 270 columnas x N bytes y 9 filas de 8 bits.

(b) Las tramas rectangulares de SDH se transmiten fila por fila en la fibra óptica después de la conversión paralelo/serial en la transmisión óptica y se recuperan al ser procesados y convertidos de serial/paralelo en la recepción óptica final.

(c) La transmisión de los bytes de la trama SDH se realiza de izquierda a derecha. Después del primer byte en la esquina superior izquierda se haya transmitido, los otros bytes se transmitirán de izquierda a derecha desde la primera fila a la fila siguiente hasta que su totalidad de $9 \times 270 \times N$ bytes hayan sido transmitidos.

(d) 8000 tramas pueden ser transmitidas por segundo y la longitud de la trama es de 125 μ s.

(e) La frecuencia de la trama SDH es 8000 f/s lo que indica que un byte en la trama de la señal se transmite a 8000 veces por segundo, por lo que la tasa de bit es de $8000 \times 8 \text{ bit} = 64 \text{ kbit/s}$, que es la velocidad de transmisión de un canal de voz digital.

(f) Tomando por ejemplo el STM-1, cuya tasa es de 270 (270 columnas/trama) \times 9 (9 filas en total) \times 64 kbit/s (64 kbit por cada byte) = 155520 kbit/s = 155,520 Mbit/s. Como se muestra en la figura 19 la estructura de la trama STM-N se compone de tres partes:

1. *Área de sección de arriba o cabecera (Section Overhead Area SOH)*

En esta sección son obligatorios los bytes adicionales, lo que garantiza que la información de carga útil puede ser normal y de transmisión flexible para ser utilizados en la red OAM. La primera fila hasta la tercera y de la quinta hasta la novena fila del contenido de la primera hasta la novena multiplicado por N columnas de la trama SDH son asignados a la sección de arriba y contiene la información de mantenimiento y control de la red, incluyendo alarmas y comandos desde y hacia el sistema de gestión. El SOH puede dividirse de la siguiente manera:

(a) *Sección de Alineación de Trama (Frame Alignment Section FAS)*: Son nueve bytes que indican el comienzo de la trama STM-1.

(b) *Cabecera de Sección de Regeneración (Regenerator Section Overhead RSOH)*: La primera hasta la tercera fila se le asignan RSOH, que se pueden acceder ya sea en el regenerador o en los equipos terminales. Supervisa toda la trama STM-N (STM-4/16/64/256).

(c) *Cabecera de Sección de Multiplexión (Multiplex Section Overhead MSOH)*: Desde la quinta hasta la novena fila se le asignan MSOH, que de forma transparente pasan por el generador y solo puede terminar en los equipos terminales. Supervisa cada trama STM-1 de la trama STM-N.

2. Información de la zona de carga útil.

Se utiliza para almacenar servicios de información estructurada por la trama SDH. Donde se insertan los servicios ATM, protocolo Internet (IP), PDH en la trama STM-N. Horizontalmente desde la columna diez (10) hasta las doscientos setenta (270) columnas multiplicado por N y verticalmente desde la fila uno (1) hasta la novena (9) fila pertenece al espacio de carga útil de información. Los bytes de la *path overhead* (POH), también se transmiten en la red y son usados para monitorear, gestionar y controlar la ruta de acceso.

3. *Puntero de Unidad Administrativa (Administration Unit-Pointer Area AU-PTR)*.

Sirve para indicar que el primer byte de información de la carga útil ubicado en el STM-N ha comenzado para después descomponer la información y pueda ser recibido correctamente en el extremo receptor. Esta localizado en la fila cuatro (4) de la primera (1) columna multiplicado por N en la trama de la estructura STM-N. Es

una innovación importante adoptar el modo indicador en la SDH para el entorno de la multiplexación sincrónica en el plesiócrona y la localización de las señales en la trama STM-N que se pueda lograr.

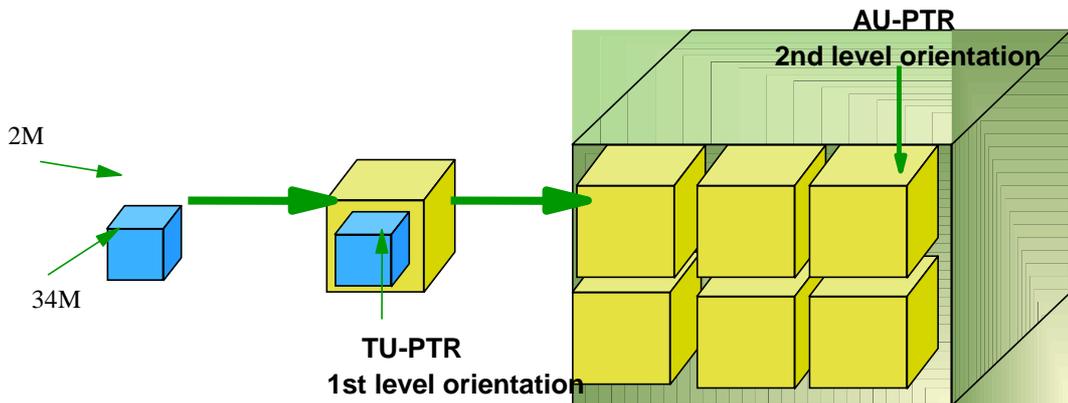


Figura 19: Función de la PTR para un encapsulado pequeño [13]

Debido a que el paquete de la señal encapsulada es muy pequeño, la señal posee una velocidad menor de 2 Mbit/s o 34 Mbit/s la cual debe adoptar la alineación de 2 niveles como se muestra en la figura 19. En primer lugar, el paquete de información lleva a pequeños paquetes de información central y pasan a través de la unidad tributaria con el TU-PTR señalando su ubicación en el paquete, entonces el paquete grande que contiene varios paquetes pequeños en el nivel de AU-PTR se utiliza como puntero para señalar la ubicación de la información.

2.2.6 Multiplexación SDH/ Estructura de mapeo y asignación.

The International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector (ITU-T), estipula un conjunto completo a la estructura de multiplexación como se muestra en la figura 20, a través de los cuales tres series de señales digitales de la PDH se pueden multiplexar a señales STM-N. Para asegurarse de que cada carga tiene un solo multiplexor la estructura se ha fijado como se muestra

en la figura 20 que es un subconjunto del estándar de multiplexación de la estructura utilizada en China.[13]

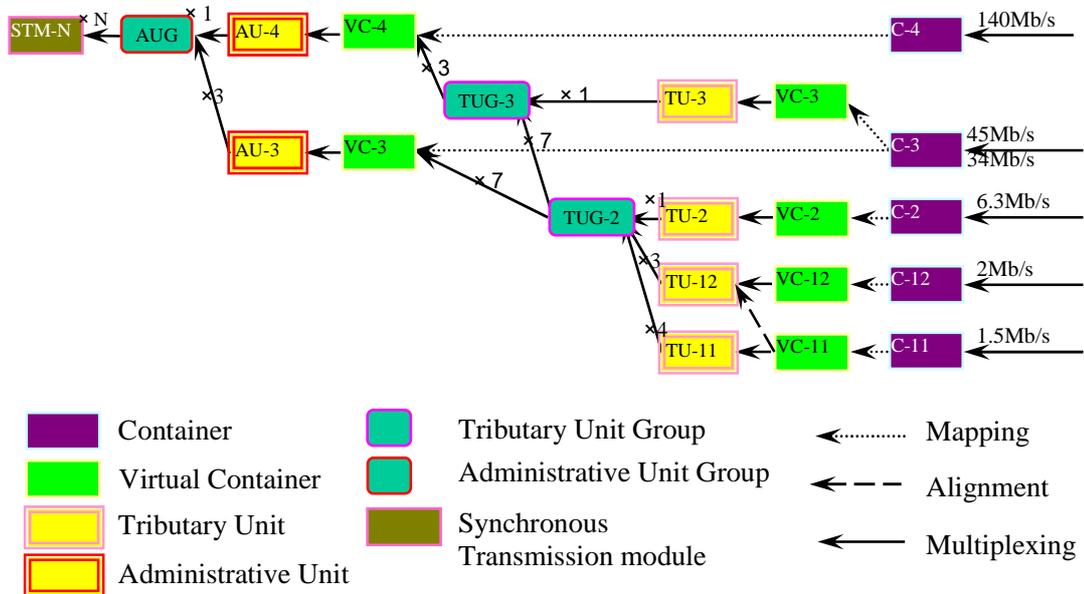


Figura 20: Estructura de Multiplexación en SDH estipulado por la ITU-T [13]

Cada señal en la zona de carga útil estructurada por la trama SDH, necesita pasar por tres pasos como mapeo, alineación y la multiplexación.

(a) El proceso de mapeo o asignación es igual al proceso de encapsulación de una señal, que sincroniza las diferentes señales tributarias o secundarias con la correspondiente *Virtual Container-n* (VC-n). Los flujos de datos de diferentes velocidades entran en sus *contenedores* (C) de interfaz, en primer lugar para que las señales más comunes de la PDH entren en los contenedores estándar limitados y de esa manera poder llevar a cabo la función de adaptación para justificar las velocidades. Estos contenedores son estructuras de información y se utilizan para cargar las señales de servicios de diferentes velocidades y aplicar la función de adaptación. Actualmente hay cinco (5) tipos de contenedores estándar: C-11, C-12, C-2, C-3, y C-4. El contenedor C-12 le corresponde una velocidad de 2,048 Mbit/s, el

contenedor C-3 le corresponde una velocidad de 34,368 Mbit/s y el C-4 a 139,264 Mbit/s. El flujo digital que sale de los contenedores estándar y el POH forman el VC. Este proceso se llama mapeo.

Por ejemplo para señales de 2 Mbit/s de varios canales, algunas pueden ser de 2,0481 Mbit/s, mientras que otros pueden ser de 2,0482 Mbit/s debido a las precisiones diferentes de reloj. Estos recibirán una justificación de error en la tolerancia C con el fin de adaptar las señales estándar a velocidades consistentes.

(b) La alineación significa, añadir indicadores para corregir la diferencia de frecuencias de las señales tributarias y así lograr un alineamiento de fase. El VC es una estructura de información importante en SDH, apoyando la conexión en las rutas de las diferentes capas. La envolvente de VC se sincroniza con la red, por lo que diferentes envolventes de VCs se sincronizan unos con otros. Sin embargo, señales plesiócronas tributarias de diferentes capacidades son permitidos dentro de la encapsulación.

La transmisión VC en la SDH se mantiene sin cambios, excepto en el punto de montaje y desmontaje del punto (el límite de la red PDH y la red SDH), para VC se puede añadir o quitar en cualquier punto de la ruta como un ente independiente. También es conveniente llevar a cabo la multiplexación sincrónica y el procesamiento de conexión cruzada. VC se puede dividir en VC de orden inferior y VC de orden superior. VC-12 y VC-3 son contenedores virtuales de orden inferior, mientras que la VC-4 es un contenedor virtual de orden superior (el VC-3 en la unidad de administración tres (3), es decir AU-3; es un contenedor virtual de orden superior, sin embargo, si usted multiplexa el VC-3 en VC-4 a través de unidad tributaria tres (3), es decir TU-3; el VC-3 aquí es un contenedor virtual de bajo nivel). El flujo digital de la VC entra en la AU o la TU a través de la ruta especificada. En la trama SDH, VC-n es una entidad independiente y no puede ser separada durante la transmisión. En la trama SDH, VC-n es una organización independiente y no puede fraccionarse durante

la transmisión. Así que la conversión de VC-n a TU-n y de VC-n de la AU-n es un proceso de adaptación de velocidad, que es también conocido como el proceso de alineación en la estructura de multiplexación.

(c) Multiplexación se refiere a la multiplexación de bit intercalado. Se utiliza para adaptar múltiples señales a los canales de orden menor o de orden superior en la capa de sección de multiplexación.

AU es una estructura de información que provee la función de adaptación a los canales de orden superior y la capa de sección de multiplexación. Consta de VC de orden superior y la AU-PTR. AU-PTR indica la posición de VC de orden superior en la trama STM-N. Sin embargo, la posición de la AU-PTR en la propia estructura STM-N es fijo. Uno o varios AU han fijado puntos en la trama STM-N para formar el grupo primario de administración. Se compone de tres (3) AU-3 o una (1) sola AU-4 en modo entrelazado. Del mismo modo, TU es una especie de información de la estructura que tiene la función de adaptación al canal de orden inferior y los canales de orden superior, que consiste en VC y TU-PTR. TU-PTR se utiliza para indicar la posición del VC de orden inferior en la trama de la estructura. Uno o varios TUs que tienen posiciones fijas en el VC de orden superior para formar una carga útil en *Grupo Unidad Tributaria* (TUG). Por último, el AUGs y SOHs forman parte en la estructura final de la trama STM-N.

Tomando el proceso de multiplexación de las señales tributarias 2 Mbit/s, por ejemplo como se muestra en la figura 20, señales con una velocidad nominal de 2,048 Mbit/s primero entra en C-12 para la adaptación y el C-12 con mapeo de POH al VC-12. Después de la alineación, el PTR en el TU-12; después de la igualdad de bytes entrelazados en la TU-12 son multiplexados por tres (3) para formar TUG-2. De la misma manera, TUG-2 se multiplexa por siete (7) para formar TUG-3 después viene el proceso de bytes entrelazados, se multiplexa por tres (3) a TUG-3 y el POH de orden superior para formar el VC-4 de carga útil después de los byte intercalados.

A ser alineados, la carga útil VC-4 y la PTR forma la AU-4; el único AU-4 es colocado en el AUG; a través de interpolación de N byte en la AUGs, el N AUGs y el SOH forman las señales STM-N.

2.2.7 Funciones de la cabecera de SDH

Hay dos tipos de cabecera: SOH y POH, están dispuestos en la estructura de la trama SDH y se utilizan para el mantenimiento de la sección y rutas de las capas, lo que indica que las cabeceras en los sistemas SDH son utilizados por capas.

(a) Área de Sección de Cabecera (SOH)

SOH contiene información de la trama y es utilizada para el mantenimiento, monitoreo del rendimiento y otras funciones de operación. La sección de cabecera de la figura 19 puede ser dividida en la sección de regeneración de arriba y sección múltiple de arriba. Aquí, RSOH se puede acceder en el regenerador o el equipo terminal. MSOH pasa el regenerador, así como poner fin al montaje y desmontaje de puntos de la AUG, o equipo terminal. En SOH, de la primera hasta la tercera fila se asignan RSOH, mientras que el quinto hasta la novena fila se asignan a MSOH.

(b) Ruta de Acceso a la Cabecera (POH)

Se puede dividir en dos tipos: VC-POH de orden inferior y VC-POH de orden superior

- VC-POH de orden inferior: VC-1 ó VC-2 puede estar formado por fijar el VC-POH de orden inferior a C-1 o C-2. Sus principales funciones son el monitoreo de las funciones de los canales VC, la transmisión de señales de mantenimiento e indicando el estado de alarma.

- VC-POH de orden superior: Anexando el VC-3 POH a C-3 o la combinación de varias TUG-2s para formar VC-3; añadiendo el VC-4 POH a C-4 o la combinación de varios TUG-3s para formar VC-4. Las funciones de VC-POH de orden superior incluye el monitoreo de la trayectoria VC, la transmisión de señales de mantenimiento para indicar el estado de alarma y la estructura de multiplexación.

2.2.7.1 Arreglo de SOH

El SOH en la trama de la estructura SDH están enmarcados los bytes (A1, A2), la sección del regenerador por el byte (J0), canal de comunicación de datos (D1 hasta D2), *orderwire* (Es un sistema de comunicación de voz para el personal de mantenimiento para la comunicación entre equipos) con bytes (E1, E2), ruta de usuario (F1), bit de paridad (BIP), ocho bits de código (B1), BIP Nx24 bits código (B2), y el recorrido para la protección de conmutación automática (K1,K2). La posición y la función de los bytes se describen a continuación:

(a) Ubicación de bytes SOH, el arreglo de diferentes bytes SOH en la trama STM-1 se muestra en la figura 21.



- ☐ Bytes de características relacionados a media transmisión para uso temporal
- ☐ Bytes reservado para uso domestico

Figura 21: Arreglo de Byte en STM-1

En SDH, los bytes SOH de la trama STM-N también se intercalan SOHs de N STM-1 tramas. Sin embargo, sólo el SOH del primer STM-1 se mantiene completo, mientras que otros SOH N-1 STM-1 tramas solo los reservamos para enmarcar tales bytes como A1, A2 y B2 y omitir otros bytes.

La posición de byte SOH en la trama de un STM-N puede estar indicado con el vector de coordenadas S (a, b, c). En este caso, “a” indica el número de filas con valor de rango de 1 hasta 3 o 3 hasta 9; “b” indica el número de columnas con valor de rango de 1 hasta 9, y “c” indica el número de intercalados de capas en la columna de multiplexación con el rango de valores de 1 a 64. La relación entre el número de fila actual, número de columnas de los bytes en el STM-N y A, B y C se muestra a continuación:

Fila = número uno

Número de columna = $N(b-1) + c$

(b) Funciones de SOH

- Bytes enmarcados: A1 y A2

Los bytes A1 y A2 en SOH pueden ser utilizados para identificar la posición de inicio de la trama, A1 y A2 han fijado valores binarios, 11110110 para A1 y 00101000 para A2. Cuando 5 tramas continuas no pueden recibir correctamente bytes A1 y A2, o 5 tramas continuas no se pueden diferenciar, el extremo receptor entonces entrara en “*out-of-frame*” (OOF) y generara una alarma OOF. Si OOF tiene una duración de 3 ms, podemos considerar que la *pérdida de la trama* (LOF) se inicia el estado. A continuación, el equipo va a generar la alarma LOF e insertar la *señal indicadora de alarma* (AIS), y a continuación todo el servicio se interrumpe. Si abajo del estado LOF, el receptor final se encuentra en el estado de alineación de tramas durante más de 1 ms, entonces el equipo recupera su estado normal.

- Sección del Regenerador bytes: J0

Este byte se puede utilizar para enviar varias veces el *access point identifier* (API) de la sección para que el extremo receptor pueda asegurar que está en continua relación con las especificaciones del envío final. Este byte dentro de la red de igual operador puede ser cualquier carácter, mientras que en el borde de la red entre dos distintos operadores, los bytes JO en el extremo receptor y el transmisor del equipo debe ser igual. Con el byte JO, los operadores pueden detectar y resolver problemas rápidamente, a fin de que el tiempo de reanudación de la red sea breve. Hay otro uso para JO. El byte JO en cada STM-1 de la trama STM-N se define como un STM identificado como C1 para indicar la posición del STM-1 en el STM-N. Indica que STM-1 (numero de capa intercalados) este STM-1 está en el STM-N y que la columna (numero de columnas de multiplexación) la C-1 se encuentra en la trama STM-1.

- *Canal de comunicación de datos* (DCC): D1 hasta D12

El DCC en el SOH puede ser utilizado para formar el enlace de transmisión de la SDH con la *red de gestión o administración* (SMN). Aunque hay canales de control en el sistema PDH tradicional, todos ellos son dedicados, lo que significa que otros equipos no pueden acceder. En lo contrario, el DCC es universal, construida en el SOH. Todos los elementos de la red disfrutan de esta característica, lo que significa que una red uniforme de gestión puede ser convenientemente formada, evitando dotar a cada pieza de equipo con el canal de comunicación de data.

Aquí, los bytes D1 hasta D3 son llamados de la sección regeneradora DCC, utilizada para la transmisión de la OAM de información entre los terminales de la sección del regenerador a una velocidad de 192 kbit/s (3x64 kbit/s). Byte D4 hasta D12 que se conocen como la sección múltiplex DCC, utilizados para la transmisión de información OAM entre los terminales de la sección múltiplex, a una velocidad de

576 kbit/s (9x64 kbit/s). El total de 768 kbit/s de los canales de comunicación de datos proporcionan una infraestructura de comunicación de gran alcance para la gestión y el control de la red SDH. En la figura 22 se puede apreciar el funcionamiento del DCC. Como objetivo importante de la red de gestión SDH es realizar un control rápido distribuido. Con el DCC, el mejor enrutador para el sistema de gestión de red puede ser rápidamente transmitido los elementos de red vía la DCC en cualquier momento.



Figura 22: Canal de comunicación de datos [13]

- *Orderwire* bytes: E1 y E2

Estos dos bytes se utilizan para proporcionar canales de voz para comunicación *orderwire*. E1 pertenece a RSOH y se utiliza para la ruta *orderwire* local. Se puede acceder en el regenerador. E2 pertenece a MSOH y se utiliza para *orderwire* ruta directa. Como lo podemos apreciar en la figura 23, además se puede acceder en la terminal de la sección múltiplex. El canal *orderwire* tiene una velocidad de 64 kbit/s.

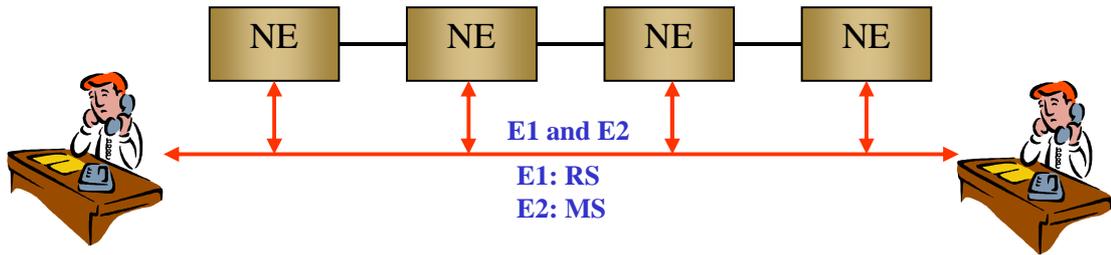


Figura 23: Función del Orderwire bytes: E1 y E2 [13]

- Ruta de acceso del usuario: F1

Este byte está reservado para los usuarios (a menudo el proveedor de red) uso privado y puede ser utilizado para proporcionar datos temporales o la conexión de voz para propósitos de mantenimiento especial, provee 64 kbit/s.

- Código BIP-8: B1

El byte B1 (8bit) se utiliza para monitorear errores de bit de la sección de regeneración, que es el código BIP con paridad par. El código BIP-8 calcula todos los bits de la trama anterior STM-N después de codificación, y coloca el resultado en la posición del byte B1 antes de mezclarse. Este tipo de control de error de bit es una de las características de SDH, que aplica control automático de error de bit para una sección del regenerador de una manera sencilla. Sin embargo, este método no puede detectar los errores cuando incluso el número de bits erróneos se produce en el grupo de supervisión. Afortunadamente, hay una pequeña posibilidad de que en este caso, el bit de error tenga una probabilidad de detección grande.

- Bit de paridad intercalado de verificación código Nx24 bit (BIP-Nx24)

El byte B2 se utiliza para controlar errores de bit de la sección múltiplex. Tres byte B2 (total de 24 bit) están dispuestos en la sección de cabecera para este fin. El byte B2 es el código BIP Nx24, que utiliza el método de verificación de paridad,

cuya generación es similar a la BIP-8. El código BIP-Nx24 calcula todos los byte a excepción de la primera y tercera fila de SOH para la trama previa de STM-N y coloca el resultado en la posición de los byte B2 antes de mezclarse. Hay Nx3 byte B2 en la trama STM-N, y cada tres (3) B2 corresponde a un código de verificación de paridad de una trama STM-1. Además de un byte B1 y un byte B2 dispuestos en la sección de regeneración y la sección múltiplex en la SDH para el monitoreo de errores de bit, un byte B3 en el POH de la ruta VC-3 ó VC-4 de orden superior el primer y segundo bit en la POH de la ruta VC-1 ó VC-2 de orden inferior también se arreglan con el mismo propósito. El monitoreo del comportamiento de error del bit es perfecto en SDH. Cada capa de la red que se divide en 4 niveles diferentes tiene el control del monitoreo, y pueden controlar los errores de bit en la medida del tamaño de una sección de regeneración o como cualquier VC-1 ó VC-2.

- *Conmutación Automática de protección (APS) rutas de byte: K1 y K2 (b1 hasta b5)*

K1 y K2 se utilizan como el APS de señalización para la *protección de la sección múltiplex (MSP)*. Como K1 y K2 (b1 a b5) se utilizan en la ruta de señalización dedicada para propósitos de protección, la respuesta de la protección se puede realizar. K1 y K2 (b1 hasta b5) ofrecen el modo de protección de la red. Sus principios básicos de trabajo son los siguientes: Si una ruta de trabajo es defectuosa, los nodos intermedios detectan rápidamente las fallas y emplean la fibra de protección de enlace ascendente para transmitir bytes K1, que contiene el número de caminos defectuoso. Después de salir y recibir el byte K1, será puente de fibra óptica en la ruta descendente para la protección de la fibra descendente, y al mismo tiempo, la protección de los bytes K1 y K2 (b1 hasta b5), se envían a través de la protección de la fibra óptica descendente en la que trabaja bytes K1 y K2 se utiliza para el reconocimiento. Después de recibir el byte K2 (b1 hasta b5), el extremo aguas abajo confirma el número serial del canal y recorre el enlace descendente de trabajo para la protección descendente de la fibra. Al mismo tiempo, el K1 recorre el enlace

ascendente de trabajo con la protección ascendente de la fibra. Par llevar a cabo el cambio bidireccional, el extremo aguas abajo envía el byte K2 (b1 hasta b5) a través de la protección del enlace de fibra ascendente. Después de recibir el byte K2 (b1 hasta b5), aguas arriba en la ruta final del enlace ascendente para cambiar la ruta de trabajo de dos fibras de protección y lograr la conmutación de protección automática.

Sección multiplex-Indicador de deficiencia remota (MS-RDI): K2 (b6 hasta b8), en este caso devuelve el mensaje de alarma del Rx al Tx, se encarga de indicar que el Rx ha recibido la alarma y su valor es de 111. En la figura 24 tenemos un diagrama de bloques del modo de operación.

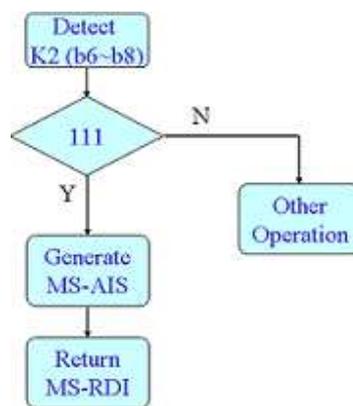


Figura 24: Sección múltiplex-Indicador de deficiencia remota K2 (b6 hasta b8) [13]

- Estatus de sincronización del byte: S1 (b5 hasta b8)

En la estructura de la trama STM-N, del quinto al octavo bit de los primeros byte S1 (9, 1,1) de la primera trama STM-1 indican el estado del mensaje de sincronización. Estos cuatro bit pueden ser codificados en 16 formas diferentes, por lo que pueden indicar 16 diferentes niveles de sincronización de calidad. Cuanto menor sea el valor S1 (b5 hasta b8) menor es el nivel de calidad correspondiente al reloj. Sobre esta base, los equipos de calidad de la señal de reloj recibida se decide si

debe realizarse la conmutación de la fuente del reloj, es decir, para cambiar de mejor calidad la fuente del reloj.

- *Sección multiplex-Indicador de error remoto (MS-REI) byte: M1*

El byte M1 es un mensaje de respuesta, que es devuelto por el extremo receptor hasta el extremo emisor como se puede observar en la figura 25. El contenido del byte M1 es el número de errores en los bloques detectados por el BIP-NX24 (B2) en el extremo receptor de manera que el extremo emisor puede conocer el estado de error del bit en el extremo receptor.

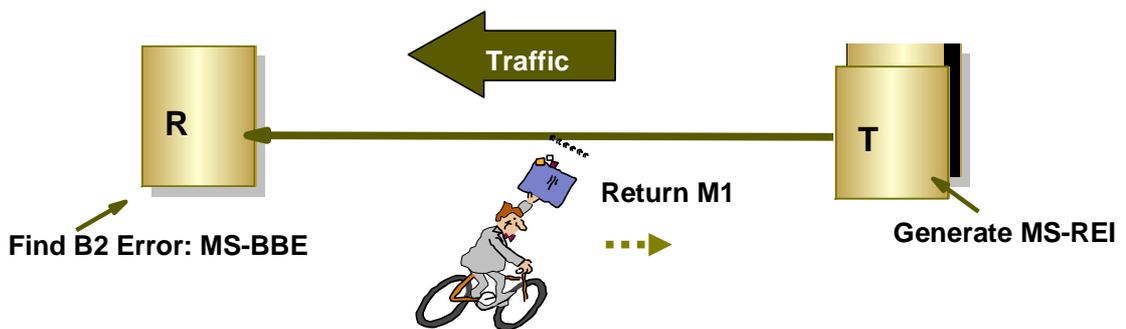


Figura 25: Sección múltiplex-Indicador de error remoto (MS-REI) byte: M1 [13]

- Algunos byte especiales relacionados para la media transmisión

Se utilizan para la etapa de alarma de conmutación de protección de SDH, el control de potencia de la transmisión automática, el cambio rápido no destructivo, control y monitoreo de la propagación.

2.2.7.1.1 Arreglo de orden superior (high-order) POH

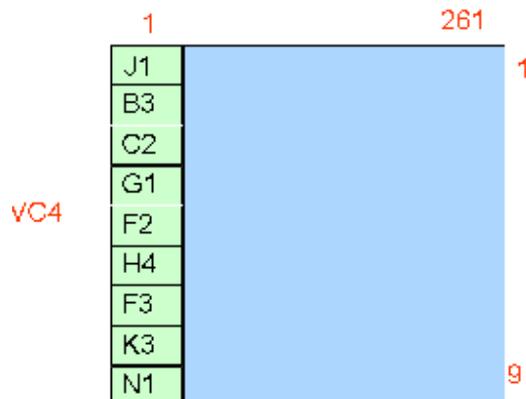


Figura 26: Rutas de cabecera para orden superior

El orden superior de POH como se muestra en la figura 26, incluye la señal de byte (J1) para recorridos VC-3 ó VC-4 de POH, el recorrido BIP-8 código (B3), señal designada byte (C2), ruta de estado byte (G1). La posición y la función de cada byte POH de orden superior son los siguientes:

(a) Localización de byte de orden superior POH

El VC-3 se compone de nueve (9) filas y ochenta y cinco (85) columnas. Los 9 byte de la primera columna funcionan como VC-3 POH. VC-4 se compone de 9 filas y 261 columnas, y los 9 byte de la primera columna funcionan como VC-4 POH. Los 9 byte contenidos en la VC-3 ó VC-4 se denotan con J1, B3, C2, G1, F2, H4, F3 y N1.

(b) Funciones de los byte de orden superior POH

- VC-3 ó VC-4 recorrido de la traza POH byte: J1

Este byte se puede utilizar para enviar varias veces la *ruta de acceso de orden superior del punto de identificador* (HO APId) para que el extremo receptor de la ruta de acceso pueda asegurarse que es una conexión continua con lo especificado en el envío final, por lo tanto, el estado de la ruta de acceso de la conexión se puede remontar. El operador puede detectar y manejar la falla previamente por el uso del byte J1 y evitar que los servicios transmitidos puedan estar afectados de forma que la red pueda restaurarse en breve tiempo. Su proceso se muestra en la figura 27.

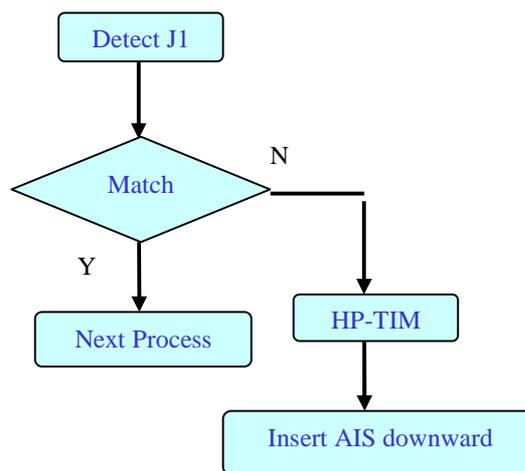


Figura 27: Recorrido byte J1 [13]

- Recorrido BIP-8 código: B3

El byte B3 (8bit) se utiliza para monitorear los errores en el recorrido, que es el BIP código con paridad par. El código BIP-8 calcula todos los bits anteriores del VC-3 ó VC-4 y coloca el resultado en la posición de los byte B3 en el VC-3 ó VC-4 actual. Su trayectoria se muestra en la figura 28.

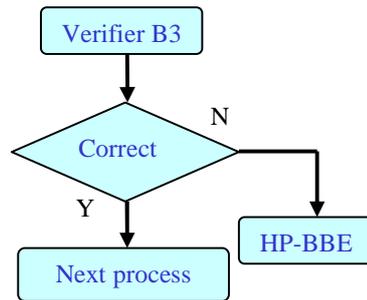


Figura 28: Ruta del BIP-8 [13]

- Señal designada byte: C2

El byte C2 se utiliza para indicar la composición o el estatus de mantenimiento de la VC-3 o VC-4, el código hexadecimal correspondiente de ese byte y sus significados se muestran en la tabla 8. También tenemos su ruta en la figura 29.

Tabla 8: Lista de especificaciones y códigos del byte C2 [Propia]

8 bit código C2	Código hexadecimal	Significado
00000000	00	Señales no cargadas o señales monitoreadas que no se han cargado
00000001	01	Carga útil no especifica
00000010	02	Estructura TUG
00000011	03	TU bloqueado
00000100	04	34.368 Mbit/s y 44.736 Mbit/s señales asíncronas mapeo en C-3
00010010	12	139.264 Mbit/s señales asíncronas mapeo en C-4
00010011	13	Mapeo ATM
00010100	14	Mapeo MAN (DQDB)
00010101	15	FDDI
11111110	FE	0.181 mapeo de señales de prueba
11111111	FF	VC-AIS (utilizado en conexión serie)

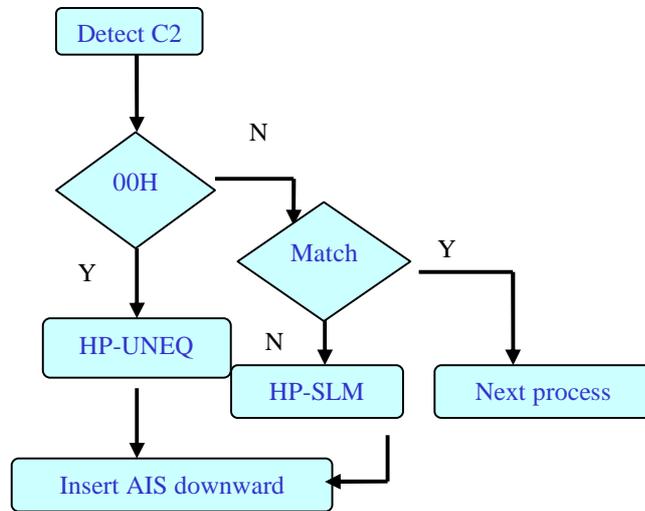


Figura 29: Ruta de la señal designada C2 [13]

- Estatus de ruta byte: G1

G1 se utiliza para enviar el estatus del terminal y la información de rendimiento sobre la ruta final VC-3 ó VC-4 para que el estado y el rendimiento de los caminos full dúplex puedan ser visualizados en cualquier extremo o en cualquier punto del camino. La ruta del byte G1 se muestra en la figura 30.

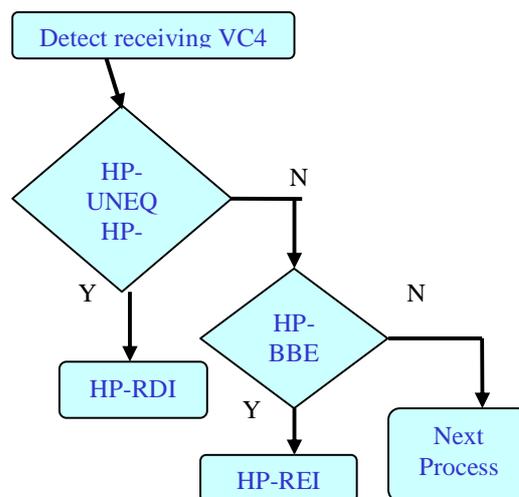


Figura 30: Ruta del byte G1 [13]

- Byte de ruta de los usuarios: F2 y F3

Los dos byte permiten la comunicación entre las unidades de ruta, que se relacionan con la carga útil.

- Byte indicador de localización: H4

El byte no solo indica la posición común de la carga útil, sino que también indica la ubicación de la carga. Por ejemplo, puede ser utilizado para indicar la ubicación de VC-1 ó VC-2 en la multi-trama y su ruta se muestra en la figura 31.

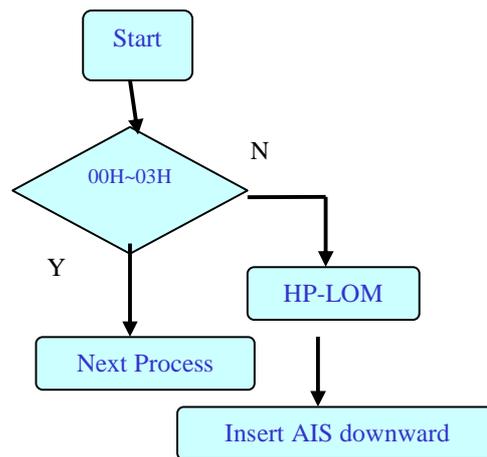


Figura 31: Ruta del byte H4 [13]

- Ruta de los byte APS (b1 hasta b4)

Se utiliza por el comando APS de orden superior para la protección del nivel de la ruta.

- Byte operador de red: N1

El byte de seguimiento para el *monitoreo de la conexión tándem* (TCM) realiza funciones para las rutas de orden superior.

- Bit de reserva: K3 (b5 hasta b8)

Estos byte son reservados para usos futuros, y el receptor puede ignorar sus valores.

2.2.7.1.2 Arreglo de orden inferior (*low-order*) POH

El POH en VC12 está ubicado en el primer byte de cada trama básica en una multi-trama y consta de cuatro byte como se muestra en la figura 32. Monitorea el rendimiento VC12 durante la transmisión de señales.

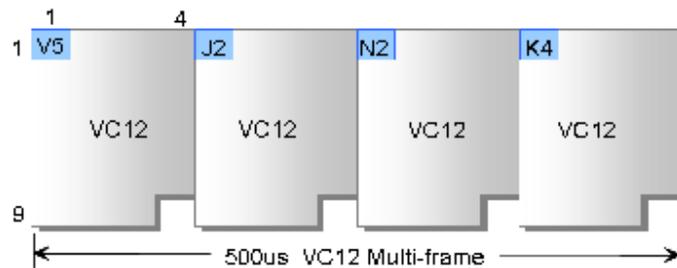


Figura 32: Ruta de cabecera de orden inferior [13]

POH de orden inferior se refiere a los byte (V5, J2, N2, K4) de rutas VC-1 ó VC2. La posición y función de los byte POH de orden inferior se describen a continuación:

- (a) Ubicación de los byte POH de orden inferior.

El POH VC-1 ó VC-2 consiste en V5, J2, N2 Y K4, que se encuentran en los primeros byte de continuidad de la trama VC-1 ó VC-2, es decir 4 tramas (500 μ s) pueden lograr una transmisión completa de la POH VC-1 ó VC-2.

(b) Funciones de orden inferior POH

- Byte V5

Proporciona funciones tales como la comprobación de errores de bit, la señal etiquetada y el estado de las rutas VC-1 ó VC-2. El primero y el segundo bit del byte V5 monitorea el desempeño de la ruta del bit de error, el tercer bit se utiliza para la trayectoria *indicadora de error remota* (REI), el cuarto se utiliza para la trayectoria *indicadora de fallas remota* (RFI), el quinto, sexto y séptimo bit proporcionan VC-1 ó VC-2 con la función de señal etiquetada, el octavo bit se utiliza para la trayectoria *indicadora de deficiencia remota* (RDI) del VC-1 ó VC-2. El recorrido del byte V5 se muestra en la figura 33.

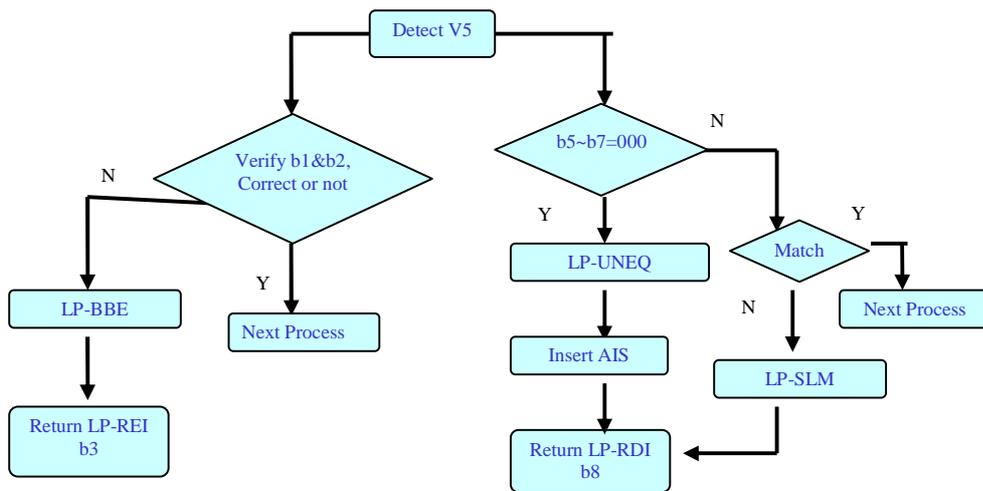


Figura 33: Ruta del byte V5 [13]

- Recorrido de la traza byte: J2

Se puede utilizar repetidamente para enviar la trayectoria del LOAPId para que el recibimiento al final de la trayectoria pueda asegurarse, todo esto es una conexión continua con lo especificado al final del envío.

- Byte operador de red: N2

El byte proporciona TCM función para las trayectorias de orden inferior.

- Ruta de los byte APS: K4 (b1 hasta b4)

Estos cuatros bit se utilizan para proporcionar el comando APS para el orden inferior *punto a punto* (PP).

- Bit reservados: K4 (b5 hasta b7)

Estos tres bit son opcionales reservado para la fuente final de la ruta que genera K4 para decidir si se utilizará.

- Bit de reserva: K4 (b8)

Este bit se reserva para uso futuro, y el receptor debe ignorar su valor.

2.2.7.2 Composición lógica de equipos SDH

Una red de transmisión SDH está compuesto de diferentes tipos de conectores NEs a través de fibras para completar las funciones de transmisión, incluyendo el servicio de añadir o quitar, conexión cruzada y la insuficiencia de la red auto-recuperable. Los elementos de red común en SDH son TM, ADM, REG y DXC.

2.2.7.2.1 TM

Es utilizado en la estación terminal de la red como se muestra en la figura 34.

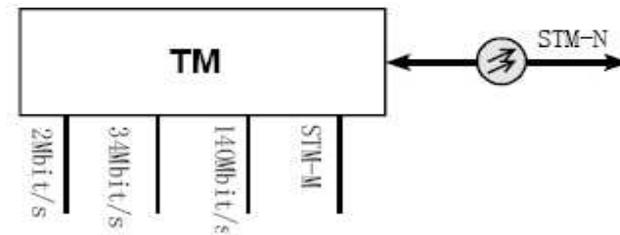
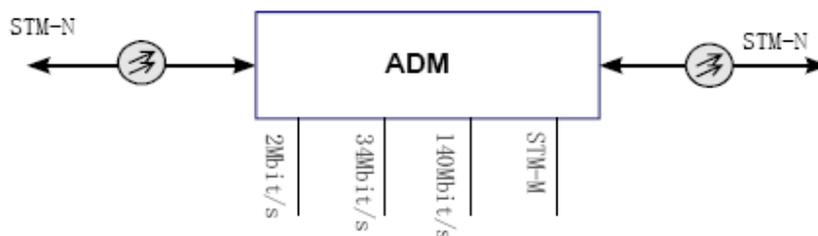


Figura 34: Modelo TM [ZTE]

Su función es multiplexar las señales de baja velocidad en el puerto tributario de alta velocidad STM-N del puerto de línea o poner fin a las señales de baja velocidad tributarias de la STM-N. Su puerto de línea puede entrar o salir señales de líneas STM-N, mientras que el puerto tributario puede entrar o salir señales de varios canales tributarios de baja velocidad. Cuando las señales tributarias de baja velocidad se multiplexan en la trama STM-N de las señales de línea, la ubicación de las señales tributarias en la línea de la señal STM-N pueden ser asignadas al azar. Este elemento proporciona acceso a los canales de voz y datos. Además son la entrada principal a SDH.

2.2.7.2.2 ADM

Es utilizado en el punto de transferencia en una red de transmisión SDH, tales como el nodo intermedio de un enlace o un nodo de anillo, y es el más importante NE usado comúnmente en la red SDH, como se muestra en la figura 35.



(ATM, Ethernet, VoIP, PDH, SDH) Figura 35: Modelo ADM [ZTE]

ADM presenta dos puertos de línea y un puerto tributario. Cada uno de los dos puertos de línea está relacionado con las fibras ópticas en un lado (una fibra recibida y una fibra enviada a cada lado). Para una descripción conveniente, se orienta como un puerto de línea al oeste (O) y un puerto de línea al este (E). La función de un ADM es multiplexar las señales tributarias de baja velocidad para la línea. Además, las señales STM-N en las líneas este o oeste pueden ser conectadas en cruz. ADM es uno de los más importante NE SDH y puede trabajar como otros NEs equivalentes. Un ADM es equivalente a dos TMs.

2.2.7.2.3 REG

Hay dos tipos de regeneradores en una red de transmisión óptica. Uno es el regenerador óptico puro, que realiza amplificación de potencia óptica y el alargamiento de la transmisión óptica a distancia. El otro es el regenerador eléctrico utilizado para la regeneración por pulso y la configuración. Concretamente, el supone que la transmisión de señales no posee ningún tipo de distorsión o acumulación de forma de onda vía conversión Óptica a Eléctrica (O/E), muestreo de la señal eléctrica, la regeneración, configuración, y la conversión Eléctrica a Óptica (E/O). El regenerador se muestra en la figura 36.



Figura 36: Modelo REG [ZTE]

La función del REG es enviar las señales ópticas recibidas después de su proceso O/E, muestreo, regeneración, configuración y E/O en el extremo opuesto. Un regenerador real solo tiene que manejar el RSOH en la trama de STM-N y no tiene

ninguna función de conexión cruzada. Considerando que tanto ADM y TM necesitan agregar la menor velocidad de la señal tributaria para el STM-N, por lo que necesitan procesar tanto RSOH y MSOH. Además tanto ADM y TM disfrutan de la conexión cruzada.

2.2.7.2.4 DXC

Es la conexión cruzada de las señales STM-N, se muestra en la figura 37.

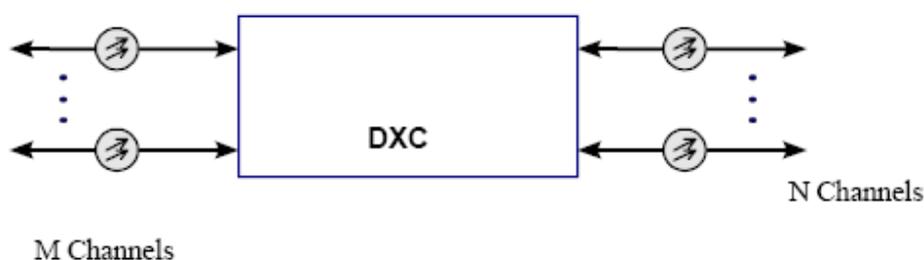


Figura 37: Modelo Conexión cruz digital (DXC: Digital Cross-Connect) [ZTE]

DXC puede conectar en cruz los M canales introducidos para señales STM-N a los N canales para señales de salida STM-N, cuyo núcleo es la parte matriz de la conexión cruzada que pueda realizar de un nivel bajo a señales de alta velocidad.

DXC_{m/n} se utiliza para indicar el tipo y el rendimiento de un DXC ($m \geq n$), m indica el nivel máximo de velocidad DXC que se puede acceder, mientras que n indica el nivel mas bajo de velocidad de la conexión cruzada en dicha matriz. Si el m es grande, mayor será la capacidad de la portadora DXC, si el n es pequeño, más grande es la cruz de la flexibilidad DXC. El número 0 indica que la velocidad del circuito es de 64 kbit/s. 1, 2, 3 y 4 indican tipos de grupo en el sistema PDH. Aquí 4 indica el STM-1 en el sistema SDH, 5 y 6 indican STM-4 y STM-16 en el sistema SDH. Por ejemplo, DXC_{1/0} indica que la tasa más alta está en el puerto de acceso de la señal PDH grupo primario, y la más baja velocidad de conexión cruzada es de 64

kbit/s. DXC4/1 indica que la velocidad más alta está en el puerto de acceso STM-1, mientras que la velocidad más baja de conexión cruzada es la señal PDH grupo primario.

2.2.7.3 Topología física de la red de transporte

En la figura 38 se muestran las diferentes topologías de la red

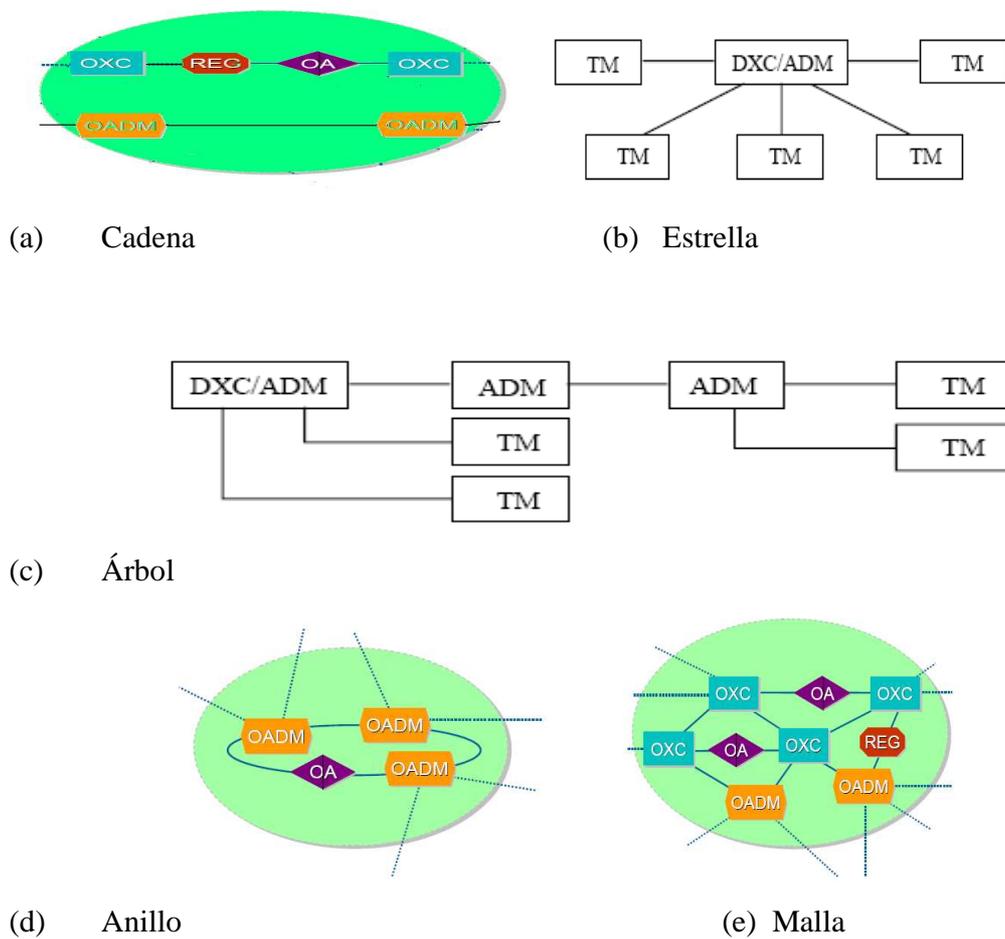


Figura 38: Topologías físicas para la red SDH

2.2.7.4 Tiempo de sincronización

La red de sincronización es una importante parte integral de la planificación de red, especialmente a la red SDH basada en la transmisión sincrónica. La mejor sincronización es obtenida entre NEs sólo después de la sincronización de red planificada. El equipo ZXMP S320 se puede ver en el anexo A, proporciona la sincronización basada en la información por *mensajería de estado sincronizado* (SSM). SSM se puede utilizar para asegurarse de que NEs seleccionan una fuente de sincronización efectiva con la mejor calidad de la sincronización, para así evitar que los relojes formen un bucle y garantizar el tiempo de sincronización para el desempeño de la red.

Nivel recomendado del reloj por la ITU-T:

- Bit: 1×10^{-11} G.811
- Reloj de transferencia: 0.5×10^{-9} G.812
- Reloj local: 1×10^{-7} G.812
- Reloj interno: 4.6×10^{-6} G.813

2.2.7.5 SSM función de la interfaz SDH

El servicio de añadir o quitar y la capacidad de cambios de direcciones de una red SDH habilitan una red para aplicaciones con flexibilidad y una alta duración, así como la selección de tiempo de sincronización en una red compleja. En una red SDH, la asignación de tiempo de referencia entre los nodos se realiza por medio de un gran número de bajo nivel de relojes NE SDH. La calidad del tiempo de referencia debe ser etiquetada por algunos medios. SSM es la información para mostrar la calidad de referencia de tiempo. Esta información es transmitida desde el quinto hasta el octavo bit de byte S1 en un multiplex section overhead de la SDH. A continuación se muestra en la figura 39.

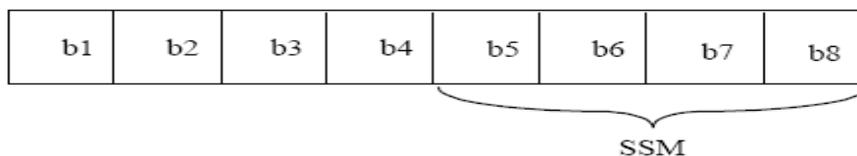


Figura 39: Contenido del byte S1 [ZTE]

Los cuatro bits con 16 tipos diferentes de sistemas de codificación que representan los 16 niveles de sincronización de calidad, se muestran en la tabla 9.

Tabla 9: Lista de códigos SSM [Propia]

S1 (b5~b8)	Descripción grados de calidad de sincronización para SDH	S1 (b5~b8)	Descripción grados de calidad de sincronización para SDH
0000	Calidad de sincronización desconocido (red de sincronización existente)	1000	G.812 Señal de reloj intercambio local
0001	Reservado	1001	Reservado
0010	G.811 Señal de reloj	1010	Reservado
0011	Reservado	1011	Fuente de tiempo de equipos síncronos
0100	G.812 Señal de reloj intercambiando tránsito	1100	Reservado
0101	Reservado	1101	Reservado
0110	Reservado	1110	Reservado
0111	Reservado	1111	No se debe usar para sincronización

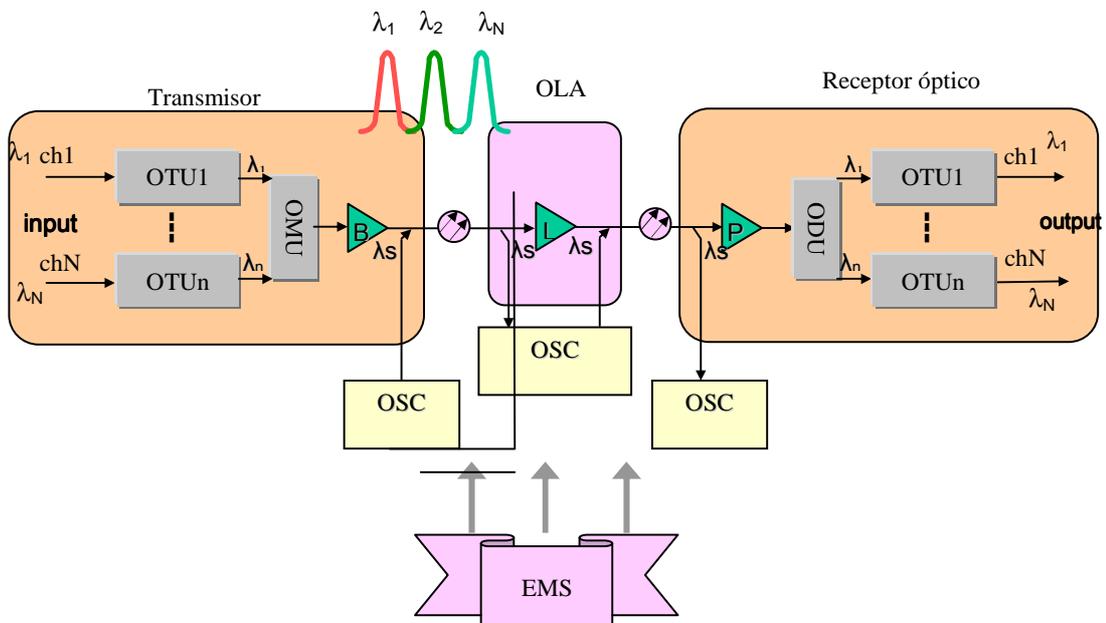
2.2.7.6 Aplicaciones de la cabecera SDH:

- (a) Comunicaciones de larga distancia.
- (b) La conmutación, acceso y las comunicaciones móviles.
- (c) Extensión al suscriptor.
- (d) Extensión a velocidades más alta.

(e) Extension a *multiple spanning tree protocol* (MSTP)

2.3 Multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM)

Es una técnica de transmisión por fibra óptica que emplea longitudes de onda de luz para transmitir datos en paralelo, en bit o serial por caracteres. Es una tecnología de comunicación por fibra óptica que puede transferir la información que contiene múltiples señales digitales a través de la misma fibra. Desarrolla los servicios de ancho de banda ampliando la capacidad del sistema por longitudes de onda cada vez mayor en la fibra óptica. El principio del funcionamiento del sistema DWDM se muestra en la figura 40.



OTU: Unidad transpondedor, OMU: Multiplexor óptico, ODU: Demultiplexor óptico, OSC: Canal de supervisión, EMS: OLA: Amplificador de línea óptica, B: Amplificador Booster, L: Amplificador de línea, P: Preamplificador, Ch: Canales

Figura 40: Composición del sistema DWDM [ZTE]

(a) Extremo del *transmisor* óptico (TX)

Los transmisores ópticos TX1...TXn de los canales múltiples diferentes de transmisión para señales ópticas ($\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n$, la frecuencia correspondiente $f_1, f_2 \dots f_n$) de diferentes longitudes de onda nominal. Cada canal óptico lleva diferentes señales de tráfico, como estándar de señal SDH, ATM y Ethernet. Un multiplexor combina esas señales en un rayo de luz para la transmisión en una fibra óptica.

(b) Extremo del *receptor* óptico (RX)

Un demultiplexor separa los canales de las señales ópticas y luego las introduce en los receptores ópticos RX1, RX2.....RXn de múltiples canales correspondientes.

(c) *Amplificador de línea óptica* (OLA)

Situado en el centro de la línea de transmisión óptica, la OLA amplifica las señales ópticas y compensa la pérdida en la línea de transmisión.

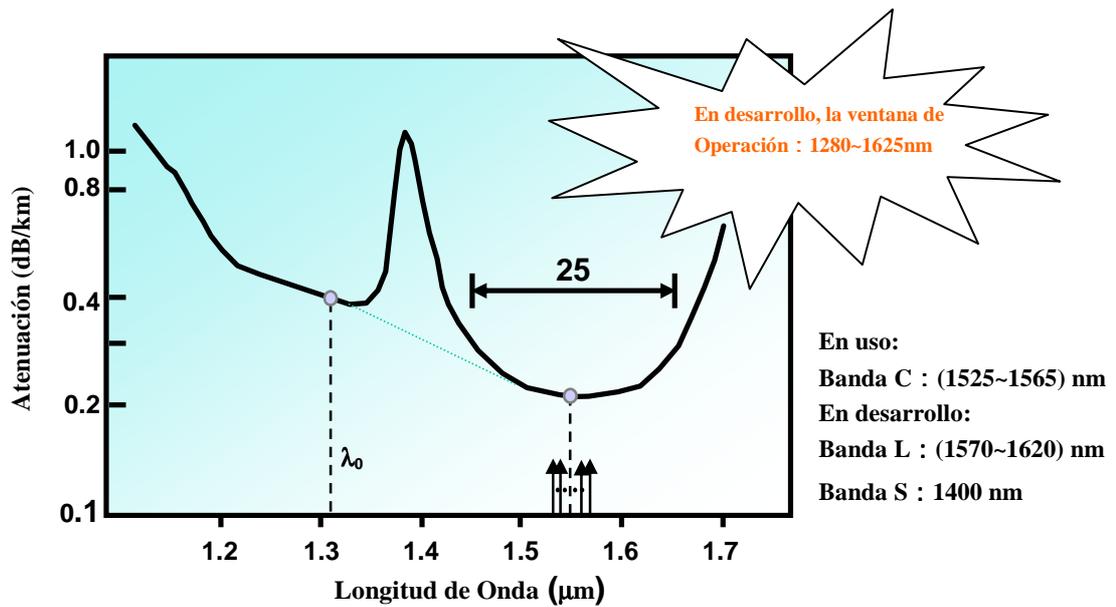
Amplificador de fibra dopada erbio (EDFA) incluye:

- *Amplificador Óptico Booster* (OBA): El cual produce una alta potencia de salida óptica.
- *Preamplificador Óptico* (OPA): Amplifica las señales para proporcionar una ganancia en el receptor y superar la limitante de la sensibilidad del receptor generado por el ruido.

(d) *Canal de supervisión óptico* (OSC)

Como se muestra en la figura 40, una longitud de onda por separado (1510 nm) se utiliza como un canal de control óptico para transmitir señales ópticas de

supervisión. La supervisión de las señales ópticas se utiliza para llevar la gestión NE y supervisión de información del sistema DWDM para que la red en el sistema de gestión pueda trabajar con eficacia al sistema DWDM. Con una potencia de transmisión de (0 a -7) dBm y una sensibilidad de recepción de -48 dBm. DWDM trabaja en la ventana de 1550 nm debido a que tiene menor atenuación. La gráfica 2 muestra la relación atenuación y longitud de onda.



Gráfica 2: Relación atenuación y longitud de onda

Ahora su relación con otros servicios se muestra en la figura 41.

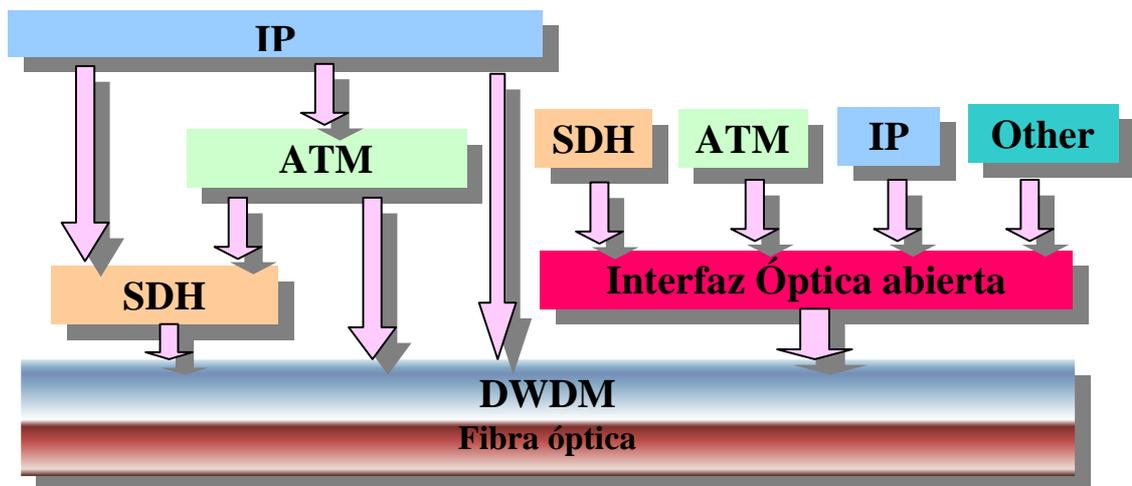


Figura 41: Relación entre DWDM y otros servicios

2.3.1 Características de DWDM

- Modulación más rápida = Respuesta espectral mayor
- Relación señal a ruido óptico debe medirse de forma distinta.
- Misma potencia en canal = menos potencia de pico.
- Emplea múltiples longitudes de onda, se encarga de multiplexar varios canales en una fibra óptica transmitiendo la información completa de forma continua.
 - Requiere de amplificadores ópticos mucho más pequeño para distancias muchos mayores.
 - Puede emplearse para redes metropolitanas y muy largas distancias.
 - Su regeneración es óptica a óptica directamente.

2.3.1.1 Requerimientos típicos de la relación señal a ruido óptico (OSNR) para sistemas DWDM

- 10 Gb/s OSNR=25 dB
- 2.5 Gb/s OSNR=20 dB

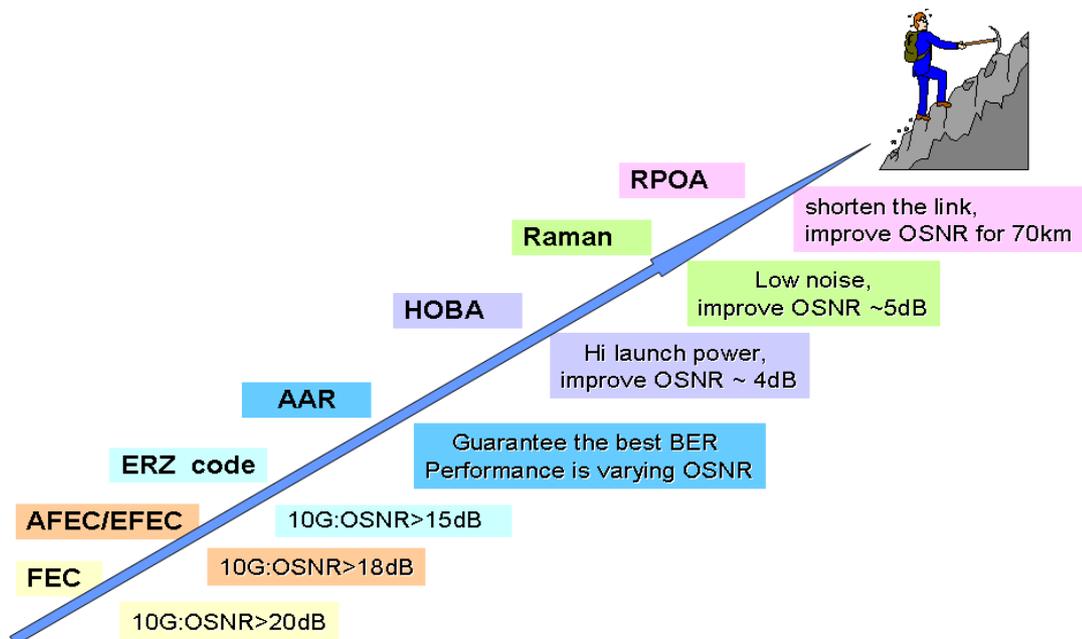


Figura 42: Requerimientos para DWDM [13]

En la figura 42 se tiene los diferentes requerimientos que se han utilizado debido a las necesidades del sistema el avance de la tecnología, así como sus necesidades. Para eso se deben cumplir unos parámetros de OSNR que cumplan con las especificaciones para obtener un sistema con pocas desventajas.

2.3.2 Tecnologías DWDM

- ***Tipos de fuente de luz***

La fuente de luz de un sistema DWDM adopta el *diodo láser* (LD). Debido a su gran potencia de entrada, reduce el ancho de línea espectral y velocidad de modulación alta. LD es conveniente para larga distancia y sistemas de alta velocidad.

- ***Tipo de modulación láser de sistemas DWDM***

En la actualidad, existen cuatro métodos para la modulación de la fuente de luz: la modulación directa, indirecta, absorción eléctrica y Mach-Zehnder.

El método de la modulación directa consiste en que el pulso eléctrico se aplica directamente para controlar el trabajo del láser semiconductor para generar flujo de pulsos ópticos correspondientes al pulso de la señal eléctrica. Se aplica a los sistemas de transmisión adoptados por las recomendaciones G.652 de fibras ópticas con una distancia menor de 100 km y una velocidad de transmisión inferior a 2.5 Gbit/s. Entre sus desventajas es la producción de ruido y dispersión.

El método de la modulación indirecta consiste en que la señal de impulso eléctrico se aplica para controlar la luz de un láser continuo en constante estado de iluminación para finalmente obtener el flujo de pulsos ópticos. Se aplica a sistemas de transmisión de larga distancia con una velocidad superior a 2.5 Gbit/s. Produciendo una disminución del ruido.

CAPÍTULO III

FACTIBILIDAD DE INTEGRACIÓN DE LOS EQUIPOS

3.1 Análisis y situación anterior de las telecomunicaciones en CADAFE tramo Santa Teresa y Despacho de Carga Central.

Las redes metropolitanas hoy en día se encuentran en una necesidad de gran ancho de banda debido a los cambios y desarrollo en los sistemas de comunicaciones así como la gran demanda para los servicios de voz y dato. CADAFE sabe la importancia de la migración hacia sistemas que presenten una modernización y pueda dar grandes beneficios. La situación que presentaba la empresa respecto a las necesidades de operación era de múltiples problemas, por lo tanto se vio en la necesidad de reforzar o mejorar los equipos que integran todos los dispositivos de comunicación en las diferentes salas de altas frecuencias, central telefónica, onda portadora analógica, onda portadora digital y microonda. En la figura 43 se muestra el esquema de la conexión de onda portadora analógica que tenía anteriormente CADAFE entre el Despacho de Carga Central y la subestación Santa Teresa.

Con el objetivo de ampliar el ancho de banda, la velocidad de transmisión, aumento de la capacidad, modernización de los equipos, e incorporar nuevos servicios de redes, hubo la necesidad de crear otro sistema. Por lo tanto, se implementa un sistema moderno bajo el estándar SDH para sustituir el sistema anterior.

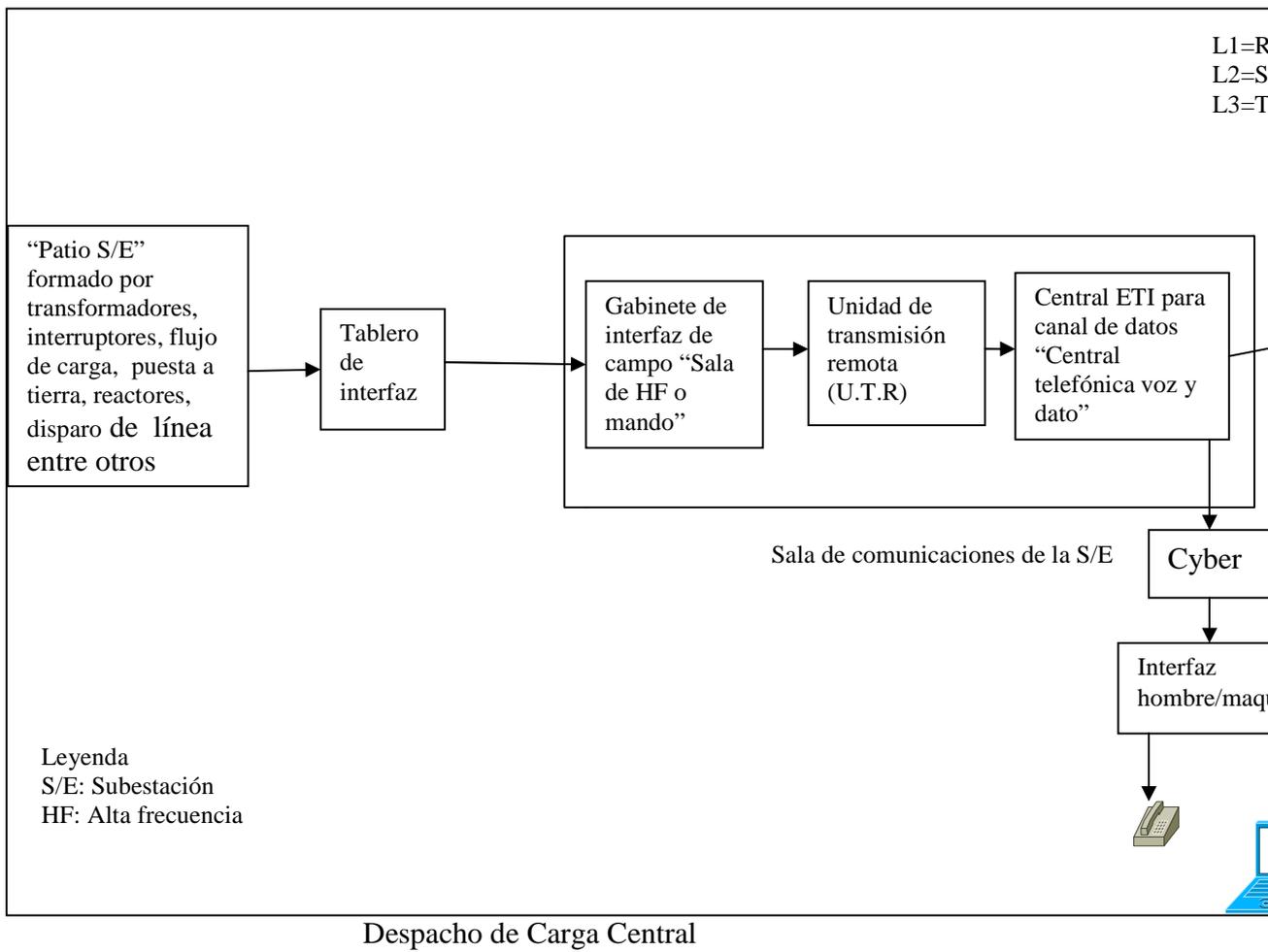


Figura 43: Esquema de conexión Onda Portadora (Mariposa) [Propia]

En la figura 44 se muestra la conexión vía microondas entre el despacho de carga central y CADAFE en la California. Actualmente este sistema no está operando debido a daños en las tarjetas en el equipo NERA, lo cual no se pudieron comprar los repuestos ya que no se conseguían y no fue posible repararlas. Por otra parte, el sistema trabajaba en modo de protección 1+0. El modo de funcionamiento de protección correcto es 1+1, y debido a fallas en el sistema la conexión principal, se averió, conmutando automáticamente al sistema de respaldo o reserva. Por consiguiente, no se dispone de ninguna protección en el equipo, y la información de voz y dato que se enviaba, era de suma importancia, ya que llevaba todo un control y supervisión del sistema de transmisión y distribución, funcionamiento de los equipos, tablero de fallas, transporte de energía, consumo, niveles de tensión de las subestaciones entre otros. Toda esta información era a nivel nacional por la interconexiones entre todos los despachos de CADAFE.

Debido a las necesidades de los operadores de las subestaciones eléctricas pertenecientes a CORPOELEC-CADAFE de solventar problemas de generación, distribución de energía, chequeo de equipos para poder transmitir y recibir las fallas o datos del funcionamiento del equipo en tiempo real, se planteó la necesidad de utilizar como medio de transmisión la fibra óptica la cual posee un ancho de banda amplio, y por lo tanto puede transmitir y recibir gran cantidad de datos y voz a una velocidad muy rápida a grandes distancias, con la finalidad de tener respuesta inmediata para una pronta solución.

A causa de estos problemas se implementó un sistema de fibra óptica de comunicaciones, para enviar la información de voz y dato al *centro nacional de gestión* (CNG). También se pretende instalar un sistema de microondas nuevo como respaldo a la fibra.

La fibra óptica posee muchas ventajas explicadas en el capítulo II, aparte de ser una tecnología avanzada que se relaciona conjuntamente con equipos de jerarquía

digital síncrona (SDH) y la técnica de multiplexación de longitud de onda densa (DWDM), y es aplicada para transferir la información que contiene múltiples señales a través de la misma fibra, con el fin de prestar una red de comunicación basada en fibra óptica confiable.

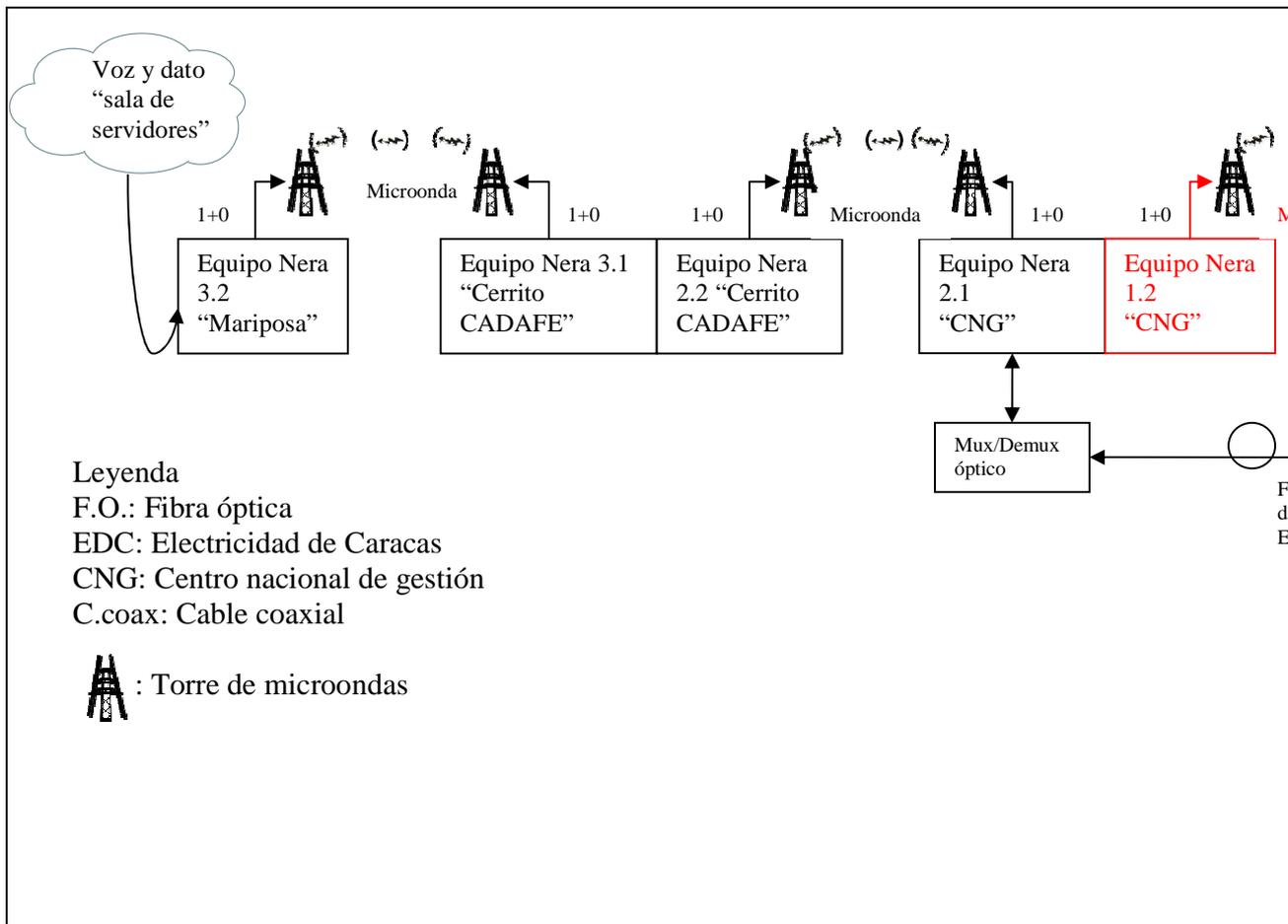


Figura 44: Esquema de conexión microondas antiguo [Propia]

3.2 Sistema de comunicaciones por fibra óptica actual

Con respecto al proyecto de estudio e implantación del servicio de voz y dato en la subestación Santa Teresa y Despacho de Carga Central CORPOELEC-CADAFE se muestra en la figura 45.

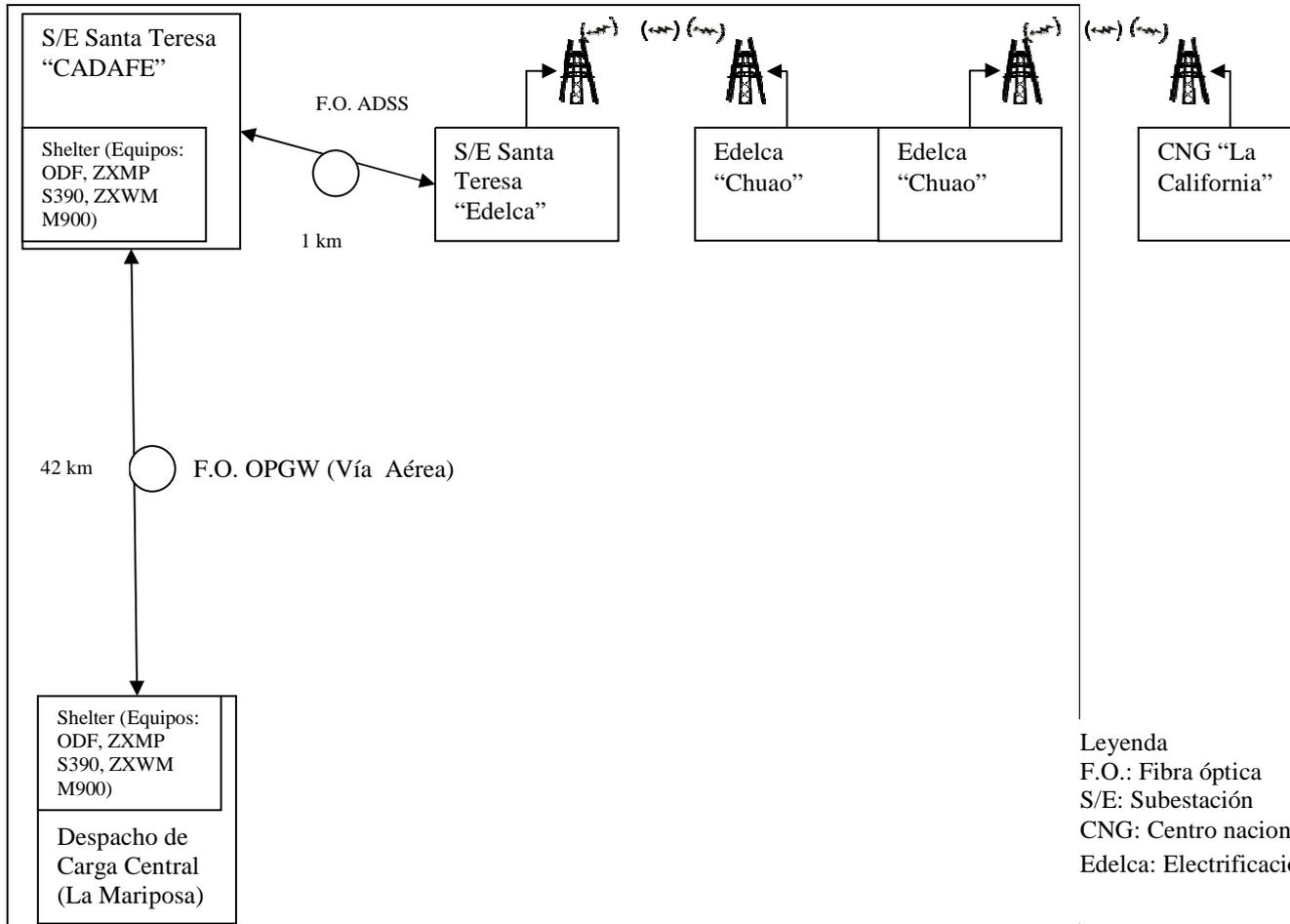


Figura 45: Esquema de conexión vía fibra óptica y microondas actual [Propia]

Como primer punto se comentará la instalación del Cable *Optical Power Ground Wire* (OPGW) de 42 Km. entre el Despacho de Cargar Central y la subestación Santa Teresa como se observa en la figura 45. El OPGW es un cable de estructura holgada donde cada tubo tiene 12 hilos, se utilizan 2 tubos para un total de 24 hilos. El OPGW está formado por 6 tubos los cuales los otros 4 están vacíos para aplicaciones futuras. Se tomo la recomendación de la tercera ventana óptica 1550 nm. A su vez, esta fibra sirvió de apoyo a las comunicaciones telefónicas entre las estaciones denominadas *alta frecuencia* (HF). El cable OPGW tiene como función de descargar la corriente de cortocircuito y llevar una gran cantidad de información por la fibra óptica. Este proceso de instalación del cable OPGW como el sistema de comunicación se presenta a continuación:

En la figura 46(a), se tienen imágenes del cable OPGW que realiza el papel de cable de guarda. En la figura 46(b) el cable OPGW va dirigido desde la altura final de la torre donde estaba antiguamente el cable de guarda para conectarla hacia la caja de empalme. En la figura 46(c) se tiene el cable OPGW a la caja de empalme que está en la torre y llevado a un dieléctrico en el pórtico que después se dirige vía ductos los cuales se muestra, en la figura 47(a), al *shelter* donde están los equipos de comunicaciones.



(a)



(b)



(c)

Figura 46: Cable OPGW con empalme y torre

Cuando se llega al *shelter* (figura 47(b)) el cual contiene los equipos SDH, primero se conectan a las bandejas de empalmes utilizados en los ODF. El gabinete ODF se muestra en la figura 47(c). Es el lugar donde están los equipos de comunicaciones. La fibra óptica que viene de la calle llega al ODF donde se conectan a sus respectivas bandejas de empalme las cuales se muestran en la figura 47 (d) y (e). Para el caso de la empresa CORPOELEC solo se utilizaran conectores LC, FC, SC como se muestra en la figura 14 y tabla 1. Se escogieron estos tipos de conectores debido a que se esta utilizando fibra monomodo de estructura holgada y se ajusta mejor al equipo *optical distribution frame* (ODF), después pasan al equipo ZXMP S390 que se puede observar en la figura 47 (f). Para luego conectarse con el equipo ZXWM M900 que se puede ver en el anexo D, figura 1D, para multiplexar las señales en una sola fibra. Estos equipos están interconectados con 2 hilos de fibra óptica los cuales son utilizados uno (1) para transmitir y recibir información mientras que el otro sirve de protección o respaldo de datos hacia la sala de mandos.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 47: Conexión externa con interconexión de equipos activos

3.3 Implementación de los equipos de comunicación óptica

El equipo ZXMP S390 se escogió por su compatibilidad con el estándar SDH para nodos multiservicios, por su velocidad de transmisión que puede llegar hasta 10 Gbit/s y de las respectivas funciones de protección especificadas en el anexo B subsecciones 3.2.5 y 3.2.9, se tomó la protección de línea de conmutación ya que es adecuada para la protección punto a punto, y su funcionamiento ocurre cuando la

transmisión en la fibra se interrumpe o se deteriora. El sistema conmuta automáticamente las señales a una fibra de espera en la red de transporte. Utiliza una longitud de onda de 1550 nm debido a la poca atenuación que presenta en esa ventana.

Una de las características del equipo ZXMP S390, es su capacidad de acceso a servicios de voz y dato, objetivo que se quiere cumplir para lograr un óptimo funcionamiento del sistema. Además el equipo ZXMP S390 cuenta con diversificadas ranuras de interfaz y amplio margen de utilización, estas ranuras se especifican en el anexo B, tabla 1B, subsección 3.2.7 y tabla 2B. Entre las interfaces de utilización para interconectar los equipos tenemos las interfaces ópticas.

El equipo ZXWM M900 también se escogió por su capacidad de transmisión, la cual puede llegar a 1600 Gbit/s, soporta el acceso a múltiples servicios, aprovecha al máximo el ancho de banda, por sus funciones de protección y gestión de la red. Trabaja en la banda de operación C (192.10 a 196.05) THz y banda L (186.95 a 190.90) THz cerca de la ventana 1550 nm para obtener una menor atenuación. Su función principal es unir las longitudes de onda por el método de multiplexores ópticos a una sola fibra, así como su función inversa, es decir; demultiplexación que separa las señales de la fibra óptica y las envía a las diferentes plataformas transpondedores ópticos.

El equipo ZXWM M900 puede transmitir a 40, 80 y 160 longitudes de onda con una separación entre canales de 100 GHz o 50 GHz dependiendo de la banda de trabajo y longitud de onda escogida, lo cual se puede evidenciar en el anexo D, tabla 4D y las recomendaciones de la ITU-T G.692. La separación entre canales su función principal es el control de energía y estabilizar las longitudes de onda para no producir variaciones de las frecuencias, con el fin de evitar la dispersión.

Entre la gran gama de amplificadores especificados en el anexo D, subsección 3.4.1.1. (e), se utilizó el amplificador RAMAN que se muestra en el anexo D, figura 3D. Es el encargado de compensar la potencia de las señales ópticas en la transmisión de larga distancia, debido a que sus capacidades de 40 o 160 longitudes de onda hacen de este elemento, el más recomendado por su capacidad de actualización, alta ganancia y compatibilidad.

El equipo ZXMP S200 se muestra en el anexo C, también hay una breve descripción de su funcionamiento. Este equipo se utiliza para la transmisión y acceso de servicios múltiples, tiene la capacidad de soportar una velocidad de hasta un STM-4, puede ser compatible con la actualización de la velocidad de 155 Mbit/s a 622 Mbit/s. También sirve como un elemento de red para aplicaciones con empresas, residencias y transporte a las estaciones bases. Su interconexión con otros equipos se hace posible por proveer interfaces de integración, las cuales se pueden configurar para un mejor rendimiento y gestión de la red.

3.4 Integración de los equipos

Después de haber estudiado todos los equipos que se van a instalar respecto a su funcionamiento, interfaces, características, ventajas, desventajas, protecciones del equipo, arquitectura, estructura, configuración, servicios y diferentes funciones, es posible considerar la integración de todos los mismos. Como punto importante, es posible realizar la configuración de la red pero no es posible de manera arbitraria, ya existen problemas como ruido, atenuaciones, dispersión, curvaturas en la fibra, reflectancia, pérdidas de retorno, dispersión, problemas ambientales y las limitaciones técnicas de los aparatos a utilizar, restringiendo así la distancia de transmisión de datos y ancho de banda. El poder medir y probar estos parámetros es importante para la instalación del equipo. De aquí la necesidad de un protocolo de pruebas para un funcionamiento óptimo del sistema.

Para vincular los equipos a gran distancia se utilizó amplificadores y regeneradores en los puntos intermedios de la red, con el fin de unir los puntos extremos de cada equipo, que garanticen una transmisión y recepción de voz y dato confiable. Por consiguiente para tener una comunicación eficiente se tomaron las siguientes consideraciones; la relación señal a ruido en el receptor, la dispersión cromática total acumulada por el receptor y respetar los márgenes establecidos para evitar las distorsiones.

Los equipos y la fibra óptica pueden funcionar ya que trabajan con estándares normalizados. La integración de los equipos es posible debido a que están conformados por tarjetas o módulos, también es posible realizar la unificación mediante interfaces ópticas ya que poseen la compatibilidad de la fibra óptica así como la red SDH. En la figura 16 capítulo II, se muestra un ejemplo de como se conectan los equipos mediante conectores SC, donde se tiene un cable para transmitir y otro para recibir. Además las interfaces ópticas trabajan con diferentes velocidades y capacidades de canales que pueden adaptarse para trabajar con todos los equipos de manera óptima. Todos los equipos se pueden configurar para ser adaptados a la red ya que utilizan el software ZXONM E300 EMS.

CAPÍTULO IV

TOPOLOGÍA DE LA RED Y CONFIGURACIÓN DE LOS EQUIPOS

4.1 Propuesta de la nueva topología para la red de voz y dato

De acuerdo al estudio realizado con las diferentes topologías en la red de transporte la cual fue descrita en la figura 38 del capítulo II y a las necesidades del sistema, la ubicación existente de cada sitio sustentado por las visitas a las subestaciones de Santa Teresa y Despacho de Carga Central para posibles extensión, permisos de ruta, servicios de distribución de redes, capacidad de autocuración, distancia entre los sitios y los modos de protección. Se concluyó que se puede proponer una topología de red viable. Los diferentes modos de protección y las grandes ventajas de las fibras ópticas conllevan a la topología red conjunta de estrella y árbol con modificaciones, basado en la red de datos tradicionales como se muestra en la figura 48 capítulo IV, con el fin de hacer más eficiente la red de voz y dato.

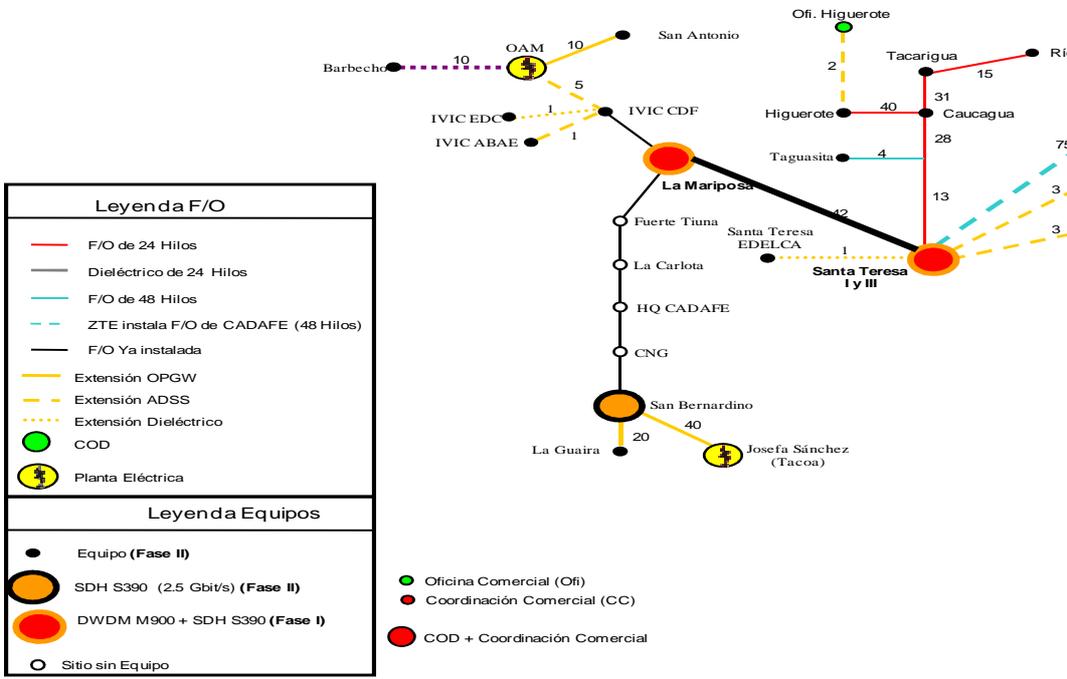


Figura 48: Propuesta de la nueva topología de la red de voz y dato [Propia]

La empresa CORPOELEC trabaja con un proyecto de 5 anillos a nivel nacional ubicados estratégicamente, según estudios realizados conjuntamente por la gerencia de telecomunicaciones de CORPOELEC y la compañía ZTE. Estos anillos tienen ramificaciones hacia las oficinas, coordinaciones comerciales, subestaciones de la empresa y despacho. También brinda servicios a institutos y otras empresas para la unificación de los servicios de voz y dato. Por tal motivo la topología propuesta cumple todos los requisitos de ampliación de red o subredes así como su posible expansión para usos futuros. La propuesta de red tiene una integración de tres topologías a la vez: punto a punto, estrella y árbol, siendo la topología punto a punto, aplicada a la red principal por sus ventajas de protección y uso de la fibra. Cabe destacar que el trayecto estudiado del Despacho de Carga Central y Santa Teresa es una conexión punto a punto que a su vez se conecta con otras subestaciones formando el anillo 1 de CADAFE. En Santa Teresa se tiene una conexión vía microondas de la empresa EDELCA hacia CHUAO y posteriormente al *centro nacional de gestión* (CNG) como respaldo. El centro de operaciones de red se encuentra ubicado en el Sombrero estado Guárico, sitio estratégico para la configuración de los 5 anillos.

4.2 Configuración de los equipos para integrar todos los dispositivos de comunicaciones.

Para realizar la configuración de los equipos, se cuenta con el programa Unitrans ZXONM E300 EMS, que una vez instalado, debe tener un punto de conexión a la red, además de poseer las tarjetas de red correspondiente para los servicios respectivos y necesidades del sistema. Toda la información de red, tendría que ser facilitada por el departamento de comunicaciones de CORPOELEC.

Este programa posee la capacidad de ejecutar todas las conexiones entre los tributarios y líneas ópticas, permitiendo operaciones unidireccionales y bidireccionales. Además es una herramienta para acceder a la configuración de los dispositivos y crear elementos en la red, donde emergen los equipos SDH, DWDM

especificados en el software para ser seleccionados. En la ventana para crear elementos, del programa Unitrans ZXONM E300 EMS, existen funciones como: tipo de elemento de red, tipo de sistema, el nombre del equipo, identificador del elemento de red, su velocidad y estado. Después de seleccionar y aplicar todas las funciones, el equipo aparece en la pantalla identificado con la finalidad de crear una red. Así sucesivamente se van seleccionando todos los equipos a utilizar hasta completar la red. Al elegir el equipo y revisando una de las funciones en la pantalla, se abre una ventana que tiene un destino denominado administrador de tarjetas con un conjunto de servicios, que dependiendo de las necesidades de red como de la compañía CORPOELEC, se van colocando en cada ranura hasta completar todos los servicios que se utilizarán. Este paso de seleccionar los servicios y colocarlos en la ranura se hace con todos los equipos SDH y DWDM que se utilicen.

Al seleccionar dos puntos de conexión, por ejemplo: Despacho de Carga Central y Santa Teresa, se utiliza la ventana de configuración de red, y la función administrador de enlace. Estos pasos se realizan con la finalidad de obtener la línea óptica, velocidad, puerto de envío y recepción de la información. Esta función al ser aplicada, ejecuta una conexión de fibra óptica entre los dos puntos que puede ser unidireccional o bidireccional. Análogamente se puede aplicar a todos los equipos que se deseen utilizar.

Es necesario considerar una información importante a tomar en cuenta: se debe abrir la ventana en la línea de fibra óptica entre dos puntos de red, donde aparecen los nombres de los equipos, estado, puerto, tarjeta utilizada con su servicio, dirección y velocidad, con el fin de utilizar estas referencias posteriormente en la función de configuración de servicio.

Para la configuración de servicio, se tomaron dos elementos de red, por ejemplo: *Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC)* y Despacho de Carga Central, de acuerdo a la información dada en la línea de fibra óptica o

administrador de enlace como se muestra en la figura 49, donde se especifica la tarjeta, dirección, velocidad y el puerto. Con esos datos se escoge la línea óptica, que tenga la misma dirección indicada en la tarjeta del administrador de enlace por ejemplo: OL1 [1-1-10] y OL1 [1-1-5], para posteriormente seleccionar esa función en la configuración de servicio como se muestra en la figura 50, la cual hace un despliegue de la estructura de multiplexión señalando el puerto, *grupo de unidad administrativa* (AUG), *unidad administrativa* (AU), *grupo de unidad tributario* (TUG), *contenedor* (C) y el servicio (ET1) con su dirección correspondiente.



Figura 49: Ventana de línea óptica o administrador de enlace

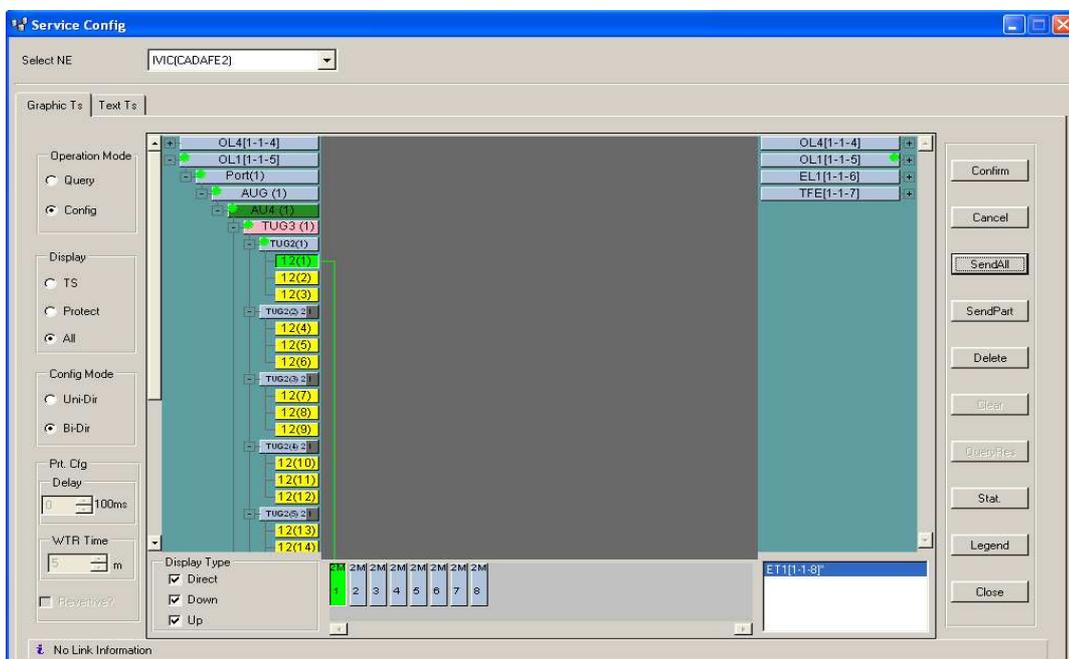


Figura 50: Ventana de configuración de servicio, señalando la estructura de multiplexión

Después de realizar la configuración de los equipos en la red, se puede verificar el servicio relativo de la conexión entre dos puntos o varios puntos de red. La ventana de *Net Path Reporte*, proporciona un análisis de la conexión, también de su correcto funcionamiento con sus respectivas especificaciones. La información suministrada por el Net Path Reporte, corresponde a lo siguiente: velocidad, nombre de la tarjeta, estado de alarma, puerto de entrada y salida con sus nombres de los elementos de red correspondientes. La función del programa Unitrans ZXONM E300 EMS, es la de integrar y evaluar todos los dispositivos para tener una red supervisada y controlada desde el *centro de operaciones de red (COR)*, ubicado en la Base Aeroespacial Manuel Ríos, estado Guárico.

La configuración e integración de los equipos se muestra más detallada en el anexo E, además juega un papel importante en el diseño de red, con el fin de obtener una distribución homogénea y que se adapte a las necesidades de la empresa, como a su futura expansión y modernización.

CONCLUSIONES

Se contó con el uso de fibra óptica como medio de transporte de información por su capacidad de ancho de banda, baja pérdida, inmunidad eléctrica. La fibra óptica generó compatibilidad con los formatos y sistemas de comunicación digital para trabajar niveles de velocidad media a niveles de velocidad alta. Se tomaron en consideración las recomendaciones de la ITU-T G.652, G.653 y G.654 para la fibra óptica, siendo la más ventajosa la ventana óptica de 1550 nm de longitud de onda, por tener una baja atenuación.

Se necesitaba enviar múltiples señales a través de la fibra óptica para poder ampliar la capacidad y distancia de transmisión, por tal motivo se empleo la técnica de transmisión por fibra óptica que emplea longitudes de onda de luz denominada DWDM, está función la cumple el equipo ZXWM M900 que trabaja en la banda C (192.10-196.05) THz y banda L (186.95-190.90) THz, con lo cual se aumento la capacidad de canales de información.

La topología propuesta en este proyecto requiere de menor cantidad de cable, como en el caso de la topología de malla. La topología red conjunta de estrella y árbol con modificaciones va evolucionando e interconectado con otras redes de área local para formar una gran red con más beneficios.

Los equipos SDH permiten la construcción de estructuras de red flexibles: con una misma red física es posible implementar diferentes redes lógicas por el software utilizado ZXONM E300 EMS, además puede trabajar con los estándar normalizados ISO, y realizar la unificación por interfaces ópticas.

En los actuales momentos CORPOELEC se ve en la necesidad de crecer en el campo de las comunicaciones, debido a problemas de saturación en cuanto a la

implementación de nuevos enlaces, fallas en el sistema y a la necesidad de modernización de los equipos. Mediante el sistema óptico, se podrá transmitir señales de voz y dato que facilitaran el proceso de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica de una forma segura. También los operadores de CORPOELEC, se beneficiarán con la modernización de los equipos ya que de esa manera, se podrá enviar la información en tiempo real de las alarmas, del sistema de control, entre otros.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que la empresa CORPOELEC:

1. Realice un estudio para posibles extensiones y enlaces de la fibra óptica, con el fin de mejorar la interconexión entre las localidades, centros comerciales, empresas entre otro.
2. Mantenga actualizado el software ZXONM E300 EMS, cuando se efectúen modificaciones o ampliaciones en la red, a fin de obtener resultados favorables en caso de análisis de fallas.
3. Es necesario dictar cursos especializados al personal técnico referente al estándar para redes de transmisión SDH, técnica de transmisión DWDM, software ZXONM E300 EMS, para que se familiaricen con los distintos sistemas y así poder solventar cualquier eventualidad con mayor rapidez.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] María J. Escontrela G. Interconexión de PDVSA y sus filiales utilizando un anillo de fibra óptica con tecnología SDH, Tomo 1997-39 V1 ESC 14, (Tesis) Caracas: Universidad Central de Venezuela, 1997 p. 223.

[2] Daniel F. Rengifo L. Diseño de enlace en fibra óptica con vista a la modernización de los existentes en la red interna de audio y video para la televisora estatal de Venezolana de Televisión, Tomo 2010-01 REN 29, (Tesis) Caracas: Universidad Central de Venezuela, 2009 p. 135.

[3] José L. Useche M. Diseño de la infraestructura de telecomunicaciones del centro de servicios del este de la Electricidad de Caracas y su interconexión por fibra óptica con el centro de servicios el Márquez y la subestación Boleita, Tomo 1996-07 USE21, Caracas: Universidad Central de Venezuela, 1996 p. 167.

[4] Manual de referencia: Versión (1.0) Cursos: Conceptos básicos de telecomunicaciones y sistemas ópticos. / ZTE Corporation China, 2009. __135 p.

[5] Manual de referencia: ROHDE y SCHWARZ. 40 Gbps nuevos retos/ EXFO Expertise Reaching out. USA, 2002. __38 p.

[6] Manual de referencia: Versión (2.0) Unitrans ZXMP S390 SDH-Based multi-service node equipment technical manual. / ZTE Corporation China, 2006. __203 p.

[7] Manual de referencia: ROHDE y SCHWARZ. Básico fibra, introducción a la fibra y medidas básicas/ EXFO Expertise Reaching out. USA, 2002. __33 p.

- [8] Manual de referencia: ROHDE y SCHWARZ. Redes avanzadas (DWDM, CD y PMD)/ EXFO Expertise Reaching out. USA, 2002.__95 p.
- [9] Manual de referencia: ROHDE y SCHWARZ. Conceptos generales OTDR/ EXFO Expertise Reaching out. USA, 2007.__38 p.
- [10] Manual de referencia: Versión (2.10) Unitrans ZXMP S390 SDH-Based multi-service node equipment installation manual. / ZTE Corporation China, 2006.__198 p.
- [11] Núñez, Héctor. Sistemas ópticos. U.C.V. 2005.__39 p.
- [12] Manual de referencia: Versión (1) SDH introduction. / ZTE University China, 2005.__14 p.
- [13] Manual de referencia: Versión (1) SDH Frame structure/ ZTE University China, 2005.__30 p.

BIBLIOGRAFÍAS

Bob Chomycz. Instalaciones de fibra óptica, Editorial Mc Graw Hill, 1973

B. Fourouzan. Transmisión de datos y redes de comunicaciones. Segunda edición. Editorial Mc Graw Hill, 2002.

Morgan Kaufmann. High performance Communications Networks. Segunda edición. 1999.

Tomsu Y. Schmutzer. Next generation optical Networks, Editorial Prentice Hall, 2001.

Uyless Black Optical Networks. Third generation transport Systems, Editorial Prentice Hall series in advanced Communications Technologies, 2002

IEEE <http://www.ieee.org/portal/cms_docs/pubs/transactions/auinfo03.pdf>
[Consulta: 2010]

Manual de referencia: Versión (1.0) Unitrans ZXMP S320 SDH-Based multi-service node equipment technical manual. / ZTE Corporation China, 2010. __173 p.

Manual de referencia: Versión (1.0) Unitrans ZXMP S320 SDH-Based multi-service node equipment hardware manual. / ZTE Corporation China, 2010. __123 p.

Manual de referencia: Versión (1.0) Unitrans ZXMP S320 SDH-Based multi-service node equipment installation manual. / ZTE Corporation China, 2010. __179 p.

Manual de referencia: Versión (2) Compact synchronous digital transmisión equipment. / ZTE Corporation China, 2005.

Manual de referencia: Versión (2.10) Unitrans ZXMP S390 SDH-Based multi-service node equipment maintenance manual. / ZTE Corporation China, 2006.__227 p.

Manual de referencia: Versión (2.10) Unitrans ZXMP S390 SDH-Based multi-service node equipment hardware manual. / ZTE Corporation China, 2006.__139 p.

Manual de referencia: Unitrans ZXMP S390 STM-16 SDH equipment. / ZTE Corporation China, 2005.__85 p.

Manual de referencia: Unitrans ZXMP S390 STM-64 SDH equipment. / ZTE Corporation China, 2005.__55 p.

Manual de referencia: Versión (2.20) Unitrans ZXMP S200 SDH-Based multi-service node equipment installation y maintenance manual. / ZTE Corporation China, 2010.__303 p.

Manual de referencia: Versión (2.20) Unitrans ZXMP S200 SDH-Based multi-service node equipment product descriptions. / ZTE Corporation China, 2010.__134 p.

Manual de referencia: Data sheet (DS-S200-070130). 2010.__3 p.

Manual de referencia: Versión (2.1) Unitrans ZXMP S200 Presentation of S200. / ZTE Corporation China, 2010.__21 p.

Manual de referencia: Versión (2.0) Unitrans ZXWM M900 Dense wavelength division multiplexing optical transmission system technical manual. / ZTE Corporation China, 2006.__138 p.

Manual de referencia: Versión (2.0) Unitrans ZXWM M900 Dense wavelength division multiplexing optical transmission system hardware manual. / ZTE Corporation China, 2006.__303 p.

Manual de referencia: Versión (2.0) Unitrans ZXWM M900 Dense wavelength division multiplexing optical transmission system installation manual. / ZTE Corporation China, 2006.__200 p.

Manual de referencia: Versión (2.0) Unitrans ZXWM M900 Dense wavelength division multiplexing optical transmission system maintenance manual. / ZTE Corporation China, 2006.__251 p.

Manual de referencia: Versión (2.0) Unitrans ZXWM M900 Dense wavelength division multiplexing optical transmission system RPOA subsystem user's manual. / ZTE Corporation China, 2006.__43 p.

Manual de referencia: Versión (2.0) Unitrans ZXWM M900 Dense wavelength division multiplexing optical transmission system technical manual. / ZTE Corporation China, 2006.__138 p.

Manual de referencia: Self-healing network. / ZTE Corporation China, 2006.__24 p.

Manual de referencia: DWDM de ZTE. / ZTE Corporation China, 2006.__43 p.

Manual de referencia: Teoría sobre DWDM. / ZTE Corporation China, 2006.__52 p.

Manual de referencia: OPGW 24F.O_45KA2s Technical data-sheet / Prysmian España, 2006.__1 p.

GLOSARIO

Agregado: Señal o trama de mayor velocidad de transmisión de un equipo.

Alineamiento: Indica la posición de los VC de bajo orden y alto orden en la trama TU o AU-4

Contenedor-n (n =1 a 4): Es la estructura que forma la carga útil de información sincrónica de red para un VC.

Elemento de red (NE: Network Element): Se refiere a un equipo de comunicaciones que forma parte de una red de telecomunicaciones.

Grupo de unidad administrativa (AUG): A una o más AUs que ocupan posiciones fijas en la carga útil de un STM.

Mapeo: El proceso de poner varios tributarios adaptados en el VC correspondiente, su función es hacer que varias señales tributarias queden sincronizadas con los VC.

STM-N: Es la estructura SDH que transporta los datos y que aparece en la interfaz del nodo de la red. El STM está formado por tramas que se llenan de datos. Una señal STM se forma por el intercalamiento de bytes de señales STM-1 individuales.

Tributario: Cualquier señal con una velocidad menor que un agregado.

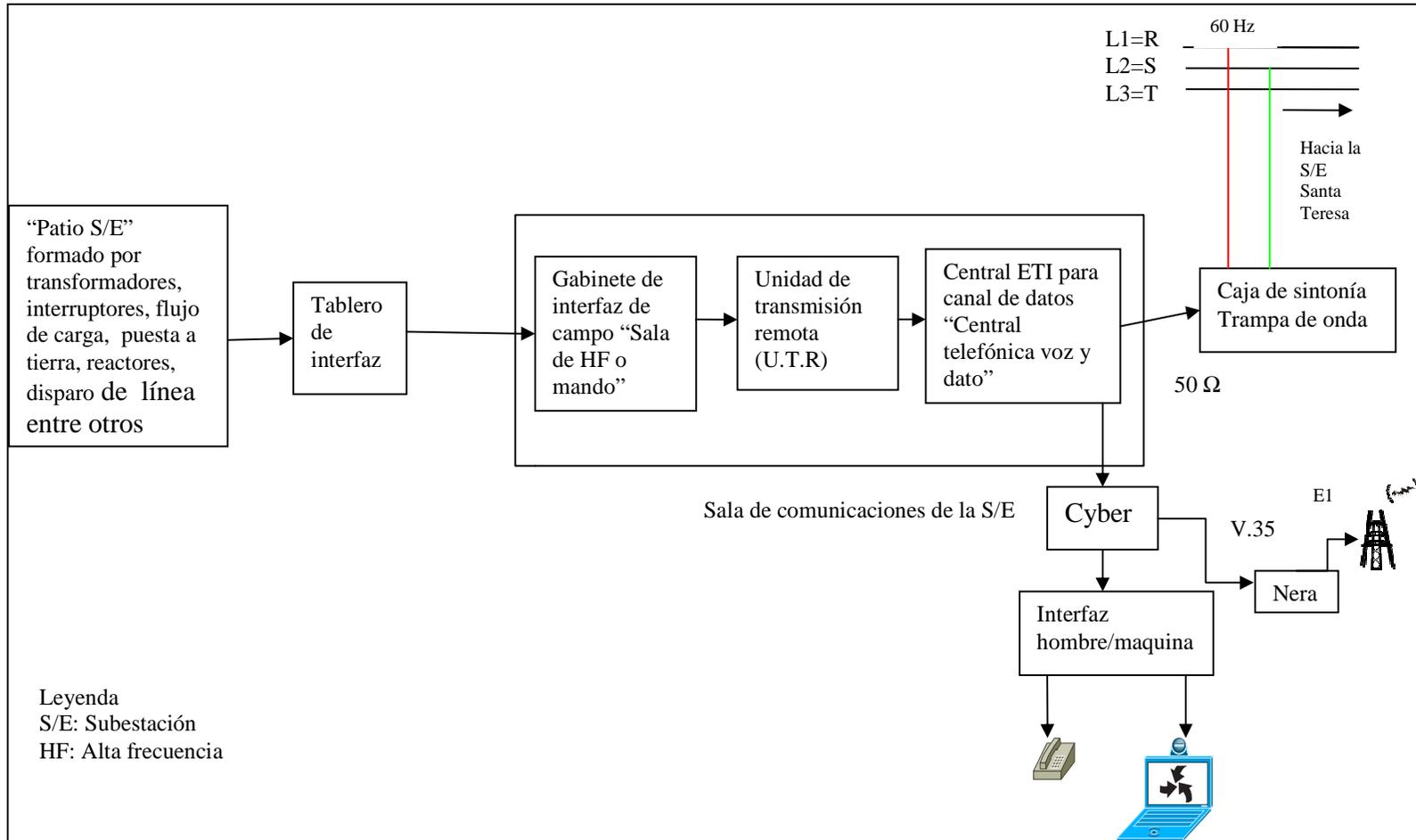
Unidad de administración (AU): Es una estructura de información que realiza funciones de adaptación para la capa de orden alto y la capa segmento de

multiplexión. Esto consiste del orden alto VC y el puntero de administración (AU PTR).

Unidad tributaria (TU): Es una estructura de información que realiza funciones de adaptación para la capa de orden bajo y la capa de orden alto. Esto consiste del orden bajo VC y el puntero tributario (TU PTR).

VC-n: (Virtual Container Level n = Contenedor Virtual Nivel n, donde n = 11, 12, 2, 3 o 4): Es una estructura que consiste de la carga útil de un contenedor más información de trayecto POH.

Shelter: Cuarto o habitación diseñado para colocar equipos de comunicaciones.



Despacho de Carga Central

Figura 43: Esquema de conexión Onda Portadora (Mariposa) [Propia]

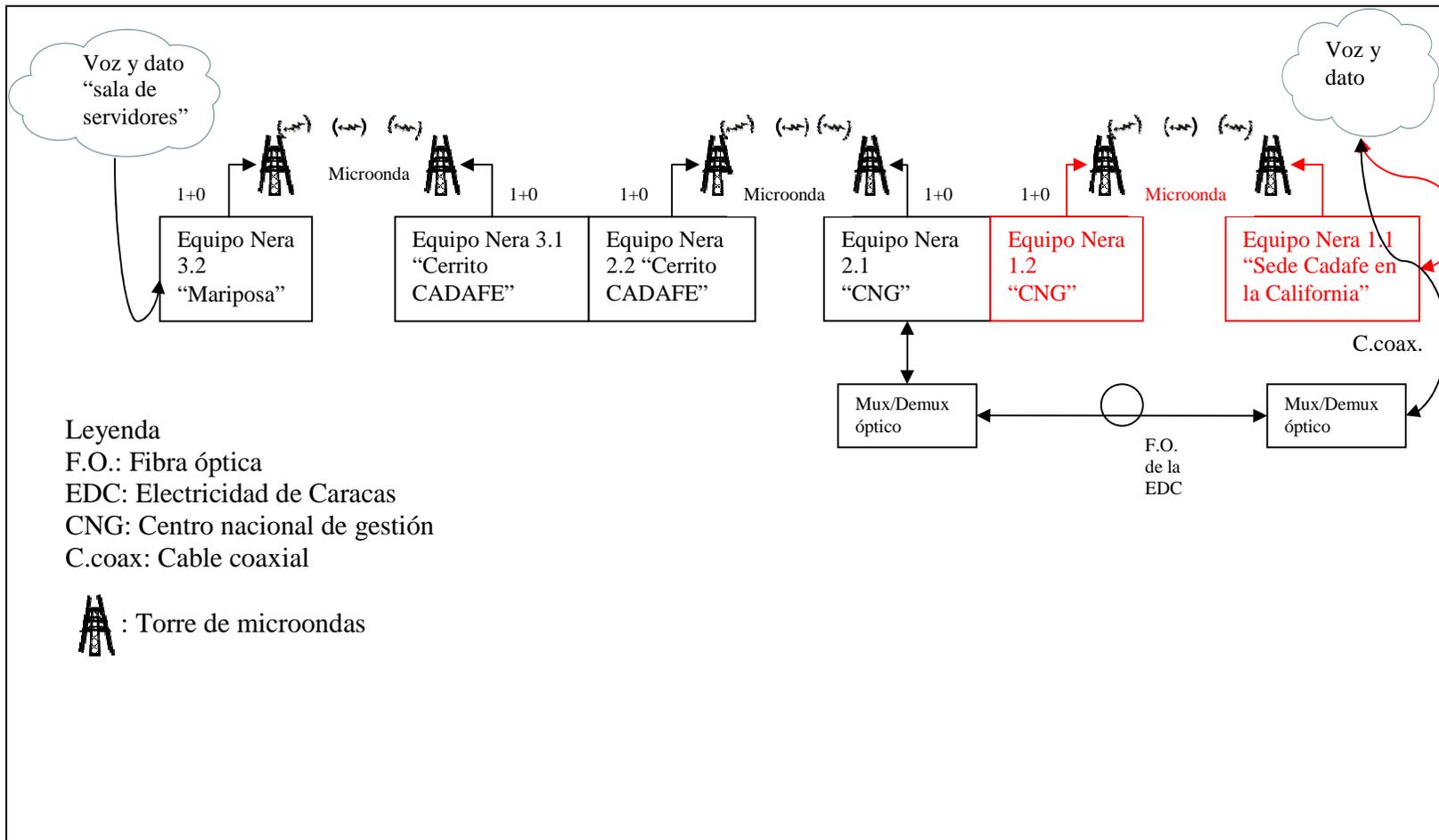


Figura 44: Esquema de conexión microondas antiguo [Propia]

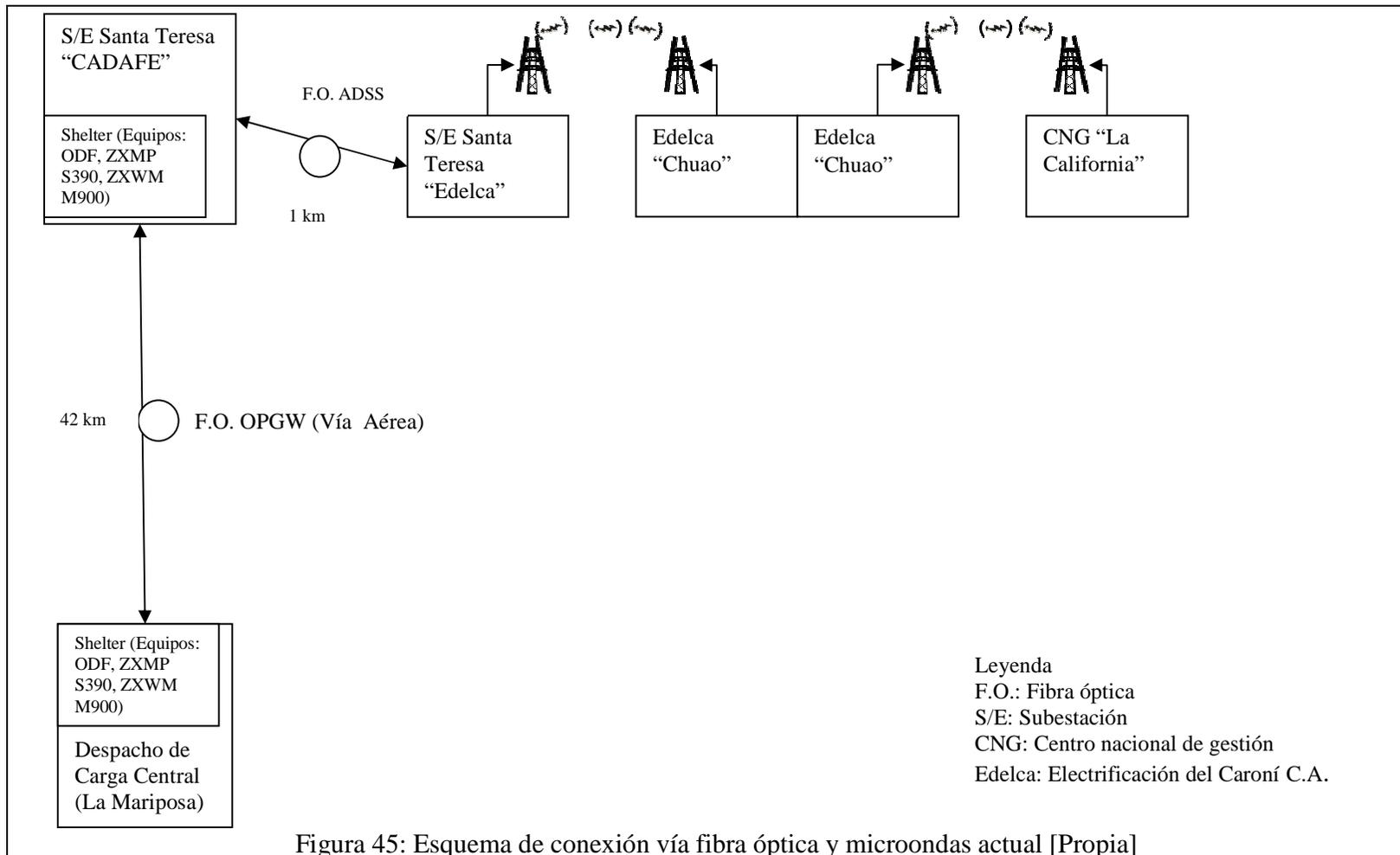


Figura 45: Esquema de conexión vía fibra óptica y microondas actual [Propia]

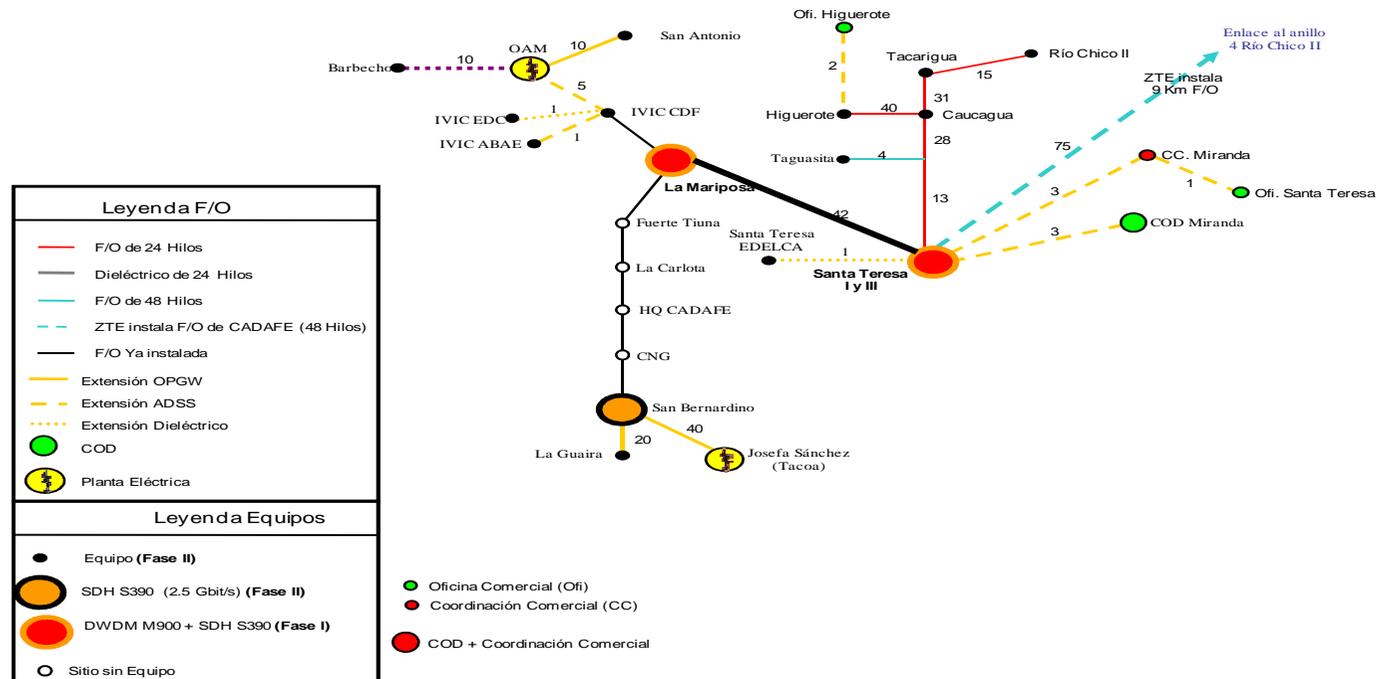


Figura 48: Propuesta de la nueva topología de la red de voz y dato [Propia]

ANEXOS A

3.1 Equipo ZXMP S320

El ZXMP S320 es un STM-4 sistema MAN compacto basado en equipos de ZTE en SDH, orientados a la capa de acceso MAN. La carcasa del equipo se muestra en la figura 1A.



Figura 1A: Equipo ZXMP S320 [ZTE]

El ZXMP S320 cuenta con 15 ranuras en total para tarjetas, cada una de las cuales tiene una función específica y un código en inglés para diferenciarlas. Los números se utilizan para identificar las ranuras, y su configuración se muestra la tabla 1A.

Tabla 1A: Recursos de la ranuras ZXMP S320 [Propia]

Número de ranura	Código de ranura	Descripción de ranura	Tarjeta configurable
1, 2	PWA	Ranura para el suministro de energía, soporta tarjeta doble una en reserva	PWA, PWB
3	NCP	Ranura para el control de los elementos de red, tarjeta procesador	NCP
4, 5	SCB	Ranura para la tarjeta de reloj, soporta tarjeta doble una en reserva	SCB
6, 7	OIB1	Ranura para las líneas	OIB1, AP1S2
8, 9	CSB	Ranura para la tarjeta XC, soporta CSB tarjeta doble una en reserva	CSB, CSBE, O4CS, 01CS
10, 11, 12	ET1	Ranura para la tarjeta tributaria activa.	ET1, ET1G, SFE4, AI, DI, ET3
13	ET1	Ranura para la tarjeta tributaria activa.	ET1, ET1G, SFE4, AI, DI
14	BET1	Ranura para tarjeta tributaria en espera	ET1, ET1G, SFE4, AI, DI, ET3
15	OW	Ranura para la tarjeta de alambre	OW

ANEXO B

3.2 Equipo ZXMP S390

El equipo ZXMP S390 es el SDH basado en nodos multi-servicios desarrollado por la ZTE y tiene una velocidad de transmisión que puede llegar hasta 9953.280 Mbit/s. La estructura del equipo se muestra en la figura 1B y su área de interfaz.

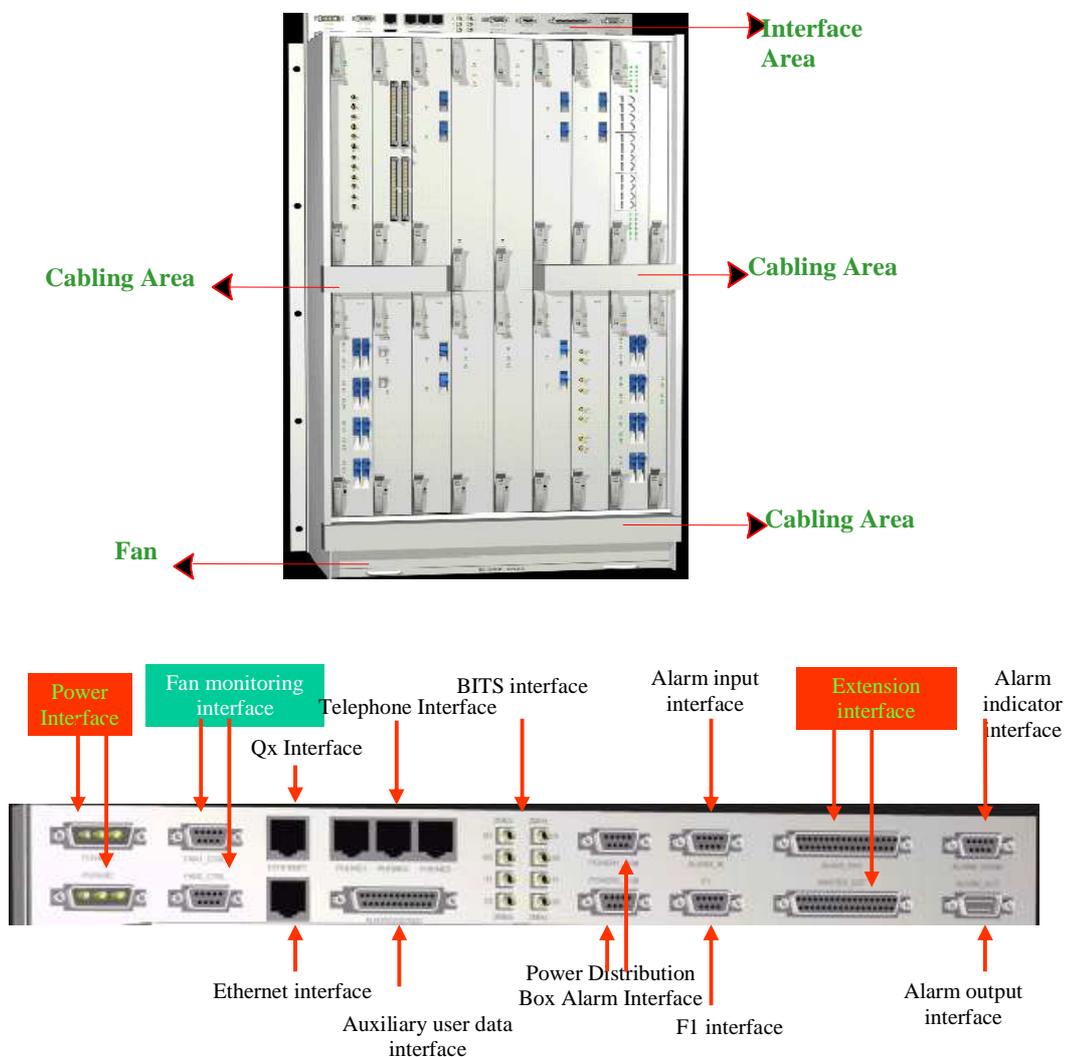


Figura 1B: Equipo ZXMP S390 [ZTE]

3.2.1 Soporte de estándares

Es compatible con sistemas SDH, se ajusta plenamente a la estructura de mapeo de la ITU G.707, proporciona una velocidad STM-1 hasta STM-64 y realiza acceso así como funciones de procesamiento de servicios de datos. También los servicios SDH tradicionales.

3.2.2 Servicios y funciones

(a) Servicio de datos

Proporciona la interfaz Giga Ethernet, interfaz FE, interfaz paquetes a través de SDH, e interfaz ATM. Mediante tecnologías de procesamiento de software, este equipo puede implementar red digital virtual, puente virtual, *router* virtual y transmisión de señales de servicio.

(b) Servicios SDH tradicionales

Proporciona interfaces óptica estándar, interfaz eléctrica STM-1, interfaz eléctrica PDH, emplea bytes libres de *orderwire*.

(c) Software de soporte (*element management system*, (EMS) “Computadora”).

(d) Funciones de protección

Incluye el diseño de la redundancia 1+1, copia de seguridad de la red, protección múltiple sección, protección de la conexión sub-red y el nodo de interconexión de doble protección.

(e) Rangos aplicables

El EMS posee una gran potencia, teniendo interfaces diversificada y un perfecto mecanismo de protección aplicado extensamente en la red troncal, red local, y red de área metropolitana, tanto ahora como en el futuro.

3.2.3 Arquitectura del sistema

Se muestra en la figura 2B.

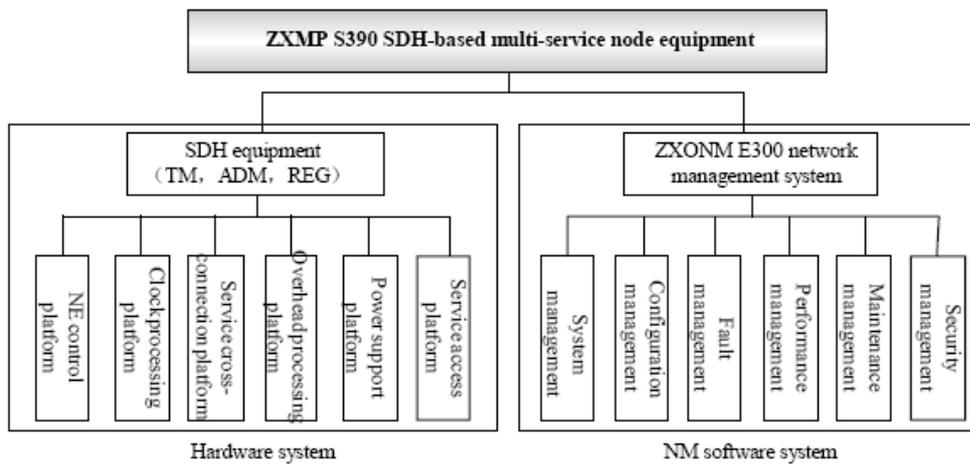


Figura 2B: Arquitectura del equipo ZXMP S390 [ZTE]

3.2.3.1 Sistema hardware

Posee seis plataformas y proporcionan las diferentes unidades funcionales que están conectados. Se puede configurar en una TM, ADM, REG en función de los requisitos de red. La relación entre las distintas plataformas se muestra en la figura 3B.

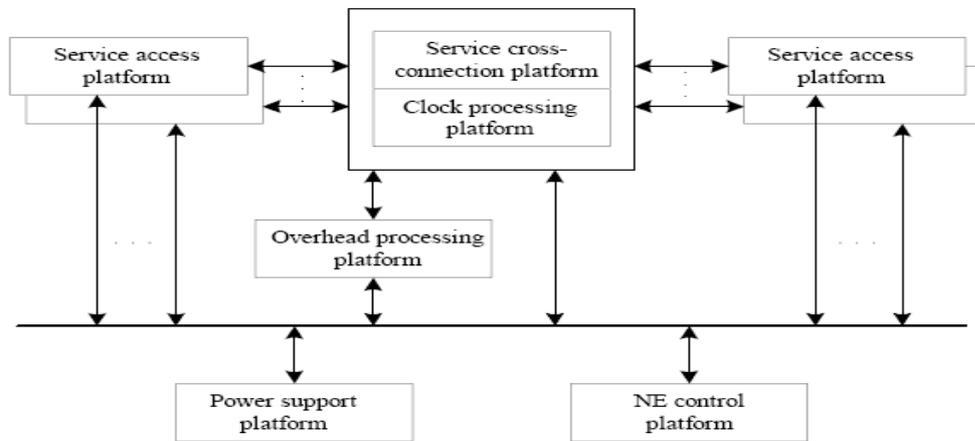


Figura 3B: Sistema del hardware [ZTE]

(a) Plataforma de control NE

Es una interfaz entre el equipo NE y el EMS. Vía esta plataforma las otras plataformas reciben la información de la EMS.

(b) Plataforma soporte de potencia

Adopta el modo de descentralización para el suministro necesario de energía para las diversas tarjetas proporcionadas por el módulo de potencia.

(c) Plataforma servicio de acceso

Se encarga de servicios de acceso tales como SDH, PDH, Ethernet y ATM. Esta convierte los formatos y los envía al servicio plataforma de conexión cruzada para la convergencia y la asignación de estos servicios.

(d) Plataforma de procesamiento de cabecera

Por medio de los bytes de cabecera SOH, está provee al *orderwire* canales de voz y varios datos digitales auxiliares o canales analógicos durante la transmisión de datos por carga útil.

(e) Plataforma de procesamiento de reloj

Esta plataforma es una de las zonas centrales del *hardware* y proporciona el sistema de reloj para todas las plataformas en el equipo.

(f) Plataforma servicio de conexión cruzada

Recibe las señales de servicio y varias informaciones para la plataforma acceso de servicio, plataforma de procesamiento de cabecera implementando la colección, distribución y conversión de los servicio de flujo, dirección e información.

3.2.4 Características del sistema

- Diseño compatible con dos estándar el *European Telecommunication Standards Institute* (ETSI) y *American National Standards Institute* (ANSI) maneja la última estructura recomendada por la ITU-T.

- Capacidad de acceso a servicios de voz y dato, el equipo ZXMP S390 suministra interfaces diversificada de servicios para satisfacer la gran demanda de servicios que cada día son necesitados. Estas interfaces incluyen STM-64, STM-16, STM-4 y STM-1, interfaces eléctricas PDH E4, E3, T3, E1, interfaces Ethernet 10 Mbit/s, 100 Mbit/s y 1000 Mbit/s.

- Unidad de servicio, la cual incluye tarjetas ópticas STM-64 (OL64), STM-16 (OL16), STM-4 (OL4), STM-1 (OL1), interfaz eléctrica STM-1 (EL1), tarjeta tributaria eléctrica 34 Mbit/s (ET3), tarjeta tributaria eléctrica 45 Mbit/s (TT3), tarjeta tributaria eléctrica 2 Mbit/s (ET1), tarjeta Gigabit Ethernet con dos canales de transmisión (TGE2B Y TGE2B-E), tarjeta Gigabit Ethernet con dos canales de transmisión inteligente (SGE2B), tarjetas inteligentes de 8 puertos (SFE8 y SFE8B), 8 puertos (155 Mbit/s), procesador ATM (AP1S8), 2 puertos (622 Mbit/s), procesador ATM (AP4S8) y tarjeta RPR (RSEA).

- Unidad de control que posee una tarjeta procesadora de control de red.

- Unidad *orderwire* que posee una tarjeta *orderwire*.

- Unidad del sistema tarjeta madre con un sistema de conexiones en la parte de atrás de la tarjeta madre.

- Otras unidades de extensión cuentan con la tarjeta *óptica de amplificación* (OA). La tarjeta OA tiene dos tipos una para transmitir y otra para recibir, la de transmisión trabaja en una longitud de onda de (1530-1562) nm, con una potencia de entrada de (-6 hasta 4) dBm y una potencia máxima de 19 dBm. El amplificador de recepción trabaja en una longitud de onda 1550.12 nm, potencia de entrada (-15 hasta -38) dBm y potencia máxima de salida -12 dBm.

- Funciones de procesamiento MAN, sobre los tradicionales equipos SDH, el ZXMP S390 ofrece una interfaz de servicio Ethernet, interfaz ATM para ampliar la red de servicios para áreas metropolitanas. Por lo tanto, este equipo cuenta con diversificadas ranuras de interfaz y amplio margen de utilización.

- Suministra interfaces de datos adicionales al emplear byte de cabecera en un SOH, además interfaz RS-232 y RS-422, interfaz F1 de 64 bit/s, interfaces Ethernet de baja velocidad y modos flexibles para añadir o quitar rutas de cabecera.

- El servicio de cabecera de la señal de baja velocidad se puede transferir a la trama STM-64. Esto mejora la flexibilidad de la construcción de la red, resuelve el problema de los recursos insuficientes de la fibra y asegura la unificación de los EMS y la continuidad de la información EMS.

3.2.5 Capacidad de protección del equipo y la red

(a) Diseño de doble bus

Emplea el diseño de la redundancia y utiliza un sistema estructural de doble bus para servicios, bus de cabecera y bus de reloj aumentando la fiabilidad y estabilidad del sistema.

(b) Doble sistema de distribución de energía

Dos tarjetas de distribución de energía se utilizan para formar un sistema de distribución de energía dual, con el fin de garantizar el suministro eléctrico del equipo.

(c) Tarjeta de seguridad para el interruptor

El *conmutador cruz* (CS) y el *reloj sincrónico* (SC) trabajan en modo 1+1, la aplicación de la tarjeta de seguridad mejora el factor de garantía del sistema.

(d) Distribución de la energía para las tarjetas

Cada tarjeta tiene su energía independiente, por lo tanto tarjetas que no estén funcionando estarán apagadas.

(e) Modos de protección de red

Implementa todos los modos de protección de red recomendados por la ITU-T a fin de satisfacer las necesidades de los usuarios de redes diferentes. Estos modos de protección incluyen enlace *múltiple sección* (MS) 1+1 y 1:N, dos fibras unidireccionales en rutas de protección de anillos, dos fibra bidireccional MS de protección de anillos, cuatro fibra bidireccional MS de protección de anillos, protección de *interconexión en nodo doble* (DNI), *protección de conexión sub-red* (SNCP) y protección de una sub-red lógica.

3.2.6 Índices de capacidad

Se muestran en la tabla 1B la capacidad máxima por interfaces y posteriormente se explica las funciones de las interfaces.

Tabla 1B: Canales de capacidad por interfaces. [Propia]

Servicio	Capacidad máxima (Canales)
Interfaz óptica STM-1	96
Interfaz óptica STM-4	48
Interfaz óptica STM-16	48
Interfaz óptica STM-64	12
Interfaz eléctrica 2 M	456
Interfaz eléctrica 34/45 M	72
Interfaz eléctrica 140 M	48

Interfaz eléctrica STM-1	96
Teléfono Orderwire	3
Interfaz RS 232/422	5
Servicio de datos co-direccional 64 k	1
Servicio interfaz Ethernet	1

3.2.7 Función de la interfaces ópticas

3.2.7.1 Interfaz óptica STM-64

La velocidad es de 9953.28 Mbit/s y están identificadas las interfaces ópticas como OL64 y OL64E. Si la tarjeta utilizada es OL64, hay disponible hasta 4 direcciones ópticas STM-64 dentro de un único equipo. Ahora si la tarjeta utilizada es OL64E hay disponible hasta 12 direcciones ópticas STM-64. Las tarjetas múltiples OL64 se implementan con contenedores virtuales cuatro (VC-4-nC, con $n \leq 64$).

3.2.7.2 Interfaz óptica STM-16

La velocidad de la interfaz óptica STM-16 es de 2488.320 Mbit/s y están identificadas las interfaces ópticas como OL16 y OL16E. Si la tarjeta utilizada es OL16, hay disponible hasta 12 direcciones ópticas STM-16 dentro de un único equipo. Ahora si la tarjeta utilizada es OL16E, hay disponible hasta 48 direcciones ópticas STM-16. Las tarjetas múltiples OL16 se implementan con contenedores virtuales cuatro (VC-4-nC, con $n \leq 16$).

3.2.7.3 Interfaz óptica STM-4

La velocidad es de 622.080 Mbit/s utiliza hasta 48 direcciones ópticas STM-4 del equipo.

3.2.7.4 Interfaz óptica STM-1

La velocidad es de 155.520 Mbit/s utiliza hasta 96 direcciones ópticas STM-1 del equipo.

3.2.8 Interfaz eléctrica STM-1

La velocidad es de 155.520 Mbit/s si utiliza una tarjeta EL1X4 provee hasta 4 interfaces eléctricas STM-1 y si utiliza EL1X8 provee hasta 8 interfaces eléctricas STM-1 el tipo de conector es el cable coaxial.

3.2.8.1 Interfaz eléctrica PDH

Las tarjetas interfaces eléctricas proveen según la tabla 2B.

Tabla 2B: Servicios que provee las interfaces eléctricas. [Propia]

Abreviaciones	Impedancia	Tarjeta de enchufe	Capacidad de servicio
ET1	75 Ω o 120 Ω	64-bases planas cerradura de bloqueo	63 x 2.048 Mbit/s
ET2	75 Ω	Enchufe CC4	3 x 34.368 Mbit/s
ET3	75 Ω	-	3 x 44.736 Mbit/s

3.2.9 Tipos y principios de la red auto-curación

Una red de auto-curación puede ser aplicada en sus dos formas: como protección de línea de conmutación y red de anillo *self-healing*.

(a) Protección de línea de conmutación

Su principio de funcionamiento ocurre cuando la transmisión de servicios en la fibra activa se interrumpe o su eficacia se ha deteriorado hasta un cierto punto, el sistema conmutación de dispositivo cambia automáticamente las señales principales de una fibra de espera en la red de transporte. Así, el extremo receptor todavía será capaz de recibir las señales normales, sin darse cuenta de cualquier falla en la red.

(b) Auto-curación red de anillo

Conexión de nodos de la red como un anillo puede mejorar aún más la viabilidad de las redes y la eficacia. Una red circular de auto-curación es también llamada red *self-healing*.

El nodo de red *self-healing* puede ser la DXC o ADM. Por lo general, se adopta ADM, cuya inteligencia esta en añadir o quitar la capacidad. Una red en anillo *self-healing* se puede clasificar como una ruta de protección conmutada de anillo y una protección de MS conmutada de anillo.

Para la protección de MS en la conmutación de llamada, la protección del tráfico se basa en la MS y el cambio se determina de acuerdo a la calidad de la señal de la MS entre cada par de nodos. Cuando un MS falla, todas las señales entre el servicio MS y los nodos del conjunto harán un salto al circuito de protección.

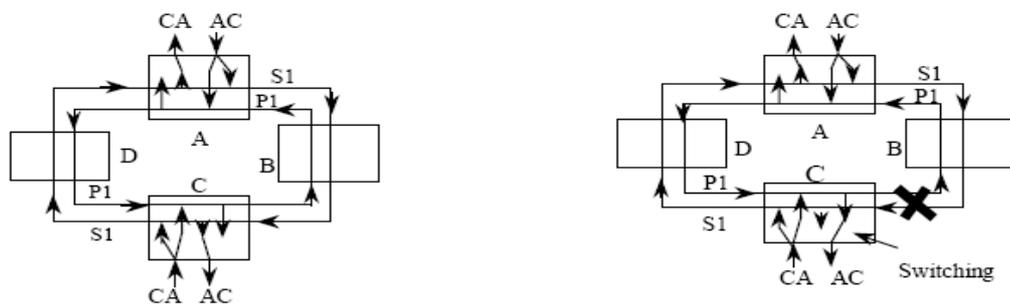
Se pueden clasificar los anillos de auto-curación unidireccional y bi-direccional de acuerdo con la dirección de la transmisión e información entre los nodos del anillo. Normalmente, todas las señales del servicio en el anillo unidireccional son recibidas y enviadas en la misma dirección en el anillo, mientras que todas las señales del servicio en el anillo bidireccional son recibidas y enviadas en direcciones opuestas en el anillo.

La red en anillo *self-healing* incluye protección 1:1 y protección 1+1 basado sobre el estado de utilización de la vía de servicio y ruta de protección. En el modo de protección 1:1, las señales de servicio se transmiten sólo en la ruta de trabajo durante las horas normales y las señales adicionales de servicios se transmiten en la ruta de protección, y cuando ocurre algún fallo en la ruta de trabajo, el nodo dará todas las señales de servicio en el camino de protección e interruptores para el servicio y transmisión de la señal, para que la protección de las señales de servicio se pueda lograr.

En el modo de protección 1+1, las señales del servicio están conectadas de forma simultánea con el recorrido de trabajo y la ruta de protección. El nodo a cargo del servicio de recepción recibe las señales para un mejor servicio de la ruta de trabajo y la trayectoria de la protección. Es decir, cuando se produce un error en el recorrido de trabajo, el nodo de forma automática cambiará a la ruta de protección para recibir señales de servicio.

- Dos (2) fibras de protección con ruta unidireccional para conmutación de anillo.

Hay que tomar el criterio de cambio y no es necesario el protocolo *Conmutación Automática de protección (APS)*. La topología de anillo que tiene dos fibras, una de ellas es la fibra S y se utiliza para transmitir señales de servicio, mientras que el otro es la fibra P para la protección. Como se muestra en la figura 4B, el nodo A y el nodo C, las señales que entran en el anillo se envían simultáneamente a la fibra S y fibra P.



AC: Señal tributaria, CA: Señal tributaria de baja velocidad

Figura 4B: Fibra unidireccional de protección para conmutación de anillo.

Tal como se muestra en la figura 4B, en el nodo A, el AC señal tributaria entra en el anillo y va al nodo C, se envía simultáneamente a las dos fibra S1 y P1. Las señales en fibra S1 se envían hacia la derecha hasta el nodo tributario C, mientras que la misma señal tributaria en fibra P1 se envió a la izquierda al mismo destino. El nodo tributario C en el extremo receptor recibe las señales a partir de dos direcciones afluentes simultáneamente, y entonces decide qué ruta selecciona para las señales en función de su calidad. Cuando el cable de fibra entre el nodo B y C se corta como se muestra en la figura 4B del lado derecho, las señales AC son enviadas desde la A a través de S1 y se pierden en el nodo C. El interruptor opera desde S1 a P1 y las señales CA enviadas desde el nodo A a través de P1 será recibido como las señales de los afluentes. Así, la señal del servicio se puede mantener. Después que la falla se elimina, el interruptor volverá a su posición original.

2) Dos (2) fibras de protección MS unidireccional para conmutación de anillo.

En la figura 5B, se muestra una conmutación de protección. Se instala en cada línea de alta velocidad antes de agregar la señal afluente. Normalmente, las señales tributarias de baja velocidad que se añaden caen en S1, mientras que P1 queda

inactivo. Las señales que van de A hacia C o de C de nuevo a A son de transmisión en el sentido horario a lo largo de la fibra S1, por lo que es uni-direccional al anillo.

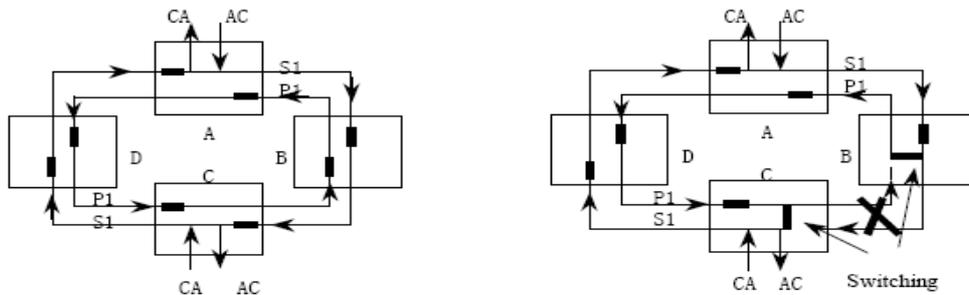


Figura 5B: Dos Fibras de protección MS unidireccional para conmutación de anillo

En la figura 5B, se aprecia que cuando el cable entre el nodo B y nodo C se corta, el conmutador de protección utiliza los protocolos APS para ejecutar la función de bucle. En el nodo B, las señales de CA en S1 y P1 regresan a través de el interruptor de la distribución y transmisión en el sentido contrario a las agujas del reloj a través de el nodo A y el nodo D y alcanza el nodo C, por último, las señales regresaran a través de S1. El interruptor pondrá en funcionamiento el nodo C. Este bucle realiza su función de conmutación para garantizar la continuidad del anillo, incluso en el caso de fallar el nodo y la señal de baja frecuencia en tributarios.

3) Cuatro (4) Fibras bidireccional MS con conmutación de anillo

Dos de las fibras corresponden con las fibras S1 y S2 en la recepción y envío de direcciones, y los otros dos corresponden a las fibras de protección P1 y P2 en la recepción y envío de direcciones. La figura 6B muestra el sistema de 4 fibras bidireccional MS con conmutación de anillo.

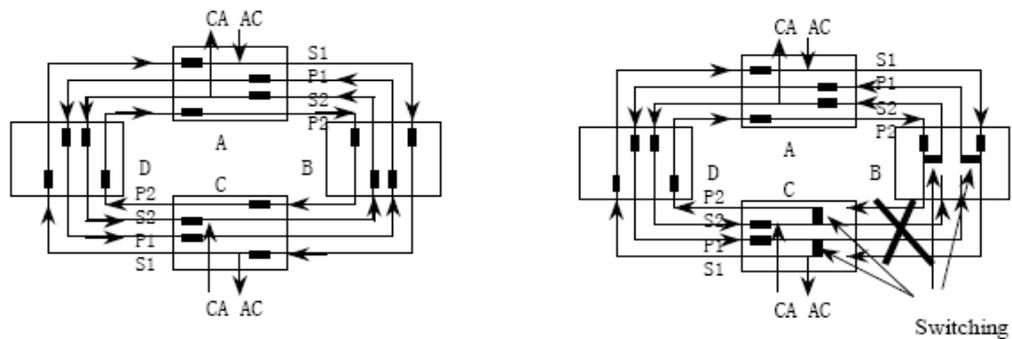


Figura 6B: Sistema de cuatro (4) Fibra bidireccional MS con conmutación de anillo

Como se muestra en la figura 6B, se tiene el afluente de baja frecuencia en las señales de entrada. La señal del nodo A va al nodo C y se transmite en el sentido horario en la dirección S1, mientras que el afluente de baja frecuencia en las señales que regresan del nodo C al nodo A se transmite antihorario a lo largo de S2. Por lo tanto, es un anillo bidireccional, pero las fibras de protección P1 y P2 están inactivas. Cuando los cables entre el nodo B y nodo C se cortan, los dos interruptores de conmutación en ambos nodos B y C ejecutan la función de bucle logrando que mediante el uso de los protocolos de APS, que la continuidad del anillo se pueda mantener. Las fibras S1 y P1 están conectadas entre sí y también las fibras S2 y P2. Las señales de CA a través de S1 volverán a través de P1 por medio del interruptor de protección en el nodo B, y los viajes al nodo C en el sentido anti-horario a través de la dirección del nodo A y nodo D. Por último, vuelven a S1 a través del interruptor de protección en el nodo C que se abandonó. Al eliminar la falla, el interruptor de conmutación volverá a su posición original.

4) Dos fibras bidireccional MS con conmutación de anillo.

En la figura 7B, se muestra tanto las señales del servicio en S1 y las señales de protección en P2 cuya transmisión va en dirección a las agujas del reloj. A través de la tecnología de conmutación de horario, se puede colocar las señales S1 y P2 en la

misma fibra. En la fibra, la mitad de las ranuras de tiempo (los intervalos de tiempo en número impar) se utilizan para transmitir señales de servicio, mientras que la otra mitad (los intervalos de tiempo en número par) se utilizan para transmitir señales de protección. Las ranuras de tiempo de las señales de protección en S1/P2 pueden proteger a las señales del servicio de S2/P1, mientras que los intervalos de tiempo de las señales de protección en S2/P1 puedan proteger las señales del servicio S1/P2. Así, el anillo “4 fibras” puede ser simplificado como un anillo de dos fibras.

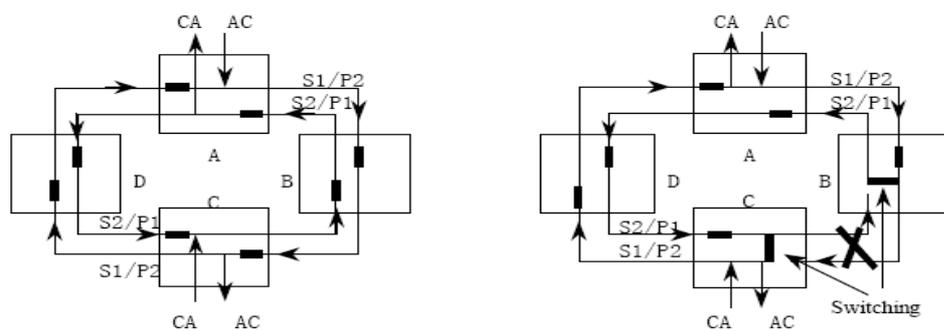


Figura 7B: Sistema de Dos (2) Fibras bidireccional MS con conmutación de anillo

Cuando el cable entre el nodo B y nodo C se corta, los interruptores de conmutación en el nodo B y nodo C se conecta con fibras S1/P2 o fibras S2/P1 basado en los protocolos APS. Además, estos interruptores de conmutación se moverán al servicio de señales de fibra S1/P2 y fibra S2/P1 a la línea de protección de otra fibra utilizando tecnología de conmutación, cuya protección en tiempo de conmutación es inferior a 30 ms.

ANEXO C

3.3 Equipo modelo S200

Es un equipo compacto para la transmisión y acceso de servicios múltiples, soporta una velocidad hasta STM-4, además sirve como equipo de transmisión en GSM, CDMA, o estaciones base de 3G. Es compatible con la actualización en línea de 155 Mbit/s a 622 Mbit/s. Cumple estrictamente con las recomendaciones de la ITU-T. El ZXMP S200 sirve como un elemento de red, tales como multiplexor terminal (TM), regenerador (REG), puede agregar o quitar multiplexor (ADM), en aplicaciones de red simple. La parte posterior del equipo ZXMP S200 se muestra en la figura 1C.

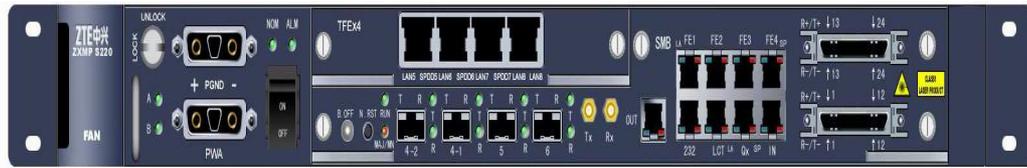


Figura 1C: Equipo ZXMP S200 [ZTE]

La tabla 1C muestra las interfaces y la capacidad máxima de canales.

Tabla 1C: Servicios proporcionados por el ZXMP S200 [Propia]

Interfaz	Capacidad máxima (Canales)	Observación
Interfaz óptica SDH	4	El ZXMP S200 soporta hasta 4 interfaces ópticas SDH, incluyendo interfaces ópticas STM-1 y STM-4. 4 interfaces ópticas simples STM-1 y 2 interfaces ópticas STM-4, están disponibles en las mayorías de las combinaciones permitidas de la interfaz SDH 4 x STM-1; 2 x STM-1 + 2 x STM-4; 3 x STM-1 + 1 x STM-4
E1/T1 Interfaz eléctrica	42	-
Interfaz FE (transmisión transparente)	8	Interfaz FE, incluye interfaz eléctrica FE, interfaz óptico FE. Permite combinaciones de interfaces FE siguientes: 4 x FE (eléctrica) + 4 x FE (óptico); 8 x FE (eléctrica)
Interfaz eléctrica FE (conmutador L2)	4	-
Interfaz eléctrica E3/T3	3	Tres interfaces eléctricas pueden ser configurados en el EMS para soportar E3 o T3
Interfaz de dato V.35	2	N Es un número entero en el rango de 1 a 31
Interfaz de audio	6	El tipo y la potencia eléctrica aumentan de nivel de interfaz de audio, puede verse en el EMS. Una interfaz de audio se puede establecer como dos líneas o cuatro líneas.
Interfaz de dato	6 a 3	El ZXMP S200 provee 6 interfaces
Interfaz de teléfono Oderwire	1	-
Interfaz TRK	1	-
Interfaz SHDSL	4	-

ANEXO D

3.4 EQUIPO ZXWM M900

El sistema de transmisión óptica multiplexado por división de longitud de onda densa (ZXWM M900) es un equipo desarrollado por ZTE CORPORATION y se muestra en la figura 1D. Su longitud de operación está ubicada en la banda C y L cerca de la ventana 1550 nm, con una capacidad de transmisión máxima de 1600 Gbit/s. Soporta el acceso a múltiples servicios, destacándose por sus funciones de protección y gestión de red. Aplicables a redes de transporte, redes de conmutación local y redes privadas.

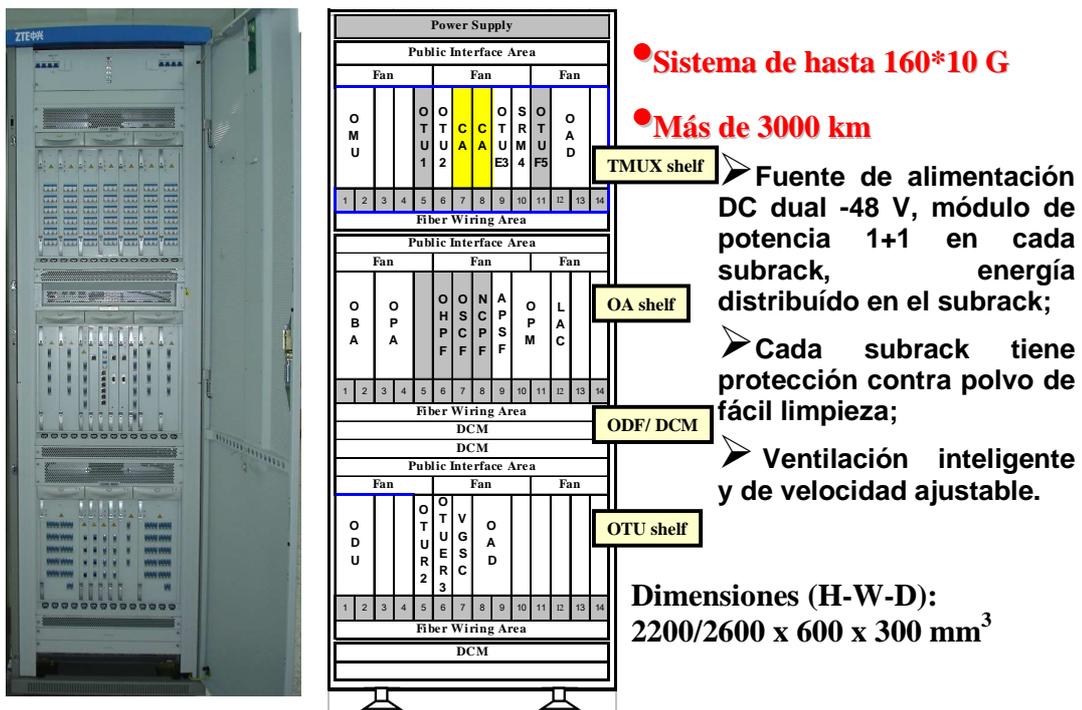


Figura 1D: ZXWM M900 Sistema DWDM [ZTE]

3.4.1 Arquitectura del sistema

El diagrama de bloques del equipo ZXWM M900 se muestra en la figura 2D.

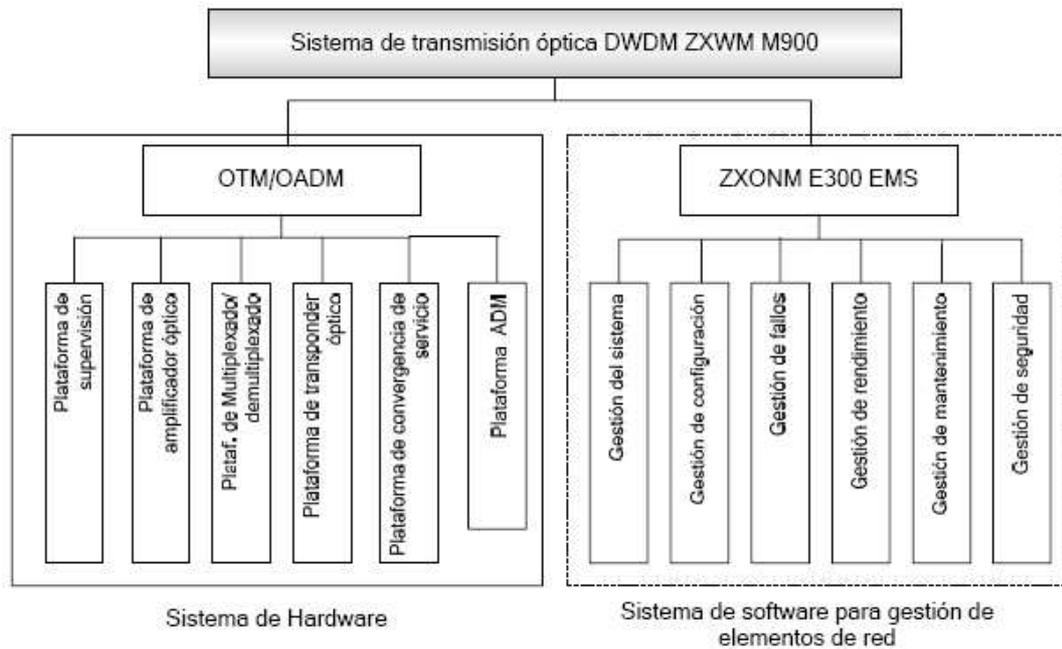


Figura 2D: Sistema de transmisión óptica ZXWM M900 [ZTE]

3.4.1.1 Estructura del sistema hardware

(a) Plataforma transpondedor óptico (OTU)

A través de la conversión óptica a eléctrica y eléctrica a óptica, esta plataforma convierte las longitudes de onda entre las señales de servicio y las señales de línea. Para las señales de servicio, esta plataforma soporta STM-N (N =1, 4, 16, 64) señales SDH y señales para servicios de datos como (GbE, 10GbE, *conexión fibra* (FC), y *enterprise system connection* (ESCON)).

(b) Plataforma servicio de convergencia

Convergen múltiples señales de baja frecuencia en señales de transmisión a través de una longitud de onda, y realiza el proceso inverso. Las señales de baja frecuencia incluyen estándar STM-1, STM-4, STM-16 y señales GbE. La máxima velocidad en el lado de la línea es de 12.5 Gbit/s.

(c) Plataforma multiplexación y demultiplexación

Multiplexores ópticos: Situado en el extremo del transmisor, es capaz de unir varias longitudes de onda en una sola fibra para su respectiva transmisión.

Demultiplexación óptico: Situado en el extremo del receptor, este separa las señales de la fibra óptica para la plataforma óptica de amplificación por las señales de longitudes de onda, y las envía a las diferentes plataformas transpondedores ópticos y plataformas de servicios convergentes.

(d) Plataforma de agregar y quitar multiplexación

Su función es agregar y quitar multiplexación de longitudes de onda fija para señales de línea óptica.

(e) Plataforma de amplificador óptico

Se utiliza para compensar la potencia de las señales ópticas en la transmisión de larga distancia. Para transmisión por encima de 40 longitudes de onda o menos en banda C. El *erbium doped fiber amplifier* (EDFA), el amplificador RAMAN distribuido (DRA) y EDFA mixta son usados para la amplificación óptica de parte del ZXWM M900. El amplificado RAMAN se muestra en la figura 3D por lo tanto es usado en el proyecto, para la transmisión de capacidades súper grande de 40

longitudes de onda a 160 longitudes de onda, la plataforma del amplificador óptico de la ZXWM M900 amplifica la banda C y la banda L de forma independiente.

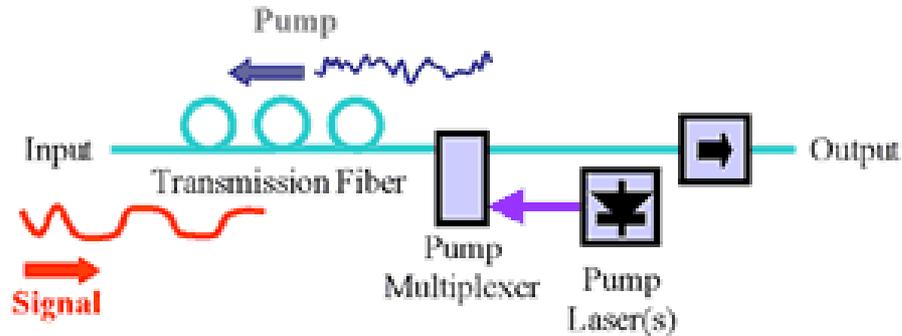


Figura 3D: Principio del amplificador RAMAN [ZTE]

(f) Plataforma de supervisión

Se encarga de seleccionar, procesar la configuración, alarmas, rendimiento de mensajes y de informar a las demás plataformas. Recibe las órdenes del EMS y las transmite a los destinatarios apropiados de las tarjetas.

3.4.2 Configuración del armario

Se dispone de tres tipos de armarios para el ZXWM M900; el armario OA, el armario OTU y el armario TMUX los cuales presentan diferentes configuraciones. En la tabla 1D hay una lista de la relación entre los armarios y las tarjetas de aplicación.

Tabla 1D: Relación entre los armarios y las tarjetas de aplicación [Propia]

Armario	Tarjetas de aplicación
OTU	Todas las tarjetas excepto las tarjetas funcionales (NCP/NCPF, OHP/OHPF, APSF Y OSC/OSCF) y la tarjeta CA
OA	Tarjetas funcionales (NCP/NCPF, OHP/OHPF, APSF y OSC/OSCF), se permiten otras tarjetas (excepto la tarjeta CA) en las ranuras libres.
TMUX	La tarjeta CA sólo se puede conectar en el armario de TMUX. Otras tarjetas excepto las tarjetas funcionales se pueden instalar en TMUX. Sin embargo, se recomiendan las tarjetas de convergencia (SRM41/SRM42/GEMF).

3.4.2.1 Determinación del armario en función del tipo de equipo

En la tabla 2D se muestra la relación.

Tabla 2D: Relación entre el tipo de equipo y los armarios [Propia]

Tipo de Equipo	Bastidor principal	Bastidor de ampliación
OTM	Múltiples armarios de OTU/TMUX y un armario de OA	Armario de OTU/TMUX
OLA	Un armario de OA	-
OADM	Múltiples armarios de OTU/TMUX y un armario de OA	-

3.4.3 Características del sistema:

(a) Capacidad de transmisión.

La tecnología DWDM aprovecha al máximo el ancho de banda (unos 25 THz) recursos provenientes de las fibras, para ampliar la capacidad de transmisión del sistema. El equipo ZXWM M900 puede proporcionar una capacidad de transmisión de 80 Gbit/s, 320 Gbit/s, 400 Gbit/s, 800 Gbit/s o 1600 Gbit/s.

(b) Distancia de transmisión.

Por medio de tales tecnologías de distancia ultra larga como *optical transponder unit* (OTU), EDFA, *forward error correction* (FEC), *corrección de error adelante avanzada* (AFEC), *return to zero* (RZ), *amplificador booster óptico de alta saturación* (HOBA), y amplificador RAMAN distribuido. El ZXWM M900 puede implementar una transmisión de relé para longitud de radio larga de varios kilómetros a más de 2000 kilómetros.

Corrección de Error Adelante (FEC): Es un mecanismo de corrección de errores posee la habilidad de mejorar el sistema y prolongar la distancia de transmisión. En la tabla 3D se tiene una relación entre BER y FEC donde se puede observar como es su comportamiento cuando entra y sale BER.

Tabla 3D: BER en el FEC

BERin	BERout
$1e^{-4}$	$5e^{-15}$
$1e^{-5}$	$6.3e^{-24}$
$1e^{-6}$	$6.4e^{-33}$

(c) Acceso de servicio

Utilizan la técnica de conversión de longitud de onda óptica a eléctrico y de eléctrico a óptico para convertir los accesos a las señales ópticas en señales de longitud de onda recomendadas por la ITU-T G.692 y G.691. También puede acceder a las señales ópticas en múltiples formatos, incluyendo STM-N (N=1, 4, 16, 64).

(d) Modo de red

Mediante la combinación de diferentes tarjetas, ZXWM M900 puede formar OTM, OLA y OAD para organizar de forma flexible diferentes topologías de red complejas tales como la red de cadena, red de estrella, red de cruz y red de anillo.

3.4.4 Requerimientos de longitud de onda para el funcionamiento

La longitud de onda del equipo ZXWM M900 cumple con las recomendaciones de la ITU-T G.692. El sistema proporciona una velocidad máxima de 10 Gbit/s. Por lo tanto, el sistema con las diferentes longitudes de onda operativas

tiene capacidades de transmisión de 80 Gbit/s, 320 Gbit/s, 400 Gbit/s, 800 Gbit/s, 1600 Gbit/s. En la tabla 4D se muestra una relación de los requerimientos.

Tabla 4D: Relación entre longitud de onda, banda operativa y separación de canales

Número de longitudes de onda	Banda operativa	Separación de canales
8/32/40	Banda C	100 GHz
	Banda L	100 GHz
80	Banda C	50 GHz
	Banda L	50 GHz
	Banda C+L	100 GHz
80-120	Banda C+L	Banda C: 50 GHz (implementa la transmisión de 80 longitudes de onda) Banda L: 100 GHz (implementa la transmisión de 40 longitudes de onda)
120-160	Banda C+L	50 GHz

La banda C opera entre 192.10 THz a 196.05 THz. La banda L opera entre 186.95 THz a 190.90 THz. Los canales 8/32/40 trabajan a una longitud de onda central entre 1560.61 nm a 1529.55 nm. El canal 80 banda C o C+ con espacio entre canales 50 GHz trabajan a una longitud de onda central entre 1529.16 nm a 1560.61 nm. Frecuencia central ± 5 GHz. El canal 80 banda L o L+ con espacio entre canales 50 GHz trabajan a una longitud de onda central entre 1570.42 nm a 1603.57 nm. El canal 160 con rango de longitudes de onda en banda C (1530 nm a 1565 nm) y banda L (1565 nm a 1625 nm).

ANEXO E

Pasos para realizar la configuración de los equipos SDH y DWDM mediante el software Unitrans ZXONM E300 EMS.

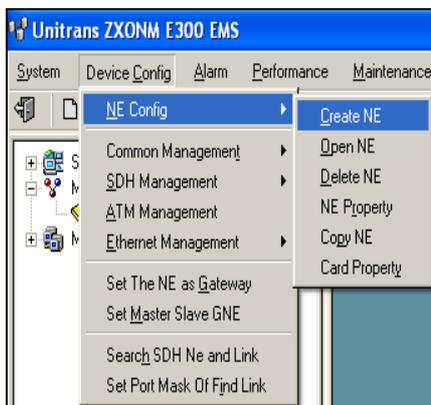


Figura 1E: Ventana para crear NE

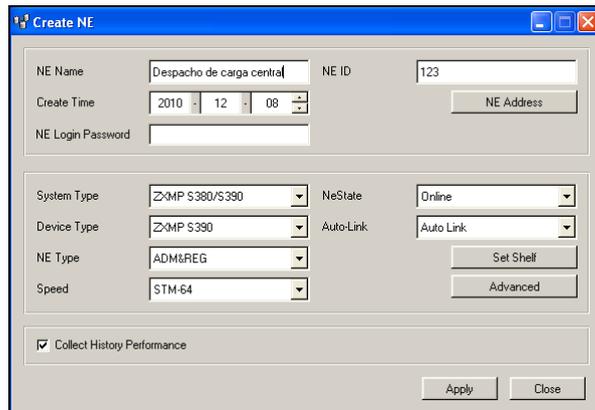


Figura 2E: Crear elementos de red

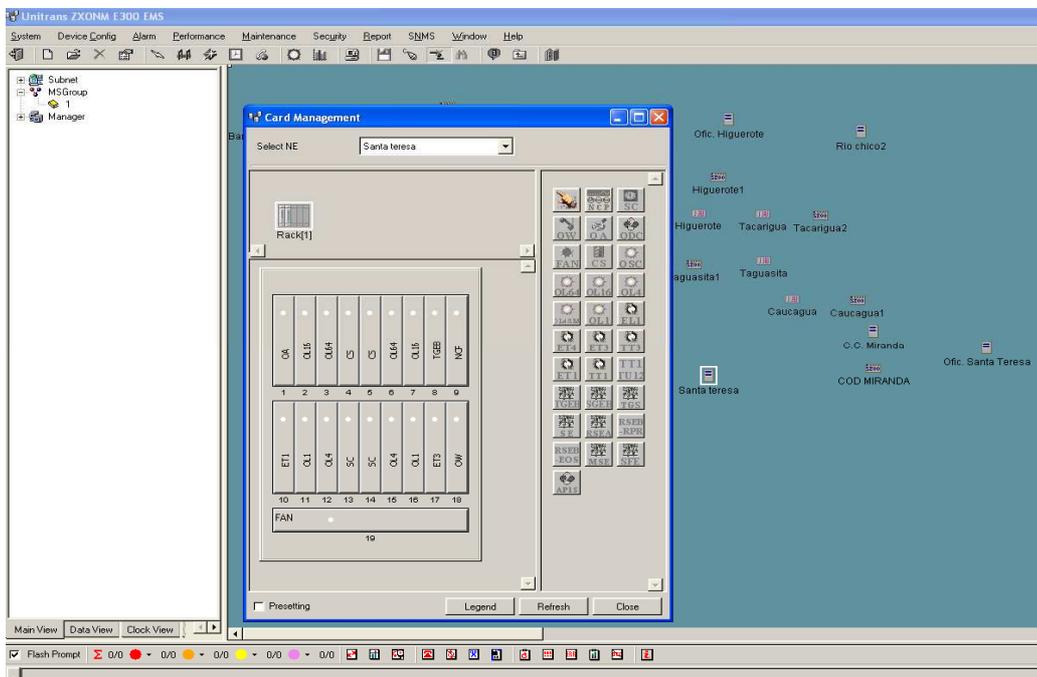


Figura 3E: Selección de tarjetas

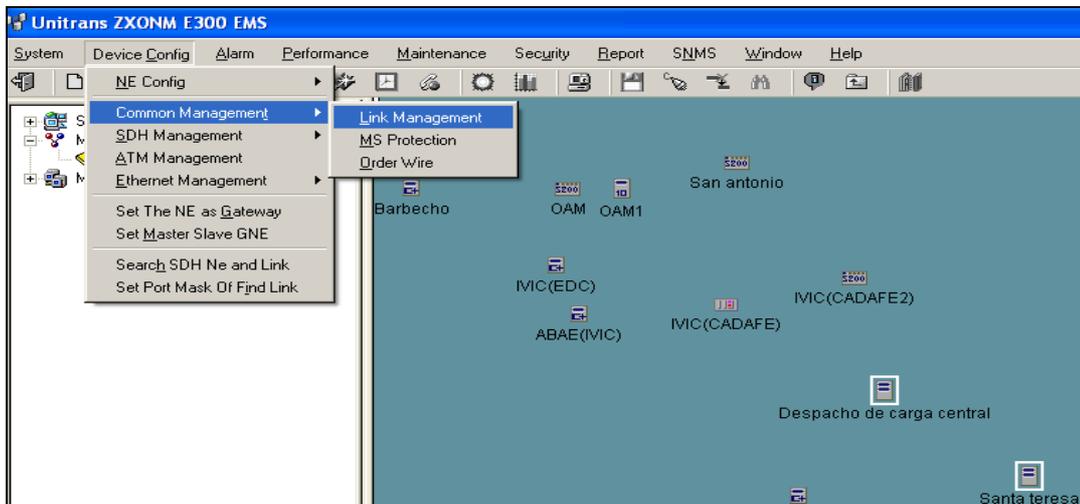


Figura 4E: Selección de ventana administrador de línea

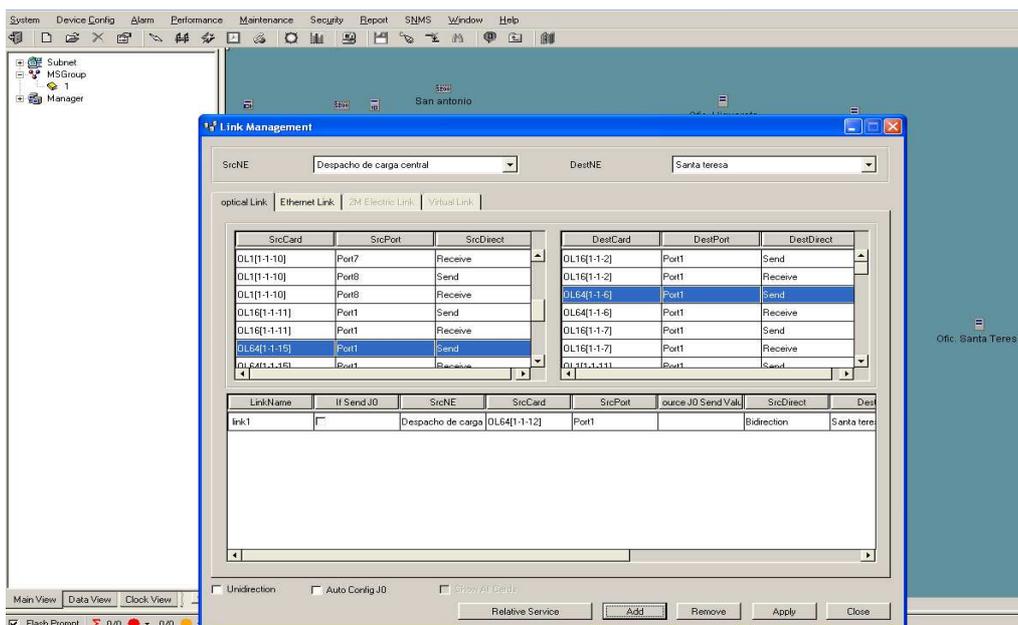


Figura 5E: Ventana administrador de línea

La ventana de la figura 5E, tiene como función realizar la conexión entre 2 elementos de red vía fibra óptica ya sea unidireccional o bidireccional, especificando el puerto de origen y destino, velocidad, dirección de tarjetas entre otros.



Figura 6E: Línea óptica entre Santa Teresa y Despacho de Carga Central

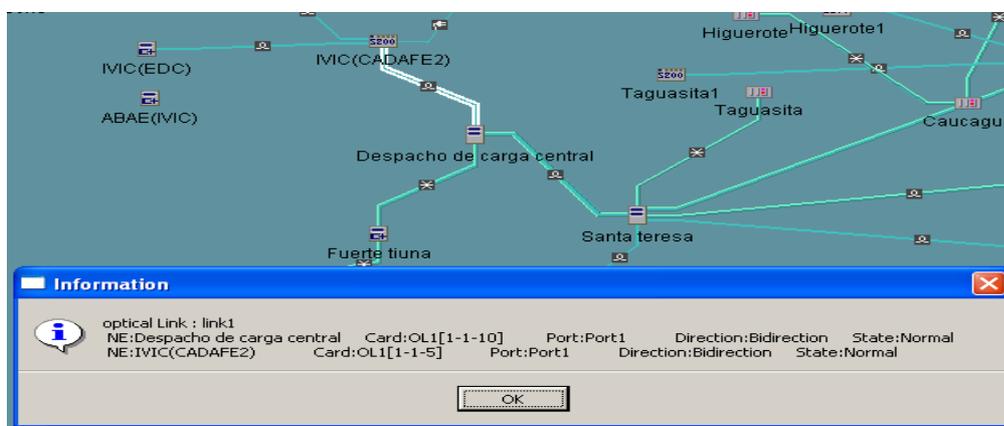


Figura 7E: Información de la línea óptica entre IVIC y Despacho de Carga Central

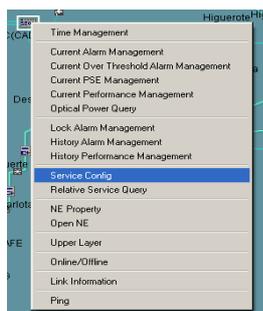


Figura 8E: Selección de ventana de configuración de servicio

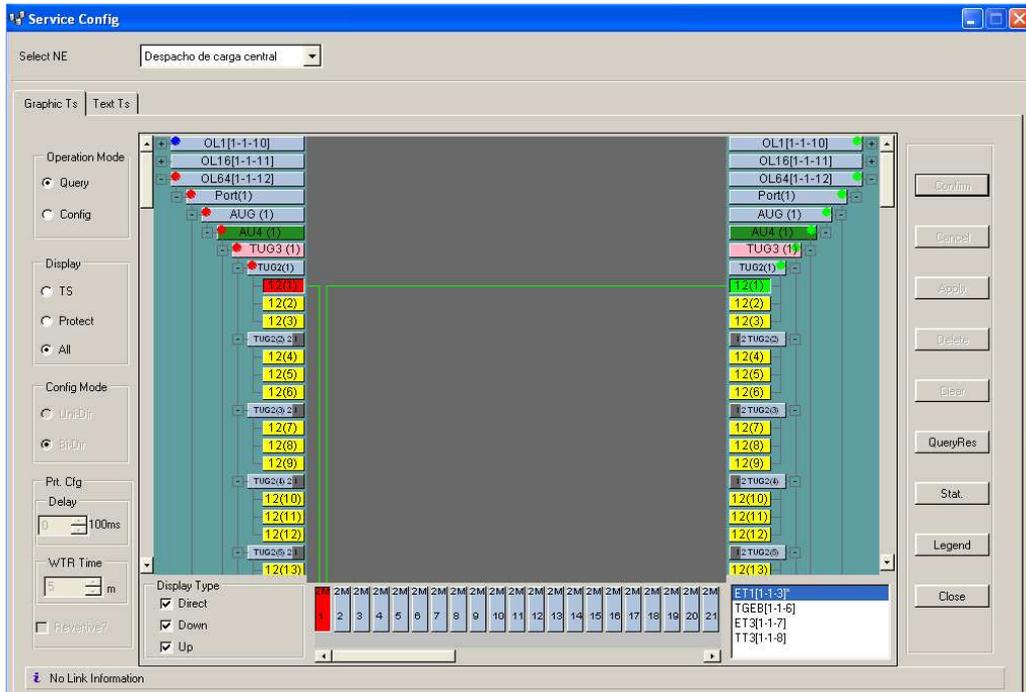


Figura 9E: Despliegue de la estructura de multiplexión y conexión en Despacho

La ventana de la figura 9E, su función es seleccionar la línea óptica con sus respectiva velocidad e información del puerto utilizado entre otros datos y realizar la estructura de multiplexión para llevar el servicio de un elemento de red a otro.

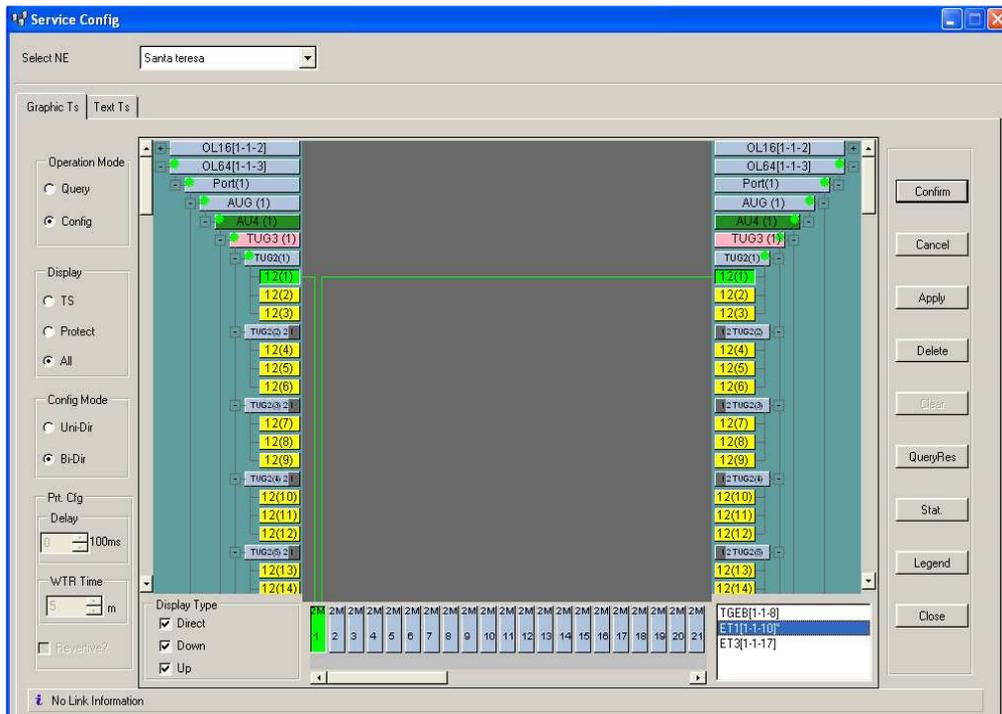


Figura 10E: Despliegue de la estructura de multiplexión y conexión en Santa Teresa

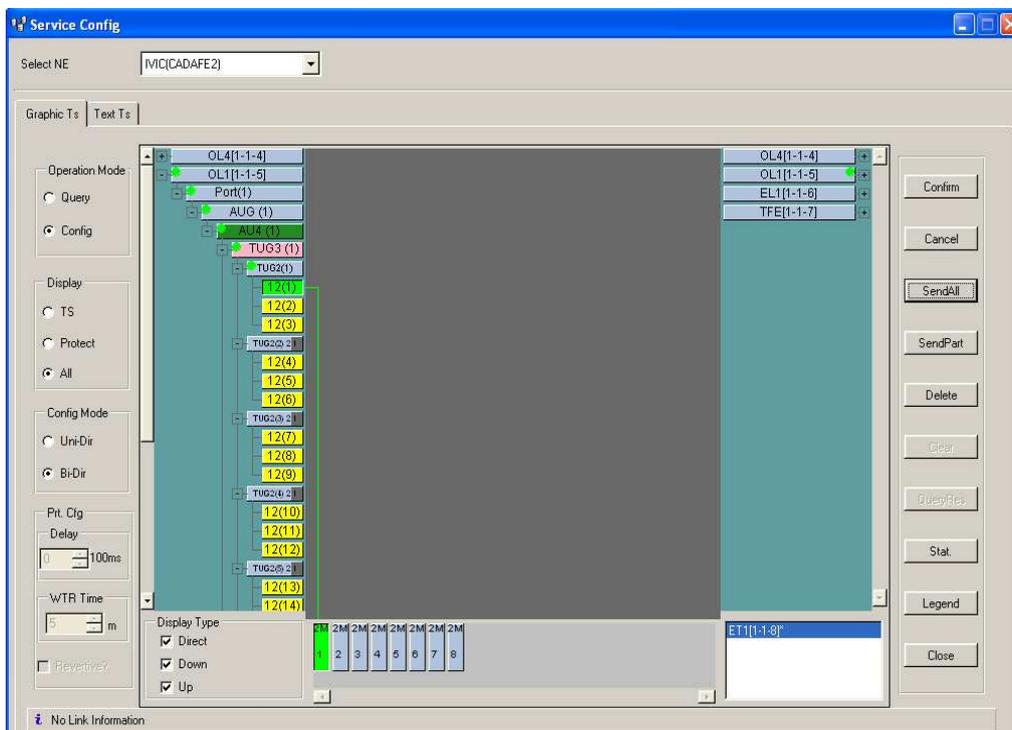


Figura 11E: Despliegue de la estructura de multiplexión y conexión en IVIC

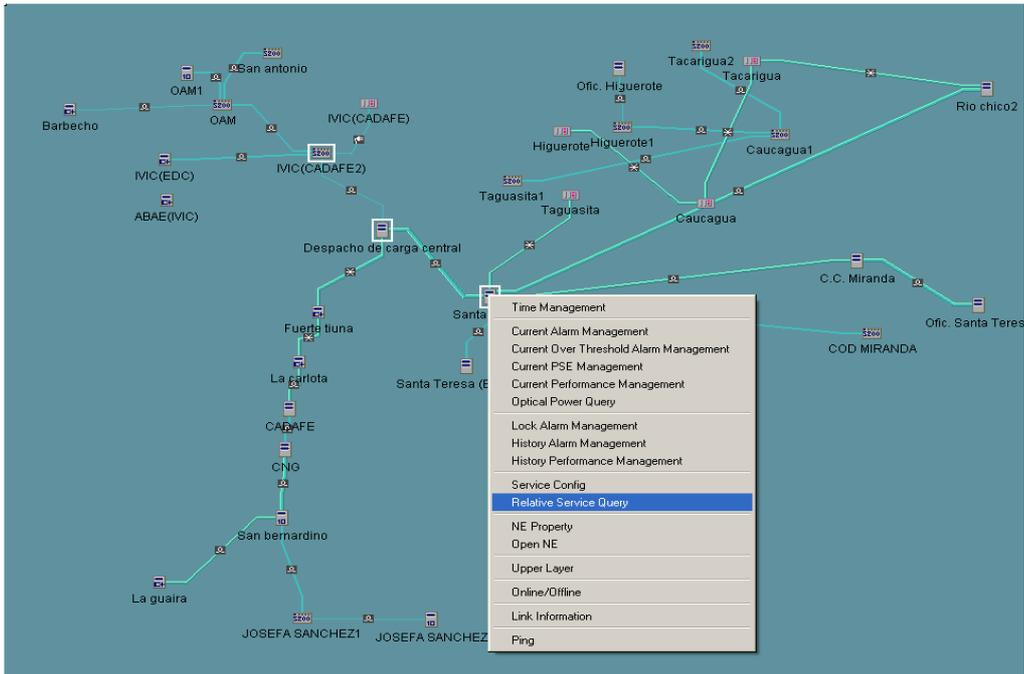


Figura 12E: Selección de la ventana servicio relativo de la conexión.

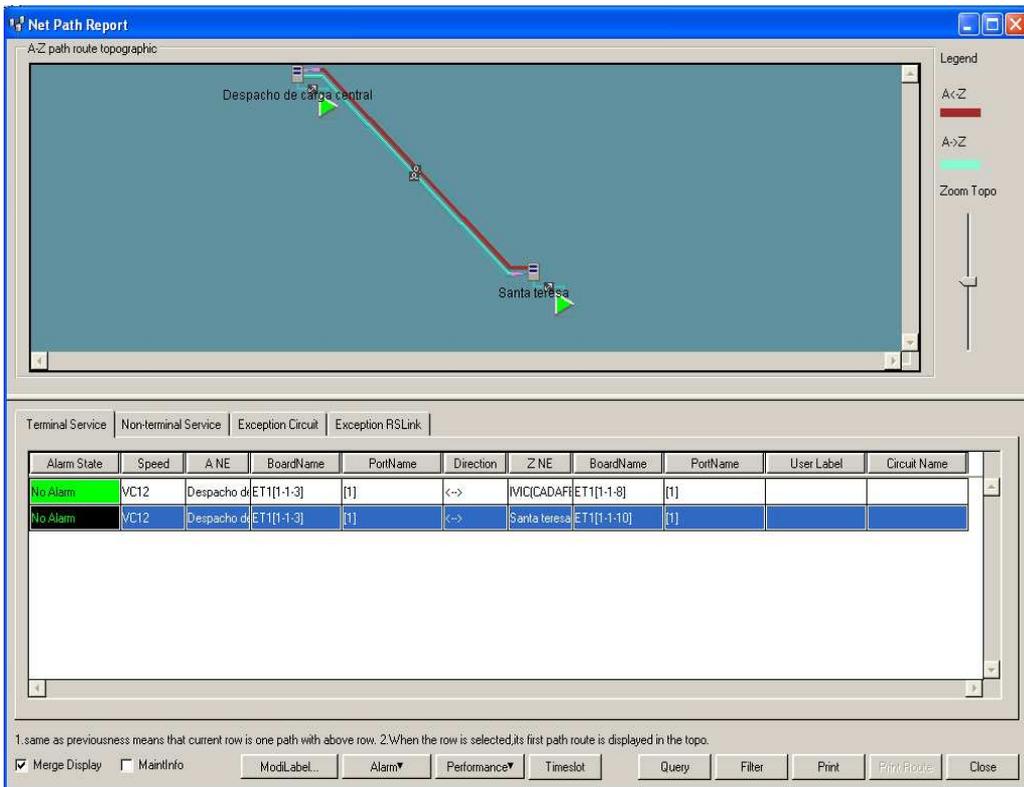


Figura 13E: Reporte de la trayectoria del Despacho y Santa Teresa.

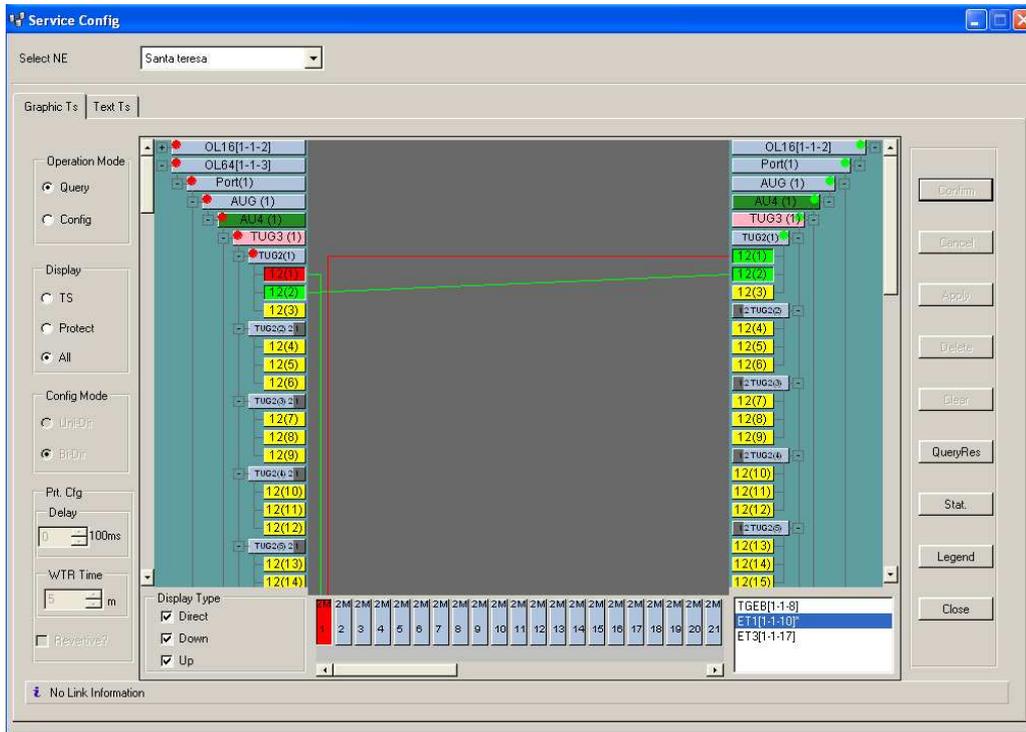


Figura 15E: Conexión en la red entre Santa Teresa y C.C. Miranda



Figura 16E: Conexión en la red entre C.C. Miranda y oficina Santa Teresa

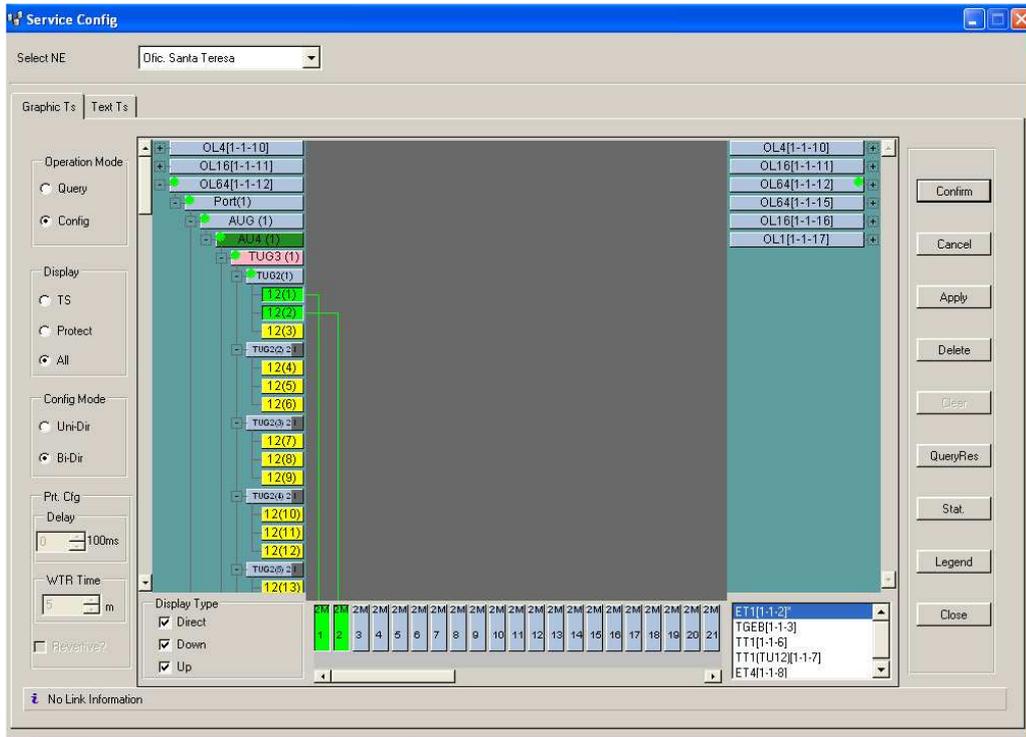


Figura 17E: Conexión en oficina Santa Teresa

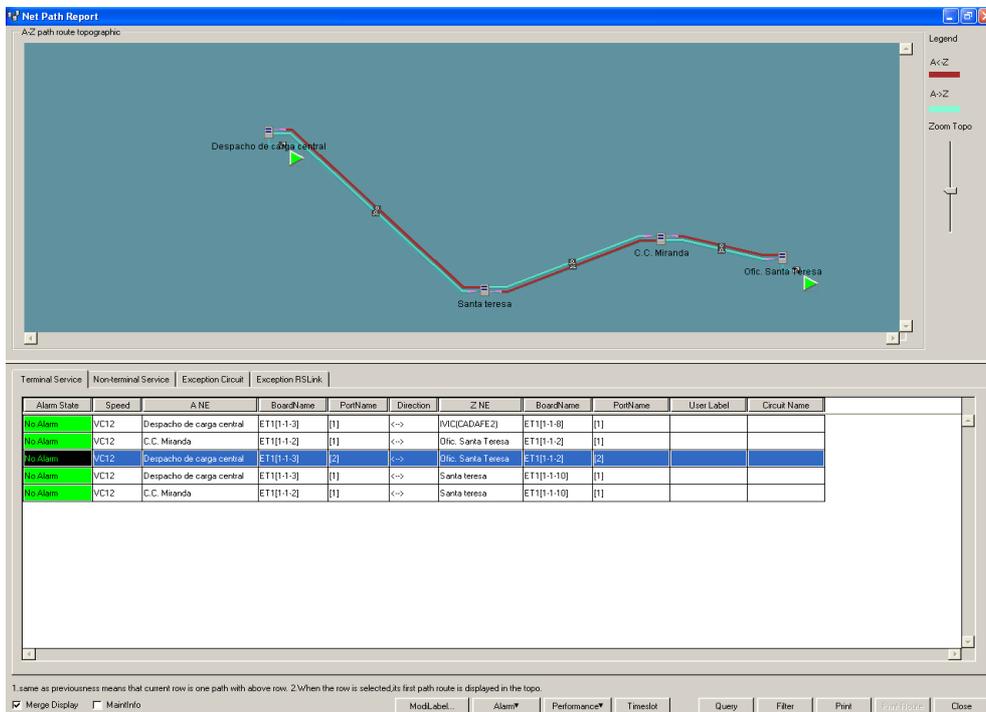


Figura 18E: Reporte de la trayectoria Despacho y oficina Santa Teresa

En la figura 18E, esta ventana tiene como función verificar el estado de la conexión y su trayectoria, en este caso se tiene una red completa con su respectiva leyenda de inicio hasta el destino, además de generar información de alarmas, dirección, nombre de los elementos de red, tarjetas y puertos.

Equipo ZXWM M900

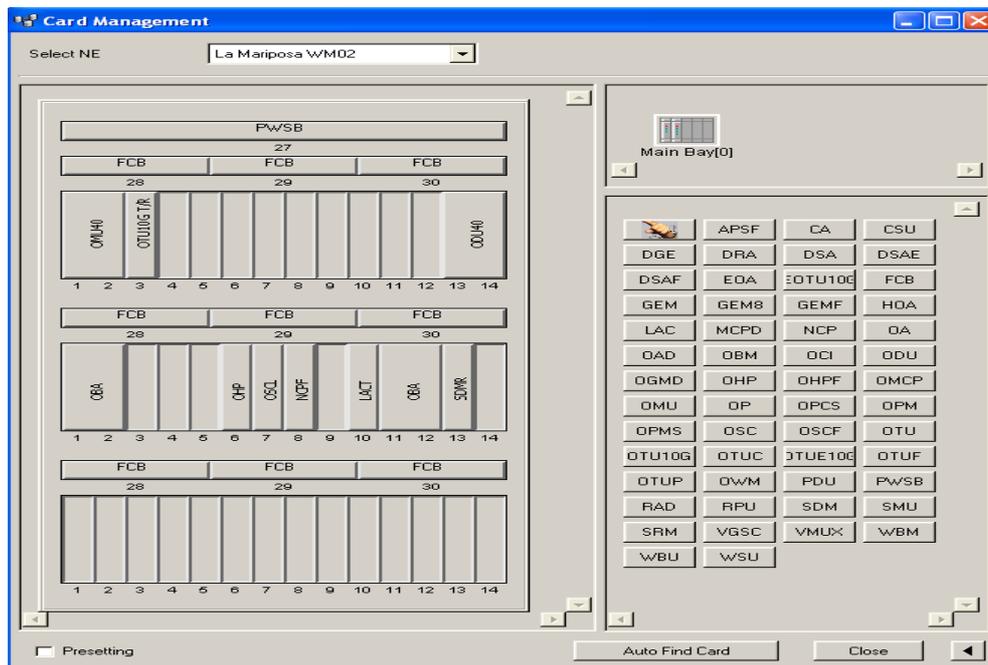


Figura 19E: Selección de tarjetas en el Despacho de Carga Central

En la figura 19E, la función principal de la ventana es seleccionar los diferentes servicios que se van a prestar, situarlos en las diferentes ranuras de tarjetas para tal fin y de esa manera tener una configuración del equipo.