



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**“ANÁLISIS DE INTEROPERABILIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS SDH E IP APLICADAS  
AL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ANILLOS METROPOLITANOS PARA LA CNT EP  
EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA”**

**TESIS DE GRADO**

**Previo la obtención del título de**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN**

**Presentado por:**

**DELIA MARÍA AMBI OROZCO**

**RUTH LAURA BARRERA BASANTES**

**RIOBAMBA-ECUADOR**

**2010**

### **A DIOS, NUESTROS PADRES Y HERMANOS**

A Dios porque es nuestro Padre que siempre está con nosotros incluso en los momentos más difíciles de nuestra labor, a nuestros padres por ser los pilares fundamentales de nuestra vida, por todo su apoyo, su entrega, sacrificio confianza y amor, y a nuestros hermanos porque son aquellos seres con quienes a través del diario vivir han compartido un sin número de experiencias y enseñanzas.

### **AL INGENIERO WALTER VILLACRÉS**

Responsable de Diseño de Accesos de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, quien siempre ha estado dispuesto a ayudarnos y colaborar con su amplio conocimiento y su bien labrada experiencia por ello se convirtió en nuestro asesor de investigación para el diseño de esta tesis.

### **AL INGENIERO HUGO MORENO**

Director de Tesis, por su siempre buena disposición de colaboración y ayuda para con nosotros mediante su extenso conocimiento, así como a todos los docentes que de una u otra manera han contribuido con sus valiosos aportes científicos.

**A NUESTRA FAMILIA Y AMIGOS.....**

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Iván Menes  
**DECANO DE LA FACULTAD DE  
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

.....

.....

Ing. José Guerra  
**DIRECTOR DE ESCUELA DE  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

.....

.....

Ing. Hugo Moreno  
**DIRECTOR DE TESIS**

.....

.....

Ing. Marcelo Donoso  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

.....

.....

**Tlgo. Carlos Rodriguez**  
**DIR.DPTO. DOCUMENTACION**

**NOTA DE LA TESIS**

.....

“Yo, Ruth Laura Barrera Basantes junto con Delia María Ambi Orozco, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de grado pertenece a la ESCUELA SUPEROR POLITECNICA DE CHIMBORAZO”.

---

Ruth Laura Barrera Basantes

---

Delia María Ambi Orozco

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

### **CAPÍTULO I: GENERALIDADES**

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1.1   | ASPECTOS GENERALES .....                       | 19 |
| 1.2   | FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO DE TESIS..... | 20 |
| 1.2.1 | Antecedentes .....                             | 20 |
| 1.2.2 | Justificación del proyecto de Tesis.....       | 22 |
| 1.2.3 | Objetivos .....                                | 24 |
| 1.2.4 | Hipótesis.....                                 | 25 |
| 1.3   | IDENTIFICACIÓN DE LA CORPORACIÓN.....          | 25 |
| 1.3.1 | Nombre de la CORPORACIÓN .....                 | 25 |
| 1.3.2 | Antecedentes de la Corporación.....            | 25 |
| 1.3.3 | Misión.....                                    | 26 |
| 1.3.4 | Visión.....                                    | 26 |

### **CAPÍTULO II: REDES SDH Y REDES IP..... 27**

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.1   | Introducción a las redes de Telecomunicaciones Ópticas .....   | 27 |
| 2.2   | Redes NGN .....  | 28 |
| 2.2.1 | Tendencias en IP .....   | 28 |
| 2.2.2 | Proceso de evolución: RED CLÁSICA RED DE NUEVA GENERACIÓN..... | 30 |
| 2.2.3 | NGN en un sentido amplio.....                                  | 32 |
| 2.2.4 | Arquitectura del sistema NGN .....                             | 32 |
| 2.2.5 | Características de las Redes de Nueva Generación .....         | 32 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 2.3    | Introducción a las redes SDH .....   | 33 |
| 2.3.1  | La Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH) vs LA Jerarquía Digital Síncrona (SDH)... | 33 |
| 2.3.2  | Estructura de la trama SDH.....  | 34 |
| 2.3.3  | Características de la MUX SDH.....   | 37 |
| 2.3.4  | Modelo de capas de SDH .....   | 37 |
| 2.3.5  | Elementos en redes SDH .....   | 39 |
| 2.3.6  | Tipos de Elementos de Red .....  | 40 |
| 2.4    | Redes NG-SDH.....  | 43 |
| 2.4.1  | Características generales de NG-SDH.....   | 45 |
| 2.4.2  | Descripción técnica .....  | 46 |
| 2.4.3  | Ventajas NG-SDH.....   | 47 |
| 2.4.4  | Utilidades específicas de NG-SDH .....   | 47 |
| 2.5    | REDES ATM.....   | 48 |
| 2.5.1  | Características de las redes ATM .....   | 49 |
| 2.5.2  | Arquitectura y modelo de capas de ATM.....                                       | 50 |
| 2.5.3  | Dispositivos en redes ATM .....  | 51 |
| 2.6    | INTERNET PROTOCOL (IP) .....   | 52 |
| 2.6.1  | Opciones para el transporte de IP.....   | 52 |
| 2.6.2  | Encaminamiento en IP .....   | 54 |
| 2.7    | MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING (MPLS) .....                                       | 55 |
| 2.7.1  | Proceso de encaminamiento en MPLS.....   | 56 |
| 2.7.2  | Proceso de establecimiento de LSPs.....  | 57 |
| 2.8    | GIGABIT ETHERNET .....   | 57 |
| 2.9    | Redes Ópticas.....   | 59 |
| 2.9.1  | Características de las Redes Ópticas .....                                       | 60 |
| 2.9.2  | Filtros Ópticos y OADM .....   | 62 |
| 2.9.3  | Conmutadores Ópticos y OXCS .....  | 62 |
| 2.9.4  | OXCS.....  | 63 |
| 2.9.5  | Convertidores de Longitud De Onda.....   | 65 |
| 2.10   | DWDM.....  | 66 |
| 2.10.1 | Funcionamiento .....   | 66 |
| 2.10.2 | Componentes principales del sistema DWDM.....                                    | 66 |
| 2.10.3 | Ventajas.....  | 67 |

|  |   |     |
|--|---|-----|
| 2.10.4   | Características .....   | 67  |
| 2.10.5   | Funciones de un sistema DWDM .....  | 68  |
| 2.11   | Protecciones de Redes Ópticas .....   | 70  |
| 2.11.1   | Conceptos generales sobre protección de redes.....                                      | 71  |
| 2.12   | Protección en redes SDH.....  | 73  |
| 2.12.1   | Esquemas de protección para enlaces punto a punto.....                                  | 74  |
| 2.12.2   | Esquemas de protección en anillo .....  | 76  |
| 2.13   | Protección en redes IP .....  | 81  |
| 2.14   | Protección en la capa óptica. ....  | 82  |
| 2.14.1   | Ventajas.....   | 82  |
| <b>CAPÍTULO III: COMPROBACIÓN DE HIPOTESIS</b>         |   |     |
| 3.1  | SISTEMA HIPOTÉTICO.....   | 86  |
| 3.1.1  | Hipótesis de la Investigación.....  | 86  |
| 3.1.2  | Operacionalización de las Variables.....  | 86  |
| 3.1.3  | Operacionalización Metodológica .....   | 87  |
| 3.1.4  | Descripción de las Variables y sus Respetivos Indicadores .....                         | 88  |
| 3.2  | POBLACIÓN Y MUESTRA.....  | 90  |
| 3.3  | ESTUDIO COMPARATIVO .....   | 91  |
| 3.3.1  | Estudio Comparativo de la Variable Independiente .....                                  | 91  |
| 3.3.2  | ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS VARIABLES DEPENDIENTES .....                                 | 94  |
| 3.4  | PUNTAJES TOTALES.....   | 100 |
| 3.5  | RESULTADOS DEL ESTUDIO COMPARATIVO .....  | 101 |
| 3.6  | COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....   | 101 |
| <b>CAPÍTULO IV: ESTUDIO Y ANALISIS DE FACTIBILIDAD</b> |   |     |
| 4.1  | Levantamiento de Información.....   | 107 |
| 4.1.1  | Esquema general de comunicaciones de CNT EP implementado en la ciudad de Riobamba ..... | 107 |
| 4.1.2  | Información de los nodos y AMG's (access media gateway) .....                           | 108 |
| 4.2  | ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO.....                                      | 109 |
| 4.2.1  | Equipamiento .....  | 109 |
| 4.2.2  | Requerimientos de la red.....   | 109 |
| 4.3  | Equipos Multiplex SDH.....  | 111 |
| 4.3.1  | Características específicas del equipo NG SDH.....                                      | 112 |



|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 4.3.2 | Interfaces Externas.....   | 114 |
| 4.3.3 | Distribuidores Digitales DDF, distribuidores ópticos ODF y Cableados ..... | 119 |
| 4.3.4 | Consumo de Energía .....   | 120 |
| 4.4   | Sistemas de Gestión y Administración.....                                  | 120 |
| 4.4.1 | Requerimientos del Sistema de Gestión .....                                | 120 |
| 4.4.2 | Herramientas de Gestión .....  | 122 |
| 4.5   | ARQUITECTURA Y ESPECIFICACIONES DEL EQUIPAMIENTO .....                     | 126 |
| 4.5.1 | Equipamiento “Carrier Class” .....   | 126 |
| 4.5.2 | Vida útil del equipamiento.....  | 126 |
| 4.6   | SURVEY (visita técnica).....   | 126 |
| 4.7   | Requisitos de instalación.....   | 127 |
| 4.8   | Garantías .....  | 128 |
| 4.8.1 | Garantías Técnicas .....   | 128 |
| 4.8.2 | Garantía de proveer las últimas versiones de los equipos y sistemas.....   | 128 |
| 4.8.3 | Garantía de actualización tecnológica .....                                | 128 |
| 4.9   | ENTRENAMIENTO.....   | 128 |
| 4.9.1 | Curso Operación y Mantenimiento.....                                       | 128 |
| 4.10  | PLAZO DE EJECUCION.....  | 129 |
| 4.11  | TOPOLOGÍA DE LA RED.....   | 129 |
| 4.12  | TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA.....   | 130 |
| 4.13  | CARACTERÍSTICAS DEL TENDIDO DE FIBRA ÓPTICA.....                           | 130 |
| 4.14  | TOPOLOGÍA DE LA DCN .....  | 131 |
| 4.15  | MATRICES DE TRÁFICO.....   | 131 |

## **CAPÍTULO V: DISEÑO Y ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO**

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 5.1   | Características de los Equipos en los nodos.....  | 136 |
| 5.1.1 | RIOBAMBA CENTRO – RIOBAMBA NORTE .....  | 136 |
| 5.1.2 | NODO ORIENTAL – MEDIA LUNA – LAS ACACIAS – ESPOCH – COLEGIO<br>RIOBAMBA (Señalización IP) ..... | 143 |
| 5.1.3 | NODO SUR/NODO OCCIDENTAL (Señalización v5.2) .....  | 145 |
| 5.1.4 | AMG’S QUE INTEGRAN CADA UNO DE LOS NODOS .....  | 148 |
| 5.2   | Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica.....  | 152 |
| 5.2.1 | Metodología Constructiva – Fibra Óptica .....   | 152 |
| 5.2.2 | Clasificación de las Fibra Ópticas .....  | 153 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 5.2.3 | Fibra Óptica que se emplea en los Proyectos .....  | 153 |
| 5.2.4 | Descripción general de los cables de Fibra Óptica.....   | 154 |
| 5.2.5 | Aplicaciones para cables de Fibra Óptica.....  | 154 |
| 5.2.6 | Principales características de los cables de fibra óptica .....  | 155 |
| 5.2.7 | Tendido de cable .....   | 155 |
| 5.2.8 | ODF (Distribuidor de Fibra Óptica).....  | 162 |
| 5.2.9 | Determinación de Volúmenes de Obra.....  | 163 |
| 5.3   | Levantamiento Planimetría de Red Existente de CNT EP en la ciudad de Riobamba<br>164                     |     |
| 5.3.1 | Planimetría Red de Nodos Existente de CNT EP Riobamba .....  | 164 |
| 5.3.2 | Planimetría Red existente del Nodo Oriental y sus correspondientes AMG's..                               | 164 |
| 5.3.3 | Planimetría Red existente del Nodo Occidental y sus correspondientes AMG's<br>165                        |     |
| 5.3.4 | Planimetría Red existente del Nodo Occidental y sus correspondientes AMG's<br>165                        |     |
| 5.4   | Diseño del Sistema de Anillos Metropolitanos con Fibra Óptica para CNT en la<br>Ciudad de Riobamba. .... | 166 |
| 5.4.1 | Diseños Red De Anillos Ópticos.....  | 166 |
| 5.4.2 | Anillos Entre AMG'S Del Nodo Oriental .....  | 167 |
| 5.4.3 | Anillos Entre AMG'S Del Nodo Occidental .....  | 167 |
| 5.4.4 | Anillos Entre AMG'S Del Nodo Sur .....   | 168 |
| 5.5   | Volumenes de Obra.....   | 168 |
| 5.5.1 | Nodo Espoch – Nodo Occidental.....   | 168 |
| 5.5.2 | Nodo Acacias – Nodo Colegio Riobamba .....   | 170 |
| 5.6   | Nodo Col. Riobamba – Nodo Oriental.....  | 172 |
| 5.6.1 | Proyecto Plano Esquemático.....  | 172 |
| 5.6.2 | Materiales – Proyecto Enlace Óptico .....  | 172 |
| 5.6.3 | Memoria Técnica.....   | 173 |
| 5.7   | Nodo Occidental – Nodo Sur.....  | 174 |
| 5.7.1 | Proyecto Plano Esquemático.....  | 174 |
| 5.7.2 | Materiales Proyecto Enlace Óptico .....  | 174 |
| 5.7.3 | Memoria Técnica.....   | 175 |

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

GLOSARIO TECNICO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura II-1: Tendencias en IP .....   | 29 |
| Figura II-2 Modelo Horizontal de provisión de servicios .....   | 29 |
| Figura II-3: Estructura de la red Clásica.....  | 30 |
| Figura II-4: Proceso de Evolución.....  | 31 |
| Figura II-5: NGN en un sentido Amplio .....   | 32 |
| Figura II-6: Arquitectura del Sistema NGN.....  | 32 |
| Figura II-7: Arquitectura del Sistema NGN.....  | 33 |
| Figura II-8: Estructura de la Trama SDH.....  | 37 |
| Figura II-9: Partes de la ITU-T G.707 .....   | 37 |
| Figura II-10: Correspondencia entre las capas SDH y el modelo ITU .....   | 38 |
| Figura II-11: Ejemplo práctico de concatenación virtual .....   | 47 |
| Figura II-12: Unidades específicas NG-SDH.....  | 48 |
| Figura II-13: Arquitectura y Modelo de Capas de ATM.....  | 51 |
| Figura II-14: Ejemplo de Switches ATM y EDOPOINT en una Red ATM .....   | 52 |
| Figura II-15: Alternativas para transmitir IP sobre capas más bajas.....  | 54 |
| Figura II-16: Arquitectura de capas 10 Gigabit Ethernet .....   | 58 |
| Figura II-17: Ejemplo Topológico física de una red óptica .....   | 61 |
| Figura II-18: Esquema Funcional DWDM .....  | 68 |
| Figura II-19: Esquemas de protección Unidireccional y bidireccional .....   | 72 |
| Figura II-20: Diversos esquemas de protección en función de cómo y hacia donde se encamina el tráfico en el caso de fallo .....         | 73 |
| Figura II-21: Esquema de protección 1+1 a) y 1+1 b).....  | 75 |
| Figura II-22: Esquema de Protección 1: N.....   | 76 |
| Figura II-23: Ejemplo de Funcionamiento del esquema de protección SNCP en un anillo de cuatro nodos .....                               | 79 |
| Figura II-24: Anillo de cuatro nodos sobre el que se implementa un esquema de protección MS-SPRing/4 .....                              | 79 |
| Figura II-25: Ejemplo de Funcionamiento del esquema de protección de enlace de Ms-SPRing/4 en un anillo de cuatro nodos .....           | 80 |
| Figura II-26: Ejemplo de funcionamiento del esquema de protección de anillo de MS-SPRing/4 en un anillo de cuatro nodos .....           | 80 |
| Figura II-27: Ejemplo de anillo SDH/WDM donde la protección se realiza en la capa cliente SDH. ....                                     | 83 |
| Figura II-28: Ejemplo de anillo SDH/WDM donde la protección se realiza en la capa óptica.....   | 84 |
| Figura II-29: Ejemplo de ahorro en costes de equipos terminales al trasladar la protección de la capa cliente IP a la capa óptica ..... | 84 |
| Figura III-30: Velocidad de transmisión por canal.....  | 92 |
| Figura III-31: Capacidad de la Fibra.....   | 93 |
| Figura III-32: Niveles de Protección .....  | 95 |
| Figura III-33: Tiempo de Recuperación .....   | 96 |
| Figura III-34: Monitoreo de la Red .....  | 97 |
| Figura III-35: Ancho de Banda Adicional .....   | 98 |
| Figura III-36: Costos de Implantación .....   | 99 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura III-37: Gráfico chi cuadrado 1.....  | 105 |
| Figura IV-38: Esquema General de comunicaciones de CNT EP implementado en Riobamba.....       | 107 |
| Figura IV-39: Topología Red.....  | 129 |
| Figura IV-40: Tendido de fibra óptica .....   | 130 |
| Figura IV-41: Arquitectura de la DCN requerida por CNT EP .....                               | 131 |
| Figura V-42: Vista Frontal del Gabinete de UMG8900.....                                       | 137 |
| Figura V-43: Distribución de tarjetas en SSM .....  | 138 |
| Figura V-44: Arquitectura Software del UMG 8900.....  | 139 |
| Figura V-45: Apariencia de NE40/80.....   | 139 |
| Figura V-46: NE40 - SRU.....  | 140 |
| Figura V-47: Tarjetas de Línea NE router .....  | 140 |
| Figura V-48: NE40- Protección Self healing MPLS.....  | 142 |
| Figura V-49: Interconexión de red median MPLS NE.....   | 142 |
| Figura V-50: Familia CX600 router .....   | 143 |
| Figura V-51: MPU de CX600.....  | 144 |
| Figura V-52: SFU de CX600.....  | 144 |
| Figura V-53: SPU de CX600 .....   | 145 |
| Figura V-54: Cabina y sub compartimento de Optix OSN 1500 .....                               | 145 |
| Figura V-55: Arquitectura del Sistema .....   | 146 |
| Figura V-56: Acceso de multiservicios y gran capacidad.....                                   | 146 |
| Figura V-57: Multiplexor Terminal TM.....   | 147 |
| Figura V-58: Add and Drop Multiplexer ADM.....  | 147 |
| Figura V-59: Multiplexor Multi-add and drop MADM .....  | 148 |
| Figura V-60: Regenerador de Optix OSN 1500.....   | 148 |
| Figura V-61: Apariencia de UA5000.....  | 149 |
| Figura V-62: Disposición en la red de UA5000.....   | 150 |
| Figura V-63: Estructura Lógica de UA5000 .....  | 150 |
| Figura V-64: Implementación Hardware de UA5000.....   | 151 |
| Figura V-65: Estructura de Bus de UA500.....  | 151 |
| Figura V-66: Bastidores de UA5000 .....   | 151 |
| Figura V-67: Conexión de bastidores de UA5000 .....   | 152 |
| Figura V-68: Canalización ducto con triducto .....  | 156 |
| Figura V-69: Manguera corrugada.....  | 156 |
| Figura V-70: Tapones de anclaje y sellado .....   | 157 |
| Figura V-71: Herraje Terminal (tipo A).....   | 159 |
| Figura V-72: Herraje de paso (tipo B) t .....   | 159 |
| Figura V-73: Preformados de retención o terminales.....                                       | 160 |
| Figura V-74: Herrajes de paso o suspensión .....  | 160 |
| Figura V-75: ODF para Rack y ODF para mural .....   | 162 |
| Figura V-76: Planimetría Red de Nodos Existentes de CNT EP Riobamba .....                     | 164 |
| Figura V-77: Planimetría Red existente del Nodo Oriental y sus correspondientes AMG´s .....   | 164 |
| Figura V-78: Planimetría Red existente del Nodo Occidental y sus correspondientes AMG´s ..... | 165 |
| Figura V-79: Planimetría Red existente del Nodo Occidental y sus Correspondientes AMG´s.....  | 165 |
| Figura V-80: Anillos Entre Nodos .....  | 166 |
| Figura V-81: Anillos Entre AMG'S Del Nodo Oriental.....                                       | 167 |
| Figura V-82: Anillos Entre AMG'S Del Nodo Occidental.....                                     | 167 |
| Figura V-83: Anillos Entre AMG'S Del Nodo Sur .....   | 168 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura V-84: Plano Esquemático – Nodo Occidental.....   | 168 |
| Figura V-85: Plano Esquemático Nodo Col. Riobamba ..... | 170 |
| Figura V-86: Plano Esquemático Nodo Oriental .....      | 172 |
| Figura V-87: Plano Esquemático Nodo Sur .....           | 174 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla II- I: Encapsulamiento de circuitos para obtener contenedores Virtuales aptos para señales SDH            | 37  |
| Tabla II- II Terminología y características significativas de los esquemas de protección en anillo de redes SDH | 77  |
| Tabla III- III Operacionalización conceptual de las variables   | 86  |
| Tabla III-IV Operacionalización Metodológica de la variable independiente                                       | 87  |
| Tabla III-V Operacionalización Metodológica de la variable dependiente FIABILIDAD                               | 87  |
| Tabla III-VI Operacionalización Metodológica de la variable dependiente TRÁFICO EN LA RED                       | 87  |
| Tabla III-VII Escala de calificación  | 91  |
| Tabla III-VIII Equivalencias1   | 92  |
| Tabla III-IX Velocidad de transmisión por canal   | 92  |
| Tabla III-X Equivalencias2  | 93  |
| Tabla III-XI Capacidad de la Fibra  | 93  |
| Tabla II-XII Resumen de la variable independiente   | 94  |
| Tabla III-XIII Equivalencias3   | 95  |
| Tabla III-XIV Niveles de protección   | 95  |
| Tabla III-XV Equivalencias4   | 96  |
| Tabla III-XVI Tiempo de Recuperación  | 96  |
| Tabla III-XVII Equivalencias 6  | 97  |
| Tabla III-XVIII Monitoreo de la Red   | 97  |
| Tabla II-XIX Equivalencias7   | 98  |
| Tabla III-XX Ancho de Banda Adicional   | 98  |
| Tabla III-XXI Equivalencias8  | 99  |
| Tabla III-XXII Costos de Implantación   | 99  |
| Tabla III-XXIII Tabla General de Resultados   | 100 |
| Tabla III-XXIV Resultados obtenidos para variables dependientes   | 102 |
| Tabla III-XXV Frecuencias observadas  | 103 |
| Tabla III-XXVI Frecuencias esperadas  | 103 |
| Tabla III-XXVII Calculo de Chi Cuadrado   | 104 |
| Tabla IV-XXVIII Nodos que forman la red de anillos para Riobamba  | 108 |
| Tabla IV-XXIX Matriz de cross-conexión mínima para las aplicaciones de los equipos NG-SDH                       | 112 |
| Tabla IV-XXX Datos del tendido de fibra óptica  | 130 |
| Tabla IV-XXXI Matriz de Tráfico STM16, protección y cantidad de puertos por tarjeta a ser suministradas         | 131 |
| Tabla IV-XXXII Matriz de Tráfico SMT4, protección y cantidad de puertos por tarjeta a ser suministradas         | 132 |
| Tabla IV-XXXIII Matriz de Tráfico STM1, protección y cantidad de puertos por tarjeta a ser suministradas        | 132 |
| Tabla IV-XXXIV Matriz de Tráfico E1, protección y cantidad de puertos por tarjeta a ser suministradas           | 132 |
| Tabla IV-XXXV Matriz Conectores BNC para E1 adicionales a los materiales de instalación                         | 133 |
| Tabla IV-XXXVI Matriz de Tráfico DS3/E3, protección y cantidad de puertos por tarjeta a ser suministradas       | 133 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla IV-XXXVII Matriz Conectores BNC DS3/E3 suministradas .....  | 134 |
| Tabla IV-XXXVIII Matriz de Tráfico FE, protección y cantidad de puertos por tarjeta a ser suministradas ..... | 134 |
| Tabla IV-XXXIX Matriz de Tráfico GE, protección y cantidad de puertos por tarjeta a ser suministradas .....   | 135 |
| Tabla V-XL Tarjetas en frame SSM .....  | 138 |
| Tabla V-XLI Características SRU.....  | 140 |
| Tabla V-XLII Especificaciones CX600 Router .....  | 143 |
| Tabla V-XLIII Tipos de cables de Fibra Óptica.....  | 154 |
| Tabla V-XLIV Aspectos generales de la red de Acceso y Red Troncal .....                                       | 155 |
| Tabla V-XLV Tendido para canalización Interurbana .....   | 157 |
| Tabla V-XLVI Postería .....   | 158 |
| Tabla V-XLVII Reservas de cable.....  | 162 |



## INTRODUCCIÓN

Una de las necesidades del hombre sin duda de las más importantes es la de comunicarse con sus semejantes. Para ello ha utilizado todos los recursos que ha podido tales como el habla, la escritura, el dibujo, etc. Hoy en día las telecomunicaciones forman parte importante del cotidiano vivir, ya que por medio de estas podemos acceder a muchos servicios y beneficios como el internet.

Básicamente un sistema de telecomunicaciones es el conjunto de medios técnicos y protocolos que hacen posible la transmisión a distancia de todo tipo de información. Un sistema de telecomunicaciones está formado por la fuente que genera la información, el proceso de emisión, el medio de transmisión, el proceso de recepción, y el destino de la información.

En la actualidad según el sistema de telecomunicaciones se deben tomar muy en cuenta los distintos medios de transmisión ya que hay muchos factores que determinan la toma de uno u otro medio como el adecuado para cada tipo de transmisión y servicio. Dentro de los factores que son relevantes para escoger el tipo de medio se encuentra la capacidad de transmisión, el costo, la zona geográfica, y los servicios que se van a brindar al usuario.

Las modernas redes de telecomunicación deben proporcionar capacidad y ancho de banda suficiente para soportar el tráfico, pero además deben tener la capacidad de protegerse y recuperarse de forma robusta y eficiente frente a la aparición de fallos. A mayor cantidad de tráfico transportado, más importante es el efecto causado por un fallo en la red.

En primer lugar, y desde hace muchos años se está experimentando un aumento en la demanda de ancho de banda. El aumento de ancho de banda que precisa un usuario final de la red se traduce en la necesidad de poder disponer de redes de transporte capaces de soportar tráfico agregado por encima de varios cientos de Gigabit por segundo e incluso por encima del

Terabit por segundo. En la actualidad, solo la tecnología de fibra puede hacer frente a este incremento en la demanda.

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

En la práctica, los requisitos de operatividad de la red suelen fijarse a través de los acuerdos del nivel de servicio que se concretan en la exigencia de que la red se mantenga operativa un determinado porcentaje de tiempo de lo largo del año. Estas cifras son a veces muy exigentes y solo se pueden conseguir introduciendo mecanismos de protección y recuperación.

# **CAPÍTULO I**

## **GENERALIDADES**

### **2.1 ASPECTOS GENERALES**

#### **Título del Proyecto de Tesis**

“ANÁLISIS DE INTEROPERABILIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS SDH E IP APLICADAS AL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ANILLOS METROPOLITANOS PARA LA CNT EP EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA”

#### **Proponentes**

##### **Nombres**

DELIA MARÍA AMBI OROZCO

RUTH LAURA BARRERA BASANTES

**Escuela**

“ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN”

**Área**

TELECOMUNICACIONES

**Director de Tesis**

ING. HUGO MORENO

**Lugar de realización**

CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES EP, RIOBAMBA , ECUADOR

**Tiempo de duración**

DOCE MESES

**Fecha Estimada de iniciación**

23 DE ENERO DEL 2010

**2.2 FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO DE TESIS**

**2.2.1 Antecedentes**

En el mundo actual el mercado de las telecomunicaciones se encuentra en un punto de inflexión en la curva de su evolución histórica: por un lado están los consumidores que van desde un sencillo y despreocupado cibernauta que cautivado por el encanto del mundo virtual llamado Internet desea obtener información en el menor tiempo posible, pasando por aquellas grandes Corporaciones que con multitud de sucursales desean abaratar los costos de comunicación entre sus oficinas, por supuesto teniendo siempre un mayor ancho de banda al mejor precio posible.

La Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP) que resulta de la fusión de Andinatel SA y Pacifictel SA, hoy por hoy se ha convertido en una Corporación líder de las Telecomunicaciones, en su afán de ser la empresa pionera y crecer cada día más para el beneficio de todo el país busca ofertar varios servicios a la comunidad con la mayor eficiencia posible.

En la actualidad la CNT EP busca mantener y posicionar su imagen como una Corporación de Nueva Generación pero debido a los avances tecnológicos la infraestructura telefónica, con la que cuenta se vuelve para este fin, insuficientemente robusta; razón por la cual es menester acoplarse a las nuevas tendencias e incorporar tecnología de punta, que incluye más beneficios de forma que se incrementen los servicios que ofrece, y que se desarrollen con mayor eficiencia y así se logre satisfacer las necesidades cada vez más crecientes de los usuarios potenciales; esto conlleva a que la empresa telefónica haya desarrollado un nuevo esquema de comunicaciones basado en tecnología IP/SDH [1] cuyos equipos se encuentran implementados en cada uno de los nodos y MSAN's [2] por lo tanto se hace necesario conocer las orientaciones y características básicas de los diferentes equipos que componen el Esquema General propuesto por DWDM [3], implementado en la provincia de Chimborazo.

La Corporación cuenta con una topología física en estrella en redes SDH, sin embargo la CNT posee una red que fusiona IP y SDH para sus distintos nodos, se requiere entonces determinar mediante un estudio y análisis el diseño de una red que combine estas tecnologías a la par que se realice un esquema que concentre tanto la topología de estrella existente con una topología de anillos que se va a implementar, y a su vez marcar los requerimientos para que se migre toda la red a IP que son las redes de la Nueva Generación [NGN], para lo cual se realizará un análisis de costo versus beneficio.

Tener redes IP/MPLS [4] es ofrecer convergencia: voz, datos y video en un mismo canal a menor costo. Es poder ofrecer productos diferenciados a los clientes mediante la ingeniería de tráfico, conectar múltiples sucursales con costos bajos utilizando las conexiones IP-VPNs [5] con caudales dinámicos. MPLS se traduce en flexibilidad, escalabilidad, y estabilidad. Este tipo de redes, que requieren caudales enormes de información, solamente podrían ser soportadas y aprovechadas al máximo por conexiones físicas que ofrezcan esta característica, gran ancho de banda. Por ello, el estudio y análisis de construir anillos de fibra óptica redundante entre los diferentes nodos, es también un punto vital si queremos ofrecer y poner en ejecución los diversos servicios con una tecnología de última generación.

La infraestructura de la red en la ciudad de Riobamba está diseñada mediante el nodo central y tres nodos (Nodo Occidental, Nodo Oriental, Nodo Sur) en cada uno de los cuales se encuentran los MSAN's, los nodos actualmente están conectados mediante una topología física de estrella en donde el nodo central se conecta a los nodos Sur, Occidental y Oriental a través de una infraestructura de fibra Óptica.

### **2.2.2 Justificación del proyecto de Tesis**

El diseño actual de la red conlleva la falta de fiabilidad y seguridad de los canales de comunicación a demás las comunicaciones en muchas ocasiones se encuentran demasiado saturadas, es por ello que con un nuevo esquema de redundancia se podrían disponer de un medio de transmisión que permita tener diferentes rutas por donde los paquetes puedan ser enrutados con mayor eficacia y descongestionar así la red existente, lo que se traduce en un servicio de mayor calidad y velocidad permitiendo una mejor administración de la red; por otro lado considerando la vulnerabilidad de los enlaces físicos se podrían dar problemas de rupturas de fibra óptica debido a errores humanos, riesgos ambientales, sabotajes, interrupciones operacionales, fallas de hardware/software, etc; y como la estructura en

estrella, mediante la cual se encuentran conectados los nodos anteriormente mencionados, no ayuda a solucionar estos problemas, entonces parte de la red se queda completamente incomunicada, por lo tanto los nodos respectivos y los MSAN's permanecen fuera de línea y así muchos clientes no pueden acceder al servicio hasta que se hagan las reparaciones adecuadas.

Debido a esta situación se requiere que a más de la topología en estrella existente se implemente una topología en anillos para los nodos mencionados y para los MSAN's, este sistema se traduce en una red auto sostenible de manera que si se dan los problemas antes citados el nuevo sistema se torne en una red de contingencia y de esta forma se convierta en un sistema fiable y seguro permitiendo restaurar el tráfico cuando suceda alguna falla lo que se traduce en costos y pérdidas mucho menores para la Corporación, además que se aseguraría la excelencia en el posicionamiento e imagen Corporativa y de la CNT.

La red de anillos que se pretende diseñar para los nodos existentes, se extiende igualmente hacia los AMG's, es decir, se proyecta el diseño de anillos ópticos independientes para los AMG's de cada nodo, por consiguiente el sistema diseñado se estructurará de forma que existirá un anillo principal que conecte los nodos y varios anillos independientes que unirán a los AMG's de cada nodo o internodos, en conclusión lo que se quiere diseñar es una red de anillos que a su vez contenga varias subredes de anillos que contarán con varios enlaces pudiendo existir incluso enlaces de menor nivel así se tendrá una combinación de topologías en la red global, lo que permitirá una mejor administración de la misma, obteniendo seguridad de alto rango y una mayor confiabilidad y fiabilidad para las comunicaciones de los clientes.

Al ser una red física, que por su diseño y características, permite utilizar para la nueva topología a implementar los mismos equipos con ciertas adaptaciones e incluso nos permite reutilizar algunas rutas de enlace de fibra, es una alternativa ideal para la CNT, lo que conllevará a satisfacer necesidades requeridas en esta red ya existente; además esta topología

de anillos nos permitirá eliminar interferencias, rupturas causadas por el saturamiento de las redes y gran cantidad de comunicaciones que intervienen en los servicios ofertados en la actualidad quedarán aseguradas; por otro lado con estas redes se logrará incorporar versatilidad y escalabilidad de los diferentes servicios ofrecidos actualmente y los nuevos proyectos de nueva generación.

### **2.2.3 Objetivos**

#### **2.2.3.1 Objetivo General**

- ✓ Estudiar y analizar la interoperabilidad de las tecnologías SDH e IP aplicadas al diseño de un sistema de anillos ópticos metropolitanos para la CNT EP en la ciudad de Riobamba.

#### **2.2.3.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Estudiar las características de las redes SDH asimismo examinar las redes IP para hacer un análisis comparativo de las mismas y definir las características más relevantes de las tecnologías estudiadas que nos servirán para posteriormente realizar el diseño de la topología de anillos.
- ✓ Realizar un levantamiento de información de la red actual de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP en la ciudad de Riobamba, examinando la factibilidad de crear la topología de anillos fusionando las tecnologías SDH vs IP, o la posibilidad de migrar toda la red a IP, estableciendo nuevos requerimientos así como equipos e implementaciones necesarias.
- ✓ Analizar los nodos principales que conforman la red actual de la CNT EP del mismo modo los AMG's que pertenecen a cada nodo de la red para determinar la posibilidad de realizar el diseño de los anillos ópticos tanto para los nodos como para los AMG's de la red.



- ✓ Determinar la factibilidad técnica y económica para la implementación del sistema propuesto.
- ✓ Verificar el diseño propuesto mediante simulación o a través de la verificación y comparación de otras redes de anillos ópticos ya implantados.

#### **2.2.4 Hipótesis**

A través del estudio de interoperabilidad de las tecnologías SDH e IP se pretende realizar el análisis de factibilidad técnica económica y posteriormente diseñar el sistema de anillos ópticos metropolitanos para futura implementación por parte de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP.

### **2.3 IDENTIFICACIÓN DE LA CORPORACIÓN**

#### **2.3.1 Nombre de la CORPORACIÓN**

CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT EP)

#### **2.3.2 Antecedentes de la Corporación**

#### **Políticas Plan Nacional de Desarrollo 2007-2010**

- ✓ Promover el acceso a la información y a las nuevas tecnologías de la información y comunicación para fortalecer el ejercicio de la ciudadanía.
- ✓ Expandir y fomentar la accesibilidad a los servicios de telecomunicaciones y conectividad para constituirlos en herramientas de mejoramiento de la calidad de vida y de incorporación de la población a la sociedad de la información.
- ✓ Garantizar a la sociedad Ecuatoriana que los servicios de telecomunicaciones sean eficientes, efectivos, competitivos y orientados a lograr el bien común con especial énfasis en la equidad.

### **2.3.3 Misión**

La CNT EP es una Corporación integradora de servicios de telecomunicaciones que utiliza tecnología de convergencia de voz, video, y datos. Cubre el mercado nacional con el mejor servicio al cliente, precios competitivos, variedad de servicios, con un personal altamente comprometido con los valores corporativos.

### **2.3.4 Visión**

Ser reconocida como líder indiscutible en las telecomunicaciones del Ecuador, satisfaciendo competitivamente las necesidades y expectativas de sus clientes, con productos y servicios de calidad medidos con estándares mundiales.

## **CAPITULO II**

### **REDES SDH Y REDES IP**

#### **3.1 Introducción a las redes de Telecomunicaciones Ópticas**

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

Después de varias décadas de investigación activa en componentes y sistemas de transmisión basados en fibra óptica, se dispone en la actualidad de la madurez tecnológica necesaria para poder implementar redes que aprovechen las propiedades únicas de las fibras ópticas como

portadoras de banda ancha. Ello ha venido a coincidir con una serie de factores que hacen muy oportuna la posibilidad de implementar y comercializar este tipo de redes.

En primer lugar, y desde hace unos años se está experimentando un aumento en la demanda de ancho de banda. La mayoría de analistas del sector contemplan que este aumento se mantendrá durante los próximos años ya que viene provocado por un incremento del número de sistemas y aplicaciones de banda ancha accesibles al usuario como consecuencia de la facilidad de acceso al internet de altas prestaciones y a la constante aparición de aplicaciones multimedia sustentadas por el protocolo de Internet IP. El aumento en el ancho de banda que precisa un usuario final de la red se traduce en la necesidad de poder disponer de redes de transporte capaces de soportar un tráfico agregado por encima de varios cientos de Gigabit por segundo e incluso por encima del Terabit por segundo. En la actualidad solo la tecnología de fibra y en concreto la basada en sistemas de transmisión de canales por multiplexación densa de longitud de onda (DWDM) puede hacer frente a este incremento en la demanda.

### **3.2 Redes NGN**

Las Redes de Nueva Generación (NextGenerationNetwork) (NGN) son redes orientadas al servicio.

- ✓ NGN es un modelo de referencia de una arquitectura de red abierta e integrada
- ✓ NGN es un tipo de tecnología nueva que integra servicios de voz, datos, fax y video, entre otros.
- ✓ A través de la separación de servicio y control de llamadas, se implementa una arquitectura de red independiente, lo que diferencia los distintos servicios de una red.

#### **3.2.1 Tendencias en IP**

- ✓ Cambio en el modelo de provisión de servicios

- ✓ Paso de un modelo vertical a uno horizontal
- ✓ Redes TODO IP "All IP"

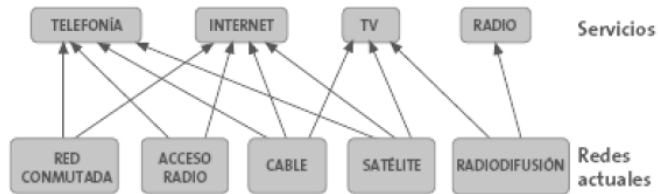


Figura II-1: Tendencias en IP

### 3.2.1.1 Modelo horizontal de provisión de servicios



Figura II-2 Modelo Horizontal de provisión de servicios

### 3.2.1.2 Distintas visiones del concepto NGN

#### 3.2.1.2.1 Enfoque de datos

- ✓ La red dará soporte de conectividad a un conjunto de elementos terminales inteligentes, el control y establecimiento de las sesiones será responsabilidad de los propios terminales.
- ✓ Los servicios son absolutamente independientes de la red. Todo servicio estará basado en la interacción entre terminales inteligentes.
- ✓ Los servicios tradicionales, también conocidos como legacy, verán disminuir de forma paulatina su importancia a favor de nuevos servicios, muchos de ellos aún desconocidos y, por tanto, de difícil caracterización en el momento de diseñar una red.

#### 3.2.1.2.2 Enfoque de voz

- ✓ Los servicios serán provistos a través de redes interconectadas sobre un conjunto combinado de terminales inteligentes y no inteligentes.

- ✓ La red tendrá la inteligencia y el control sobre los servicios y se adaptará a éstos en función de las necesidades que los usuarios finales demanden.
- ✓ La actual red telefónica evolucionará para adaptarse a los servicios multimedia, constituyendo la base de la futura NGN.
- ✓ Gran parte del desarrollo y provisión de los servicios finales partirá de los Operadores Públicos de Red, soportados por servicios básicos desarrollados sobre interfaces abiertas.

### 3.2.2 Proceso de evolución: RED CLÁSICA ⇨ RED DE NUEVA GENERACIÓN

#### 3.2.2.1 Estructura de la red clásica

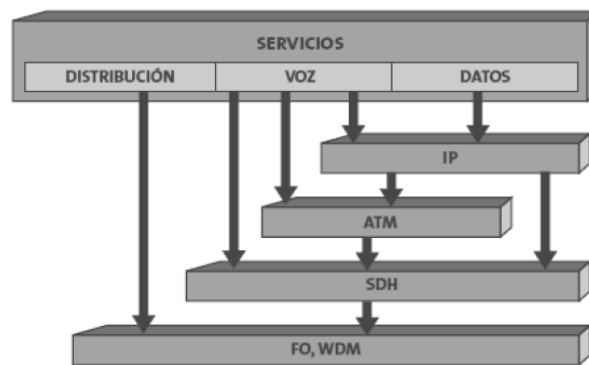


Figura II-3: Estructura de la red Clásica

#### 3.2.2.2 Características de la red clásica

- ✓ El equipamiento es complejo, de elevado coste y de difícil y costosa explotación.
- ✓ La calidad de servicio se resuelve mediante la asignación y reserva de recursos específicos de red.
- ✓ No soporta de forma nativa las técnicas de distribución basadas en la tecnología *multicast*, lo cual redundaría en un incremento de la complejidad y costo del despliegue de servicios masivos de distribución de contenidos.
- ✓ El ancho de banda es un bien escaso y, por tanto, caro.

### 3.2.2.3 Proceso de evolución

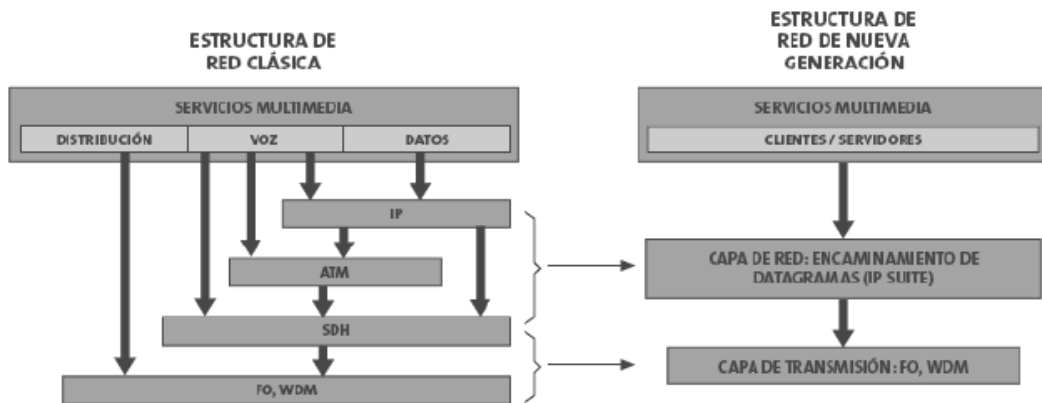


Figura II-4: Proceso de Evolución

La funcionalidad asignada a cada capa normalmente sería:

Capa FO/WDM: transporte

Capa SDH: Agregación y protección

Capa ATM: Agregación, gestión de tráfico y calidad de servicio

Capa IP: Encaminamiento

La funcionalidad asignada a cada capa normalmente sería:

Capa FO/WDM: Transporte, agregación y protección

Capa de Red: Encaminamiento, agregación, gestión del tráfico, calidad de servicio y protección

### 3.2.3 NGN en un sentido amplio

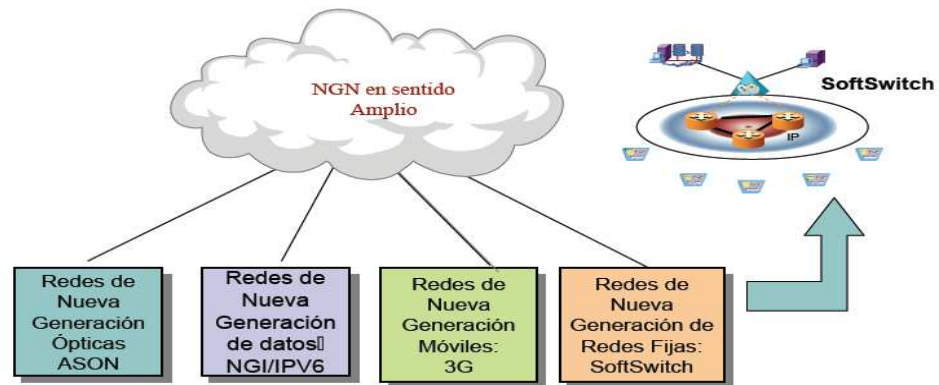


Figura II-5: NGN en un sentido Amplio

### 3.2.4 Arquitectura del sistema NGN

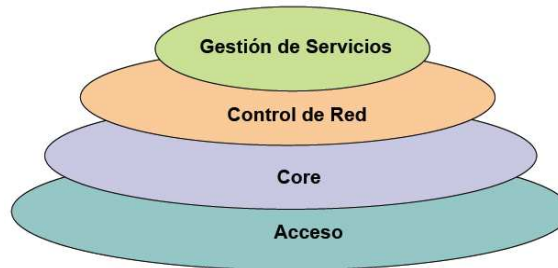


Figura II-6: Arquitectura del Sistema NGN

### 3.2.5 Características de las Redes de Nueva Generación

- ✓ Arquitectura de red abierta y distribuida.
- ✓ NGN adopta una estructura jerárquica, que está dividida en acceso al medio, transporte, control y gestión de aplicaciones/servicios
- ✓ NGN está basado en protocolos estándar y una red conmutada por paquetes.



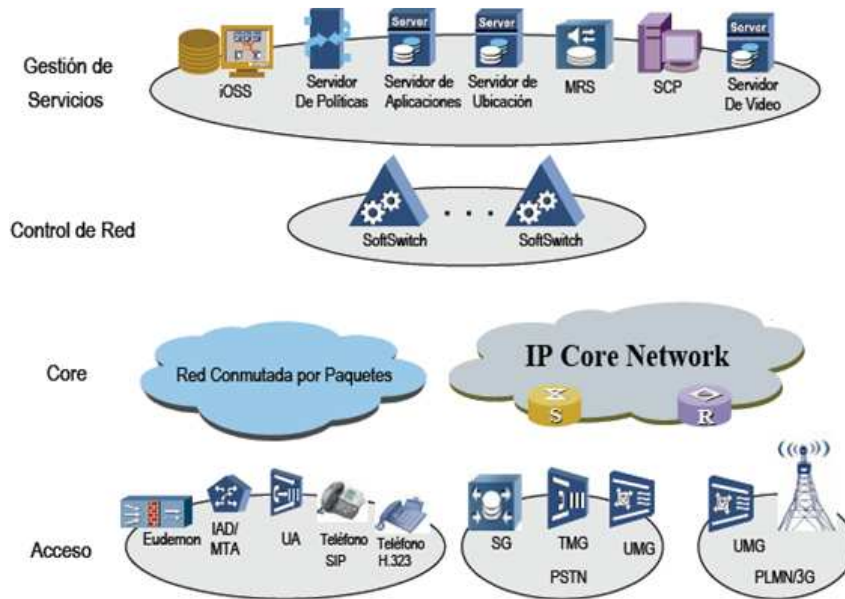


Figura II-7: Arquitectura del Sistema NGN

### 3.3 Introducción a las redes SDH

#### 3.3.1 La Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH) vs LA Jerarquía Digital Síncrona (SDH)

La jerarquía digital plesiócrona o PDH surge en un momento en el cual la transmisión telefónica era de naturaleza analógica y es entonces cuando comienzan los primeros esfuerzos por digitalizar el canal de voz de 4KHZ que cristaliza en la aparición de PDH como una tecnología capaz de transmitir de forma simultánea múltiples canales telefónicos digitales.

La digitalización de un canal telefónico de 4Khz mediante muestras de 8 bits requiere de una velocidad de transmisión de 64Kb/s que constituye la unidad básica de PDH. La transmisión multicanal se consigue agregando canales digitales o tributarios en grupos y dichos grupos a su vez en otros mayores (orden jerárquica), empleando multiplexación por división de tiempo (TDM) por lo que cada vez se requiere una mayor velocidad binaria.

La jerarquía digital síncrona o SDH constituye el primer esfuerzo por estandarizar las comunicaciones de voz de forma que se eliminaran los inconvenientes presentados por PDH.

Algunos de los principales inconvenientes que presenta PDH, son superados por SDH, como son el acceso en SDH a todos los tributarios de baja velocidad, directamente en una señal agregada de mayor capacidad, sea cual sea esta, y el hecho de que la multiplexación es directa, puesto que no hay bits de relleno.

Por otro lado, las estructuras de multiplexación son altamente recurrentes. Esto quiere decir que, una señal de mayor velocidad tiene similar forma a una de menor, es decir las mismas partes aunque sean de tamaño diferente. En cuanto a la capacidad de operación, gestión y administración de red (OAM), SDH incluye información extra que viaja con los canales tributarios a través de toda la red.

### **3.3.2 Estructura de la trama SDH**

La trama elemental de SDH denominada STM-1. Está constituida por 270 columnas y 9 filas de bytes. Esta estructura de trama se repite cada  $125\mu\text{s}$ , por lo que corresponde a una velocidad de transmisión básica de 155,52Mb/s. Los bytes de la trama se transmiten en el tiempo de izquierda a derecha y de arriba abajo.

La trama se divide en 2 partes, la primera constituida por las 9 primeras columnas se conoce como cabecera y transporta la información diversa, necesaria para administrar la red, corregir errores, sincronizar y para acceder al contenido de la información real transportada por la trama que se encuentra en la parte de la carga de la trama constituida por las 261 columnas siguientes.

La cabecera está dividida en 3 partes. La primera que comprende las 3 primeras filas se denomina RSOH ("Regenerator Section Overhead"), la segunda compuesta por la fila 4 está destinada a punteros, y la tercera constituida por las filas 5 a 9 es la denominada MSOH ("Multiplexing Section Overhead"). Los overheads o "taras" son bytes de información que se añaden con el fin de monitorizarla para la detección de errores. Incluyen además capacidad

extra para señalización entre elementos de sección, para envío de señales de alarma, sincronización, etc. Estas tareas pueden realizarse tanto entre regeneradores, mediante la RSOH, como entre multiplexores mediante la MSOH.

Una de las particularidades de SDH es que no tiene por qué comenzar síncronamente con el principio de la zona de carga de la trama, sino que puede comenzar en cualquier punto, desbordándose si es preciso a la zona de carga de la trama o tramas siguientes. La ventaja de este mecanismo está en la reducción de número de "buffers" en los nodos, y por tanto, del tiempo de espera que sufre una señal antes que sea transportada. La información que se integra en la zona de carga se encapsula previamente en estructuras conocidas como Contenedores Virtuales (VC). En el caso de que el VC no comience al principio de la zona de carga obviamente se cortará al finalizar la trama continuando en el siguiente STM-1.

Ahora bien, STM-1 no es el único modo de transferencia o velocidad de la jerarquía digital síncrona SDH. Para transmitir a mayor velocidad se forman agregados estándar, mediante la multiplexación entrelazada de las columnas de señales STM-1.

Se multiplexan tanto la cabecera como la carga, por columnas en todos los casos. Esto implica que cada STM-1 conserva sus punteros, por lo que la carga de cada uno de ellos flota independientemente. Hay que resaltar también que toda la estructura se repite otra vez cada 125µs, por lo que al haber más bytes (bits) la velocidad de transmisión en línea deberá ser mayor. Así pues una trama STM-N se obtiene al entrelazar N tramas STM-1. Sin embargo el valor de N no puede ser cualquier sino que el estándar fija unos valores predeterminados.

El proceso en el que se prepara la información para su incorporación en la zona de carga tiene como origen el circuito o canal que se desea transmitir y como resultado la incorporación de éste junto con otros circuitos a una serie de estructuras conocidas como contenedores virtuales (VC) que son las aptas para ser introducidas en la zona de carga de la trama SDH.

Las formas de encapsulamiento de circuitos para obtener contenedores virtuales son muy diversas y en la parte superior de la figura 12 se muestra un árbol con las diversas alternativas de empleo más frecuente. En el centro, se ilustra una barra en la que se muestra a qué capa de la red pertenecen los elementos que hay en la parte superior de la figura.

Procediendo de derecha a izquierda en la figura 8 partimos de los circuitos, que son las señales y servicios que se quieren transportar extremo a extremo con SDH. Pueden ser de distintas velocidades, y para cada una de ellas se define un contenedor (letra C en la figura 8), con un número que identifica y hace referencia a la velocidad de la señal. Ese contenedor corresponde a la carga bruta.

La carga bruta en SDH se etiqueta, añadiéndole información que es de utilidad posterior. Se forma así el Contenedor Virtual (CV-x), que no es más que un contenedor al que se le añade una parte que se denomina "Path OverHead", POH o capa de trayecto.

La primera operación que se realiza sobre los datos consiste en el encapsulado, que es la operación de añadir la tara de trayecto o el POH, a los datos que se van a transmitir. La siguiente etapa, que se muestra con las flechas punteadas consiste en el alineamiento que comprende añadir al Contenedor Virtual un puntero que indica su posición dentro de la señal global y cuya misión es la de posibilitar el acceso a los tributarios o señales de baja velocidad dentro de la trama SDH. Un contenedor virtual al que se le añade un puntero, forma lo que se denomina una Unidad Tributaria (TU) o (AU). Finalmente, las TU's y las AU's se multiplexan para formar los grupos de TU's y AU's.

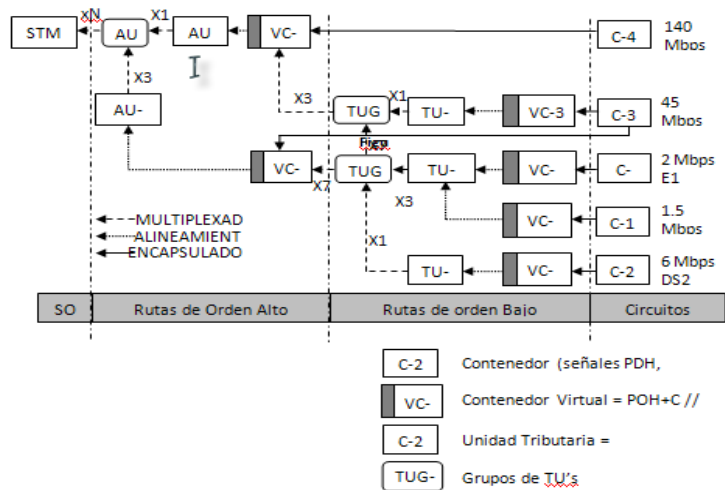


Figura II-8: Estructura de la Trama SDH

Tabla II- I: Encapsulamiento de circuitos para obtener contenedores Virtuales aptos para señales SDH

| OPCIÓN | 2 Mbps | 34Mbps | 140 Mbps | Total 2 Mbps |
|--------|--------|--------|----------|--------------|
| 1      | 0      | 0      | 1        | 64           |
| 2      | 0      | 3      | 0        | 48           |
| 3      | 21     | 1      | 0        | 53           |
| 4      | 42     | 1      | 0        | 58           |
| 5      | 63     | 0      | 0        | 63           |

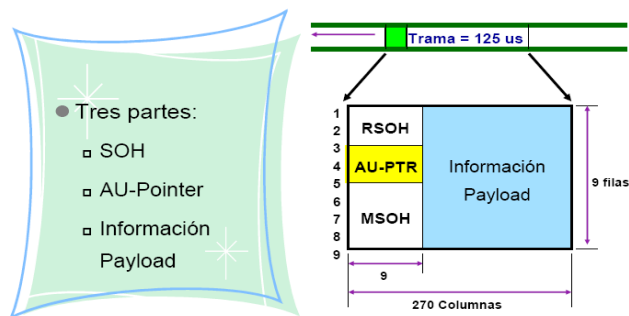


Figura II-9: Partes de la ITU-T G.707

### 3.3.3 Características de la MUX SDH

La Multiplexación en SDH incluye:

- ✓ Señales SDH de Baja a Alta rata (STM-1 \_ STM-N)
- ✓ Señales PDH a SDH (2M, 34M & 140M \_ STM-N)
- ✓ Señales de Otras jerarquías a SDH (IP \_ STM-N)

### 3.3.4 Modelo de capas de SDH

SDH se define para dar soporte principalmente a las redes de transporte a principios de los 90. Según el modelo ITU que se muestra en la figura II-18, una red de transporte está formada por 3 capas, cada una de las cuales realiza una función general, de forma que una capa inferior presta servicios a la superior.

De arriba hacia abajo en la jerarquía, la primera es la capa de circuito, y está encargada de las conexiones de extremo a extremo.

Por debajo de la capa de circuito, se encuentra la capa de trayecto o camino (path) que es la encargada de establecer una ruta a través de los nodos de la red, para dar servicio a un circuito y que puede ser común a varios circuitos (con el fin de optimizar recursos).

Por último, está la capa de transmisión, que está formada por los elementos físicos, láseres, fibras, amplificadores, transmisores radio, antenas, etc.

En la capa de circuito tenemos los servicios que se pueden proporcionar hoy en día a través de SDH como conexiones extremo a extremo, estas pueden ser por ejemplo la telefonía básica, acceso a Internet, servicio ATM, e incluso transporte de otras capa cliente de SDH.

La capa de trayecto de SDH se divide en 2 subcapas. Esta división está relacionada con la operación de agregación o multiplexación de flujos de información que se van a transportar.

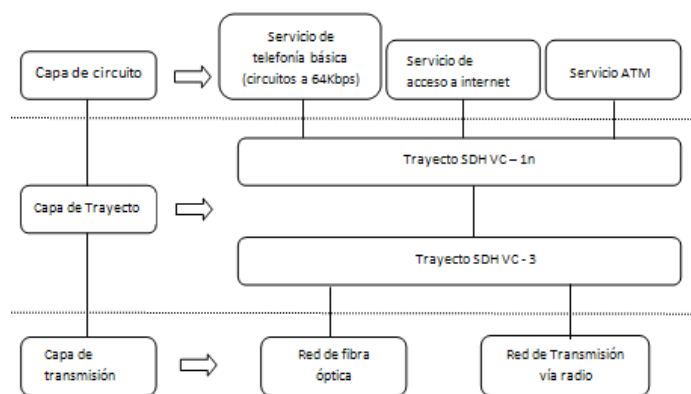


Figura II-10: Correspondencia entre las capas SDH y el modelo ITU

### 3.3.5 Elementos en redes SDH

Existen tres funciones básicas en los equipos de transmisión SDH: Terminación de línea, multiplexión y cross-conexión.

#### 3.3.5.1 Funcionalidad de un Elemento de Red:

**Multiplexión:** Es la combinación de diversas señales de baja velocidad en una única señal de alta velocidad, con lo cual se consigue una máxima utilización de la infraestructura física. Los sistemas de transmisión síncronos emplean la Multiplexión por División en el Tiempo (TDM).

**Terminación de línea/Transmisión:** En una dirección la señal digital tributaria es terminada, multiplexada y transmitida en una señal de mayor velocidad. En la dirección opuesta, la señal de mayor tasa de transmisión es terminada, demultiplexada y reconstruida la señal digital de tributario. Esta es la tarea de terminales de línea. Las redes de transmisión síncrona usan típicamente fibra óptica como enlaces de transporte físico así que esto requiere la terminación y transmisión de señales ópticas.

**Cross-Conexiones:** Las cross-conexiones en una red síncrona suponen el establecer interconexiones semi-permanentes entre diferentes canales en un elemento de red. Esto permite que el tráfico sea enviado a nivel de contenedor virtual. Si el operador necesita cambiar los circuitos de tráfico en la red, el encaminamiento puede conseguirse cambiando conexiones.

Otros términos empleados en las funcionalidades de los elementos de red SDH son la **consolidación** y la **agregación**.

La **consolidación** se produce cuando tráfico en rutas parcialmente ocupadas puede ser reorganizado en un simple camino con mayor carga de densidad de tráfico.

El **grooming** se produce cuando el tráfico incidente, el cual es dirigido hacia diversos destinos es reorganizado. El tráfico para destinos específicos es reordenado en caminos junto con otro tráfico para ese destino. Por ejemplo, el tráfico de un tipo específico como el ATM o tráfico de datos con diferentes destinos puede ser separado del tráfico PSTN (Public Switching Telephone Network o red telefónica conmutada) y ser transportado por una ruta diferente.

### **3.3.6 Tipos de Elementos de Red**

La recomendación de la ITU-T identifica ejemplos de equipos **SDH** a través de combinaciones de funciones **SDH**. Están clasificados en multiplexores (de los cuales hay siete variantes) y cross-conectores (donde hay tres variantes). Para simplificar, solamente se considerarán tres tipos de elementos de red SDH: Sistemas de línea, multiplexores add-drop (ADM) y cross-conectores digitales.

#### **3.3.6.1 Terminales de Línea**

Es el tipo de elemento de red SDH más simple. Éste implementará únicamente la terminación de línea y la función de multiplexión, de modo que su utilización es típica en configuraciones punto a punto. Algunos flujos tributarios serán combinados en el terminal de línea para generar un flujo agregado de mayor velocidad y esto será transmitido a un enlace óptico. Elementos de red son requeridos en los dos puntos finales de este enlace y una conexión fija de circuitos de cliente es establecida entre estos dos puntos terminales.

#### **3.3.6.2 Multiplexores Add-Drop (ADM)**

Estos equipos ofrecen la función de cross-conexiones junto con la de terminal de línea y multiplexión. En **SDH** es posible extraer (**Drop**) un contenedor virtual e insertar en sentido contrario (**Add**) otro contenedor virtual a la señal **STM** directamente sin necesidad de despeinarla según vimos anteriormente. Esta ventaja fundamental de los sistemas síncronos



significa que es posible conectar flexiblemente señales entre interfaces de elementos de red (agregados o tributarios). Esta capacidad de enrutamiento permite que la función de cross-conexión sea distribuida por la red, resultando mejor que concentrarla en un enorme cross-conector dedicado.

En un **ADM** circuitos de tráfico individuales pueden ser llevados fuera del flujo agregado mientras que el resto del tráfico continúa pasando a lo largo de la cadena de elementos. Esto crea una estructura en bus, en la cual una señal puede bajar o mantenerse en el bus en cada punto **ADM**.

Varios **ADMs** pueden ser conectados por el bus y la conectividad de cada **ADM** será donde los circuitos de tráfico son bajados o pasarán, propiedad que puede ser cambiada por el operador en función de las necesidades de tráfico. Así, una conexión flexible entre algunos puntos es creada, como si fuera una línea fija entre cada uno de esos puntos. Si un cliente quiere portar su circuito de tráfico hacia un nodo diferente, esta petición puede ser enviada remotamente al equipo, reconfigurando a distancia las conexiones en el **ADM**.

También se puede realizar conexiones entre puertos tributarios, de modo que proveen funcionalidad de cross-conexión entre tributarios, también conocida como "horquillado".

Los **ADM** son particularmente útiles para crear redes en anillo. Las señales son introducidas en el anillo vía interfaces tributarios de los **ADM**, los cuales son acoplados en la señal agregada de mayor velocidad de transmisión dentro del anillo para transportarlas a los otros nodos.

Los anillos son la configuración común de red porque pueden incrementar la supervivencia de la red. Las redes pueden ser objeto de fallo de nodos o roturas de enlaces por lo que es requerida una resistencia que prevenga la pérdida de tráfico.

Un ADM puede ser configurado como un concentrador para usar en aplicaciones de red multi-site. El propósito de estos concentradores es consolidar diferentes terminales en el agregado óptico de mayor capacidad. Este arreglo elimina el coste y la complejidad de las configuraciones multi-terminal y cross-conexiones redundantes

### 3.3.6.3 Cross-Conectores Dedicados

Cross-conectividad de los **ADMs** permite que la función de cross-conexión sea distribuida a lo largo de red, pero también es posible tener un único equipo cross-conector. Los cross-conectores digitales (**DXC**) son los más complejos y costosos equipamientos **SDH**.

No es la inclusión de bloques con funciones de cross-conexión lo que distingue a los **DXCs** de los **ADMs**, pero la presencia de supervisión de las conexiones en mayor o menor orden sí que lo hace. Esto es, la característica distintiva de un **DXC** es su capacidad de proporcionar supervisión de las conexiones.

Todos los **DXC** proporcionan funcionalidad de cross-conexión y sería inusual implementar un **DXC** sin cross-conexión completa entre todas las entradas y salidas. Los **DXCs** también incorporan esas funciones de multiplexión y terminación de línea, las cuales son esenciales como interfaz entre la matriz de cross-conexión y el resto de la red.

Tres factores limitan la capacidad de tráfico de un **DXC**: el número y tamaño de los puertos tributarios y el tamaño del núcleo interno de conmutación. En la práctica, la capacidad del puerto tiende a ser exhaustivo ante la capacidad de conmutación del núcleo, y es la principal razón para la actualización del cross-conector.

La flexibilidad de los **DXCs** significa que pueden implementarse en cualquier configuración. La provisión de supervisión, de todos modos, convierte al **DXC** en un complejo y caro elemento

de red y la inclusión de protocolos de auto-curado de anillo incrementan la complejidad. Esto es, que para construir anillos auto-recuperables es más usual emplear **ADMs** donde añadir protocolos de anillo es menos complejo al no estar presente funciones de supervisión de conexiones.

#### **3.3.6.4 Regeneradores y Repetidores**

Los elementos de red también pueden ser configurados para extender la longitud de los tramos entre nodos, y por tanto realicen funciones de intercambio de tráfico.

Las señales que viajan a lo largo de un enlace de transmisión acumulan degradación y ruido. Los multiplexores configurados como regeneradores convierten la señal óptica en eléctrica, la cual es regenerada ("limpiada"). La señal regenerada es convertida de nuevo a señal óptica agregada y transmitida.

Los amplificadores ópticos son otra opción para extender el alcance de las señales ópticas. Estos trabajan como repetidores, reimpulsando la señal. La señal no sufre ninguna transformación a eléctrica. De este modo, el tramo se amplía por potencia inyectada en la señal que no está limpia de degradaciones ni ruido, así que dependiendo de la longitud del enlace, y tipo de fibra, puede que sea requerido un regenerador también.

### **3.4 Redes NG-SDH**

En el expansivo mundo de nuevos servicios eficaces, hecho posible por la rápida evolución en las tecnologías electrónica y óptica, se está poniendo bastante más complicado el realizar una red eficaz a prueba de futuro.

Un factor decisivo es el enorme crecimiento experimentado en los últimos años en los campos del transporte de datos y los servicios.

Varios planteamientos son posibles para satisfacer las esperadas, pero siempre cambiantes, demandas de los usuarios. La estrategia más conveniente para construir dicha red no siempre es evidente, y los planteamientos generalmente adoptados incluyen:

- ✓ **Superposición:** construir una red separada para cada aplicación del cliente: IP, ATM, etc.
- ✓ **Migración:** convergencia de servicios en una red de simple aplicación, tal como Voz sobre Protocolo Internet (VoIP)
- ✓ **Integración** de las funciones específicas de servicio en los elementos de red.

En lo que concierne al operador, tal planteamiento debe ser capaz de reaccionar a tiempo para cambiar formas de demanda de servicio y para proporcionar servicios extremo a extremo con el grado de calidad requerido por los servicios de clientes.

La flexibilidad de la red de transporte, su apertura a los diferentes protocolos y su capacidad para llevarlos en la forma más conveniente, serán los factores para atraer el mercado hoy día altamente competitivo, en donde es decisivo servir las necesidades de los clientes en la forma más rápida y al mejor coste.

La Jerarquía Digital Sincrónica más reciente (SDH) estándar desarrollado por ITU (G.707 y su extensión G.708) es construida en la experiencia en el desarrollo de SONET. Durante la burbuja de inversión de telecomunicaciones de 2000-2001, era común oír SDH descrito como la tecnología "de herencia". Durante años atrás, sin embargo, se ha hecho aparente que los operadores de red públicos consideran SDH/SONET de la nueva generación como la llave a su futuro. La adaptabilidad en la acción la vista "de herencia" fue provocada por el crecimiento rápido de servicios de Ethernet básicos, al principio conducidos por el precio bajo percibido de servicios de Ethernet y el despliegue del equipo específico por Ethernet. Pero cuando la complejidad de servicio creció, del punto a punto Ethernet por redes de área local privadas virtuales a redes privadas virtuales (VPNs), los operadores encontraron cada vez más difícil

enfrentarse con operaciones, administración y mantenimiento (OAM) y mantener márgenes adecuados.

### **3.4.1 Características generales de NG-SDH**

El éxito y supervivencia de SDH reside en ser capaz de combinar transporte y aplicaciones de datos en una forma única y en el apoyo a dirección de operaciones de punta a punta, multiplexación de servicios, servicios de multipunto, y clase del servicio, desarrollo de redes de transmisión multiservicio, etc., usando una nueva generación de infraestructura Sonet como el medio de unificación para protocolos y servicios.

En general, **SDH se define como normas que definen señales ópticas estandarizadas**, una estructura de trama síncrona para el tráfico digital multiplexado, y los procedimientos de operación para permitir la interconexión de terminales mediante fibras ópticas, especificando para ello el tipo monomodo.

Los estudios por analistas de industria muestran que el área de crecimiento más grande y más rápido en el mercado de sistemas ópticos está en plataformas SDH de la nueva generación diseñada para servicios de datos en aplicaciones de metro.

- **Multiservicio que aprovisiona plataforma (MSPP)**: incluye la multiplexación SDH, a veces con más puertos de Ethernet, a veces multiplexación de paquete y conmutación, a veces WDM. La integración de capa óptica se lleva a cabo con una solución de capa óptica pasiva o activa. Apoya una mezcla de TDM e interfaces de cliente de Ethernet, OC48 y OC192

- **Multiservicio que cambia plataforma (MSSP)**: un MSPP con una capacidad grande para conmutación de TDM, es la respuesta en el corazón de metro.

- **Dispositivo de borde Óptico (OED)**: un MSSP sin funciones de WDM.

- **Multiservicio que transporta el nodo (MSTN)**: un MSPP con conmutación de paquete.

- **MSTP (multiservicio que transporta plataforma):** apoyando una integración apretada de Sonet ADM y metro DWDM / DWDM regional para multiplexación de servicios de gran capacidad y transporte, una categoría de producto clave, funcionando escaladamente, con amplitud de banda flexible y multiplexación de servicio de datos y conmutación.

- **El RPR,** que es la respuesta en el acceso de metro, para la amplitud de banda de transporte eficiente a la central final del portador.

- **Nodo de acceso de multiservicio (MSAN):** un MSPP diseñado para acceso de cliente, en gran parte con acceso vía pares de cobre que llevan servicios de Línea de Suscriptor digital (DSL).

En muchos casos, MSPP, proporcionado por el operador en el local de cliente reduce la necesidad de un gestor de tráfico local para apoyar servicios de datos y voz. Las reducciones de tamaño recientes significan que se ha hecho mucho más fácil para acomodar estas plataformas en local de cliente y puntos de presencia locales, en particular con los llamados micro-MSPPs.

El camino de red varía con el servicio, si punto a punto, punto a multipunto o VPN.

Las plataformas MSPP están basadas en la arquitectura de paquete del mercado de empresa, mejor que en TDM. La capa de transporte cambiada puede estar completamente en SDH o también en la nueva Red de Transporte Óptica (OTN) a ITU-T G.709.

### **3.4.2 Descripción técnica**

El SONET/SDH fue al principio desarrollado principalmente para transportar DS1s múltiple (es decir T1s), DS3s (T3s), y otros grupos de multiplexed 64 kbit/s. La capacidad de transportar ATM (Modo de Transferencia Asíncronico) era otra aplicación temprana.

A fin de apoyar anchos de banda de ATM, la técnica de encadenamiento fue desarrollada, por la cual los contenedores de multiplexación SONET más pequeños (ej, STS-1) están inversamente multiplexados para aumentar un contenedor más grande (eg, STS-3c), o para apoyar tubos orientados por los datos grandes.

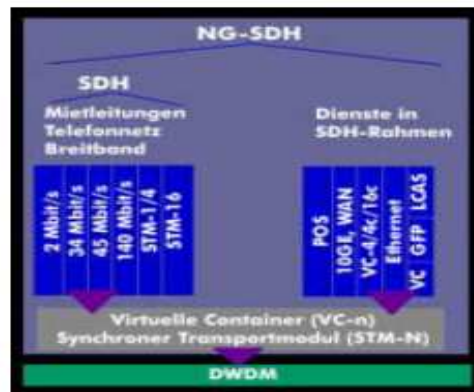


Figura II-11: Ejemplo práctico de concatenación virtual

### 3.4.3 Ventajas NG-SDH

Cada trama puede hacer distribuir su capacidad a través de fibras múltiples, gracias al uso de la memoria adaptable y parachoques

El Encadenamiento Virtual tiene a menudo acciones de palanca X.86 e incluye protocolos (GFP) a fin de trazar un mapa de cargas útiles de ancho de banda arbitraria en el contenedor, prácticamente concatenado.

### 3.4.4 Utilidades específicas de NG-SDH

#### ✓ NG-SDH como servicio:

Es capaz de combinar transporte y aplicaciones de datos en una forma única. Tres tecnologías amistosas importantes han mostrado el camino en la introducción de SDH en el mundo de datos:

- ✓ La aplicación más conocida es **Ethernet (GFP)**, de 10 Mbit/s hasta **Gigabit Ethernet** aunque también cubre a otros como Canal de Fibra y Emisión de Vídeo Digital.

Ofrece correlaciones estándares por la industria para muchos servicios de datos en SDH, y sustituye esquemas patentados.

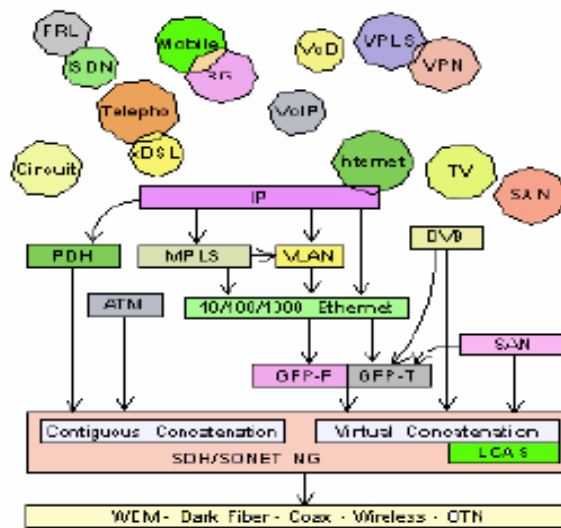


Figura II-12: Unidades específicas NG-SDH

### 3.5 REDES ATM

El Modo de Transferencia Asíncrono (ATM - Asynchronous Transfer Mode) proporciona un método de transporte flexible que puede adaptarse a la voz, al vídeo y a los datos. Al igual que X.25 y frame relay, ATM dispone de un mecanismo para conmutar unidades de datos a través de las redes. A diferencia de estos protocolos de conmutación de paquetes, que transmiten unidades de datos de tamaño variable, ATM opera con una unidad de datos de tamaño fijo denominada *celda*. Al estandarizar el tamaño de la unidad de datos, la eficiencia de los conmutadores aumenta significativamente. Es capaz de alcanzar velocidades de 155 Mbps, e incluso de 600 Mbps.

ATM es un estándar que se concibe inicialmente para ser transportado por SDH y su desarrollo obedeció a diversos motivos:

- a) En primer lugar, los estudios de que disponían los operadores indicaban una marcada tendencia de incremento del tráfico de datos y predecían su papel dominante frente a los servicios de voz.



- b) El transporte de datos requiere un aprovisionamiento dinámico de los recursos de la red (ancho de banda) mas que la típica configuración estática basada en TDM que ofrece SDH.
- c) Por otra parte era obvio que en las futuras redes, deberían de subsistir simultáneamente y transportarse, señales de voz y de datos, por lo tanto era deseable un formato de transporte que pudiese soportar e integrar ambos tipos de tráfico.

Las redes de tecnología ATM proporcionan tanto un transporte con Tasa de Bit Constante (p.ej. para voz), como un transporte con Tasa de Bit Variable (p.ej. para datos), utilizando de una forma eficiente el Ancho de Banda de la red. ATM se basa en la Conmutación Rápida de Paquetes o Fast Packed Switching (FPS).

### **3.5.1 Características de las redes ATM**

Las principales características de ATM son las siguientes:

- ✓ No hay control de flujo ni recuperación de errores. Aunque se exige a la red una probabilidad de pérdida de paquetes inferior a  $10^{-12}$ . Esta probabilidad de error se alcanza mediante el uso de cableado de alta fiabilidad (como la fibra óptica), una correcta gestión de los recursos disponibles, y un adecuado dimensionamiento de las colas.
- ✓ ATM opera en modo conexión.
- ✓ La sobrecarga de información de la cabecera es baja, con lo que se consiguen velocidades de conmutación muy altas. Las funciones de la cabecera se reducen a:
  - identificación de la conexión a la que pertenece cada paquete,
  - conmutación de paquetes,

- multiplexación de varias conexiones por un único enlace,
  - detección y corrección de errores.
- 
- ✓ El campo de información (*payload*) es pequeño para poder reducir el tamaño de las colas en el conmutador, disminuyendo el retardo de los paquetes.
  - ✓ Paquetes de longitud fija, llamados **celdas**, lo que simplifica la conmutación de datos.

### 3.5.2 Arquitectura y modelo de capas de ATM

El modelo de referencia ATM está formado de las siguientes capas:

#### 3.5.2.1 Capa física

Similar a la capa física del OSI, esta maneja la transmisión dependiente del medio.

La capa física ATM tiene cuatro funciones:

- ✓ Los bits son convertidos a celdas.
- ✓ La transmisión y recepción de bits sobre el medio físico son controlados.
- ✓ Los límites de las celdas son establecidos.
- ✓ Las celdas son empaquetadas en los frames adecuados para el medio físico.

#### 3.5.2.2 Capa ATM

Combinada con la capa de adaptación ATM, es similar a la capa de enlace de datos del OSI. Es la responsable para establecer conexiones y pasar celdas a través de la red ATM.

La capa ATM se orienta a conexión, tanto en términos del servicio que ofrece como de la manera que opera internamente. El elemento básico de la capa ATM es el *circuito virtual*, o canal virtual. Un circuito virtual normalmente es una conexión de un origen a un destino, aunque también se permiten conexiones multitransmisión.

### 3.5.2.3 Capa de adaptación ATM (AAL)

Realiza la función de preparar la información según sus requerimientos antes de que esta pase a la capa ATM, en donde se construyen las celdas.

La AAL juega un rol clave en el manejo de múltiples tipos de tráfico para usar la red ATM, y es dependiente del servicio. Específicamente, su trabajo es adaptar los servicios dados por la capa ATM a aquellos servicios que son requeridos por las capas más altas, tales como emulación de circuitos, (circuit emulation), vídeo, audio, frame relay, etc. La AAL recibe los datos de varias fuentes o aplicaciones y las convierte en los segmentos de 48 bytes.

La capa de adaptación de ATM define 4 servicios para equiparar las 4 clases definidas por B-ISDN:

- ✓ AAL-1, AAL-2, AAL-3, AAL-4

### 3.5.2.4 Capas Superiores

Finalmente las capas más altas que residen en la parte superior de AAL aceptan datos de usuarios, los arreglan en paquetes, y los entregan al AAL.

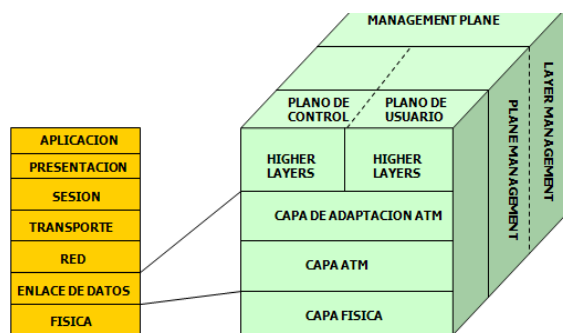


Figura II-13: Arquitectura y Modelo de Capas de ATM

### 3.5.3 Dispositivos en redes ATM

Las redes ATM están formadas por un switch ATM y puntos finales ATM (endpoints).

Los switches ATM son los responsables de las transferencias de las celdas a través de una red ATM.

Un endpoint ATM contiene un adaptador de interface de red ATM.

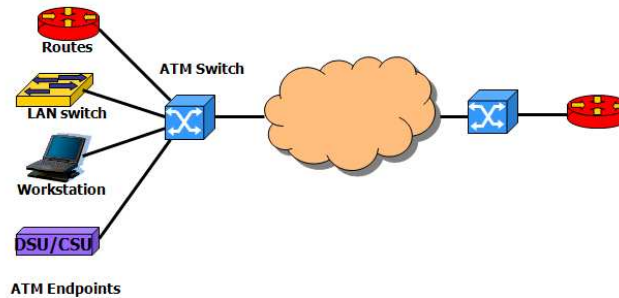


Figura II-14: Ejemplo de Switches ATM y EDOPOINT en una Red ATM

### 3.6 Internet Protocol (IP)

IP Internet Protocol O Protocolo de Internet. IP es el protocolo de mayor empleo en la actualidad en las redes. Se extiende desde la red de redes a enlaces e Intranets privadas. IP es una tecnología de nivel de red en el modelo OSI, y está diseñada para trabajar sobre un conjunto de protocolos de enlace de datos entre los que destaca algunos relacionados con las LAN tradicionales como Ethernet, Token Ring, etc. También opera sobre líneas de fibra de alta velocidad empleando PPP ("Point to Point Protocol") y HDLC ("High Level Data Link Control")

#### 3.6.1 Opciones para el transporte de IP

Existen diferentes alternativas para transmitir IP sobre capas más bajas y en la figura 2.21, se recogen algunas de las posibles opciones.

- 1) La más empleada en la actualidad, consiste en introducir paquetes de IP en celdas de ATM y éstas, sucesivamente en contenedores de tramas de señal SDH que finalmente se transmite empleando una longitud de onda. Es poco eficiente debido a la gran cantidad de "overhead" de ATM incluyendo la necesaria para implementar AAL%, pero

por el contrario proporciona QoS típica de ATM. SDH proporciona protección y reconfigurabilidad frente a fallos de la red.

- 2) La segunda opción consiste en eliminar la capa de SDH. Es una opción interesante para los operadores que ofrezcan un número considerable de servicios de tipo capa 2 (servicios de voz, líneas alquiladas, etc). Tiene el mismo inconveniente que el caso anterior.
- 3) Otra opción consiste en transmitir los paquetes de IP directamente sobre contenedores de señal SDH. Esta opción se denomina "Packet Over Sonet" (POS) y requiere del empleo de una capa intermedia de acondicionamiento denominada "Point to Point Protocol" (PPP). Puede emplearse al mismo tiempo para transportar telefonía tradicional.
- 4) También puede insertarse los paquetes de IP en tramas de 10GbE empleando su mecanismo de acceso al medio y también su medio físico para codificar y enviarlas a través de una longitud de onda.

Existen dos protocolos muy empleados para transmitir IP:

- TCP: "Transmission Control Protocol": (TELNET "Telecommunications Network", FTP "File Transfer Protocol", rlogin "remote login", etc).
- UDP: "User Datagram Protocol": (SNMP "Simple Network Management Protocol", TFTP "Trivial File Transfer Protocol", video, etc).

Pero solo el primero garantiza la fiabilidad de la conexión extreme a extreme, dado que recordamos que IP en sí no garantiza la transmisión y reorganización fiable extremo a extremo, pues eso corresponde al nivel de transporte.

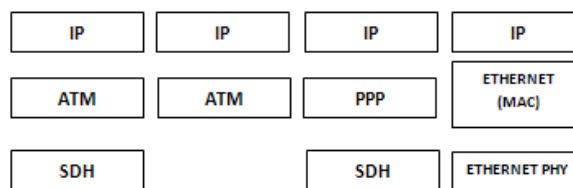


Figura II-15: Alternativas para transmitir IP sobre capas más bajas

### 3.6.2 Encaminamiento en IP

La información en IP se transporta en forma de paquetes y el elemento clave de la red es el router. El router encamina los paquetes procedentes de un enlace a su entrada hacia un enlace a su salida. Para esto, cada router mantiene una tabla de encaminamiento que posee, en virtud del destino final, una o más asignaciones de nodos adyacentes hacia los cuales puede enviarse el paquete a la salida del nodo actual. Así, cuando un paquete llega al router, éste inspecciona su cabecera donde se extrae la dirección del nodo de destino final del paquete. Con esta información se va a la tabla de encaminamiento y se determina el nodo adyacente al cual de enviarse el paquete y una vez determinado, se encamina el paquete hacia él.

Los routers detectan instantáneamente y actualizan sus tablas de encaminamiento empleando un protocolo de encaminamiento distribuido y dinámico. Este protocolo funciona de la siguiente manera: cada router es capaz de verificar si los enlaces a sus routers vecinos están activos o no, cada vez que el router detecta un cambio en el estado de dichos enlaces genera un paquete de estado de enlace (“Link Status Packet”, LSP) y lo envía a todos los routers de la red, esta técnica se llama inundación o “Flooding” y se emplea para diseminar esta información por toda la red. Cada nodo al recibir un paquete de este tipo lo envía a través de los enlaces que le comunican con sus nodos adyacentes, excepto por aquel por donde le llega. Cada nodo emplea esta información para actualizar su tabla de encaminamiento y tener constancia en todo momento del estado de la red. Los paquetes de estado de red van numerados para evitar que se inviertan informaciones, cosa que puede ocurrir, si por culpa de los retardos en la red llega antes un LSP generado más tarde que otro. Con la información de

los LSPs cada nodo tiene una visión de la topología de la red que emplea para computar los caminos más cortos que partiendo desde él llegan a los demás nodos. Este tipo de protocolos se denominan intradominio y dentro de ellos el “Open Shortest Path First” (OSPF) es el más conocido.

Existen otros algoritmos llamados Vector-Distancia para actualizar la información de encaminamiento. En estos, cada router comienza con un conjunto de rutas para aquellas con las que está directamente conectado, esta lista se guarda en una tabla de encaminamiento, en la que cada entrada identifica una red o host de destino y a la “distancia” a ella. Esta distancia se denomina métrica y se mide típicamente en saltos. Periódicamente, cada router envía una copia de su tabla de encaminamiento a cualquier otro router que pueda alcanzar directamente. Cuando un informe le llega al router B desde el router A, B examina el conjunto de destinos que recibe y la distancia a cada uno. B actualizará su tabla de encaminamiento si:

- ✓ A conoce un camino más corto a cada destino.
- ✓ A lista un destino que B no tiene en su tabla
- ✓ La distancia de A a un destino desde B pasando por A ha cambiado.

El protocolo de implementación directa de los algoritmos de encaminamiento vector-distancia para LAN's es el “Routing Information Protocol” (RIP) y emplea UDP como protocolo de transporte para sus mensajes de información (datagramas UDP).

Por cuestiones de tamaño y operatividad, la red se divide en múltiples dominios interconectados. Cada uno de ellos es un sistema autónomo. Para comunicar estos sistemas autónomos entre sí se emplean protocolos de encaminamiento interdominio de entre los cuales destaca el BGP o “Border Gateway Protocol”.

### **3.7 MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING (MPLS)**

MPLS es una nueva tecnología desarrollada para el transporte de paquetes que se sitúa como una capa intermedia entre el nivel correspondiente a IP y el nivel de enlace de datos. MPLS se

basa en la provisión de un camino basado en la conmutación de etiquetas que se conoce como “Label Switched Path” (LSP). Al igual que ocurre en IP, los elementos centrales de la red son los routers que en este caso incorporan la funcionalidad de poder conmutar en virtud del valor de la etiqueta que acompaña a los datos. Estos routers se conocen con el término de “Label Switched Router” o LSR.

El proceso de encaminamiento es similar al de IP con algunas diferencias. Cada paquete entrante a un LSR transporta una etiqueta que está asociada a su LSP. El LSR mantiene una tabla de encaminamiento de etiquetas que especifica para cada etiqueta de entrada, tanto el puerto de salida del LSR como la etiqueta que se debe de incorporar a la salida para el nodo siguiente. La principal diferencia de MPLS es que las etiquetas solo tienen significado local, y no global.

### **3.7.1 Proceso de encaminamiento en MPLS**

Las etiquetas, como acaba de comentarse en el párrafo anterior solo tienen significación local (en un router) y no global. Quizás la gran ventaja de MPLS es que independiza la tarea de encaminamiento en un router, de las tareas de control (mantenimiento del conocimiento de la estructura de la red ante cambios debidos a adición o desconexión de nuevos LSRs) que en este caso se refieren al establecimiento y finalización de LSPs. Este desacoplo, permite optimizar y hacer mucho más rápido el proceso de encaminamiento dentro de un LSR. Más aún, éste puede realizarse en hardware, ya que las etiquetas solo tienen significación local en el ámbito de cada router y no cambian aunque los hagan los LSPs establecidos o finalizados en la red.

Otra ventaja fundamental es que MPLS permite la introducción del concepto de camino en redes IP. Esto tiene importantes consecuencias, ya que, por ejemplo:



- a) Permite proporcionar ciertas garantías de QoS para tráfico seleccionado (por ejemplo reservando ancho de banda en los enlaces que componen los ISPs en el proceso de establecimiento de éstos).
- b) Pueden planificarse rutas de extremo a extremo basadas en diversos criterios.
- c) Pueden tenerse LSPs de reserva para re-encaminar los paquetes e otro LSP en caso de fallo de éste (protección y restauración).
- d) Puede emplearse para soportar múltiples redes privadas virtuales (VPN), donde cada una de ellas está soportada por un LSP diferente.

### **3.7.2 Proceso de establecimiento de LSPs**

Respecto al establecimiento y finalización de LSPs, se suele realizar empleando dos protocolos que son Resource Reservation Protocol (RSVP) y Label Distribution Protocol with Constrained Routing (CR-LDP). Ambos operan enviando un mensaje de establecimiento desde el nodo origen al destino del LSP a lo largo del camino deseado enlace a enlace. Cada LSR en el camino determina si posee recursos suficientes para soportar el LSP antes de enviar el mensaje de establecimiento al siguiente. Una vez establecido el LSP se envía un mensaje de ACK desde el destino a la fuente a través del camino establecido.

## **3.8 GIGABIT ETHERNET**

Ethernet es el protocolo de conmutación de paquetes más utilizado en la actualidad en las LANs. Inicialmente operaba a 10 Mb/s pero ha experimentado ampliaciones a 100 Mb/s, 1 Gb/s y, recientemente a 10 Gb/s. Funciona mediante la técnica de acceso CSMA/CD y a mayor velocidad y más larga distancia su eficiencia decae. Gigabit Ethernet (GbE) se ha empleado de forma creciente en redes metropolitanas para interconectar múltiples redes, y en el 2002, la IEEE ratificó el estándar 10 Gigabit Ethernet (10GbE) para su empleo en redes de larga distancia sobre fibra óptica.

Contrariamente a los primeros sistemas Ethernet, 10-Gigabit Ethernet está basado principalmente en el uso de cables de fibra óptica. Sin embargo, la IEEE está desarrollando un estándar de 10-Gigabit Ethernet sobre par trenzado (10GBASE-T).

Las especificaciones de 10 Gigabit Ethernet están definidas en la norma IEEE 802.3ae que complementa el estándar 802.3. En él se definen varias subcapas físicas conocidas como 10GBASE-X, 10GBASE-R, y 10GBASE-W así como material adicional para la gestión e interfaces como son el “10 Gigabit Media Independent Interface” (XGMII), el “10 Gigabit Attachment Unit Interface”, (XAUI), y el “10 Gigabit Sixteen-Bit Interface” (XSBI).

El sistema 10GBASE Gigabit Ethernet opera únicamente en modo full-duplex sobre fibra óptica de forma muy flexible pues puede implementarse sobre siete medios físicos distintos.

10-Gigabit Ethernet emplea el conocido protocolo IEEE 802.3 Ethernet de control de acceso al medio (MAC) y el tamaño y formato de trama, aunque no requiere el protocolo CSMA/CD empleado en otros estándares. La figura 2.28 muestra la arquitectura 10 Gigabit Ethernet.

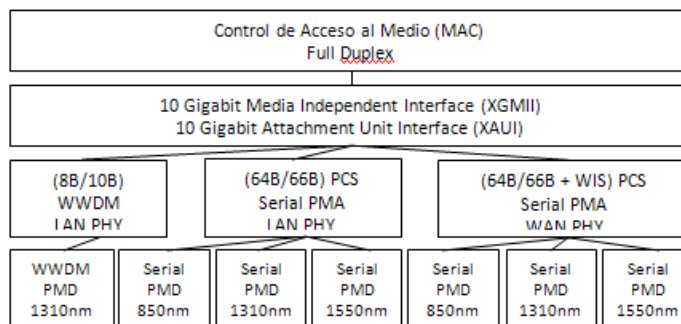


Figura II-16: Arquitectura de capas 10 Gigabit Ethernet

En la capa física, un dispositivo Ethernet de esta capa (PHY) conecta el medio óptico de esta capa a la capa MAC. La arquitectura Ethernet divide la capa física en tres subcapas: Medio Dependiente Físico (“Physical Medium Dependent”, PMD), Medio Físico Anexo (“Physical Medium Attachment”, PMA) y subcapa física de codificación (“Physical Coding Sublayer”, PCS). La primera provee la conexión física y señalización al medio (por ejemplo los transceptores

ópticos). La segunda provee de un medio independiente a la subcapa PCS para soportar diferentes medios físicos con bits orientados serialmente. Esta capa forma grupos de códigos seriales por transmisión y desambla los códigos de grupos seriales cuando los bits son recibidos. La capa PCS contiene la codificación (64B/66B) y un serializador o multiplexor. El estándar IEEE 802.3ae define dos tipos PHY: LAN PHY y WAN PHY, que proveen la misma funcionalidad, pero el segundo incorpora conectividad con redes SONET en la capa PCS.

### **3.9 Redes Ópticas**

Las redes WDM proveen canales ópticos entre nodos y usuarios conmutados por circuitos, también llamados caminos ópticos. Un camino óptico es un canal a una determinada longitud de onda entre dos nodos de la red encaminado a través de nodos intermedios, donde la señal se conmuta y/o convierte en longitud de onda. a estas redes se les conoce como redes de encaminamiento por longitud de onda. La siguiente figura muestra una red de este tipo, que contiene terminales ópticos de línea (OLTs), multiplexores de adición/extracción ópticos (Optical Add/Drop Multiplexers, OADMs) y matrices de conmutación óptica (Optical Cross Connects, OXCs) conectados mediante enlaces de fibra. Además estas redes incluyen amplificadores ópticos, colocados periódicamente en los enlaces de fibra para amplificar la señal. Adicionalmente, los componentes anteriores también incorporan amplificadores ópticos para compensar sus propias pérdidas. En la actualidad los OLTs y los OADMs, están implantados, aunque los OXCs comienzan a implementarse en las redes. La arquitectura de estas redes incluye una variedad de topologías, desde una estructura lineal punto a punto hasta topologías más complejas como anillo a malla. Los OLTs multiplexan varias longitudes de onda en una sola fibra y demultiplexan una señal WDM en longitud de onda individuales.

Los OADMs se emplean en puntos donde solo se requiere extraer o insertar una fracción de las longitudes de onda mientras otras son reencaminadas a otros destinos. Se emplean típicamente en topologías lineales o en anillo. Los OXCs, que incluyen conmutadores espaciales, conversores de longitud de onda WC (Wavelength Conversion) y filtros; realizan una función similar pero a mayor escala en términos del número de puertos y longitud de onda involucradas. Se emplean típicamente en malla o interconectando anillos. En las redes ópticas destacan por su importancia los terminales ópticos de líneas que se emplean en los extremos de los enlaces punto a punto para multiplexar y demultiplexar longitudes de onda, que constan a su vez de varios equipos como son los transpondedores, los multiplexores, y los amplificadores.

### 3.9.1 Características de las Redes Ópticas

Las principales características de una red óptica, que deben ser provistas por los componentes empleados en su implementación, son las siguientes:

- ✓ **Reutilización de longitud de onda**, dado que múltiples caminos ópticos pueden emplear la misma longitud de onda mientras no se solapen en ningún enlace. Esta reutilización espacial permite a la red soportar un gran número de caminos ópticos con un número limitado de longitudes de onda.
- ✓ **Conversión de longitud de onda**. Un mismo camino óptico emplea distintas longitudes de onda a lo largo de su ruta; la conversión de longitud de onda permite optimizar la utilización de las longitudes de onda dentro de la red. Además es necesario en las fronteras de la red para adaptar señales que provienen del exterior.

- ✓ **Transparencia.** Los caminos ópticos pueden llevar distintos tipos de de tráfico a velocidades binarias diferentes empleando una variedad de protocolos. La capa óptica debe soportar una variedad de capas superiores (cliente) de forma simultánea.
- ✓ **Conmutación de circuitos.** El establecimiento y rescisión de los caminos ópticos se realiza bajo demanda, como en las redes de conmutación de circuitos, con la única diferencia que en este caso, los tiempos de establecimiento son muy largos (meses e incluso años) comparados con las redes telefónicas de voz, aunque esto está cambiando a una situación más dinámica.
- ✓ En las redes implantadas, la conmutación de paquetes se realiza en capas superiores como IP o ATM aunque constituye un tema de interés actual en el campo de la investigación.
- ✓ **Supervivencia.** La red debe ser configurada de forma que ante un fallo, los caminos ópticos se reencaminen por otros caminos alternativos.

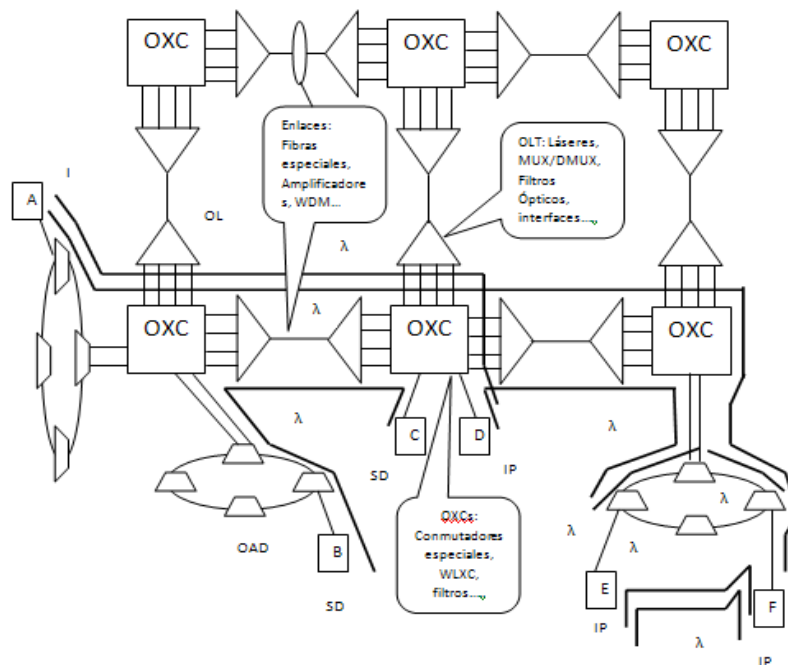


Figura II-17: Ejemplo Topológico física de una red óptica

### 3.9.2 Filtros Ópticos y OADMS

Existen una gran variedad de dispositivos ópticos que pueden trabajar como filtros. Un filtro óptico es un dispositivo capaz de seleccionar una banda de longitudes de onda y de eliminar el resto. Las principales aplicaciones de los filtros ópticos, que lo convierten en un dispositivo clave en los sistemas de comunicaciones ópticas son:

- ✓ la eliminación del ruido, introducido por ejemplo por los amplificadores ópticos.
- ✓ la ecualización de la respuesta de los amplificadores ópticos
- ✓ la selección de canales en sistemas WDM.

### 3.9.3 Conmutadores Ópticos y OXCS

El equipo de conmutación es el elemento que realiza el proceso de encaminamiento de las señales. Estas señales son adaptadas mediante el interfaz de entrada (cambio de formato de las señales, cambio de longitud de onda) para que el equipo de conmutación pueda realizar sus operaciones. De forma análoga el interfaz de salida adecua las señales para su transmisión. El bloque de control de conmutación es el encargado de configurar el equipo de conmutación.

#### 3.9.3.1 Características de un conmutador.

El **número de puntos de cruce**, en un conmutador debe ser mínimo. Un conmutador está compuesto por un conjunto de bloques (por ejemplo, acopladores 2x2), los cuales introducen unas pérdidas, por tanto un conmutador debe reducir el número de puntos de cruce que una señal de entrada atraviese.

La probabilidad de **bloqueo** de un equipo de conmutación debe ser mínima. Esta característica permite establecer una clasificación de los conmutadores. Las conexiones entre las entradas y las salidas de un conmutador se realizan según son solicitadas, es decir, de forma secuencial.

Luego la elección del camino que conecte a una entrada con una salida determinará una mayor o menor probabilidad de bloqueo del conmutador.

### **3.9.3.2 Dispositivos para la conmutación**

Los conmutadores son un componente muy importante en las comunicaciones ópticas. Este dispositivo combina la funcionalidad de los acopladores en estrella con las operaciones de multiplexación y demultiplexación.

### **3.9.4 OXCS**

En general, los OADMs son adecuados para topologías de tipo enlace lineal o anillo, y en situaciones donde se emplea un número reducido de longitudes de onda. En redes más complejas, caracterizadas por una topología en malla y por el empleo de un número elevado de longitudes de onda, es preciso emplear un nuevo componente: la Matriz de Conmutación Óptica u OXC (Optical Cross-Connect)

Los OXCs son elementos indispensables para la implementación de redes ópticas reconfigurables y, además pueden estar constituidas internamente por elementos ópticos (conmutadores) o bien por un conjunto híbrido de elementos ópticos y eléctricos.

Un OXC proporciona diferentes servicios, por ejemplo puede proporcionar caminos de bypass o express para todo el tráfico que no tiene como destino final un equipo conectado a un conmutador. También posee puertos para enganchar equipo terminal (SDH, ATM, IP, WDM) que origina o termina tráfico en ellos. En general un OXC no incluye OLTs anexos a él.

Un OXC puede emplearse para aprovisionar caminos ópticos en una red óptica de gran escala de forma automática, esta propiedad es importante al tratar con un elevado número de longitudes de onda por nodo y con un elevado número de nodos.

Además, un OXC es un elemento inteligente de red, capaz de proteger los caminos ópticos ante un fallo en la fibra o los equipos. Ello es posible porque puede detectar fallos de red y re-encaminar rápidamente el tráfico afectado. La transparencia es una propiedad deseable de los OXCs para poder conmutar señales de velocidades y formatos de trama arbitrarios.

Los OXCs posibilitan la evaluación de parámetros de funcionamiento de la señal en nodos intermedios de la red, ya que permiten el enganche de equipos de medida en puertos especiales del propio OXC de forma que las señales se pueden monitorizar de manera no destructiva. Ello requiere la realización de una operación de puenteo (bridging) de la señal, esta operación consiste en dividir la señal en dos partes, una va al núcleo del OXC y la otra va a un puerto de medida. Además de conmutar, un OXC puede incorporar **operaciones de conversión de longitud de onda**.

Un OXC es un elemento cable en las redes WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) realiza la misma función que un conmutador digital electrónico en las redes telefónicas pero a nivel óptico, es decir es capaz de dirigir una señal óptica desde cualquiera de sus entradas hacia cualquiera de sus salidas.. En este caso se emplea un conmutador espacial (por ejemplo una MEM) para dotarle con la capacidad de reconfiguración. Sin este elemento, el encaminamiento sería fijo, es decir, los datos se encaminarían de forma fija hacia una salida en función del puerto de entrada y la longitud de onda.

Estos dispositivos tienen N puertos de entrada, cada uno de los cuales recibe una señal WDM compuesta por M longitudes de onda. El demultiplexor separa cada longitud de onda, que es dirigida a una unidad de conmutación. Cada unidad de conmutación recibe N señales de entrada en la misma longitud de onda. Además cada una de estas unidades dispone de 1 entrada y 1 salida adicional que permite extraer y añadir un canal específico. Cada unidad de



conmutación esta compuesta por N conmutadores ópticos espaciales (2x2) configurados para enrutar las señales de cualquier manera deseable. Las señales de salida de cada unidad de conmutación se dirigen a un multiplexor para que combine sus M entradas formando una señal WDM. Por tanto este esquema necesita N multiplexores, N demultiplexores y  $M(N+1)^2$  conmutadores ópticos.

Los conmutadores ópticos conmutan de forma espacial las señales de entrada hacia los puertos de salida empleando técnicas mecánicas (MEMs), termo-ópticas (MZI, en el que mediante el efecto termo-óptico se cambia el índice de refracción a lo largo de la longitud de uno de los caminos ópticos del SiO<sub>2</sub> proporcionando la conmutación), electro-ópticos (empleando materiales como el niobato de litio LiNbO<sub>3</sub>) o completamente ópticas (empleo de SOAs).

### **3.9.5 Conversores de Longitud De Onda**

Las redes ópticas requieren una conmutación de la señal incorporando la longitud de onda como variable básica sobre la cual poder encaminar, en general, la conversión de longitud de onda, aunque complica tecnológicamente a los OXCs, reduce las probabilidades de bloqueo y aumenta la eficiencia de utilización de las distintas longitudes de onda.

Un conversor de longitud de onda es un dispositivo que convierte la longitud de onda de la portadora de los datos en otra portadora distinta, estos dispositivos realizan las siguientes funciones en las redes Ópticas:

- ✓ Adaptar la portadora óptica de una señal al espectro WDM compatible con la red óptica.
- ✓ Empleo eficiente de las longitudes de onda disponibles en los enlaces de red.

- ✓ Permitir la conexión entre redes ópticas no coordinadas.

### **3.10 DWDM**

#### **3.10.1 Funcionamiento**

LA Multiplexación Densa por División de Onda DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing), es una tecnología que permite introducir datos de diferentes fuentes en una fibra óptica, en la que la señal de cada fuente viaja en una frecuencia de onda distinta y separada de las demás. Lo más importante es que con el sistema DWDM se pueden usar hasta 80 canales virtuales que pueden ser multiplexados en rayos de luz que se transmiten por la misma fibra óptica. Este sistema permite que cada canal transporte 2.5 Gbps (2500 millones de bits por segundo), y se pueden hacer circular por la misma fibra 80 canales diferentes y por tanto la transmisión será de 200 Gb por segundo.

En el extremo opuesto del cable los canales son demultiplexados hasta adquirir sus características originales, por lo tanto se pueden transmitir simultáneamente diferentes tipos de datos y además con diferentes velocidades, según sea la necesidad de su empleo, esto es Datos (IP) Datos (SONET) Datos (ATM).

#### **3.10.2 Componentes principales del sistema DWDM.**

- 1.- La fuente emite la señal en el rango óptico del espectro electromagnético, es decir, un fuente que emite señales luminosas y que consiste normalmente en un diodo láser.
- 3.- En DWDM, además de los bloques emisor, de transmisión y de recepción, hay un tercero que adquiere una importancia crucial: el amplificador EDFA ( Erbium Doped Fiber Amplifier ) Las diferentes longitudes de onda que aparecen al final de la fibra se distribuyen mediante un dispositivo que puede ser un acoplador pasivo en estrella.
4. Cada receptor lleva asociado un filtro óptico sintonizable que permite eliminar las señales no deseadas (es decir, seleccionar un solo canal / longitud de onda) y minimizar el ruido

generado por el amplificador EDFA encargado de regenerar las señales que han perdido potencia a su paso por la fibra.

5. Un dispositivo foto detector situado en el extremo final de la fibra que capta la señal emitida por la fuente y que ha viajado a lo largo de la fibra óptica.

### 3.10.3 Ventajas

La principal ventaja de DWDM es que ofrece una capacidad de transmisión prácticamente ilimitada. Aparte del ancho de banda, DWDM ofrece otras ventajas:

- ✓ **Transparencia.** DWDM es una arquitectura de capa física, puede soportar transparencia en el formato de señal, tales como ATM, GbE (Gigabit Ethernet), ESCON, TDM, IP y Fibre Channel, con interfaces abiertas sobre una capa física común.
- ✓ **Escalabilidad.** DWDM puede apalancar la abundancia de fibra oscura en redes metropolitanas y empresariales, para rápidamente satisfacer la demanda de capacidad en enlaces punto-a-punto y en tramos de anillos ya existentes.
- ✓ **Iniciación dinámica.** Rápida, simple y abastecimiento dinámico en las conexiones de redes, dada la habilidad de proveedores de proveer servicios de alto ancho de banda en días, antes que en meses.

### 3.10.4 Características

- ✓ La fabricación a gran escala de fibra óptica ha posibilitado una disminución de los costes y una mejora en las características de transmisión de la fibra.
- ✓ Amplificadores ópticos de ganancia plana para un rango determinado de longitudes de onda que acoplados en línea con la fibra actúan como repetidores eliminando la necesidad de regeneradores.

- ✓ Filtros integrados de estado sólido de menor tamaño y con posibilidad de ser integrados en el mismo sustrato junto con otros componentes ópticos.
- ✓ Nuevos foto detectores y fuentes láser que permiten integración produciendo diseños más compactos.
- ✓ Multiplexores y demultiplexores ópticos basados en difracción óptica pasiva.
- ✓ Filtros de longitud de onda seleccionable, que pueden ser empleados como multiplexores ópticos.
- ✓ Los multiplexores ópticos Add-Drop (OADM) han permitido que la tecnología DWDM pueda implantarse en redes de diversos tipos.
- ✓ Los componentes ópticos de conexión (OXC), que pueden implementarse con diferentes tecnologías de fabricación, y han hecho posible la conmutación puramente óptica.

### 3.10.5 Funciones de un sistema DWDM

En su núcleo, DWDM involucra un pequeño número de funciones de capa física. Estas son bosquejadas en la Figura 46, la que muestra un sistema DWDM de cuatro canales. Cada canal óptico ocupa su propia longitud de onda.

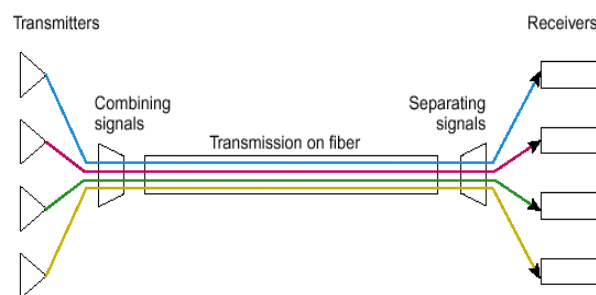


Figura II-18: Esquema Funcional DWDM

El sistema ejecuta las siguientes funciones principales:

- ✓ **Generación de la señal.** La fuente, un láser de estado sólido, puede proveer luz estable con un específico ancho de banda estrecho, que transmite la información digital, modulada por una señal análoga.
- ✓ **Combinación de señales.** DWDM emplean multiplexores para combinar las señales. Existe una pérdida asociada con multiplexión y demultiplexión. Esta pérdida es dependiente del número de canales, pero puede ser disminuida con el uso de amplificadores ópticos, los que amplifican todas las longitudes de onda directamente, sin conversión eléctrica.
- ✓ **Transmisión de señales.** Los efectos de Crosstalk y degradación de señal óptica o pérdida pueden ser calculados en una transmisión óptica. Estos efectos pueden ser minimizados controlando algunas variables, tales como: espaciamiento de canales, tolerancia de longitudes de onda, y niveles de potencia del láser. Sobre un enlace de transmisión, la señal puede necesitar ser amplificada ópticamente.
- ✓ **Separación de señales recibidas.** En el receptor, las señales multiplexadas tienen que ser separadas.
- ✓ **Recepción de señales.** La señal demultiplexada es recibida por un foto detector.

Además de estas funciones, un sistema DWDM podría ser equipado con una interfaz Cliente-Equipo para recibir la señal de entrada. Esta función es desempeñada por transpondedores.

Dentro de DWDM, un transpondedor convierte la señal óptica del equipo terminal en señal eléctrica y desempeña la función 3R.

En la dirección del receptor se efectúa el proceso inverso. Las longitudes de onda individuales son filtradas desde la fibra multiplexada y alimentan a un transpondedor individual, el cual convierte la señal óptica en eléctrica y conduce una interfaz estándar hacia el "cliente".

### 3.11 Protecciones de Redes Ópticas

Las modernas redes de telecomunicación deben proporcionar capacidad y ancho de banda suficiente para soportar el tráfico, pero además deben tener la capacidad de protegerse y recuperarse de forma robusta y eficiente frente a la aparición de fallos. A mayor cantidad de tráfico transportado, más importante es el efecto causado por un fallo en la red.

La supervivencia en la red se consigue gracias a la denominada Conmutación de protección (Protection Switching) que consiste en proporcionar una determinada capacidad redundante en la red y encaminar automáticamente el tráfico a través de dicho recurso reservado en el caso en que se produzca un fallo.

- ✓ Los mecanismos más frecuentes que provocan fallos en una red son:
- ✓ Errores Humanos
- ✓ Cortes en cables de fibra instalados en tierra al abrir zanjas.
- ✓ Operarios que deshacen una conexión por error, cuando tienen que deshacer otra.
- ✓ Activación errónea de conmutadores en la red.
- ✓ Fallos en componentes activos, tales como transmisores y receptores.
- ✓ Fallos producidos en los controladores de dispositivos.
- ✓ Fallos en nodos, generalmente originados por desastres de tipo catastrófico.

La protección de una red es necesaria también por otra serie de factores no relacionados con la aparición de un fallo en ella, generalmente al tratar la gestión de redes hay que realizar tareas de mantenimiento que implican el cambio e instalación de nuevos componentes, subsistemas, la retirada de otros, etc. En dichos casos es necesario derivar el tráfico que soporta un determinado enlace a otra ruta alternativa.

En las redes actuales, las diferentes capas pueden implementar mecanismos de protección. Así puede implementarse en el nivel 1 a partir de SDH o la capa Óptica, en el nivel 2 por ATM y MPLS (en caso de IP) y en el nivel 3 por medio de IP. Cada uno puede proteger ante un

determinado tipo de fallos, pero no frente a todos. Es muy importante por consiguiente mantener la interoperabilidad entre ellos.

### **3.11.1 Conceptos generales sobre protección de redes**

En primer lugar se deben distinguir entre los denominados caminos de trabajo y los caminos de protección. Los primeros son los que transportan el tráfico de la red, los segundos proporcionan una ruta alternativa al tráfico de la red en caso de fallo.

Un factor muy importante a tener en cuenta son los esquemas y técnicas de protección que pueden clasificarse atendiendo a diferentes criterios. En primer lugar hablamos de protección dedicada y protección compartida, los sistemas que funcionan mediante protección compartida se basan en el hecho de que no todas las conexiones en la red fallan al mismo tiempo, de esta forma y mediante un adecuado diseño de la red, es posible hacer que múltiples conexiones de trabajo compartan entre ellas una misma anchura de protección, con ello se reduce el ancho de banda necesario en la red para protección. Otra ventaja adicional de la protección compartida es que el ancho de banda de la protección puede emplearse para transportar tráfico de baja prioridad en caso de funcionamiento normal de la red, y en caso de fallo, se cortaría y se activaría dicho ancho de banda para protección.

Otro criterio de clasificación distingue entre esquemas de protección reversibles y no reversibles. En el primer caso, una vez el camino de tráfico se repara, el tráfico que encamina el camino de protección se conmuta de nuevo al camino de trabajo de forma automática; en los esquemas no reversibles este proceso ha de conmutarse de forma manual.

También puede distinguirse entre conmutación de protección unidireccional y bidireccional. Partiremos de la base de que la transmisión entre nodos cualesquiera de la red es en ambos sentidos, si bien se emplea una fibra diferente para cada sentido de la transmisión tal como lo

muestra la figura 52, aparte puede haber otras dos fibras de protección asignadas a cada uno de los sentidos de transmisión de tráfico.

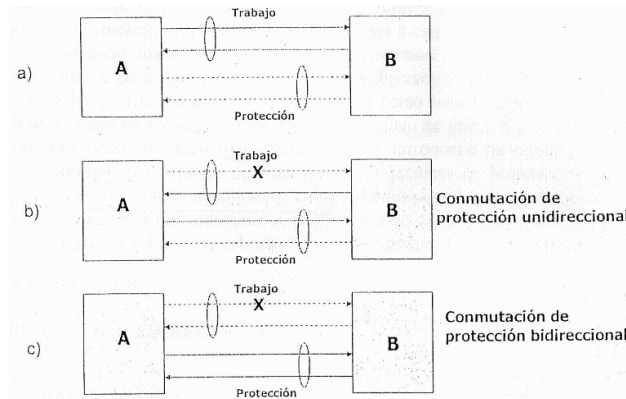


Figura II-19: Esquemas de protección Unidireccional y bidireccional

En una red con conmutación de protección unidireccional, la protección frente a un fallo en una dirección de transmisión se realiza de forma independiente a la otra dirección de transmisión. En el caso de conmutación de protección bidireccional ambas direcciones de transmisión se conmuta a las fibras de protección en caso de fallo de las de trabajo.

También se puede clasificar los esquemas de protección en función de cómo y hacia donde se encamina el tráfico en caso de fallo. Podemos entonces distinguir entre las siguientes alternativas que se muestran en la figura 53:

- ✓ **Conmutación de camino ("path switching o path protection"):** el restablecimiento del tráfico se lleva a cabo por los nodos fuente y destino de cada entidad (trama, paquete o ristra de bits o bytes) transmitida. Puede implementarse en forma 1+1 o 1:N. La solución 1+1 es ineficiente pues consume el doble de ancho de banda del necesario. 1: N es más eficiente por razones obvias.
- ✓ **Conmutación de enlace ("Span Switching"):** Si la fibra entre dos nodos se corta, el tráfico se conmuta a otra fibra que conecta a ambos nodos.



- ✓ **Conmutación de anillo (“Ring Switching”)**: El tráfico se conmuta hacia otra ruta en anillo que conecta a los dos nodos adyacentes al enlace donde se produce el fallo a lo largo de la red que contiene a los nodos del enlace caído como fuente y destino.

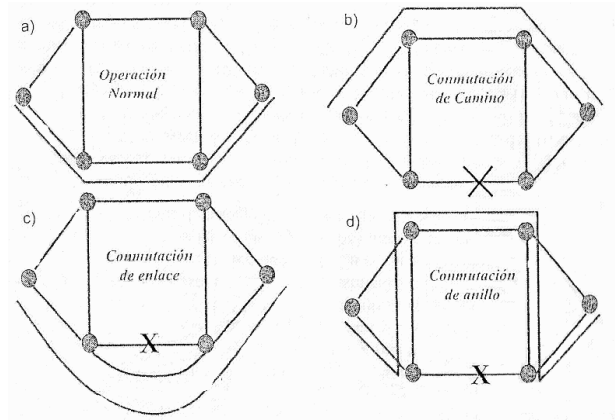


Figura II-20: Diversos esquemas de protección en función de cómo y hacia donde se encamina el tráfico en el caso de fallo

### 3.12 Protección en redes SDH

Una de las mayores ventajas introducidas con la aparición de SDH (**SONET en Usa**) es la de incorporar una mejora considerable en la disponibilidad y fiabilidad global de red al introducir por primera vez mecanismos y técnicas de protección. Por ejemplo, en un anillo que transporte una señal STM-4 (622 MB/s) compuestas por 4 canales STM-1 (155 MB/s), la protección en el nivel de camino trata a cada canal de 155Mb/s de forma independiente, conmutándolos a caminos de protección si es necesario uno a uno, mientras que la protección a nivel de sección de multiplexación conmuta de forma conjunta el grupo completo o multiplex de 4 canales sin distinguir entre estos.

- ✓ 1+1 : Protección 1 más 1
- ✓ 1: N : Protección 1 a N
- ✓ SNCP : Subnetwork Connection Protection (Solo SDH)
- ✓ UPSR: Unidirectional Path-Switched Ring (solo SONET)
- ✓ BLSR: Bidirectional Line-Switched Ring (solo SONET)

- ✓ MS-SPRING: Multiplexed Section-Shared Protection Ring (Solo SDH).

### **3.12.1 Esquemas de protección para enlaces punto a punto**

#### **3.12.1.1 Protección 1+1**

En la parte a) de la figura 54 se ilustra el mecanismo de protección denominado 1+1. Hay dos fibras (en general disjuntas) para cada sentido de transmisión, la fibra de trabajo y la fibra de protección. En principio, el tráfico se transmite por las dos y el destinatario elige el tráfico de una de las dos. El esquema 1+1 es una forma de protección muy rápida, pero también tiene inconvenientes. Ejemplo, hay una penalización por pérdidas debido al acoplador 3db que actúa como divisor en el transmisor para poder enviar la señal por dos caminos. En ausencia de fallo, se envía información redundante por la fibra de protección, desaprovechando en consecuencia su ancho de banda. Otra desventaja consiste en que la fibra de protección no puede compartirse entre enlaces diferentes.

#### **3.12.1.2 Protección 1:1**

Este esquema se muestra en la parte b) de la figura 54. Hay dos fibras para cada sentido de la transmisión (solo se muestran las de transmisión de izquierda a derecha): la fibra de trabajo y la fibra de protección. En condiciones normales el tráfico se transmite por una de las dos (la fibra de trabajo) y el destinatario obtiene la información a través del receptor conmutado a dicha fibra.

En caso de avería, fuente y destinatario conmutan a la fibra no cortada.

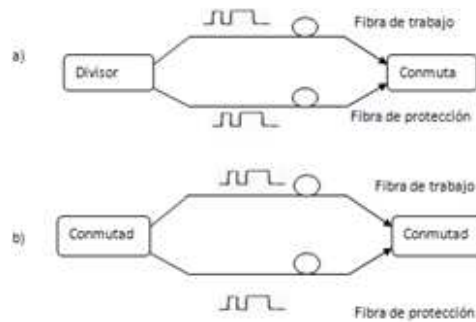


Figura II-21: Esquema de protección 1+1 a) y 1+1 b)

Un inconveniente es que en enlaces unidireccionales el fallo es detectado por el destinatario pero no por la fuente. El destinatario debe indicar a la fuente que debe de conmutar a la fibra de protección.

Se requiere un protocolo de señalización denominado APS “Automatic Protection Switching” que avise el nodo origen (en este caso el A) de que debe conmutar su transmisión. En consecuencia el esquema 1:1 no es tan rápido como el 1+1 ya que precisa cabeceras para indicar la conmutación a la fibra de protección.

### 3.12.1.3 Protección 1:N

Este esquema es una extensión del caso 1:1, que se muestra en la figura 4 donde N fibras de trabajo comparten una única fibra de protección. Aquí se aprovecha el ancho de banda de protección mejor que en los casos anteriores. Sin embargo tiene un inconveniente, ya que este esquema solo puede atender a un fallo a la vez, es decir, no puede proteger simultáneamente dos o más fallos en enlaces de trabajo. Precisa de un protocolo ASP que gestione la forma de comunicar los fallos y asignar los recursos, de forma que una vez ocupada la fibra de protección debido a un fallo, no pueda ser ocupada por el tráfico de un fallo posterior.

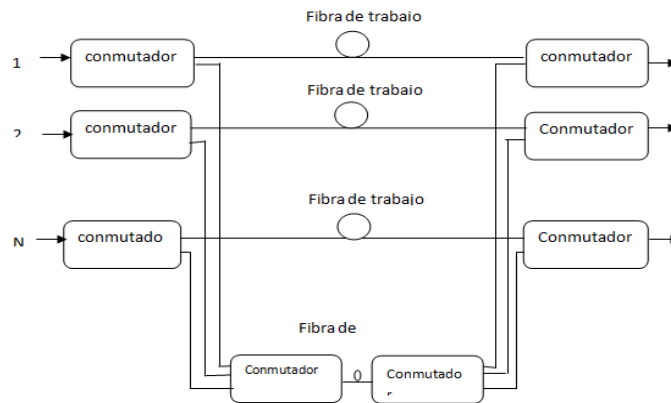


Figura II-22: Esquema de Protección 1: N

### 3.12.2 Esquemas de protección en anillo

Las arquitecturas de red en forma de anillo son muy empleadas por los operadores para implementar parte de la red de transporte, así como redes metropolitanas. Esta topología presenta una serie de ventajas entre las que cabe destacar las siguientes:

- a) Para cada pareja de nodos que conecta el anillo, este proporciona dos caminos disjuntos, es decir que no posee ningún enlace ni nodo en común (excepto los nodos extremos). Esto permite a la red, el ser resistente de forma natural a fallos.
- b) Desde el punto de vista de conexión, los anillos permiten conectar un conjunto elevado de nodos con un único anillo físico de fibra.
- c) Los anillos SDH instalados actualmente se denominan auto-recuperables, ya que incorporan mecanismos de protección que detectan automáticamente los fallos y re-encaminan rápidamente el tráfico fuera de la ruta afectada hacia otras.

Existen diferentes tipos de arquitecturas en anillo que se diferencian entre si en la direccionalidad del tráfico y en el mecanismo de protección empleado. Respecto a la direccionalidad del tráfico, los anillos pueden ser unidireccionales si todo el tráfico, de trabajo entre los nodos del anillo se transporta en una sola dirección o bidireccionales si el tráfico de trabajo se transporta en ambas direcciones (generalmente buscando el trayecto más corto entre dos nodos).

Respecto al mecanismo de protección, hay tres arquitecturas establecidas que son las siguientes:

- a) SNCP o “Subnetwork Connection Protection”: anillo unidireccional de dos fibras con protección dedicada a nivel de sección de canal (channel section) de SDH. Sirve también para topologías malladas. Su equivalente en SONET es UPSR.
- b) MS-SPRING/4 o “Multiplexing Section-Shared Protection Ring”: Anillo de 4 fibras bidireccional con protección compartida a nivel de sección de multiplexación SDH. Su equivalente en SONET es el BLSR/4.
- c) MS-SPRING/2 “Multiplexing Section-Shared Protection Ring”: Anillo de 2 fibras bidireccional con protección compartida a nivel de sección de multiplexación SDH. Su equivalente en SONET es el BLSR/2.

En la tabla 2 se muestra las características más significativas de estas tres últimas arquitecturas de protección.

**Tabla II- II Terminología y características significativas de los esquemas de protección en anillo de redes SDH**

| Parámetro               | SNCP(UPSR)            | MS-SPRing/4 (BLSR/4)       | MS-SPRing/2 (BLSR/2)  |
|-------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|
| Pares de Fibra          | 1                     | 2                          | 1                     |
| Pares Tx/Rx/nodo        | 2                     | 4                          | 2                     |
| Tipo de Protección      | Dedicada              | Compartida                 | Compartida            |
| Capacidad de Protección | =capacidad de trabajo | =capacidad de trabajo      | =capacidad de trabajo |
| Fallo de enlace         | Conmutación de camino | Conmutación de span/anillo | Conmutación de anillo |
| Fallo de modo           | Conmutación de camino | Conmutación de anillo      | Conmutación de anillo |
| Veloc. Restaur          | Rápida                | Lenta                      | Lenta                 |
| Implementación          | Simple                | Compleja                   | Compleja              |

### 3.12.2.1 Subnetwork Connection Protection

En la figura 5 se muestra su funcionamiento para un anillo de 4 nodos. Cada pareja de nodos en el anillo está unida por una fibra que se emplea como fibra de trabajo y otra que actúa

como fibra de protección. El tráfico de A y B se manda simultáneamente por la fibra de trabajo (dirección de las agujas del reloj) y por la fibra de protección (dirección contraria a las agujas del reloj). La protección se implementa a nivel de camino o sección de canal de SDH. Para ello el nodo B monitoriza de forma continua el estado de las conexiones SDH de la fibra de trabajo y protección y selecciona la mejor que proviene de las dos conexiones. Si se produce un fallo (ejemplo en el enlace A-B) entonces B conmuta a la fibra de protección y continúa recibiendo tráfico.

Características más significativas son:

- a) Protege frente a fallos en enlaces, transmisores/receptores y nodos.
- b) La capacidad requerida para protección es igual a la de trabajo.
- c) No se reutiliza especialmente la capacidad de la fibra: cada conexión (bidireccional) emplea ancho de banda en todos los enlaces de anillo y tiene asociada el correspondiente ancho de protección dedicado.
- d) Se emplea principalmente en acceso y metropolitanas (tráfico punto multipunto) de baja capacidad.
- e) Las velocidades típicas agregadas para este tipo de anillo va desde STM-1 (155Mb/s) a STM-4(622Mb/s).

#### **3.12.2.2 MS-SPRING/4**

SPRING identifica, dentro de las redes SDH a un anillo con protección compartida ("Shared Protection RING"). En la figura 56 se muestra su funcionamiento para un anillo de 4 nodos. Cada pareja de nodos en el anillo esta unida por dos fibras de trabajo que transportan la información en direcciones opuestas y otras dos que actúan como fibras de protección, transportando la información en direcciones opuestas. La diferencia principal con el esquema

SCNP reside en que el tráfico en las fibras de trabajo se transmite en las dos direcciones buscando el camino más corto.

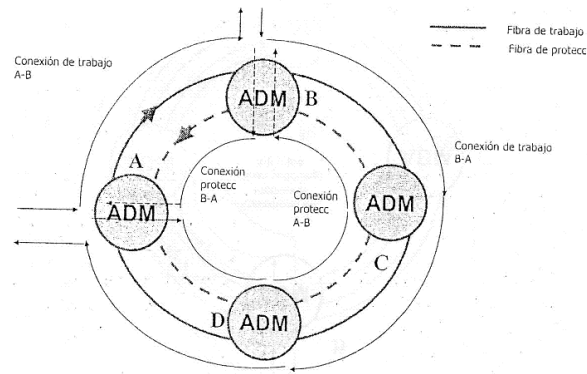


Figura II-23: Ejemplo de Funcionamiento del esquema de protección SNCP en un anillo de cuatro nodos

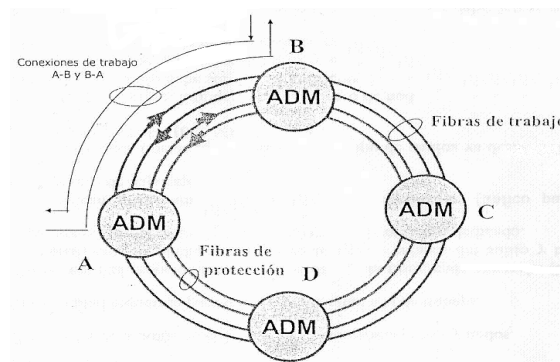


Figura II-24: Anillo de cuatro nodos sobre el que se implementa un esquema de protección MS-SPRing/4

A veces, se puede direccionar el tráfico por el camino más largo para descongestionar el tráfico de la red y emplear de forma más eficiente la capacidad disponible.

MS-SPRing admite hasta 16 nodos en el anillo ya que el sistema de direccionamiento es de 4 bits. La máxima longitud posible del anillo es de 1200km (correspondiente a un máximo de 60 mseg de retardo permisible).

MS-SPRING/4 admite dos formas de protección: conmutación de enlace (“Span switching/4”) y conmutación de anillo (Ring switching). Por ejemplo, en la figura 58 se ilustra la activación del mecanismo de protección por conmutación de enlace. En este caso, si el transmisor o receptor

en una fibra de trabajo fallan, entonces el tráfico se reencamina sobre la fibra de protección existente entre los dos nodos del enlace afectado. También puede hacer frente al corte de las fibras de trabajo siempre que el tendido de las fibras de trabajo no coincida físicamente con el de las de protección.

En el caso de que las fibras de trabajo y protección se corta a la vez, es necesario acudir a un mecanismo de protección de anillo, tal y como se ilustra en la figura 59.

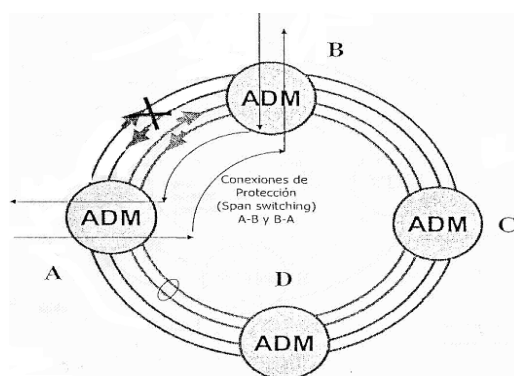


Figura II-25: Ejemplo de Funcionamiento del esquema de protección de enlace de Ms-SPRing/4 en un anillo de cuatro nodos

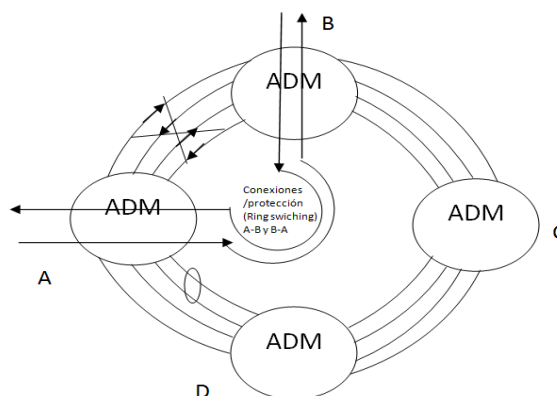


Figura II-26: Ejemplo de funcionamiento del esquema de protección de anillo de MS-SPRing/4 en un anillo de cuatro nodos

### 3.12.2.3 MS-SPRing/2

Es similar a MS-SPRing/4, pero con la diferencia que las fibras de trabajo y las protección no se diferencian entre si, es decir, las fibras de protección están embebidas en las propias fibras de



trabajo. En la figura 9 se muestra este esquema de protección. Su forma de operar es que: la capacidad de cada fibra se divide en dos mitades: una mitad para tráfico y otra para protección. Puede observarse que no es posible la realización de conmutación de enlace como medida de protección, pero en cambio la protección de anillo si es posible y funciona de la misma forma que el MS-SPRing/4. Una ventaja es que el ancho de banda de protección puede emplearse en ausencia de avería para tráfico de baja prioridad. Este tráfico se corta en caso de necesidad.

### **3.13 Protección en redes IP**

Las redes Ip proporcionan un servicio de tipo “best effort”. El encaminamiento de paquetes es de carácter dinámico y se realiza salto a salto, ya que cada router mantiene una tabla que le indica el router (o posible routers) próximo en función del destino de los paquetes que a él llegan.

Si se produce un fallo en la red, es el protocolo intradominio (OSPF o IS-IS) el encargado de actualizar de forma distribuida las tablas de encaminamiento de cada router dentro del dominio. Sin embargo, este proceso es lento y genera errores, ya que mientras se actualizan las tablas los paquetes son encaminados en función de las versiones sin actualizar. Esto puede generar que los paquetes se pierdan o experimenten retardos muy significativos. Incluso en el caso de que router disponga en su tabla de rutas alternativas los paquetes pueden entrar en los lazos dentro de la red.

Otro aspecto de importancia en cuanto a la protección en redes IP reside en el elevado tiempo que se tarda en detectar un fallo. Ejemplo, el sistema de intercambio de información intradominio de IP especifica que los routers intercambien mensajes con sus vecinos para actualizar la información sobre el estado de la red cada 10 seg. Después de que haya fallos

unos 30 seg. Para bajar esta cifra es posible enviar los mensajes de forma más frecuente, aunque el intervalo mínimo especificado es de 1 seg. En general, la detección de fallos por parte de los routers IP del núcleo de la red viene a tardar unos 10 seg. Para bajar este intervalo de tiempo es necesario que IP delegue en otras capas, tales como SDH o la capa óptica la detección de fallos.

### **3.14 Protección en la capa óptica.**

#### **3.14.1 Ventajas**

Se ha visto como la capa óptica presta sus servicios a un determinado número de capas cliente (SDH, ATM, IP, etc), mediante la provisión de caminos ópticos; por ellos se puede mostrar la necesidad de implementar mecanismos de protección en la capa óptica sin perjuicio de que existan ya en otras capas cliente.

Aunque SDH incorpora gran cantidad de protección, hay otras capas más orientadas a la transmisión de datos (IP, ATM, ESCON, etc) que no proporcionan tal nivel de protección.

Una ventaja reside en el ahorro de costes de protección, que se produce al introducir la protección en la capa óptica en vez de hacerlo directamente sobre las capas cliente. El ahorro depende de la configuración particular de la red, el ejemplo que se muestra en la figura.15 servirá para ilustrar este punto. La figura muestra un anillo óptico que da servicio a dos terminales SDH (A y B) y dos IP (C y D) mediante la provisión de sendos caminos ópticos para su enlace (sólo se muestra una dirección de la comunicación). Los caminos ópticos (establecidos sobre la distancia más corta) sobre la fibra de trabajo entre A y B y entre C y D son disjuntos, por lo que se emplea la misma longitud de onda  $\lambda_1$ .

Para la protección se emplea un esquema 1+1 tanto en la capa SDH como en la IP mediante sendos caminos ópticos. Para la protección de SDH por ejemplo podemos seguir empleando

$\lambda_1$ , pero para la protección del enlace C-D hemos de escoger otra longitud de onda  $\lambda_2$  para implementar dicho camino óptico, ya que los caminos ópticos de protección A-B y C-D no son disjuntos. En consecuencia se necesita dos longitudes de onda para soportar esta solución.

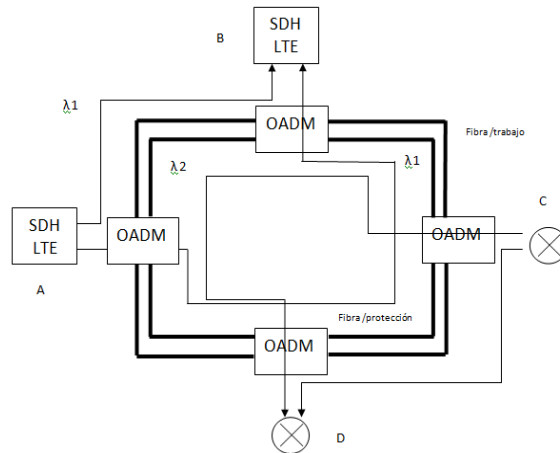


Figura II-27: Ejemplo de anillo SDH/WDM donde la protección se realiza en la capa cliente SDH.

Si se emplea tal y como se muestra en la figura 16 la capa óptica para realizar la protección en vez de cada capa por separado, tal como se muestra en la figura .15 se puede eliminar las protecciones 1+1 individuales de SDH e IP y que compartan una única longitud de onda sobre el anillo de protección, con lo que sólo se necesita una longitud en este caso en vez de dos. Este esquema solo puede hacer frente a un único corte de fibra, mientras que el esquema anterior puede afrontar más de un corte e igualmente ocurre con los fallos en los equipos transmisores. Otra ventaja reside en el ahorro de costes en equipo terminales. Esta ventaja se ilustra con un ejemplo en la figura 29. Por ejemplo, en la configuración superior, toda la protección frente a fallos en los enlaces y en los equipos terminales la realiza la capa IP. Cada router necesita tres puertos de trabajo y tres de protección (el número de puertos de un router determina muy significativamente su coste). En la configuración inferior se ha trasladado la protección ante cortes de fibra a la capa óptica. Así, ante la eventualidad de un corte de enlace no es necesario disponer de puertos adicionales en el router IP, sino que basta

con disponer de un enlace de fibra alternativo y de un switch que conmute de la fibra de trabajo a la de protección en el receptor del nodo destino. Como esto se restaura de formas rápida todos los canales WDM. Los routers solo necesitan un puerto adicional de protección para gestionar fallos en los equipos terminales. Como en general el coste del equipamiento de la capa óptica es inferior al coste de un puerto de router, el ahorro es evidente.

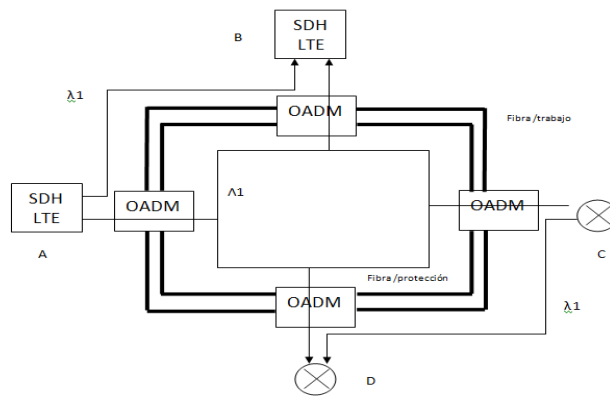


Figura II-28: Ejemplo de anillo SDH/WDM donde la protección se realiza en la capa óptica

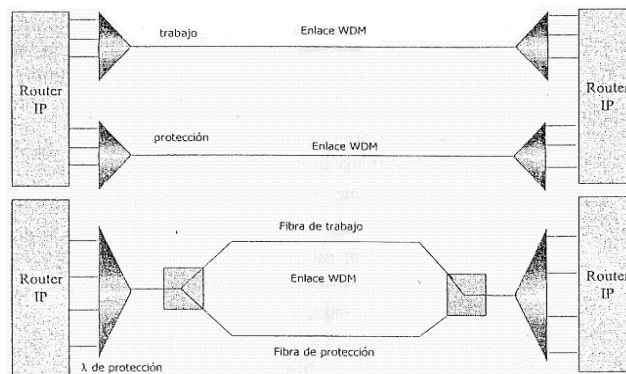


Figura II-29: Ejemplo de ahorro en costes de equipos terminales al trasladar la protección de la capa cliente IP a la capa óptica

## **CAPÍTULO III**

### **ANÁLISIS DE INTEROPERABILIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS SDH E IP APLICADAS AL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ANILLOS ÓPTICOS METROPOLITANOS PARA LA CNT EP EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA Y COMPROBACION DE LA HIPÓTESIS**

El estudio y análisis de interoperabilidad se realiza entre las redes SDH e IP, de esta manera se busca examinar sus capacidades y características, para ello se realizó el estudio y posteriormente el análisis de cada una de las tecnologías anteriormente citadas, en base a lo cual se buscó diferentes opciones tecnológicas que permitan fusionar las redes antes citadas, con ello se pudo obtener valores cuantitativos en base a las matrices de tráfico calculadas; de

esta manera en esta sección se valorará de manera cualitativa a las diferentes tecnologías, para más tarde comprobar la hipótesis mediante el método de chi cuadrado en base a la variable independiente, dependiente y a sus respectivos indicadores.

### 3.15 SISTEMA HIPOTÉTICO

#### 3.15.1 Hipótesis de la Investigación

A través del estudio de interoperabilidad de las tecnologías SDH e IP se pretende realizar el análisis de factibilidad técnica económica y posteriormente diseñar el sistema de anillos ópticos metropolitanos para futura implementación por parte de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP.

#### 3.15.2 Operacionalización de las Variables

En las tablas se presentan la operacionalización conceptual y metodológica de las variables, las mismas que se han identificado de acuerdo a la hipótesis:

Tabla III- III Operacionalización conceptual de las variables.

| VARIABLE   | TIPO          | DEFINICIÓN  |
|--|---------------|---|
| V1. Análisis de las tecnologías que permitan la Interoperabilidad de SDH e IP para la red de Anillos Ópticos de CNT EP en Riobamba | Independiente | Estudio de los diferentes Tecnologías que permiten la interoperabilidad de SDH e IP:<br>NG-SDH, DWDM                                  |
| V2. Fiabilidad   | Dependiente   | Se refiere al grado de confianza que se puede tener al momento de enviar y recibir datos en la red evitando la pérdida de información |
| V3. Eficiencia de la Red   | Dependiente   | Se refiere a la capacidad de gestionamiento de la red, calidad de servicios, y ancho de banda   |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | aprovechado en relación al costo de implementación |
|--|--|--|

### 3.15.3 Operacionalización Metodológica

Tabla III-IV Operacionalización Metodológica de la variable independiente

| Variables   | Categoría | Indicadores   | Técnicas   | Fuente de Verificación                              |
|---|-----------|---|--|---|
| V1. Independiente<br>Análisis de las tecnologías que permitan la Interoperabilidad de SDH e IP para la red de Anillos Ópticos de CNT EP en Riobamba | Compleja  | I1. Velocidad de transmisión por canal<br>I2. Capacidad de la Fibra | Observación<br>Razonamiento<br>Recopilación de información<br>Análisis | Información bibliográfica (Libros, Internet, Tesis) |

Tabla III-V Operacionalización Metodológica de la variable dependiente FIABILIDAD

| Variable                             | Categoría | Indicadores  | Técnica   | Fuente de Verificación                                       |
|--------------------------------------|-----------|--|---|--|
| V2. Dependiente<br><b>Fiabilidad</b> | Compleja  | I3. Esquemas de Protección<br>I4. Tiempo de recuperación | Observación<br>Análisis<br>Resultados<br>Conclusiones | Investigación de protecciones<br>Evaluación de la red actual |

Tabla III-VI Operacionalización Metodológica de la variable dependiente TRÁFICO EN LA RED

| Variable | Categoría | Indicadores | Técnica | Fuente de |
|----------|-----------|-------------|---------|-----------|
|          |           |             |         |           |

|   |          |   |  | <b>Verificación</b>   |
|---|----------|---|--|---|
| V3.<br>Dependiente<br><b>Eficiencia de<br/>la Red</b> | Compleja | 15. Monitoreo de la Red<br>16. Ancho de Banda Adicional<br>17. Costos de Implantación | Observación<br><br>Recopilación de información<br><br>Conclusiones | Cálculo de matrices de tráfico<br><br>Evaluación de la red actual |

### 3.15.4 Descripción de las Variables y sus Respective Indicadores

Para el estudio y análisis de interoperabilidad de las tecnologías SDH e IP para la red de Anillos Ópticos de CNT EP en Riobamba se determinaron varios indicadores que servirán de base para comparar las distintas capacidades de los mismos.

**3.1.4.1. V1. VARIABLE INDEPENDIENTE:** ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS QUE PERMITAN LA INTEROPERABILIDAD DE SDH E IP PARA LA RED DE ANILLOS ÓPTICOS DE CNT EP EN RIOBAMBA

#### 3.15.4.1.1 Indicadores

##### I1. Velocidad de transmisión por canal

Las modernas redes de telecomunicación deben proporcionar capacidad y ancho de banda suficiente para soportar tráfico, es por ello que un factor esencial en las Redes Ópticas es la tasa (velocidad) de transmisión para el transporte de muchos tipos de tráfico tales como voz, video, multimedia, y paquetes de datos, al tener implementada la capa de transporte por



medio de infraestructura Óptica, se dispone de alta capacidad en ancho de banda, el cual debe ser aprovechado al máximo para tener un desempeño óptimo en la red.

### **13. Capacidad de la Fibra**

Gracias a los últimos avances en la tecnología óptica se puede aprovechar al máximo las capacidades de la fibra, de forma que se genere un gran número de canales que transporten distinto tipo de información en una sola fibra.

#### **3.15.4.2 V2. VARIABLE DEPENDIENTE: FIABILIDAD**

##### **3.15.4.2.1 INDICADORES**

### **13. Esquemas de protección**

Adicionalmente a la capacidad y ancho de banda que requieren las redes de Comunicación actuales, se necesita tener esquemas de protección para que las redes puedan recuperarse de forma robusta y eficiente. A mayor cantidad de tráfico transportado, mayor es el efecto causado por un fallo en la red, por ello los requisitos de operatividad de la red suelen ser muy altos de manera que se hace necesario introducir mecanismos de protección y recuperación.

### **14. Tiempo de Recuperación**

Se refiere al tiempo que tarda la información en ser restaurada después de la consecución de un fallo en la red. Los mecanismos de restauración constituyen un factor crítico en las redes metropolitanas ópticas, por ello este tiempo debe ser lo más corto posible y está en el orden de los milisegundos.

### **3.15.4.3 V3. VARIABLE DEPENDIENTE: EFICIENCIA DE LA RED**

#### **3.15.4.3.1 INDICADORES**

##### **15. Monitoreo de la Red**

Las tecnologías para redes Ópticas Metropolitanas requieren en gran medida una gestión eficiente de cada uno de los elementos que conforman la red, es así que mediante la monitorización de extremo a extremo se puede implementar redes con alto grado de flexibilidad, característica que resulta deseable en la actualidad de las comunicaciones.

##### **16. Ancho de Banda Adicional**

La explotación máxima del Ancho de Banda ofrecido por la fibra Óptica es sin duda un factor influyente al momento de elegir una tecnología de comunicación, sin embargo, hay que tomar en cuenta el costo de ancho de banda por multiplexaciones, gestionamiento de la red y el desperdicio del mismo al tener transformaciones de tipo ópticas/eléctricas.

##### **17. Costos de Implantación**

Todas las utilidades que presentan las diferentes tecnologías deben ser comparables con los costos de implementación de las redes, es decir que, una red favorable es aquella que brinda los mayores servicios pero a costos considerables.

### **3.16 POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población de este estudio esta compuesta por todas las tecnologías utilizadas para comunicaciones fijas a través de la red Óptica.

## MUESTRA

- ✓ Para el estudio de tecnologías de comunicaciones para redes ópticas, la muestra está constituida por las tecnologías NG-SDH y DWDM.
- ✓ Para determinar la fiabilidad y la eficiencia de la red, los resultados se obtuvieron mediante la búsqueda exhaustiva de información verídica, a través del cálculo de matrices de tráfico y mediante datos reales del rendimiento de la red actual de CNT EP en Riobamba.

### 3.17 ESTUDIO COMPARATIVO

Las Tecnologías NG-SDH y DWDM, serán analizadas en base a sus características, mediante cuadros comparativos, de esta manera se los califica cualitativamente en base a criterio del autor tomando en cuenta los resultados obtenidos en los cálculos y en el análisis de la red actual junto con la información teórica de las tecnologías, por lo tanto se consigue interpretar objetivamente los resultados que se pueden extraer.

#### 3.17.1 Estudio Comparativo de la Variable Independiente

Para la valoración cualitativa de los indicadores de la variable independiente se utilizará la siguiente escala:

Tabla III-VII Escala de calificación

|               |               |
|---------------|---------------|
| 1             | regular       |
| 2             | bueno         |
| 3             | Muy bueno     |
| 4             | sobresaliente |
| 5 en adelante | excelente     |

#### INDICADOR 1: VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN POR CANAL

La capacidad es un aspecto muy importante a tener en cuenta debido a que con ello podemos establecer en una red, la velocidad de transmisión máxima que se podrá alcanzar es decir el

cuello de botella de la red. Al tener 2 tecnologías diferentes para manejar el manejo de interoperabilidad de IP y SDH, debemos marcar claramente la capacidad de cada una para de esta forma determinar la mejor opción de diseño para la red de Anillos Ópticos Metropolitanos.

Tabla III-VIII Equivalencias1

| calificación | Velocidad de transmisión (Paquetes) |
|--------------|-------------------------------------|
| 1            | <100 Mbps                           |
| 2            | Entre 100 hasta 1000 Mbps           |
| 3            | Entre 155,52 hasta 39814 Mbps       |
| 4            | 2,5 Gbps hasta 40 Gbps              |

Tabla III-IX Velocidad de transmisión por canal

|                          | NG-SDH | DWDM |
|--------------------------|--------|------|
| Velocidad de transmisión | 3      | 4    |

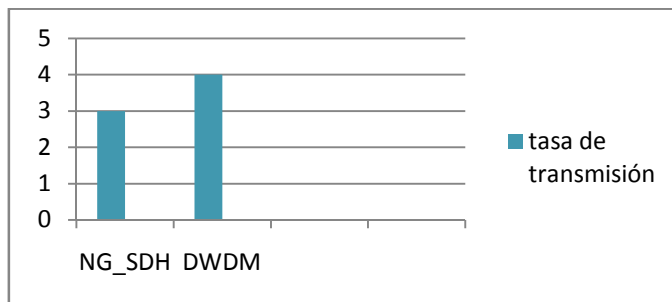


Figura III-30: Velocidad de transmisión por canal

**Interpretación:**

Como podemos observar en la figura IV-2 | DWDM se ha convertido en la única tecnología capaz de explotar todo el ancho de banda ofrecido por la fibra óptica ya que puede transmitir múltiples señales de alta velocidad a cada una de las cuales se le asigna una distinta longitud

de onda y se inyectan en una sola fibra, mientras que La nueva Generación de SDH no aprovecha todo el ancho de banda que puede ofrecer la fibra óptica, pero tiene sin duda considerables mejoras respecto a SDH, debido a que incrementa varias funcionalidades que le permiten repartir mejor el ancho de banda y con ellos logra una mayor eficiencia que SDH convencional.

**INDICADOR 2: CAPACIDAD DE LA FIBRA**

La capacidad de de la fibra analizada en esta sección está relacionado con el número de canales que se puede tener en una sola fibra, esta características permite una utilización óptima del ancho de banda de fibra óptica, resultando así una red potente en lo que tiene que ver con Ancho de Banda de la Red.

Tabla III-X Equivalencias2

| calificación | Velocidad de transmisión (Paquetes) |
|--------------|-------------------------------------|
| 1            | <100 Mbps                           |
| 1            | Entre 100 hasta 1000 Mbps           |
| 2            | Entre 155,52 hasta 39814 Mbps       |
| 5            | 2,5 Gbps hasta 1,6 Tbps             |

Tabla III-XI Capacidad de la Fibra

|                          | NG-SDH | DWDM |
|--------------------------|--------|------|
| Velocidad de transmisión | 2      | 5    |

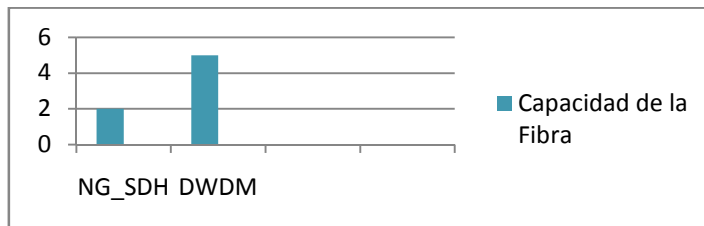


Figura III-31: Capacidad de la Fibra

**Interpretación:**

En este grafico se puede constatar la superioridad total de las Redes DWDM con respecto a las Redes de nueva Generación SDH en cuanto a la capacidad de la fibra que maneja cada una, esta diferencia se debe a que las redes DWDM manejan de 32 a 160 canales en una sola fibra cada canal tiene una capacidad alta, por lo tanto la optimización del ancho de banda de la fibra es mucho mejor.

**3.3.1.1. TABLA DE RESUMEN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE**

Tabla II-XII Resumen de la variable independiente

| V1. Análisis de las Tecnologías que permiten la Interoperabilidad de SDH e IP para la red de Anillos Ópticos de CNT EP en Riobamba | NG-SDH | DWDM |
|--|--------|------|
| I1. Velocidad de transmisión por canal   | 3      | 4    |
| I2.Capacidad de la Fibra   | 2      | 5    |
| TOTAL  | 5      | 9    |

Como podemos observar en la Tabla IV.7 La tecnología que tiene en general un desempeño mejor en base a la variable independiente es DWDM, NG-SDH queda en segundo lugar debido a su gran diferencia en lo que se refiere a ancho de Banda.

**3.17.2 ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS VARIABLES DEPENDIENTES**

Para el análisis de las variables dependientes nos basamos en el funcionamiento real de la red y en las investigaciones realizadas para el diseño de la Rede de anillos Ópticos Metropolitanos.

### 3.17.2.1 V2: FIABILIDAD

#### INDICADOR 3: ESQUEMAS DE PROTECCIÓN

La capacidad de envío se refiere al número de paquetes que un nodo logro enviar (sin tomar en cuenta si se receptaron o no). Esto permite determinar que protocolo configura la red de manera más rápida y tiene más tiempo para establecer la comunicación.

Tabla III-XIII Equivalencias3

| Puntuación | Niveles de Protección                                |
|------------|--|
| 0          | Sin protección                                       |
| 3          | Protección a nivel de camino                         |
| 4          | Protección en nivel de sección de multiplexación     |
| 4          | Protección para enlaces punto a punto y para anillos |
| 3          | Protección a nivel de capas y tecnologías            |
| 4          | Protección en la capa óptica                         |

Tabla III-XIV Niveles de protección

|                       | NG-SDH | DWDM |
|-----------------------|--------|------|
| Niveles de protección | 18     | 4    |

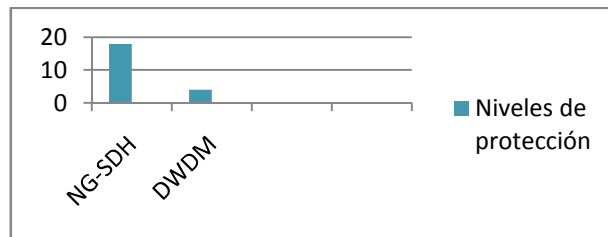


Figura III-32: Niveles de Protección

#### Interpretación:

En la Figura IV.4 se puede observar que aunque las Redes DWDM tienen un alto rango de protección, no pueden competir hasta el momento con las Tecnología NG-SDH en cuanto a

fiabilidad y protección de la red, esto en base a que las redes SDH incorporan una mejora considerable en la disponibilidad y fiabilidad global de la red, debido a la introducción de excelentes mecanismos y técnicas de protección.

#### INDICADOR 4: TIEMPO DE RECUPERACIÓN

Las modernas redes de telecomunicaciones deben tener la capacidad de protegerse y recuperarse de forma robusta y eficiente frente a la aparición de fallos, por ello el tiempo que se tarda la red en recuperarse frente a un fallo es sin duda un factor crítico a la hora de escoger una tecnología determinada para implementar una red.

Tabla III-XV Equivalencias4

|   | Restauración (s)   |
|---|--------------------|
| 1 | >200ms             |
| 2 | Entre 50ms y 200ms |
| 3 | <=50ms             |

Tabla III-XVI Tiempo de Recuperación

|              | NG-SDH | DWDM |
|--------------|--------|------|
| Restauración | 3      | 2    |

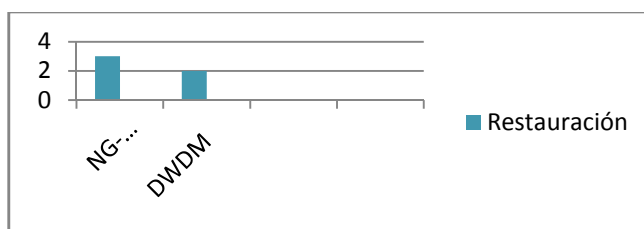


Figura III-33: Tiempo de Recuperación

#### Interpretación:

En la Figura IV.5 se observa que al tratarse de tráfico que circula a través de las Redes NG-SDH, el tiempo de restauración es menor en comparación con las Redes DWDM, este indicador es



fundamental debido a que en la actualidad se requiere que las redes sean robustas, es decir brinden una capacidad de confiabilidad del 99.999%.

### 3.17.2.2 V3: EFICIENCIA DE LA RED

#### INDICADOR 5: MONITOREO DE LA RED

Se refiere a la capacidad de la red de gestionar todos y cada uno de sus elementos como pueden ser (nodos, enlaces, etc).

Tabla III-XVII Equivalencias 6

|   |                                |
|---|--------------------------------|
|   | Capacidad de Gestión           |
| 2 | Flexibilidad                   |
| 2 | Tiempo y variación de retardo  |
| 2 | Sistema centralizado funcional |
| 1 | Garantías extremo a extremo    |

Tabla III-XVIII Monitoreo de la Red

|                      | NG-SDH | DWDM |
|----------------------|--------|------|
| Capacidad de gestión | 7      | 5    |

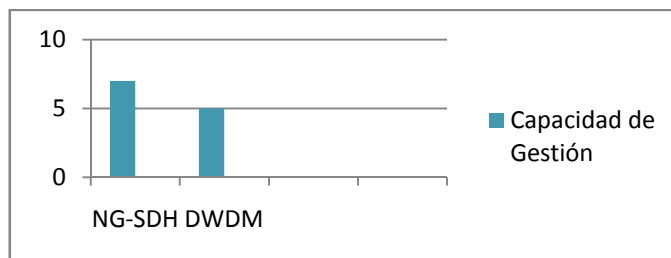


Figura III-34: Monitoreo de la Red

**Interpretación:**

En el gráfico podemos observar que las redes NG-SDH tiene una alta capacidad de gestión, debido principalmente a que cuentan con características óptimas de flexibilidad ante las diferentes tecnologías y compatibilidad con los sistemas anteriores de transmisión como es PDH, también Las redes DWDM tienen un alto nivel de gestión, pero en la actualidad se busca subir este rango de forma que se pueda tener una red transparente y robusta.

**INDICADOR 6: ANCHO DE BANDA ADICIONAL**

El ancho de banda disponible en las redes ópticas, actualmente queda desperdiciado debido a factores como la multiplexación, o las conversiones optoelectricas, este se constituye en un factor de gran interés al momento de analizar las redes de telecomunicaciones

Tabla II-XIX Equivalencias7

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
|   | AB adicional                         |
| 1 | Por Multiplexación de tramas         |
| 1 | Por conversiones Ópticas /Eléctricas |
| 5 | Sin pérdidas significativas          |

Tabla III-XX Ancho de Banda Adicional

|              | NG-SDH | DWDM |
|--------------|--------|------|
| AB adicional | 2      | 5    |

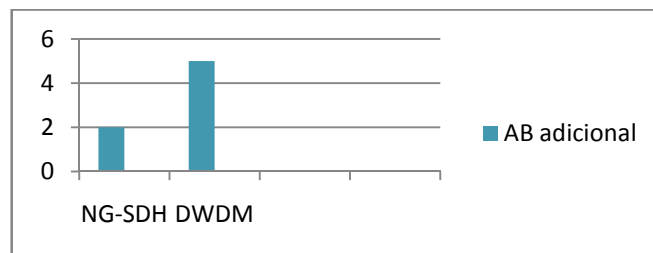


Figura III-35: Ancho de Banda Adicional

**Interpretación:**

Vemos una diferencia, aunque no muy amplia, de ancho de banda desperdiciado esto es porque las redes DWDM, están orientadas al aprovechamiento máximo del ancho de banda disponible en la fibra óptica; no obstante las NG-SDH, implementan mejoras considerables en cuanto a ancho de banda y por lo tanto el porcentaje de eficiencia es mucho mejor.

**INDICADOR 7: COSTOS DE IMPLANTACIÓN**

En la actualidad de las telecomunicaciones es indispensable la reutilización de todos los elementos que la conforman, es así que se hace necesaria una tecnología que sea capaz de ser compatible con las implementaciones existentes en las redes, debido a ello el análisis de costo-Beneficio es primordial en el Diseño de Redes Ópticas

Tabla III-XXI Equivalencias8

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
|   | Costos Significativos           |
| 1 | Equipos todo Ópticos            |
| 2 | Reutilización de Equipos        |
| 1 | Implantación parcial de Equipos |

Tabla III-XXII Costos de Implantación

|                       |        |      |
|-----------------------|--------|------|
|                       | NG-SDH | DWDM |
| Costos Significativos | 3      | 2    |

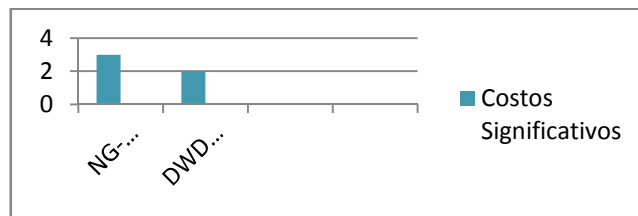


Figura III-36: Costos de Implantación

**Interpretación:**

Como se puede observar el resultado, es mucho más fácil instalar una red de Nueva Generación de SDH, debido a que no conlleva la implementación de equipos ópticos para la multiplexación, amplificación, etc, aunque se hace necesario equipamiento, la Rede NG-SDH, reutiliza sus propios equipos ya instalados, de esta manera se constituye en la opción más viable para redes metropolitanas no muy extensas.

**3.18 PUNTAJES TOTALES**

A continuación tenemos los resultados generales de las variables dependientes de los valores obtenidos para el estudio comparativo de las tecnologías que permiten la Interoperabilidad de SDH e IP.

Tabla III-XXIII Tabla General de Resultados

| <b>Variables</b>    | <b>Indicadores</b> | <b>NG-SDH</b> | <b>DWDM</b> |
|---------------------|--------------------|---------------|-------------|
| Fiabilidad          | <b>I3</b>          | 18            | 4           |
|                     | <b>I4</b>          | 3             | 2           |
| <b>Total V2</b>     |                    | <b>21</b>     | <b>6</b>    |
| Carga del protocolo | <b>I5</b>          | 7             | 5           |
|                     | <b>I6</b>          | 2             | 5           |
|                     | <b>I7</b>          | 3             | 2           |
| <b>Total V3</b>     |                    | <b>12</b>     | <b>12</b>   |
| <b>Total</b>        |                    | <b>33</b>     | <b>18</b>   |

Podemos observar en los resultados que los protocolos que La Tecnología NG-SDH tiene una diferencia considerable, respecto a fiabilidad y gestión de la red, mientras que DWDM, está buscando converger todas estas características, intentando así ser la Tecnología más competitiva a futuro.

### **3.19 RESULTADOS DEL ESTUDIO COMPARATIVO**

Se realizó el estudio comparativo entre las tecnologías que permiten la Interoperabilidad de SDH e IP, estas son: DWDM y NG-SDH, obteniendo los siguientes puntos relevantes:

- En cuanto a velocidad de transmisión se puede observar que la Tecnología DWDM presenta un mayor puntaje, puesto que al ser capaz de multiplexar varios canales en una sola fibra, puede optimizar al máximo el ancho de banda de la fibra Óptica; la Nueva Generación de SDH, por su parte adiciona mejoras significativas de SDH tradicional, con ello el porcentaje de eficiencia en manejo de ancho de banda es superior, pero aún resulta inalcanzable a las grandes posibilidades de DWDM.
- En cuanto a fiabilidad es imprescindible rescatar las grandes capacidades de protección y restauración de las redes SDH, mientras que DWDM a pesar de contar con mecanismos de protección no alcanza el nivel de confiabilidad que existe en redes NG-SDH.
- En cuanto a la eficiencia de la Red, los resultados obtenidos muestran que SDH supera a DWDM, puesto que estas redes pueden generar un alto rango de gestión y monitorización a costos mas bajos que DWDM, sin embargo el porcentaje de gasto de ancho de banda debido a las consideraciones antes citadas, es mayor comparado con DWDM.

### **3.20 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Para la comprobación de la hipótesis planteada se debe calcular el estadístico Chi Cuadrado utilizando los datos que se obtuvieron en el estudio y análisis de las tecnologías necesarias para la interoperabilidad de SDH e IP, estos datos son el resultado de análisis cuantitativos y cualitativos, y análisis de información teórica.

Hipótesis para chi cuadrado:

**Hi:** hipótesis de la investigación

**Ho:** hipótesis nula

**Hi:** A través del estudio de las tecnologías que permiten la interoperabilidad de las tecnologías SDH e IP se podrá realizar el análisis de factibilidad técnica económica y posteriormente diseñar el sistema de anillos ópticos metropolitanos para futura implementación por parte de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, en Riobamba.

**Ho:** A través del estudio de las tecnologías que permiten la interoperabilidad de las tecnologías SDH e IP no se podrá realizar el análisis de factibilidad técnica económica y por lo tanto no se diseñará el sistema de anillos ópticos metropolitanos que serviría para futura implementación por parte de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, en Riobamba.

En el siguiente cuadro se puede observar los valores de las variables estimadas en el estudio de las tecnologías NG-SDH y DWDM que permiten la interoperabilidad de SDH e IP.

**Variable independiente:** Análisis de los protocolos de enrutamiento de redes móviles AdHoc

**Variables independientes:** Fiabilidad, Carga del protocolo, Consumo de energía

Tabla III-XXIV Resultados obtenidos para variables dependientes

| Análisis de las tecnologías que permitan la Interoperabilidad de SDH e IP para la red de Anillos Ópticos de CNT EP en Riobamba | Indicadores | NG-SDH | DWDM |
|--|-------------|--------|------|
| Fiabilidad   | I3          | 18     | 4    |
|  | I4          | 3      | 2    |
| Eficiencia de la Red   | I5          | 7      | 5    |

|              |           |           |           |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
|              | <b>16</b> | <b>2</b>  | <b>5</b>  |
|              | <b>17</b> | <b>3</b>  | <b>2</b>  |
| <b>Total</b> |           | <b>33</b> | <b>18</b> |

**Frecuencias Observadas:**

Las frecuencias observadas se encuentran sumando los indicadores de cada variable dependiente.

Tabla III-XXV Frecuencias observadas

|                      | NG-SDH    | DWDM      | Sumatoria de cada variable |
|----------------------|-----------|-----------|----------------------------|
| Fiabilidad           | <b>21</b> | <b>6</b>  | 27                         |
| Eficiencia de la Red | <b>12</b> | <b>12</b> | 24                         |
| Total                | 33        | 18        | 51                         |

**Frecuencias Esperadas:**

Las frecuencias esperadas de cada celda, se calcula mediante la siguiente

$$f_e = \frac{(total\_de\_fila)(total\_de\_columna)}{N}$$

Donde  $N$  es el número total de frecuencias observadas

Tabla III-XXVI Frecuencias esperadas

|                      | NG-SDH     | DWDM       | Sumatoria de cada variable |
|----------------------|------------|------------|----------------------------|
| Fiabilidad           | 17,4705882 | 9,52941176 | 27                         |
| Eficiencia de la Red | 15,5294118 | 8,47058824 | 24                         |
| Total                | 33         | 18         | 51                         |

Calculo de  $X^2$ :

Para encontrar el valor de chi cuadrado se utiliza la siguiente fórmula

$$X^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

O: Frecuencia observada en cada celda

E: Frecuencia esperada en cada celda

Tabla III-XXVII Calculo de Chi Cuadrado

| Observado(O) | Esperado(E) | $\{(O-E)^2/E\}$    |
|--------------|-------------|--------------------|
| 21           | 17,4705882  | 0,71301248         |
| 6            | 9,52941176  | 1,30718954         |
| 12           | 15,5294118  | 0,80213904         |
| 12           | 8,47058824  | 1,47058824         |
|              |             | $X^2 = 4,29292929$ |

**Grados de libertad:**

Para poder realizar la comparación del resultado de chi cuadrado debemos encontrar los grados de libertad de nuestra tabla, para ello tenemos la siguiente fórmula:

$$Gl = (f - 1)(c - 1)$$

Donde:

r: es el número de filas de la tabla de contingencia

c: es el número de columnas de la tabla de contingencia

$$Gl = (2-1) (2-1) \rightarrow Gl = 1$$



De la tabla de distribución de  $X^2$  que se encuentra en los anexos, podemos decir que con un 95% de seguridad y con 1 grado de libertad el valor de crítico de chi cuadrado es 3,8415

### Criterio de decisión

- Si  $X^2$  calculado es mayor a  $X^2_{\alpha}$  (Valor crítico) de la tabla de distribución se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y por lo tanto se acepta la hipótesis de Investigación.
- Si  $X^2$  calculado es menor a  $X^2_{\alpha}$  (Valor crítico) de la tabla de distribución se acepta la hipótesis nula  $H_0$  y por lo tanto se rechaza la hipótesis de Investigación.

Por lo tanto tenemos el siguiente resultado:

$$X^2 \text{ Calculado} = 4,29292929$$

$$X^2_{\alpha} \text{ (Valor crítico)} = 3,8415$$

$$4,2929 > 3,8415$$

$$\text{Por lo tanto: } X^2 > X^2_{\alpha}$$

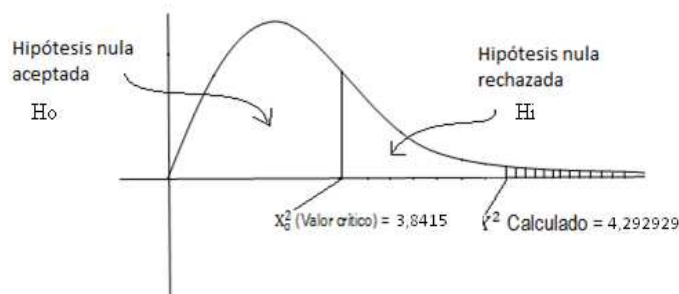


Figura III-37: Gráfico chi cuadrado 1

De esta manera aceptamos la Hipótesis de Investigación (H<sub>i</sub>) que indica que a través del estudio de las tecnologías que permiten la interoperabilidad de las tecnologías SDH e IP se podrá realizar el análisis de factibilidad técnica económica y posteriormente diseñar el sistema de anillos ópticos metropolitanos para futura implementación por parte de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT EP, en Riobamba.

**CAPÍTULO IV**  
**ESTUDIO Y ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD**

#### 4.1 Levantamiento de Información

##### 4.1.1 Esquema general de comunicaciones de CNT EP implementado en la ciudad de Riobamba

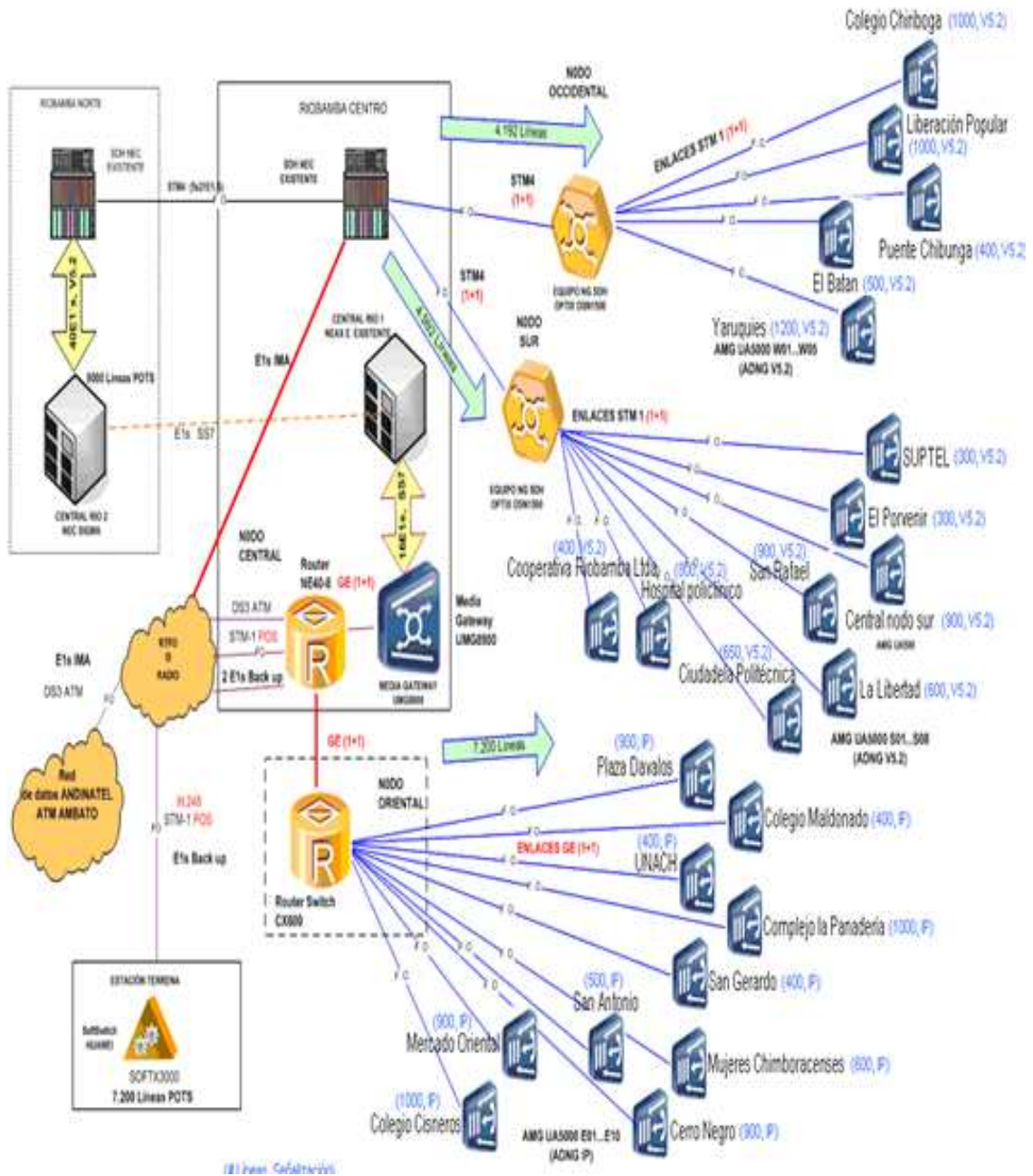


Figura IV-38: Esquema General de comunicaciones de CNT EP implementado en Riobamba

#### 4.1.2 Información de los nodos y AMG's (access media gateway)

##### 4.1.2.1 Nodos que conforman la Red de anillos para Riobamba

Tabla IV-XXVIII Nodos que forman la red de anillos para Riobamba

| NODOS                 | LOCALIZACION                                     |
|-----------------------|--|
| Riobamba Norte        | Calle Tungurahua y Av. Monseñor Leonidas Proaño  |
| Riobamba Centro       | Calle Veloz y Tarqui                             |
| Nodo Oriental         | Calle Venezuela entre Colón y Espejo             |
| Nodo Occidental       | Col. Chiriboga Av. 9 de Octubre y Santa Isabel   |
| Nodo Sur.             | Av Leopoldo Freire entre Luxemburgo y Rey Kjavik |
| Nodo Media Luna       | Av Leonidas Proaño y Antonio Morga               |
| Nodo Las Acacias      | Entre Río Marañón y Río Jubones                  |
| Nodo ESPOCH           | ESPOCH Av Guayaquil y 11 de Noviembre            |
| Nodo Colegio Riobamba | Col. Riobamba Av. La Prensa y Lizarzaburu        |
| Chambo                |  |

##### 4.1.2.2 Distribución de AMG's en los nodos

###### 4.1.2.2.1 Nodo Oriental

- ✓ Plaza Dávalos
- ✓ Colegio Maldonado
- ✓ UNACH
- ✓ Complejo la Panadería
- ✓ San Gerardo
- ✓ Mujeres Chimboracenses
- ✓ San Antonio
- ✓ Cerro Negro
- ✓ Mercado Oriental
- ✓ Colegio Cisneros

###### 4.1.2.2.2 Nodo Sur

- ✓ SUPTTEL
- ✓ El Porvenir

- ✓ Central nodo sur
- ✓ San Rafael
- ✓ La Libertad
- ✓ Ciudadela Politécnica
- ✓ Hospital Policlínico
- ✓ Cooperativa Riobamba Ltda.

#### **4.1.2.2.3 Nodo Occidental**

- ✓ Colegio Chiriboga
- ✓ Liberación Popular
- ✓ Puente Chibunga
- ✓ El Batan
- ✓ Yaruquies

## **4.2 ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO**

### **4.2.1 Equipamiento**

El análisis del equipamiento necesario para cada uno de los nodos a formar parte de la red NG-SDH de anillos ópticos de la ciudad de Riobamba permitirá brindar servicios de gran capacidad con interfaces GigabitEthernet (GE), FastEthernet (FE), STM16, STM-4, STM-1, PDH y aquellas necesarias para prestar todos los servicios de voz, datos y video.

### **4.2.2 Requerimientos de la red**

La implementación de la red de transmisión NG-SDH será realizada **a través de fibra óptica** instalada en Riobamba en red de transmisión.

Según el estudio realizado el proyecto deberá incluir las siguientes pautas a ser consideradas:

- a. El diseño de la red se basará en la topología de anillos y en las matrices de tráfico que se calcularán más adelante de forma que se definan los respectivos diagramas (físicos y lógicos) de la red, las capacidades e interfaces de cada uno de los nodos y de cada una de las secciones entre nodos, los sistemas de protección y presupuesto de potencia óptica.
- b. Implementación de un sistema de gestión de red (NMS) que permita un manejo eficaz de la capacidad del sistema de transmisión así como el “grooming” de los diferentes servicios de cliente.
- c. Suministro, instalación y puesta en operación de Multiplexores NG - SDH (ADM64) en los sitios (nodos) de la ciudad de Riobamba.
- d. La planificación e implementación del sistema de sincronismo respectivo.
- e. Un único sistema de gestión para la red NG-SDH, protegido (servidores 1+1 Hot Standby) y centralizado que permita administrar, tanto desde Riobamba Centro como desde Riobamba Norte en forma remota todos los elementos de red del sistema de transmisión.
- f. La planificación, suministro e instalación de la red DCN para la gestión de los elementos de red.
- g. Seguro de cobertura contra todo riesgo hasta la entrega-recepción provisional de los equipos que la CNT E.P. requiera para la implementación y el adecuado funcionamiento del presente sistema de transmisión.
- h. Servicio y gestión de importación y nacionalización de todos los bienes y materiales necesarios.
- i. Suministro del material de instalación que requiera cada uno de los equipos suministrados y todo el sistema para la implementación adecuada (escaleras, herrajes, ODF, DDF, patch panels, Patchcords, etc.).
- j. El suministro de hardware y software que el proveedor considere necesario para instalar y poner en correcto funcionamiento el sistema.

- k. Servicios de comisionamiento, puesta a punto y pruebas de aceptación de los sistemas: transmisión, sincronismo y gestión.
- l. Servicio de Mantenimiento desde la Recepción Provisional hasta la Recepción Definitiva (6 meses).

#### **4.3 Equipos Multiplex SDH**

- a. Los nodos de transmisión deben tener equipos multiplexores NG-SDH, que entregarán las interfaces de cliente o usuario adecuadas y necesarias para conectar con otros sistemas existentes o sistemas de comunicaciones nuevos de la CNT E.P.
- b. El sub-bastidor principal del equipo NG-SDH debe ser equipado hasta un 75 por ciento de su capacidad máxima, de ser necesario se debe considerar sub-bastidor de extensión para complementar el equipamiento que exceda la capacidad antes indicada y garantizar futuras ampliaciones. El sub-bastidor de extensión debe ofrecerse exclusivamente con otro(s) sub-bastidor (es) o con multiplexores conectados a nivel óptico, mediante interfaces de tipo intra-office.
- c. Los equipos multiplexores ADM deben conformar una topología de Red, STM64 a 2 fibras con esquema de protección MS-SPRING, mismos que serán instalados en todos los nodos que conformarán la red.
- d. Los equipos deben ser ampliables y modulares, de forma que sea posible modificar la configuración y la programación de los mismos de forma fácil y sin interrumpir el servicio. Adicionalmente, deben permitir incrementar o modificar la configuración de la red, configurar redundancias, aumentar el número de interfaces de salida/entrada, sustituir elementos averiados, sustituir tarjetas por versiones revisadas o de mejores prestaciones o características.

#### 4.3.1 Características específicas del equipo NG SDH.

- a. El multiplexor NG SDH debe tener obligatoriamente capacidad de conexión cruzada a los niveles VC-12, VC-3 y VC-4 y podrá multiplexar y demultiplexar señales de 2/34/45/140Mbps, STM-1 eléctrico y óptico, en una trama SDH STM-N, también debe poder realizar concatenaciones de los niveles VC necesarios para obtener cross conexiones a nivel de Ethernet, FastEthernet y GigabitEthernet.
- b. El equipo debe funcionar en configuración: terminal (TM), cross-conector local (DXC) y de extracción/inserción (ADM) en conexiones lineales y de anillo.
- c. En todas las aplicaciones, el equipo NG-SDH debe tener una matriz de cross-conexión mínima de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla IV-XXIX Matriz de cross-conexión mínima para las aplicaciones de los equipos NG-SDH

| ITEM | Equipo | Matriz de Alto Orden | Matriz Bajo Orden |
|------|--------|----------------------|-------------------|
| 1    | ADM-64 | 384x384 VC4          | 1024x1024 VC12    |
| 2    | ADM-16 | 128x128 VC4          | 256x256 VC12      |
| 3    | ADM-4  | 16x16 VC4            | 128x128 VC-12     |

En cada caso, la capacidad de la matriz debe venir determinada por la capacidad de interfaces utilizadas en el proyecto.

- d. Se debe poder realizar conexiones a nivel de VC-12, VC-3 y VC-4, con señales bidireccionales, punto a punto y señales unidireccionales, punto a punto y punto - multipunto, conexiones en bucle de señales en paso y la funcionalidad de Drop & Continúe, para la protección de la interconexión de anillos a través de dos nodos.
- e. Las interfaces de 2 Mbps son requeridas para las señales no-estructuradas y para las estructuradas.



- f. El equipo NG-SDH debe tener una memoria no volátil para almacenar la configuración, asignaciones de cross conexión, composición de los límites paramétricos de alarma, etc.
- g. Debe posibilitar el acceso al trayecto VC-12, VC-3 y VC-4 para monitorear el desempeño extremo-extremo de los circuitos que son terminados por el multiplexor ADM NG-SDH, disponer de los datos de ES, SES, BBE, UAS, etc., tanto en el extremo cercano como en el extremo lejano de los VC.
- h. El equipo NG-SDH debe proporcionar la función de mediación de protocolos estándar Qx, de forma que facilite el transporte a través de la propia Red SDH hacia el centro de gestión centralizado, de la información de gestión propia y de otros equipos con dicha interfaz de gestión.
- i. El sub-bastidor del multiplexor debe tener una arquitectura robusta de alimentación de energía que no permita que la avería de una unidad de alimentación individual ni la de un modulo de distribución de energía individual pueda causar una interrupción de servicio del sub-bastidor entero.
- j. El equipo NG-SDH debe soportar funcionalidades EoS para el transporte estándar y optimizado de tráfico Ethernet sobre SDH y debe soportar mecanismos de transporte de datos , como:
  - i. GFP (Generic Frame Procedure) de acuerdo con la Recomendación UIT-T G.7041.
  - ii. LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme) de acuerdo a la Recomendación UIT-T G.7042.
  - iii. VCAT (Virtual concatenation)
  - iv. El equipo de SDH debe incorporar un switch capa 2 (L2) capaz de agregar y conmutar servicios Ethernet y ser una solución de infraestructura para soportar servicios como Ethernet Private LAN, Ethernet VPN, ATM y MPLS

- v. Debe manejar redes virtuales (VLANs).

#### **4.3.2 Interfaces Externas.**

##### **4.3.2.1 Interfaz Óptica STM-64**

- a. El equipo ADM requerido debe ser equipado con interfaces ópticas de línea STM-64 de acuerdo a la recomendación UIT-T G.691, con interfaces ópticas seleccionadas de acuerdo al cálculo de presupuesto de potencia solicitado en este proceso.
- b. Deben ser equipables con módulos SFP.
- c. La interfaz STM-64 debe estar cableada y conectorizada en el ODF destinado a servicios SDH.

##### **4.3.2.2 Interfaz STM-16**

- a. La interfaz STM-16 operará a 2,5 Gbit/s según recomendaciones de la ITU G.957
- b. La generación de fluctuación de fase y la desviación de la frecuencia del interfaz STM-16 deben satisfacer los requisitos de estabilidad a corto plazo de la recomendación UIT-T G.783.
- c. Se requiere la protección (1+1) de tipo MSP (Multiplex Section Protection) en diferente tarjeta.
- d. Todos los puertos deben estar equipados con módulos SFP.
- e. El numero de puertos por tarjeta está determinada en la Tabla 2.
- f. Todos los puertos correspondientes a las tarjetas ofertadas deben estar cableados y conectorizados en el ODF destinado a servicios SDH.

#### **4.3.2.3 Interfaz Óptica STM-4**

- a. El equipo NG-SDH debe poder equiparse con unidades de interfaz óptica STM-4 que operarán en 622 Mbps según la recomendación UIT-T G.957.
- b. La generación de fluctuación de fase y la desviación de la frecuencia del interfaz STM-4 deben satisfacer los requisitos de estabilidad a corto plazo de la recomendación UIT-T G.783.
- c. Se requiere protección (1+1) de tipo MSP (Multiplex Section Protection) en diferente tarjeta.
- d. Las interfaces de línea STM4 deben ser suministradas de acuerdo al cálculo de potencias solicitadas en este proyecto y las interfaces tributarias deben ser del tipo L.4.1
- e. Todos los puertos deben estar equipados con módulos SFP.
- f. El numero de puertos por tarjeta está determinada en la Tabla 3.
- g. Todos los puertos correspondientes a las tarjetas ofertadas deben estar cableados y conectorizados en el ODF destinado a servicios SDH.

#### **4.3.2.4 Interfaz Óptica STM-1**

- a. La interfaz óptica STM-1 operará en 155,520 Mbps según la recomendación UIT-T G. 957.
- b. El numero de puertos por tarjeta está determinada en la Tabla 4.
- c. La generación de fluctuación de fase y la desviación de la frecuencia del interfaz STM-1 deben satisfacer los requisitos de estabilidad a corto plazo de la recomendación UIT-T G.783.
- d. Se requiere de protección (1+1) de tipo MSP (Multiplex Section Protection) en diferente tarjeta.
- e. Todos los puertos deben estar equipados con módulos SFP.

- f. Los módulos SFP de las tarjetas tributarias STM1 deben ser del tipo L.1.1. el 75% y del tipo L.1.2 el 25% del total de interfaces requeridas en este proyecto.
- g. Todos los puertos correspondientes a las tarjetas ofertadas deben estar cableados y conectorizados en el ODF destinado a servicios SDH.

#### **4.3.2.5 Interfaz 2,048 Mbps**

- a. El interfaz E1 del multiplexor NG SDH operará a 2,048 Mbps según es descrito en las recomendaciones de la UIT-T G.703 y G.704.
- b. Los interfaces de 2 Mbps estarán disponibles con impedancia de 75 ohms desbalanceados, conectores tipo BNC con punto de monitoreo y cableadas a un DDF.
- c. La tolerancia de fluctuación y desviación de fase de los puertos de entrada, la generación de fluctuación intrínseca, y la transferencia de fluctuación y desviación estarán dentro de los límites de acuerdo con la recomendación UIT-T G.823, Párrafo 3.
- d. La densidad de puertos por tarjeta no será inferior a 63 E1, de existir sitios donde se requiera menor número de puertos por tarjetas, el equipamiento a suministrar serán como mínimo las tarjetas necesarias para disponer de 63 puertos físicos E1, no se aceptara solo tarjetas de control sin sus correspondientes interfaces de puertos físicos E1.
- e. Deben ser conectorizados desde el equipo al DDF todos los puertos de las tarjetas 2M suministradas.
- f. Se requiere de protección 1 a N (1:N) de tarjeta.
- g. El numero de puertos por tarjeta esta determinada en la Tabla 5 y los conectores BNC adicionales requeridos en la Tabla 5.1, los mismos que deben ser suministrados para la conexión a los clientes de datos y telefonía.

#### **4.3.2.6 Interfaz Eléctrica 34/45 Mbps**

- a. La interfaz E3/DS3 del equipo operará a 34/45 Mbps conforme a la recomendación UIT-T G. 703.
- b. Estarán disponibles con impedancia de 75 ohms desbalanceados, conectores tipo BNC con punto de monitoreo y cableadas a un DDF.
- c. El numero de puertos por tarjeta esta determinada en la Tabla 6 y los conectores BNC adicionales requeridos en la Tabla 6.1, los mismos que deben ser suministrados para la conexión a los clientes de datos y telefonía.
- d. Deben ser conectorizados desde el equipo al DDF todos los puertos de las tarjetas E3/DS3 suministradas.
- e. Se requiere de protección 1 a N (1:N) de tarjeta.

#### **4.3.2.7 Interfaz Fast Ethernet (10/100 Mbps)**

- a. El equipo NG SDH debe disponer de interfaz Fast Ethernet 100 Mbps conforme a la recomendación IEEE 802.3u.
- b. Las tarjetas suministradas deberán trabajar con Protocolos y funcionalidades de capa 1, 2 y hasta 3 para manejar paquetes MPLS, VLAN y RSTP, de manera transparente y permitiendo el uso del 100% de la capacidad de la interfaz con una MTU mínimo de 2000 bytes.
- c. Las tarjetas Fast Ethernet deben tener las siguientes funcionalidades necesariamente:
  - i. GFP (Generic Frame Procedure) de acuerdo con la Recomendación UIT-T G.7041.
  - ii. LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme) de acuerdo a la Recomendación UIT-T G.7042.
  - iii. VCAT (Virtual concatenation)
  - iv. Debe manejar redes virtuales (VLANs)

- d. El numero de puertos por tarjeta está determinada en la Tabla 7.
- e. Se requiere de protección 1 a N (1:N) de tarjeta.
- f. Todos los puertos de las tarjetas de Interfaz FastEthernet deben ser cableados desde el equipo a un patch panel, con conectores RJ45.

#### **4.3.2.8 Interfaz Gigabit Ethernet (1 Gbps)**

- a. El equipo NG SDH se debe equipar con interfaz Gigabit Ethernet (1 Gbps) conforme a la recomendación IEEE 802.3z
- b. Las tarjetas suministradas deben trabajar con Protocolos y funcionalidades de capa 1, 2 y hasta 3 para manejar paquetes MPLS, VLAN y RSTP, de manera transparente y permitiendo el uso del 100% de la capacidad de la interfaz con un MTU mínimo de 2000 bytes.
- c. Se requiere de protección 1 más 1 (1+1) de tarjeta.
- d. Las tarjetas GE deben tener las siguientes funcionalidades necesariamente:
  - i. GFP (Generic Frame Procedure) de acuerdo con la Recomendación UIT-T G.7041.
  - ii. LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme) de acuerdo a la Recomendación UIT-T G.7042.
  - iii. VCAT (Virtual concatenation).
  - iv. Debe manejar redes virtuales (VLANs).
- e. El número de puertos por tarjeta esta determinada en la Tabla 8.
- f. Todos los puertos deben estar equipados con módulos SFP.
- g. Las interfaces ópticas deben estar disponibles a 1310nm (LX a 1310nm)
- h. Todos los puertos correspondientes a las tarjetas ofertadas deben estar cableados y conectorizados en el ODF destinado a servicios SDH.

#### **4.3.2.9 Canales de servicio (EOW) y auxiliares**

- a. El equipo NG SDH tendrá la capacidad de transmitir un canal de servicio por los interfaces ópticos a través de los bytes E1 y E2 de la SOH, o a través de VoIP, para realizar llamadas: selectiva y general
- b. El equipo debe permitir extender el canal de servicio, por medio de un interfaz “4-hilos DTMF”, externo. Los canales de servicio de Riobamba Centro y Quito Centro con su respectivo microteléfono, debe ser extendido e instalado hasta el centro de gestión y para el resto de nodos debe estar adosado con los equipos
- c. Además debe ser posible transmitir por las interfaces ópticas un canal auxiliar a 64Kbit/s de acuerdo a la recomendación UIT-T G.703 a través del byte F1 de la SOH.

#### **4.3.2.10 Tarjetas de protección en los Equipos Multiplexores NG-SDH**

- a. Todos los equipos NG-SDH deben tener como mínimo las siguientes unidades fundamentales duplicadas: controladora, fuentes de alimentación, matriz de cross conexión y reloj.
- b. Las tarjetas de protección para las interfaces ópticas, de agregados (línea) y tributarios se deben ofrecer de acuerdo con lo solicitado en las especificaciones técnicas detalladas y el diseño de los equipos.

#### **4.3.3 Distribuidores Digitales DDF, distribuidores ópticos ODF y Cableados**

La oferta debe considerar en todas las estaciones el suministro de distribuidores DDFs, distribuidores ópticos ODF, patch panel para los salones de transmisión y sus aditamentos, así como de todos los cables, escalerillas, herrajes, conectores, etc. necesarios, al igual que los servicios de instalación respectivos, para la terminación de todos los tributarios de 2 Mbps, 10/100Mb/s y 34/45Mb/s de cada estación en un Distribuidor Digital DDF y patch panel.

#### **4.3.4 Consumo de Energía**

- a. La alimentación de energía de los equipos NG SDH debe ser de -48 VDC, con redundancia, y se suministrará desde equipos rectificadores y baterías que serán proporcionados por la CNT E.P.

#### **4.4 Sistemas de Gestión y Administración**

El sistema de transmisión del proyecto que se implementará debe tener un único Sistema de Gestión Centralizado (SGC) redundante que trabaje con servidores 1+1 Hot Standby, que permita administrar y gestionar todos y cada uno de los elementos instalados

##### **4.4.1 Requerimientos del Sistema de Gestión**

- a. El sistema debe tener una Interfaz Gráfica de Usuario -GUI- que permita la visualización en un mapa de red todos los elementos y trayectos del sistema de gestión, por ejemplo: equipos y enlaces ópticos, puertos de toda la red, protecciones de red, etc.
- b. El sistema de gestión será centralizado y actuará remotamente, debe ser instalado en Riobamba Centro con redundancia en Quito Centro.
- c. La arquitectura del SGC será del tipo Cliente/Servidor.
- d. El sistema debe estar acorde y operar desde un inicio con la arquitectura de la Recomendación ITU-T M.3010, la cual identifica cinco (5) áreas funcionales de gestión, así:
  - i. Gestión de la calidad de funcionamiento
  - ii. Gestión de fallas
  - iii. Gestión de configuración
  - iv. Gestión de desempeño
  - v. Gestión de seguridad



- e. Las funciones de gestión de fallas incluirán la generación de reportes estadísticos de alarmas, permitiendo el rastreo, detección, aislamiento y corrección de las mismas.

#### **4.4.1.1 Interfaces O&M**

El equipamiento debe contener las siguientes interfaces para el soporte operacional y las funciones de administración

- a. Interfaz del enlace de gestión de datos que permita la conexión de los elementos de red (NE) al sistema de administración, preferiblemente con conector RJ45.
- b. Interfaz de gestión local, que permitirá la conexión con un PC portátil para configuración y mantenimiento de los equipos.
- c. Alarmas de salida de contacto seco para proveer las señales de alarma dentro del nodo
- d. Alarmas externas de entrada. El equipo ofertado debe proporcionar un conjunto de entradas para alarmas externas de monitoreo de los sistemas instalados en el sitio, que una vez detectadas se envíen en una trama SNMP al centro de gestión. Cada alarma se activará con el cierre de los contactos.

#### **4.4.1.2 Administración entre nodos y canales de supervisión**

- a. El equipamiento propuesto debe proveer canales adicionales de servicio para realizar las funciones de supervisión y administración de todos los nodos y elementos de red.
- b. Como mínimo estos canales deben prestar las siguientes funciones:
  - i. Permitir que cada uno de los nodos recolecte sus alarmas y estados y envíen los mensajes al sistema de gestión centralizado, usando la interfaz del enlace de datos de la administración.

- ii. Permitir el login remoto para realizar sesiones remotas con cualquier nodo y entre los nodos y el sistema de gestión centralizado.
- iii. Permitir la actualización de software, mediante la descarga desde el sistema de gestión centralizado a cualquier nodo de la red.

#### **4.4.2 Herramientas de Gestión**

##### **4.4.2.1 Capa de gestión de Elemento de Red**

- i. Monitoreo de alarmas de todos los elementos de la red, integrarlas y reportarlas al SGC.
- ii. Aprovisionamiento remoto de capacidad.
- iii. Diagnóstico remoto de fallas.

##### **4.4.2.2 Capa de gestión de Red**

El SGC debe incluir un módulo de gestión de red para manejar todas las entidades conformadas por los elementos de red y solicitadas en este documento. La capa de gestión de red debe incluir las siguientes funciones:

- i. Monitoreo de alarmas, integrarlas y reportarlas desde todos los elementos de red hacia el SGC. Las entidades pueden ser el anillo, interfaces, etc.
- ii. Aprovisionamiento remoto de servicios (cross-conexión).
- iii. Diagnóstico remoto de fallas de entidades de la red.
- iv. Mantenimiento de la comunicación con todos los elementos de la red.

##### **4.4.2.3 Requerimientos Funcionales de las Herramientas de Gestión**

Las funcionalidades de O&M residentes en todos los elementos de la red propuesta y las residentes en el SGC deben trabajar conjuntamente para satisfacer los siguientes requerimientos funcionales:

#### **4.4.2.3.1 Nivel de red**

En virtud a que en un evento dado puede surgir un gran número de alarmas, el cual producirá un alto tráfico entre los elementos de red y los sistemas de gestión, se requiere contar con las siguientes características:

- I. Ser un diseño robusto (ancho de banda, redundancia, etc.) que sea capaz de mantener la comunicación continua con los elementos de red.
- II. Es necesario que exista un canal de control para funcionalidades de diagnóstico, que provea la facilidad de monitoreo y pruebas. Es decir, el canal de control debe estar igualmente protegido como los canales de tráfico.

#### **4.4.2.3.2 Nivel de circuito**

El SGC debe estar en capacidad de resolver problemas a tarjetas individuales y su capacidad de diagnóstico no debe ser en forma intrusa, por lo que se requiere como mínimo tenga los siguientes requisitos:

- I. Recolectar parámetros de estado de las tarjetas, transpondedores y enviarlos al SGC para ser desplegados en una pantalla.
- II. Debe tener acceso y medición a diferentes puntos de la trayectoria de una longitud de onda dentro de la red. Los puntos de medición deben permitir el aislamiento de fallas, inclusive a nivel de tarjeta.

#### **4.4.2.3.3 Gestión de la Configuración**

El SGC debe ser capaz de realizar las siguientes funcionalidades de gestión de configuración:

- I. Detectar automáticamente la presencia de un nuevo nodo en la red o la supresión de uno, actualizando la topología de la ruta pasando por un proceso de confirmación por parte del administrador de la red.
- II. Permitir cambios manuales de la topología de la red.
- III. Estar en capacidad de realizar el aprovisionamiento y la configuración de forma remota aprovechando las funcionalidades de NG-SDH, el mismo que debe incluir:
  1. Habilitar nuevas tarjetas en un elemento de red.
  2. Aprovisionar parámetros y funciones específicas del nuevo servicio.
  3. Revisar, añadir, borrar o cambiar cualquier ancho de banda existente
  4. Revisar y editar cualquier atributo requerido.
  5. Enviar archivos de configuración y tener respaldo de ellos.
  6. Enviar nuevas versiones de software.

#### **4.4.2.3.4 Gestión de Desempeño**

- I. El SGC conjuntamente con las funciones de hardware y software de la red debe proveer un análisis de desempeño continuo y en tiempo real de la misma, para que algunos deterioros de la calidad puedan ser detectados en forma temprana.
- II. Se debe proporcionar una tabla que muestre todos los parámetros de desempeño monitoreados para cada tipo de interfaz de servicio, como por ejemplo:
  - 1) Tarjeta procesadora o CPU
  - 2) Interfaces del lado Cliente
  - 3) Interfaces del sistema SDH y PDH
  - 4) Interfaces de los sistemas de multiplexación de Subrate
- III. Interfaces de usuario

Los parámetros de desempeño que debe medir el sistema para cada una de las interfaces de usuario, son los siguientes, como mínimo:

- Potencia óptica transmitida y recibida, Bit Error Rate (BER), Block Error Rate, Loss Of Signal (LOS), Violación de código, Segundos errados, Indisponibilidad en segundos, Errores de trama, Bytes transmitidos y recibidos

#### IV. Monitoreo del Umbral

El sistema debe permitir fijar un límite de umbral, de tal manera que una vez que el parámetro a medir esté por debajo de ese umbral, se envíe una alarma visual o audible, dependiendo de la severidad.

#### **4.4.2.4 Requerimientos Generales del SGC**

##### i. Plataformas

- I. Se debe indicar en qué tipos de servidores o plataformas puede operar el software del sistema de gestión y los sistemas operativos que lo soportan, indicando en cada caso las características mínimas requeridas y los cálculos de las plataformas, teniendo en cuenta el número de nodos y que se requieren dos servidores, uno para instalar en Riobamba Centro y otro de respaldo para instalar en Quito Centro.

##### ii.Redundancia

- I. Para mantener el sistema con una alta disponibilidad, se requiere de un servidor de respaldo que esté constantemente actualizado, al igual que el principal. Éste se ubicará en las instalaciones de Quito Centro, la CNT E.P. facilitará un medio de transmisión independiente para que la DCN sea implementada con una ruta alternativa entre el centro de gestión de Riobamba Centro y el de respaldo en Quito Centro.

- II. Los clientes deben mantener la conectividad hacia los servidores, incluso en caso de conmutación, sin ser necesario realizar ningún procedimiento para restablecer dichas conexiones.

## **4.5 ARQUITECTURA Y ESPECIFICACIONES DEL EQUIPAMIENTO**

### **4.5.1 Equipamiento “Carrier Class”**

Todo el equipamiento de telecomunicaciones especificado en este documento debe ser de última tecnología, totalmente nuevo y del tipo “Carrier Class” y por tanto debe tener las siguientes funcionalidades y configuración:

- a. Potencia de entrada dual de -48V DC.
- b. Total redundancia de las fuentes de potencia.
- c. Redundancia total de las tarjetas comunes.
- d. Todos los módulos y tarjetas deben intercambiarse en funcionamiento o en caliente.
- e. Todos los módulos de software deben actualizarse en servicio.
- f. El equipamiento no debe tener un único punto de falla que afecte el tráfico.
- g. La disponibilidad total de cada pieza de los elementos de red (incluyendo hardware, software, potencia) debe ser mejor que el 99,999%.

### **4.5.2 Vida útil del equipamiento**

Todo el equipamiento propuesto debe estar en capacidad de operar sin degradación del servicio y bajo condiciones ambientales de operación normales, por un mínimo de 15 años.

## **4.6 SURVEY (visita técnica)**

Se debe realizar un Survey (visita técnica), que permita determinar al menos los siguientes aspectos:

- a. Inventariar la infraestructura existente en cada uno de los nodos de la red, con el fin de determinar la falta o no de capacidad suficiente de: espacio físico, energía, climatización, sistemas de tierra, sistema de protección y seguridad, escalerilla, ODF, DDF, etc.

#### **4.7 Requisitos de instalación**

- a. Para poder realizar la instalación debe suministrar el material que requiera cada uno de los equipos ofertados y todo el sistema para la implementación adecuada (escaleras, herrajes, ODF, DDF, patch panels, Patchcords, caja de distribución DC, breakers, etc.).
- b. Se debe instalar ODF de servicios las interfaces ópticas SDH, mismos que serán instalados por separado con conectores LC/PC, preconectorizados, cuyo cableado hacia el equipo debe realizarse con cable multi fibra.
- c. Se debe incluir el cableado y conectorización de todas las interfaces de tributarios (E1, E3/DS3, Fast Ethernet) hacia DDF y patch panel de servicios.
- d. Los DDF para los servicios E1s, E3/DS3 deben ser instalados con conectores tipo BNC y punto de monitoreo.
- e. Los Patch panel para los servicios Fast Ethernet deben ser instalados con conectores RJ-45 Cat. 5e.
- f. Todos los bastidores deben estar aterrizados, incluidos aquellos destinados a DDF, ODF y patch panels.
- g. Adicionalmente a todo lo solicitado en estas especificaciones, se debe suministrar patch cords duplex para todos los puertos ópticos (STM1, STM4, STM16, GE) de las tarjetas suministradas.

## **4.8 Garantías**

### **4.8.1 Garantías Técnicas**

- a. El oferente y el fabricante, para asegurar la calidad de los equipos y materiales que suministran (independientemente de su origen), y principalmente del servicio que se presta a través de ellos, deben presentar una garantía técnica otorgada por ambos, la que se mantendrá vigente hasta un (1) año después de la Entrega Recepción Definitiva.

### **4.8.2 Garantía de proveer las últimas versiones de los equipos y sistemas**

Se debe garantizar que los equipos suministrados son nuevos y corresponden a la última versión en hardware y software.

### **4.8.3 Garantía de actualización tecnológica**

El Contratista debe extender una garantía conjunta con el fabricante, en la que se garantice que el equipo suministrado mantendrá un continuo desarrollo tecnológico, y de nuevas versiones durante un período mínimo de 5 años.

## **4.9 Entrenamiento**

### **4.9.1 Curso Operación y Mantenimiento**

- a. Curso que cubre la operación y el mantenimiento de los equipos y que debe contener, como mínimo, lo siguiente:
  - i. Una introducción básica de NG-SDH
  - ii. Arquitectura del equipamiento NG-SDH.
  - iii. Procedimientos para aprovisionamiento de servicios.
  - iv. Procedimientos para trouble shooting.
  - v. Características, descripción de funcionalidades y operación y mantenimiento del sistema de gestión.



- vi. Creación de usuarios y niveles de trabajo en gestión.
  - vii. Creación de servicios (PDH, SDH e IP) desde gestión.
  - viii. Monitoreo e interpretación de alarmas y mensajes desde el sistema de gestión.
  - ix. Realización de respaldos de bases de datos, de configuración y todo el sistema de la red.
- b. Este curso teórico-práctico se ofrecerá en Riobamba, incluyendo la modalidad “on the job training”, dirigido a 10 ingenieros y/o técnicos, con una duración mínima de dos semanas, 8 horas. Si el oferente considera que se requiere de mayor tiempo de entrenamiento, debe sugerirlo en la oferta.

#### 4.10 Plazo de Ejecución

El plazo de máximo de ejecución del proyecto es de ciento veinte (120) días calendario, contados a partir de la fecha en que se notifique al adjudicatario que el anticipo se encuentra disponible.

#### 4.11 Topología de la Red

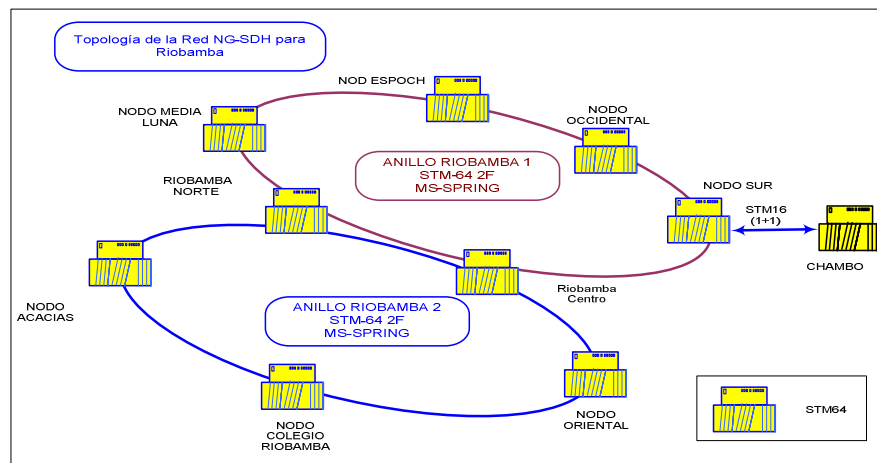


Figura IV-39: Topología Red

### 4.12 Tendido de Fibra Óptica

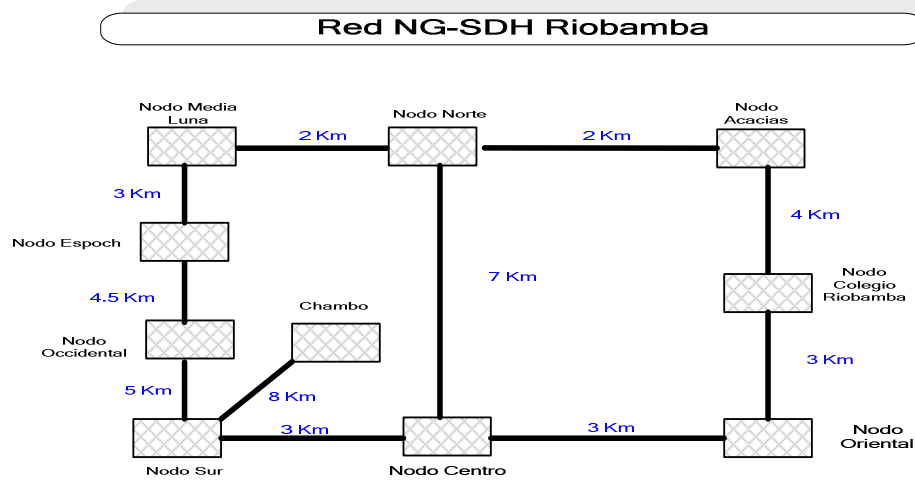


Figura IV-40: Tendido de fibra óptica

### 4.13 Características del Tendido De Fibra Óptica

Tabla IV-XXX Datos del tendido de fibra óptica

| Enlaces de fibra óptica para el proyecto NG - SDH para Riobamba. |                                       |               |               |                 |
|--|---------------------------------------|---------------|---------------|-----------------|
| Ítem   | Enlace A-B                            | Distancia (m) | Tipo de fibra | Observación     |
| 1  | Riobamba Norte – Nodo Las Acacias     | 2000.00       | G655          | En construcción |
| 2  | Nodo Las Acacias – Nodo Col. Riobamba | 4000.00       | G655          | Por construir   |
| 3  | Nodo Col. Riobamba – Nodo Oriental    | 3000.00       | G655          | Por construir   |
| 4  | Nodo Oriental – Riobamba Centro       | 1000.00       | G652          | Existente       |
| 5  | Riobamba Centro – Riobamba Norte      | 7000.00       | G652          | Existente       |
| 6  | Riobamba Norte – Nodo Media Luna      | 2000.00       | G655          | En construcción |
| 7  | Nodo Media Luna – Nodo Espoch         | 3000.00       | G655          | En construcción |
| 8  | Nodo Espoch – Nodo Occidental         | 4500.00       | G655          | Por construir   |
| 9  | Nodo Occidental – Nodo Sur            | 5000.00       | G655          | Por construir   |
| 10   | Nodo Sur – Riobamba Centro            | 3000.00       | G652          | Existente       |
| 11   | Riobamba Sur – Chambo                 | 8000.00       | G652          | Existente       |

#### 4.14 Topología de la DCN

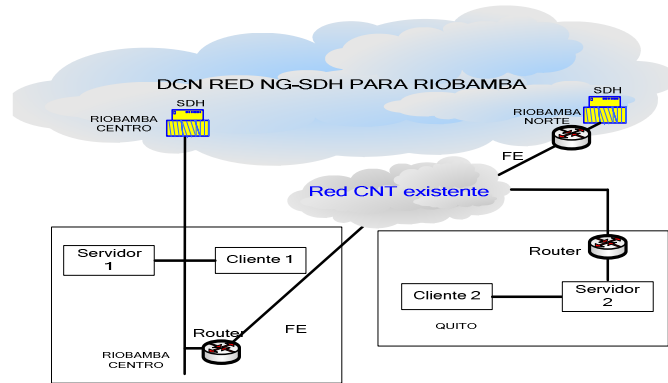


Figura IV-41: Arquitectura de la DCN requerida por CNT EP

#### 4.15 Matrices de Tráfico

En las tablas siguientes se indican las matrices de tráfico, protecciones y cantidad de puertos por tarjeta a ser suministradas en este proyecto.

Si el equipamiento ofertado tiene mayor cantidad de puertos por tarjeta comparados con los indicados en las tablas, se pueden ofertar tarjetas de mayor cantidad de puertos pero cumpliendo con la cantidad de puertos solicitada en estas tablas.

Tabla IV-XXXI Matriz de Tráfico STM16, protección y cantidad de puertos por tarjeta a ser suministradas

| MATRIZ STM6 1 A CROSS CONECTAR |                |                 |               | CANTIDAD TARJETAS 4xSTM16 |            |       |
|--------------------------------|----------------|-----------------|---------------|---------------------------|------------|-------|
| PROTECCIÓN (1+1)               |                |                 |               |                           |            |       |
| CENTRAL                        | RIOBAMBA NORTE | RIOBAMBA CENTRO | TOTAL PUERTOS | TRABAJO                   | PROTECCIÓN | TOTAL |
| RIOBAMBA NORTE                 |                | 1               | 1             | 1                         | 1          | 2     |
| RIOBAMBA CENTRO                | 1              |                 | 1             | 1                         | 1          | 2     |
| TOTAL                          | 1              | 1               | 2             | 2                         | 2          | 4     |

Tabla IV-XXXII Matriz de Tráfico SMT4, protección y cantidad de puertos por tarjeta a ser suministradas

| MATRIZ STM4 A CROSS CONECTAR |                |                 |          |                 |               | CANTIDAD TARJETAS |            |       |                                 |
|------------------------------|----------------|-----------------|----------|-----------------|---------------|-------------------|------------|-------|---------------------------------|
| PROTECCIÓN (1+1)             |                |                 |          |                 |               |                   |            |       |                                 |
| CENTRAL                      | RIOBAMBA NORTE | RIOBAMBA CENTRO | NODO SUR | NODO OCCIDENTAL | TOTAL PUERTOS | TRABAJO           | PROTECCIÓN | TOTAL | Cantidad de puertos por tarjeta |
| RIOBAMBA NORTE               |                | 2               | 0        | 0               | 2             | 1                 | 1          | 2     | 2xSTM4                          |
| RIOBAMBA CENTRO              | 2              |                 | 1        | 1               | 4             | 1                 | 1          | 2     | 4xSTM4                          |
| NODO SUR                     | 0              | 1               |          | 0               | 1             | 1                 | 1          | 2     | 2xSTM4                          |
| NODO OCCIDENTAL              | 0              | 1               | 0        |                 | 1             | 1                 | 1          | 2     | 2xSTM4                          |
| TOTAL                        | 2              | 4               | 1        | 1               | 8             | 4                 | 4          | 8     |                                 |

Tabla IV-XXXIII Matriz de Tráfico STM1, protección y cantidad de puertos por tarjeta a ser suministradas.

| MATRIZ STM1o A CROSS CONECTAR |                |               |                 |          |                 |               | CANTIDAD TARJETAS |            |       |                                 |
|-------------------------------|----------------|---------------|-----------------|----------|-----------------|---------------|-------------------|------------|-------|---------------------------------|
| PROTECCIÓN (1+1)              |                |               |                 |          |                 |               |                   |            |       |                                 |
| CENTRAL                       | RIOBAMBA NORTE | NODO ORIENTAL | RIOBAMBA CENTRO | NODO SUR | NODO OCCIDENTAL | TOTAL PUERTOS | TRABAJO           | PROTECCIÓN | TOTAL | Cantidad de puertos por tarjeta |
| RIOBAMBA NORTE                |                | 0             | 2               | 0        | 0               | 2             | 1                 | 1          | 2     | 4xSTM1o                         |
| NODO ORIENTAL                 | 0              |               | 1               | 0        | 0               | 1             | 1                 | 1          | 2     | 4xSTM1o                         |
| RIOBAMBA CENTRO               | 1              | 1             |                 | 1        | 1               | 4             | 1                 | 1          | 2     | 4xSTM1o                         |
| NODO SUR                      | 0              | 0             | 1               |          | 0               | 1             | 1                 | 1          | 2     | 4xSTM1o                         |
| NODO OCCIDENTAL               | 0              | 0             | 1               | 0        |                 | 1             | 1                 | 1          | 2     | 4xSTM1o                         |
| TOTAL                         | 1              | 1             | 5               | 1        | 1               | 9             | 5                 | 5          | 10    |                                 |

Tabla IV-XXXIV Matriz de Tráfico E1, protección y cantidad de puertos por tarjeta a ser suministradas

| MATRIZ E1 A CROSS CONECTAR ANILLOS PERIFERICOS |                |                  |          |               |                 |          |                 |             |                 |        |               | CANTIDAD TARJETAS |            |       |                                 |
|--|----------------|------------------|----------|---------------|-----------------|----------|-----------------|-------------|-----------------|--------|---------------|-------------------|------------|-------|---------------------------------|
| Protección (1:N)                               |                |                  |          |               |                 |          |                 |             |                 |        |               |                   |            |       |                                 |
| CENTRAL  | RIOBAMBA NORTE | NODO LAS ACACIAS | RIOBAMBA | NODO ORIENTAL | RIOBAMBA CENTRO | NODO SUR | NODO OCCIDENTAL | NODO ESPOCH | NODO MEDIA LUNA | CHAMBO | TOTAL PUERTOS | TRABAJO           | PROTECCIÓN | TOTAL | Cantidad de puertos por tarjeta |
| RIOBAMBA                                       |                | 0                | 0        | 0             | 20              | 50       | 49              | 0           | 0               | 0      | 119           | 2                 | 1          | 2     | 63xE1                           |

|                    |     |   |   |   |     |    |    |   |   |    |     |    |    |    |       |
|--------------------|-----|---|---|---|-----|----|----|---|---|----|-----|----|----|----|-------|
| NORTE              |     |   |   |   |     |    |    |   |   |    |     |    |    |    |       |
| NODO LAS ACACIAS   | 0   |   | 0 | 0 | 5   | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 5   | 1  | 1  | 2  | 32xE1 |
| NODO COL. RIOBAMBA | 0   | 0 |   | 0 | 5   | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 5   | 1  | 1  | 2  | 32xE1 |
| NODO ORIENTAL      | 0   | 0 | 0 |   | 5   | 0  | 0  | 0 | 0 | 0  | 5   | 1  | 1  | 2  | 32xE1 |
| RIOBAMBA CENTRO    | 20  | 5 | 5 | 5 |     | 25 | 26 | 5 | 5 | 18 | 114 | 2  | 1  | 3  | 63xE1 |
| NODO SUR           | 50  | 0 | 0 | 0 | 25  |    | 0  | 0 | 0 | 0  | 75  | 2  | 1  | 3  | 32xE1 |
| NODO OCCIDENTAL    | 49  | 0 | 0 | 0 | 26  | 0  |    | 0 | 0 | 0  | 75  | 2  | 1  | 3  | 32xE1 |
| NODO ESPOCH        | 0   | 0 | 0 | 0 | 5   | 0  | 0  |   | 0 | 0  | 5   | 1  | 1  | 2  | 32xE1 |
| NODO MEDIA LUNA    | 0   | 0 | 0 | 0 | 5   | 0  | 0  | 0 |   | 0  | 5   | 1  | 1  | 2  | 32xE1 |
| CHAMBO             | 0   | 0 | 0 | 0 | 18  | 0  | 0  | 0 | 0 |    | 18  | 1  | 1  | 2  | 32xE1 |
| TOTAL              | 119 | 5 | 5 | 5 | 114 | 75 | 75 | 5 | 5 | 18 | 426 | 14 | 10 | 23 |       |

Tabla IV-XXXV Matriz Conectores BNC para E1 adicionales a los materiales de instalación.

| CONECTORES BNC PARA INSTALACIÓN HACIA LA CENTRAL O ABONADOS DE DATOS |                |                  |                    |               |                 |          |                 |             |                 |        |       |
|--|----------------|------------------|--------------------|---------------|-----------------|----------|-----------------|-------------|-----------------|--------|-------|
| CENTRAL  | RIOBAMBA NORTE | NODO LAS ACACIAS | NODO COL. RIOBAMBA | NODO ORIENTAL | RIOBAMBA CENTRO | NODO SUR | NODO OCCIDENTAL | NODO ESPOCH | NODO MEDIA LUNA | CHAMBO | TOTAL |
| TOTAL E1'S   | 119            | 5                | 5                  | 5             | 114             | 75       | 75              | 5           | 5               | 18     | 426   |
| TOTAL CONECTORES TIPO BNC  | 476            | 20               | 20                 | 20            | 456             | 300      | 300             | 20          | 20              | 72     | 1704  |

Tabla IV-XXXVI Matriz de Tráfico DS3/E3, protección y cantidad de puertos por tarjeta a ser suministradas

| MATRIZ DS3/E3 A CROSS CONECTAR |       |         |          |               |        |          |            |             |      |        |               | CANTIDAD TARJETAS DS3/E3 |            |       |
|--------------------------------|-------|---------|----------|---------------|--------|----------|------------|-------------|------|--------|---------------|--------------------------|------------|-------|
| PROTECCIÓN (1:N)               |       |         |          |               |        |          |            |             |      |        |               | TRABAJO                  | PROTECCIÓN | TOTAL |
| CENTRAL                        | NORTE | ACACIAS | RIOBAMBA | NODO ORIENTAL | CENTRO | NODO SUR | OCCIDENTAL | NODO ESPOCH | LUNA | CHAMBO | TOTAL PUERTOS |                          |            |       |
| RIOBAMBA NORTE                 |       | 1       | 1        | 0             | 0      | 0        | 0          | 1           | 0    | 0      | 3             | 1                        | 1          | 2     |
| NODO LAS ACACIAS               | 1     |         | 2        | 0             | 0      | 0        | 0          | 0           | 0    | 0      | 3             | 1                        | 1          | 2     |

|                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |    |    |
|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|----|----|
| NODO COL. RIOBAMBA | 1 | 2 |   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3  | 1 | 1  | 2  |
| NODO ORIENTAL      | 0 | 0 | 0 |   | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2  | 1 | 1  | 2  |
| RIOBAMBA CENTRO    | 0 | 0 | 0 | 0 |   | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 1 | 1  | 2  |
| NODO SUR           | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |   | 0 | 0 | 0 | 0 | 2  | 1 | 1  | 2  |
| NODO OCCIDENTAL    | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |   | 0 | 0 | 0 | 1  | 1 | 1  | 2  |
| NODO ESPOCH        | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   | 0 | 0 | 1  | 1 | 1  | 2  |
| NODO MEDIA LUNA    | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   | 0 | 0  | 0 | 1  | 1  |
| CHAMBO             | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |   | 0  | 0 | 1  | 1  |
| TOTAL              | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 16 | 8 | 10 | 18 |

Tabla IV-XXXVII Matriz Conectores BNC DS3/E3 suministradas

|                           |                |                  |                    |               |                 |          |                 |             |                 |        |       |
|---------------------------|----------------|------------------|--------------------|---------------|-----------------|----------|-----------------|-------------|-----------------|--------|-------|
| CENTRAL                   | RIOBAMBA NORTE | NODO LAS ACACIAS | NODO COL. RIOBAMBA | NODO ORIENTAL | RIOBAMBA CENTRO | NODO SUR | NODO OCCIDENTAL | NODO ESPOCH | NODO MEDIA LUNA | CHAMBO | TOTAL |
| TOTAL DS3'S               | 3              | 4                | 3                  | 2             | 1               | 2        | 1               | 1           | 0               | 0      | 18    |
| TOTAL CONECTORES TIPO BNC | 12             | 16               | 12                 | 8             | 4               | 8        | 4               | 4           | 0               | 0      | 72    |

Tabla IV-XXXVIII Matriz de Tráfico FE, protección y cantidad de puertos por tarjeta a ser suministradas

| MATRIZ FE A CROSS CONECTAR ANILLOS PERIFERICOS |                |                  |                    |               |                 |          |                 |             |                 |        |               | CANTIDAD TARJETAS 8xFE |            |       |
|--|----------------|------------------|--------------------|---------------|-----------------|----------|-----------------|-------------|-----------------|--------|---------------|------------------------|------------|-------|
| PROTECCIÓN (1:N)                               |                |                  |                    |               |                 |          |                 |             |                 |        |               |                        |            |       |
| CENTRAL  | RIOBAMBA NORTE | NODO LAS ACACIAS | NODO COL. RIOBAMBA | NODO ORIENTAL | RIOBAMBA CENTRO | NODO SUR | NODO OCCIDENTAL | NODO ESPOCH | NODO MEDIA LUNA | CHAMBO | TOTAL PUERTOS | TRABAJO                | PROTECCIÓN | TOTAL |
| RIOBAMBA NORTE                                 |                | 1                | 1                  | 1             | 2               | 1        | 1               | 1           | 1               | 1      | 10            | 2                      | 2          | 4     |
| NODO LAS ACACIAS                               | 1              |                  | 0                  | 0             | 2               | 0        | 0               | 0           | 0               | 0      | 3             | 1                      | 1          | 2     |
| NODO COL. RIOBAMBA                             | 1              | 0                |                    | 0             | 2               | 0        | 0               | 0           | 0               | 0      | 3             | 1                      | 1          | 2     |
| NODO ORIENTAL                                  | 1              | 0                | 0                  |               | 2               | 0        | 0               | 0           | 0               | 0      | 3             | 1                      | 1          | 2     |

|                 |    |   |   |   |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
|-----------------|----|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| RIOBAMBA CENTRO | 2  | 2 | 2 | 2 |    | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 17 | 3  | 3  | 6  |
| NODO SUR        | 1  | 0 | 0 | 0 | 2  |   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3  | 1  | 1  | 2  |
| NODO OCCIDENTAL | 1  | 0 | 0 | 0 | 2  | 0 |   | 0 | 0 | 0 | 0 | 3  | 1  | 1  | 2  |
| NODO ESPOCH     | 1  | 0 | 0 | 0 | 2  | 0 | 0 |   | 0 | 0 | 0 | 3  | 1  | 1  | 2  |
| NODO MEDIA LUNA | 1  | 0 | 0 | 0 | 2  | 0 | 0 | 0 |   | 0 | 0 | 3  | 1  | 1  | 2  |
| CHAMBO          | 1  | 0 | 0 | 0 | 1  | 0 | 0 | 0 | 0 |   | 0 | 2  | 1  | 1  | 2  |
| TOTAL           | 10 | 3 | 3 | 3 | 17 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 50 | 13 | 13 | 26 |

Tabla IV-XXXIX Matriz de Tráfico GE, protección y cantidad de puertos por tarjeta a ser suministradas

| MATRIZ GE A CROSS CONECTAR |                |                  |          |               |                 |          |                 |             |                 |        |               | CANTIDAD TARJETAS GE 1000BASE-LX |            |       |                     |
|----------------------------|----------------|------------------|----------|---------------|-----------------|----------|-----------------|-------------|-----------------|--------|---------------|----------------------------------|------------|-------|---------------------|
| PROTECCIÓN (1+1)           |                |                  |          |               |                 |          |                 |             |                 |        |               |                                  |            |       |                     |
| CENTRAL                    | RIOBAMBA NORTE | NODO LAS ACACIAS | RIOBAMBA | NODO ORIENTAL | RIOBAMBA CENTRO | NODO SUR | NODO OCCIDENTAL | NODO ESPOCH | NODO MEDIA LUNA | CHAMBO | TOTAL PUERTOS | TRABAJO                          | PROTECCIÓN | TOTAL | puertos por tarjeta |
| RIOBAMBA NORTE             |                | 0                | 0        | 0             | 1               | 0        | 0               | 0           | 0               | 0      | 1             | 1                                | 1          | 2     | 2xGE                |
| NODO LAS ACACIAS           | 0              |                  | 0        | 0             | 1               | 0        | 0               | 0           | 0               | 0      | 1             | 1                                | 1          | 2     | 2xGE                |
| NODO COL. RIOBAMBA         | 0              | 0                |          | 0             | 1               | 0        | 0               | 0           | 0               | 0      | 1             | 1                                | 1          | 2     | 2xGE                |
| NODO ORIENTAL              | 0              | 0                | 0        |               | 1               | 0        | 0               | 0           | 0               | 0      | 1             | 1                                | 1          | 2     | 2xGE                |
| RIOBAMBA CENTRO            | 1              | 1                | 1        | 1             |                 | 1        | 1               | 1           | 1               | 1      | 9             | 5                                | 5          | 10    | 2xGE                |
| NODO SUR                   | 0              | 0                | 0        | 0             | 1               |          | 0               | 0           | 0               | 0      | 1             | 1                                | 1          | 2     | 2xGE                |
| NODO OCCIDENTAL            | 0              | 0                | 0        | 0             | 1               | 0        |                 | 0           | 0               | 0      | 1             | 1                                | 1          | 2     | 2xGE                |
| NODO ESPOCH                | 0              | 0                | 0        | 0             | 1               | 0        | 0               |             | 0               | 0      | 1             | 1                                | 1          | 2     | 2xGE                |
| NODO MEDIA LUNA            | 0              | 0                | 0        | 0             | 1               | 0        | 0               | 0           |                 | 0      | 1             | 1                                | 1          | 2     | 2xGE                |
| CHAMBO                     | 0              | 0                | 0        | 0             | 1               | 0        | 0               | 0           | 0               |        | 1             | 1                                | 1          | 2     | 2xGE                |
| TOTAL                      | 1              | 1                | 1        | 1             | 9               | 1        | 1               | 1           | 1               | 1      | 18            | 14                               | 14         | 28    |                     |

## **CAPÍTULO V**

### **DISEÑO Y ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO**

#### **4.1 Características de los Equipos en los nodos**

##### **4.1.1 Riobamba Centro – Riobamba Norte**

###### **4.1.1.1 UMG 8900**

###### **4.1.1.1.1 Funciones UMG8900:**

- ✓ Servir como “trunk gateway” (TG);
- ✓ Actuar como “Access gateway” (AG);
- ✓ Soporta gateway de señalización (SG) interno;
- ✓ Conmutador NGN.

###### **4.1.1.1.2 Estructura UMG 8900**

UMG8900 puede dividirse en dos partes:

- ✓ conmutación de servicios (SSM)



- ✓ acceso de usuario.

#### 4.1.1.1.2.1 Modulo de Conmutación de Servicios (SSM):

Ejecuta el procesamiento de formato de flujo de tráfico y su conmutación. Actúa como TG o como switch en NGN.

##### a) Vista Frontal del Gabinete del SSM



Figura V-42: Vista Frontal del Gabinete de UMG8900

##### b) Estructura de SSM

Service switching module (SSM) del UMG8900 consiste de 4 partes:

- ✓ **Frame Principal de Control**

Funciones de gestión y mantenimiento de todo el dispositivo. Soporta acceso y procesamiento de servicios simultáneamente.

- ✓ **Frame de Servicios**

Proporciona funciones de procesamiento de servicios de portadora

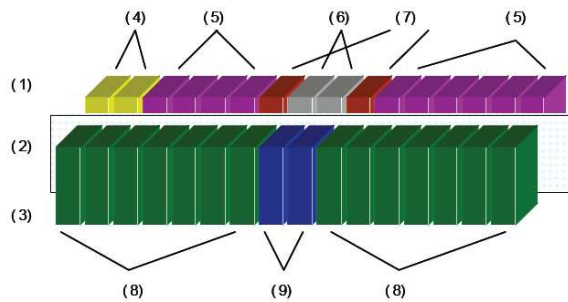
- ✓ **Frame Central de Conmutación**

Cascada multi-frame( $\geq 3$  frames).

✓ **Frame de Control Extendido**

Empleado cuando el equipo está al máx. de su configuración. No soporta acceso ni funciones de proceso, pero provee control de conexiones

**c) Organización de tarjetas en frame SSM**



**Figura V-43: Distribución de tarjetas en SSM**

**Tabla V-XL Tarjetas en frame SSM**

|                                      |   |                                       |                               |
|--------------------------------------|---|---------------------------------------|-------------------------------|
| (1) Tarjetas Traseras                | (2) Backplane   | (3) Tarjetas frontales                | (4) Unidad de Reloj           |
| (5) Tarjetas de Interfaz y Servicios |   | (6) Unidad de Conmutación de Paquetes | (7) Unidad de Conmutación TDM |
| (8) Tarjetas de Servicios            | (9) Unidad Operación y Mantenimiento / Unidad Procesamiento Principal |                                       |                               |

**4.1.1.1.2.2 Modulo de Acceso de Usuario (UAM):**

Proporciona funcionalidades de acceso integrado Narrowband-Broadband para usuarios.

Actúa como AG.

**4.1.1.1.3 Arquitectura Software del UMG8900**

El sistema software del UMG8900 consiste de dos partes principales:

- ✓ Host
- ✓ LMT

El software LMT y el módulo BAM del software Host, proyectados en una estructura cliente/servidor, son responsables por el mantenimiento de rutina y gestión del equipo.

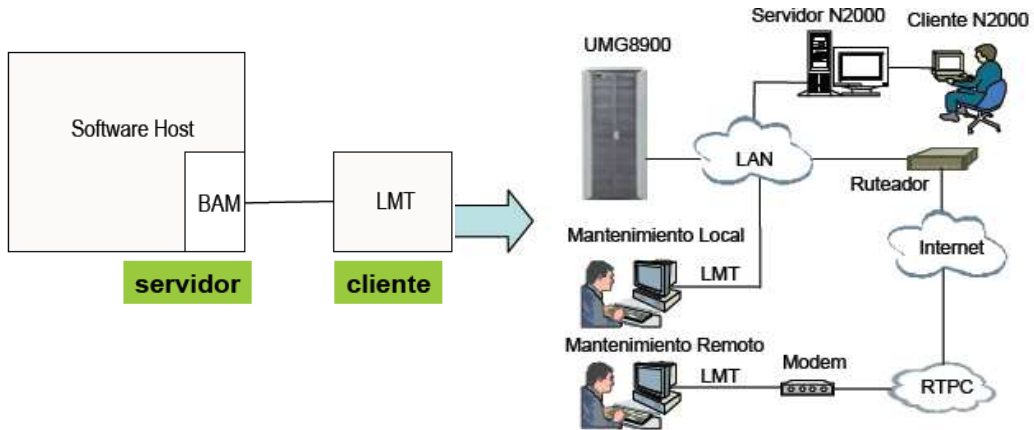


Figura V-44: Arquitectura Software del UMG 8900

#### 4.1.1.2 ROUTER NE40-8



Figura V-45: Apariencia de NE40/80

##### 4.1.1.2.1 Especificaciones de NE40/80

- ✓ Capacidad de Conmutación: 64Gbps
- ✓ Ejecución de forwarding 48Mbps
- ✓ Slots de servicio 8
- ✓ Capacidad de Puerto 64Gbps

##### 4.1.1.2.2 Descripción del Equipo

- ✓ Unidad de ruteo y conmutación SRU (Switch a routing unit)
- ✓ Tarjeta de Línea LC (Line card).

- ✓ Unidad de Procesamiento de servicios SPU (Services processing unite)

#### 4.1.1.2.2.1 Unidad de Ruteo y conmutación SRU

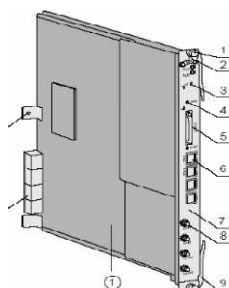


Figura V-46: NE40 - SRU

SRU constituye el núcleo del sistema de control y administración.

SRU consiste de la Unidad de Procesamiento principal MPU (Main Processing Unit), equipos de conmutación y módulos de reloj.

Tabla V-XLI Características SRU

| ITEM             | PARÁMETRO                                 |
|------------------|---|
| Interfaz Externa | Interfaz de consola: RJ45                 |
|                  | Interfaz auxiliar: RJ45                   |
|                  | 10/100BASE-TX: RJ45                       |
| Procesador       | 366 MHz                                   |
| Memoria          | 512 MB que pueden ser actualizados a 1 GB |
| Disco Duro       | 20 GB                                     |
| Flash            | 16 B                                      |

#### 4.1.1.2.2.2 Tarjeta de Línea LC 40E/80E/5000E

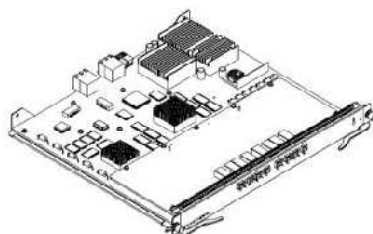


Figura V-47: Tarjetas de Línea NE router

- ✓ (LPUE) Unidad B de procesamiento de Línea

- ✓ (LPUF) Tarjeta flexible de LPU (Unidad de procesamiento de línea)

Las series NE40 soportan los siguientes LPU's:

- ✓ Interfaz Ethernet (puertos Gigabit Ethernet, 100M Ethernet, 10 GigaBit Ethernet Eléctricas/ópticas)
- ✓ Interfaz POS (puertos STM1, STM4, STM16, STM64 eléctricas/ópticas)
- ✓ Interfaz CPOS
- ✓ Interfaz ATM
- ✓ Interfaz RPR (Resilient Packet Ring)
- ✓ Interfaz E1
- ✓ LPU SPCB Interfaces Híbridas de NE40 para proporcionar una serie de multi servicios.

#### **4.1.1.2.3 Capacidad de Ruteo poderosa**

i. Presenta robustez en sus protocolos, amplia capacidad, y alta confiabilidad en sus procesos.

ii. Anillo de paquetes adaptable RPR (Resilient Packet Ring) Self Healing (Protección sobre si mismo)

Soporta 2 modos de recuperación de datos: Wrap y Steering

- ✓ En caso de fallo instantáneo, el sistema adopta modo Wrap de forma que se conmuta inmediatamente sobre la protección de enlace.
- ✓ Después que el sistema se estabiliza, edopta el modo Steering, con esto el uso de ancho de banda se mejora y el sistema presenta alta eficiencia y confiabilidad.

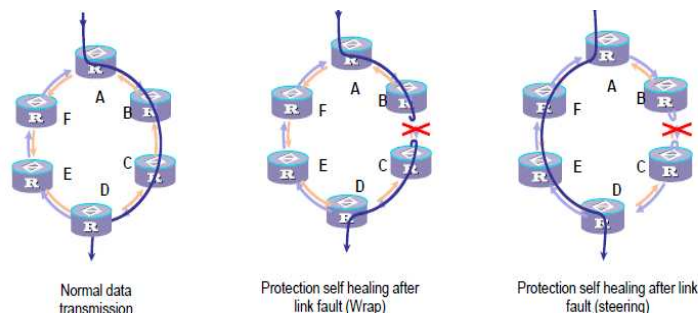


Figura V-48: NE40- Protección Self healing MPLS

MPLS NE40/80 router como solución de redes ópticas es primordial puesto que el backbone de la red se puede distribuir en diferentes topologías como estrella , anillo o a su vez una combinación de ambas, teniendo así distintos niveles de red como nacional, provincial, local, lo que se traduce en topologías como anillos ópticos de menor escala de forma que resulta una gran full mesh la cual proporciona conectividad con amplios rangos de eficiencia calidad y seguridad.

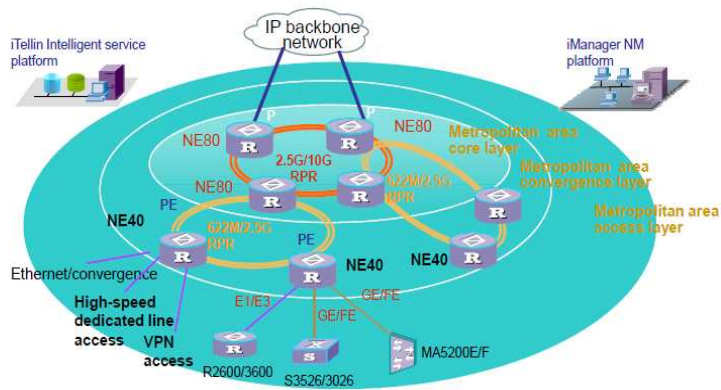


Figura V-49: Interconexión de red median MPLS NE

#### 4.1.2 Nodo Oriental – Media Luna – Las Acacias – Espoch – Colegio Riobamba (Señalización IP)

##### 4.1.2.1 Router Switch CX600

CX600 MSP (Metro Services Platform) Plataforma de Servicios Metro es un producto Ethernet que se enfoca en servicios de acceso, agregación y transmisión en áreas metro, puede proporcionar interfaces Ethernet, PoS, RPR,ATM, y E3/t3.

##### 4.1.2.1.1 Familia CX600



Figura V-50: Familia CX600 router

##### 4.1.2.1.2 Especificaciones de CX600-16

Tabla V-XLII Especificaciones CX600 Router

| CX600-16                    | Current  |
|-----------------------------|----------|
| Backplane Capacity          | 4Tbps    |
| Switching Capacity          | 2.56Tbps |
| Port Capacity (full duplex) | 640Gbps  |
| Throughput 16X10G           | 800Mpps  |

##### 4.1.2.1.3 Tipos de Unidades de CX600

- ✓ MPU
- ✓ SFU
- ✓ LPU

✓ SPU

**a) MPU de CX600**



Figura V-51: MPU de CX600

✓ Sistema de control y administración

✓ Sistema de unidad de reloj de conmutación Síncrona

**b) SFU de CX600**

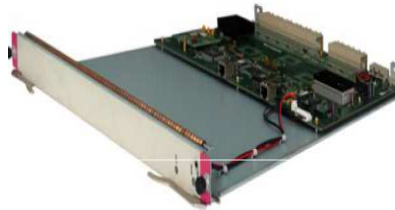


Figura V-52: SFU de CX600

Las SFU's utilizan la estructura de conmutación de desbloqueo para cambiar datos sobre la base de Huawei en los Chips ASIC.

**c) LPU de CX600**

✓ Soporta Interfaz Ethernet

- 10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T; T-RJ45 interface
- 100BASE-FX/1000BASE-X-SPF Interfaz óptica LPU
- 10G Ethernet Interfaz óptica LPU

✓ Interfaz Óptica POS-SPF (STM1c/STM4c/STM16c/STM64c)

✓ Interfaz Óptica RPR-SFP LPU (STM16c/STM64c)



- ✓ Interfaz LPUF/LPUF-D/LPUF-10/LPUF-20/LPUF-21 y FPIC (STM-1c ATM-SFP/E3/T3/CE1-RJ45/CT1-RJ45/OC/10GBase LAN/WAN-XFP/100BaSE FX/1000Base-X-SPF/10Base-T/100Base-TX/1000Base-T Interfaz electronic FPIC/OC-192c/STM-64c POS-XFP FPIC)

**d) SPU de CX600**



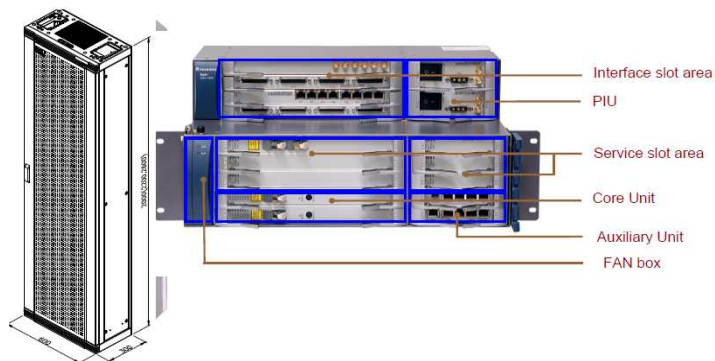
**Figura V-53: SPU de CX600**

La unidad de procesamiento de servicios implementa la función NetStream relacionado al flujo de información en la red, procesa servicios relacionado al protocolo de túnel para VPNs GRE (Generic Routing Encapsulation) y multicast VPNs (Virtual Private Networks) refiriéndose a que los datos multicast pueden ser transmitidos entre VPNs a través de la red backbone en base a MPLS o BGP (Border Gateway Protocol).

**4.1.3 Nodo Sur/Nodo Occidental (Señalización v5.2)**

**4.1.3.1 NG-SDH OPTIX OSN1500**

**4.1.3.1.1 Cabina y sub compartimentos**



**Figura V-54: Cabina y sub compartimento de Optix OSN 1500**

#### 4.1.3.1.2 Especificaciones OPTIX OSN1500

- ✓ Nombre Genérico: Optix OSN 1500 Sistema Inteligente de conmutación Óptica
- ✓ Forma parte de las series NG-SDH Optix OSN
- ✓ Sistema de Conmutación de acceso o convergencia óptica
- ✓ Aplicación a nivel de red: Capa de Convergencia y Capa de acceso
- ✓ OSN: Optical Switch Node

#### 4.1.3.1.3 Arquitectura del Sistema

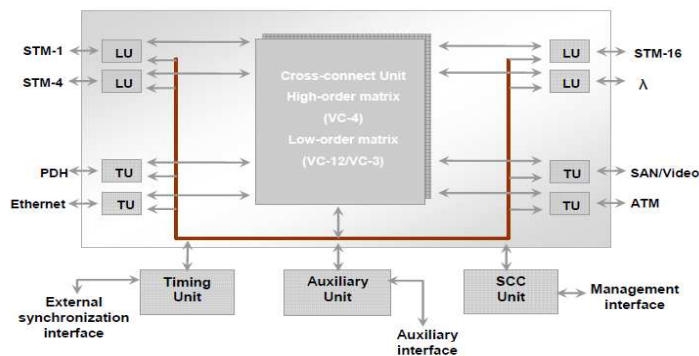


Figura V-55: Arquitectura del Sistema

#### 4.1.3.1.4 Acceso de Multiservicios y Amplia Capacidad

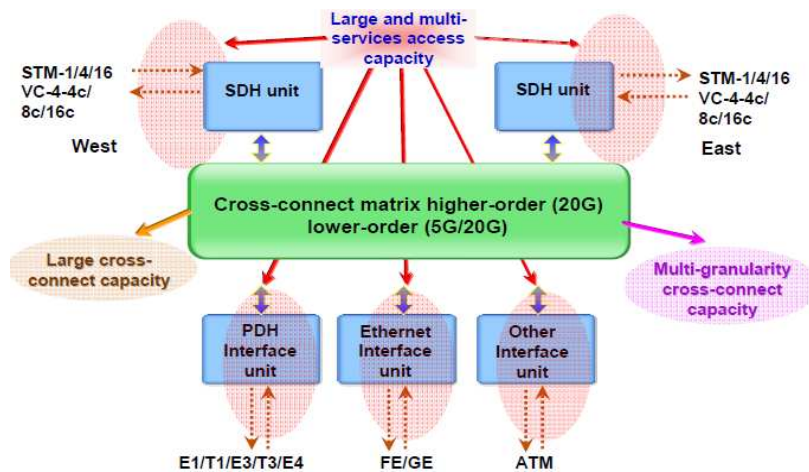


Figura V-56: Acceso de multiservicios y gran capacidad

#### 4.1.3.1.5 Unidades de Optix OSN 1500

- ✓ SDH Unit, PDH Unit, Ethernet Unit, ATM Unit, MST Unit, WDM Unit, Core Unit, Auxiliary Unit

#### 4.1.3.1.6 Elementos de Red Comunes y Configuración

- ✓ Multiplexor Terminal (TM)
- ✓ Multiplexor Add and drop (ADM)
- ✓ Multiplexor Multi-add and drop (MADM)
- ✓ Regenerador

##### a) Multiplexor Terminal TM

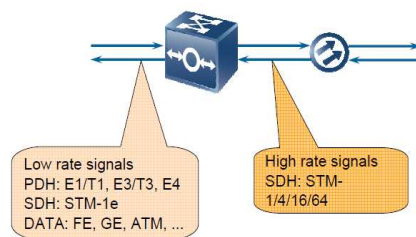


Figura V-57: Multiplexor Terminal TM

##### b) Multiplexor Add and drop (ADM)

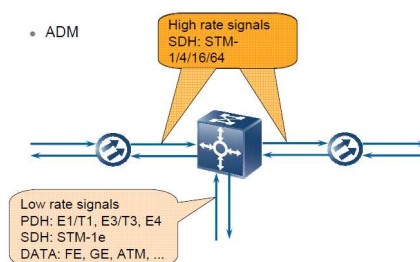


Figura V-58: Add and Drop Multiplexer ADM

c) **Multiplexor Multi-add and drop (MADM)**

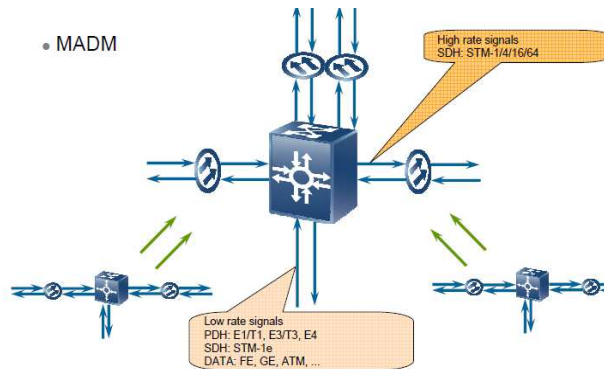


Figura V-59: Multiplexor Multi-add and drop MADM

d) **Regenerador**

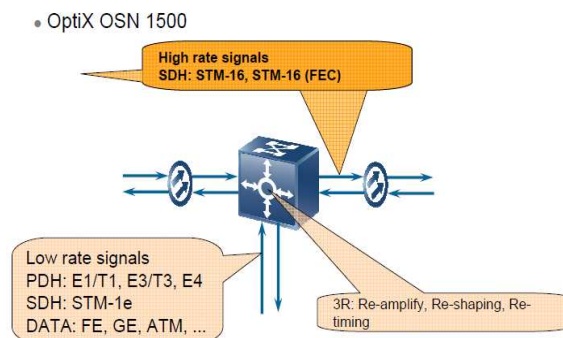


Figura V-60: Regenerador de Optix OSN 1500

4.1.4 **AMG'S que Integran Cada uno de los Nodos**

El Access Media Gateway (AMG) es una clase superior de Media Gateway o Pasarela de Medios (El media gateway proporciona el transporte de voz, datos, fax y video entre la Red IP y la red PSTN), y es importante porque reemplazan las tarjetas de línea TDM de los switches.

Hay varios subtipos de Access Media Gateways, mostrando diferentes acercamientos a las redes de telecomunicaciones. Un subtipo muy importante son las Pasarelas de Acceso Multiservicio MSAG (Multiservice Access Gateway), también conocida como Nodos de Acceso

Multiservicio MSANs (Multiservice Access Nodes), los cuales brindan servicios de banda ancha y Triple Play, soportando una migración fluida a tecnologías NGN.

Cada uno de los diferentes nodos que componen la red de la CNT EP conectan varios puntos, los cuales permiten la conexión a los diversos abonados, estos puntos son los denominados AMG's que incluyen equipos MSAN UA5000; en la actualidad con un incremento en la demanda de servicios tales como voz, datos, video, y multimedia, la necesidad de equipamiento para la red de acceso de larga capacidad, y servicios de alta calidad y capacidad es imperativa debido a esto los mencionados equipos nos permiten lograr dichos requerimientos.



Figura V-61: Apariencia de UA5000

#### 4.1.4.1 Servicios Especializados de UA5000

- ✓ Servicios de voz PSTN
- ✓ Servicios de voz sobre IP (VoIP)
- ✓ Servicios de Banda Ancha
- ✓ Servicios de Circuitos Privado

#### 4.1.4.2 Disposición de la Red

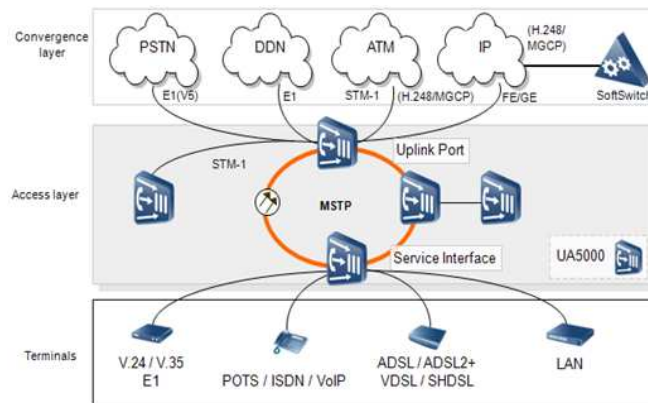


Figura V-62: Disposición en la red de UA5000

#### 4.1.4.3 Estructura de los armarios UA5000

Existen dos tipos de AMG's

- a. Indoor
- b. Outdoor

##### 4.1.4.3.1 In door

Está compuesto por:

- ✓ Estructura Lógica
- ✓ Implementación Hardware
- ✓ Estructura de Bus

##### 1. Estructura Lógica

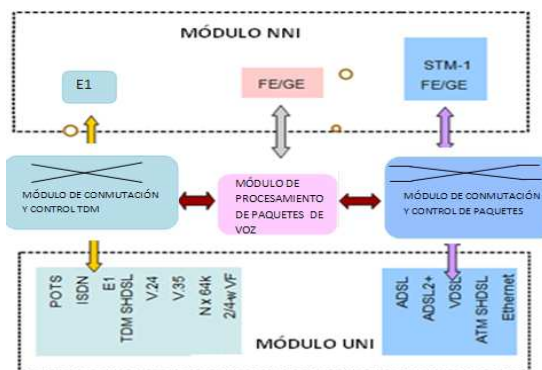


Figura V-63: Estructura Lógica de UA5000

## 2. Implementación Hardware

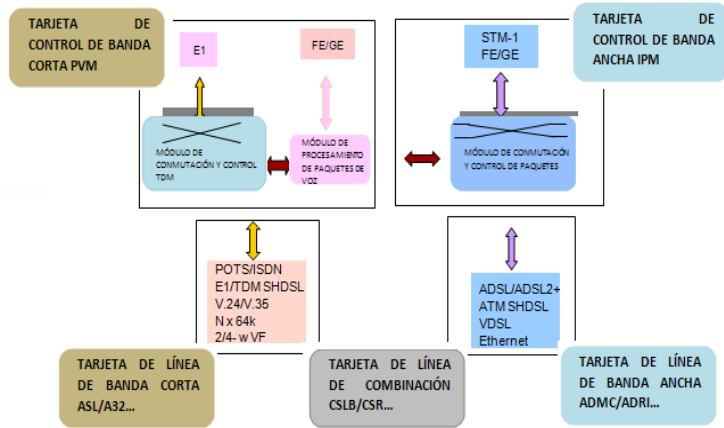


Figura V-64: Implementación Hardware de UA5000

## 3. Estructura de Bus

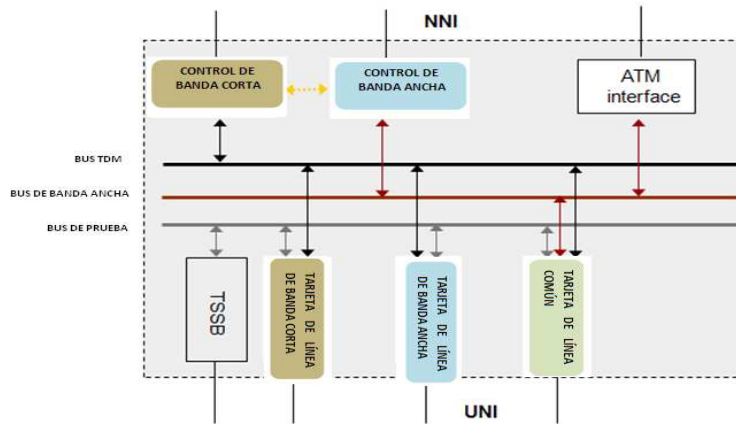


Figura V-65: Estructura de Bus de UA5000

### 4.1.4.4 UA5000 Hardware

#### 4.1.4.4.1 Shelves (Bastidores)

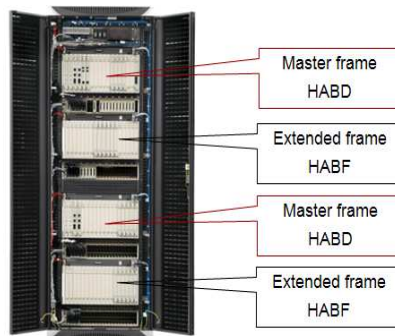


Figura V-66: Bastidores de UA5000

#### 4.1.4.4.2 Conexiones Shelves

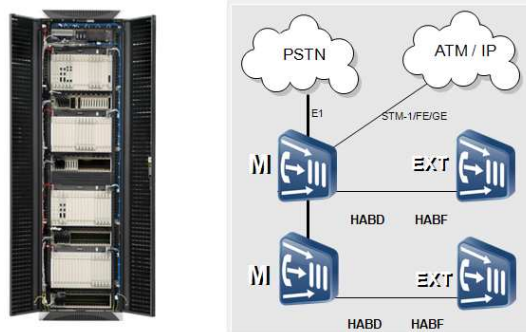


Figura V-67: Conexión de bastidores de UA5000

#### 4.1.4.5 Tarjetas UA5000

##### 4.1.4.5.1 Tarjetas de Control

- ✓ Tarjeta de Control de Banda Corta: PVMB
- ✓ Tarjeta de Control de Banda Ancha: IPMB

##### 4.1.4.5.2 Tarjetas de Línea

- ✓ Banda Corta: ASL, A32...
- ✓ Banda Ancha: ADMC, ADRI...
- ✓ Combo: CSLB, CSRI

## 4.2 Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica

### 4.2.1 Metodología Constructiva – Fibra Óptica

Entre las metodologías existentes aplicadas a nivel mundial en la implementación de enlaces de fibra óptica, las aplicadas son:

- ✓ Canalizada (Urbana e Interurbana)
- ✓ Directamente Enterrada
- ✓ Aérea



## 4.2.2 Clasificación de las Fibra Ópticas

### 4.2.2.1 Fibras Ópticas Multimodo

Son aquellas que pueden guiar y transmitir varios modos de propagación. Las fibras multimodo tienen un núcleo mayor que permite facilidad de manejo de empalmes y el empleo de equipamientos básicos de transmisión.

Las fibras multimodo se empleen dentro de ambientes de edificios comerciales, oficinas, bancos y dependencias donde la distancia entre centros de cableado es inferior a los 2 Km.

### 4.2.2.2 Fibras Ópticas Monomodo

Son aquellas que por su especial diseño pueden guiar y transmitir en un solo modo de propagación y poseen un ancho de banda muy elevado.

La fibra óptica monomodo se utiliza para las conexiones urbanas e interurbanas. Actualmente se utiliza la fibra óptica monomodo en prácticamente todas las aplicaciones debido a su mejor ancho de banda y por costos.

## 4.2.3 Fibra Óptica que se emplea en los Proyectos

Fibra óptica **monomodo** que se utiliza en la red corresponde a dos tipos:



- ✓ En lo que concierne a los parámetros de las fibras para las necesidades específicas de las **redes de acceso**, éstos deben cumplir con las especificaciones de la Recomendación G.652D de UIT-T o superior dentro del estándar.
- ✓ En lo que concierne a los parámetros de las fibras ópticas monomodo para largas distancias o enlaces troncales, para aplicaciones terrestres y submarinas éstos deben ser conformes con Rec. UIT-T G.655.




#### 4.2.4 Descripción general de los cables de Fibra Óptica

##### 4.2.4.1 Tipos de cable

Cuando se diseña un proyecto con fibra óptica se debe considerar el cable apropiado para la aplicación de acuerdo con el siguiente cuadro:

Tabla V-XLIII Tipos de cables de Fibra Óptica

| NOMBRE / IMAGEN  | DESCRIPCIÓN   | APLICACIÓN  | CAPACIDAD   |
|--|---|---|---|
| <b>LOOSE TUBE</b><br>(tubo holgado)<br> | Las fibras se encuentran dentro de un buffer (tubo de plástico), de manera holgada. Los buffers se encuentran alrededor de un elemento central. | Redes acometidas canalizadas, aéreas con sujeción y directamente enterrada. | Manejan altas capacidades de cables. (6 a 96 hilos) |
| <b>CENTRAL LOOSE TUBE</b><br>           | Contienen un solo buffer central.   | Recomendados para redes acometidas canalizadas                              | Manejan bajas capacidades de cables hasta 12 hilos. |
| <b>AEREO – ADSS</b><br>                | Puede ser tipo loose tube o central loose tube. No tiene partes metálicas.  | Se utiliza para tendidos aéreo.   | Manejan altas capacidades de cables. (6 a 96 hilos) |
| <b>AEREO – FIGURA 8</b><br>           | Su nombre se debe a su forma física. Consta de un mensajero de acero pegado al cable. (cubierto por la misma chaqueta)                          | Se utiliza para tendidos aéreo.   | Manejan altas capacidades de cables. (6 a 96 hilos) |

| NOMBRE / IMAGEN   | DESCRIPCIÓN   | APLICACIÓN   | CAPACIDAD                                 |
|---|---|--|---|
| <b>CABLE PLANO</b><br> | Es de forma ovalada-plana, fácil manipuleo, liviano. Suele ser tipo central loose tube.   | Se utiliza para acometidas.  | Bajas capacidad de cables hasta 24 fibras |
| <b>PATCHCORDS</b><br>  | Se constituye por un hilo de fibra con una chaqueta de 2 mm y 2 conectores en los extremos.   | Los patchords conectan el ODF con el equipo activo.  | 2 fibras                                  |
| <b>PIGTAILS</b><br>    | El pigtail es un hilo de fibra con una cubierta de 900 um, sus longitudes son variables y pueden tener cualquier tipo de adaptador. | Se fusiona con un hilo del cable de fibra óptica y conectarse a un adaptador del ODF, tienen conector solo en uno de sus extremos. | 1 fibra                                   |

#### 4.2.5 Aplicaciones para cables de Fibra Óptica

##### 4.2.5.1 Aplicaciones canalizadas

Se caracteriza por tener una armadura metálica para protección contra roedores y resistencia mecánica.

Puede ser de tipo:

- ✓ Loose tube o central loose tube
- ✓ Incluso el cable aéreo ADSS (All Dielectric Self-supported) teniendo tramos con todas las protecciones como triductos y tapones adecuados para fibra para que la protección de polietileno sea complementada.

#### 4.2.5.2 Aplicaciones aéreas

Para aplicaciones aéreas se cuenta con 2 tipos de cable:

- ✓ Figura 8
- ✓ ADSS (All Dielectric Self-supported) no tiene mensaje

#### 4.2.6 Principales características de los cables de fibra óptica

Tabla V-XLIV Aspectos generales de la red de Acceso y Red Troncal

| Tipo de Red   | Tipo de fibra | Cable de fibra para tendido                             |   |   | Número de Fibras en el cable  |
|---------------|---------------|---|---|---|---|
|               |               | aéreo   | canalizado  | Directamente enterrado  |   |
| Red de acceso | UIT-T G.652   | Figura 8 vano máximo de 80 m, ó ADSS vano máximo ≤ 200m | Loose Tube, central loose tube con o sin armadura o cable plano | Loose Tube, central loose tube ambos con armadura y cable plano | Cables de 48 fibras para el área de alimentación (Backbone), 12 a 24 fibras para el área de distribución y Cables de 6 para llegar al cliente |
| Red Troncal   | UIT-T G.655   | ADSS construcción para vanos mayores a 200 m            | Loose Tube con armadura,  | Loose Tube, con armadura  | Cables de 48 a 96 fibras  |

#### 4.2.7 Tendido de cable

##### 4.2.7.1 Aspectos generales

- ✓ Distancia media de la central al abonado: 300-5000 mts.
- ✓ Distancia máxima de la central al abonado: 2-30 km.
- ✓ Tipo de instalación: principalmente en conductos.

#### 4.2.7.2 Tendido canalizado

El uso de los ductos se optimiza, instalando subconductos de menor diámetro (40mm) en número de hasta 3 (triducto).

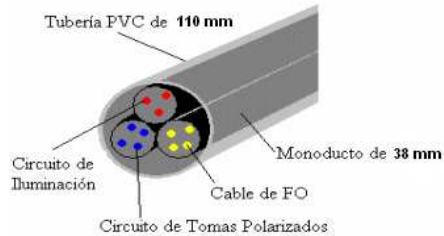


Figura V-68: Canalización ducto con triducto

#### 4.2.7.3 Materiales

- ✓ Se emplea manguera corrugada para recubrir el cable de fibra óptica en pozos (excepto en los que se ubique reserva o empalme), trayectos en túneles y/o cárcamos hasta el rack del ODF.



Figura V-69: Manguera corrugada

- ✓ Se considera 3 metros de manguera corrugada por pozo más la longitud de acceso en el túnel y/o cárcamo hasta el rack del ODF.

#### 4.2.7.4 Identificador del enlace

- ✓ Se consideran un identificador por pozo más 1 identificador cada 3 metros en acceso a túnel y/o cárcamo hasta el rack del ODF.

#### 4.2.7.5 Tapones de anclaje y sellado

| CIEGOS  | ABIERTOS O SIMPLEX  | N-FURCADOS.  |
|---|---|--|
| Son aquellos que se usan para bloquear el ducto que queda libre en un triducto o biducto. | Son aquellos que ajusta la fibra al ducto.  | Son aquellos que fijan los ductos a la tubería PVC                                 |
|          |  |  |

Figura V-70: Tapones de anclaje y sellado

- ✓ Se emplea un tapón N-furcado por cada tubería PVC que contiene al triducto, un tapón ciego por cada ducto que no se utiliza y 1 tapón guía o abierto está definida por el número de extremos de subductos con cable instalado.
- ✓ En caso de no contar con tapones, se puede usar provisionalmente espuma expansiva.

#### 4.2.7.6 Tendido para canalización interurbana

Este tipo de infraestructura considera tramos continuos de triducto en longitudes determinadas, enlazados mediante cámaras premoldeadas de hormigón instaladas a 0,5m bajo el nivel natural del terreno.

Tabla V-XLV Tendido para canalización Interurbana

| Profundidad a la que se debe enterrar el triducto | Cámaras premoldeadas de hormigón instaladas | Tramos de Triducto entre cámaras premoldeadas |
|---|---|---|
| (0,8-1,20)m                                       | 0,5m bajo el nivel natural del terreno      | 500m  |

La identificación de las cámaras se realiza mediante un señalador de hormigón denominado monolito, el cual debe instalarse en las cercanías de la cámara que identifica, debe contener los datos de numeración de cámara, coordenadas de ubicación y progresiva del cable desde la central de inicio del enlace.

#### 4.2.7.7 Tendido Aéreo

Tabla V-XLVI Postería

| Postería de Hormigón (Altura) | Tipo de cable a utilizar | Longitud máxima entre postes | Requiere lazo de expansión |
|-------------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------|
| (9-10) m                      | Fig. 8                   | 25-80 m                      | No                         |
| (9-10) m                      | ADSS                     | 50-200 m                     | Si                         |

##### 4.2.7.7.1 Poste Proyectado

Se determina la instalación de postes aplicando el mismo criterio aplicado para proyección de postería para redes de cobre considerando que, dependiendo de las facilidades de la ruta, se puede determinar longitudes de poste a poste de hasta 200 metros para cable ADSS que soporte esa longitud de vano. Para enlaces de fibra óptica la postería nueva se proyecta de hormigón.

##### 4.2.7.7.2 Subida a poste: Se aplica el mismo criterio utilizado para redes de cobre.

Adicionalmente se incluye un tubo galvanizado de 3 metros de longitud de 2 pulgadas de diámetro para brindar protección adicional ante potenciales cortes ocasionados en el trayecto bajo de la subida del cable en los postes.

##### 4.2.7.7.3 Herrajes

Son accesorios de acero galvanizado cuya principal función es sujetar el cable al poste.

##### 4.2.7.7.3.1 Herrajes para cable autoportado figura 8

Para cable de fibra Óptica Figura 8, se utiliza los mismos tipos de herrajes (Tipo A o terminal y tipo B o de paso), y el mismo criterio que se usa para el tendido de cables de cobre; En la instalación regularmente se utiliza en conjunto con collarines o con cinta acerada.

##### a) Herraje Terminal (Tipo A)

Son aquellos usados en:

- ✓ El inicio y fin de trayecto aéreo (bajantes).

- ✓ Después de 2 herrajes de paso consecutivos en trayectos en línea recta.
- ✓ Extremos de cruces de quebradas o ríos.
- ✓ Cuando existe un cambio de dirección muy pronunciado (generalmente mayor a 8 grados)



Figura V-71: Herraje Terminal (tipo A)

#### b) Herraje de Paso (Tipo B)t

Son aquellos usados:

- ✓ Cuando únicamente se requiere sujetar el cable al poste, en tramos cortos o en tramos rectos



Figura V-72: Herraje de paso (tipo B) t

#### 4.2.7.7.3.2 Herrajes para cable ADSS

Para el cable ADSS, se utiliza otros tipos de herrajes tanto terminales como de paso y dispositivos adicionales para evitar oscilaciones del cable.

##### a) Preformados de retención o terminales

Los herrajes terminales permiten sujetar el cable de manera envolvente sobre su chaqueta haciendo curvaturas suaves a través de una mayor separación desde el poste, utilizando:

- ✓ El herraje tipo A básico (1) adicionando

- ✓ Brazos extensores (2) y
- ✓ Preformados (2) a cada lado del cable para sujeción todo esto compone el kit del herraje.

Se los instala cuando hay cambios de dirección y en los extremos del tendido (al inicio y final) y en tramos mayores a 100 metros.

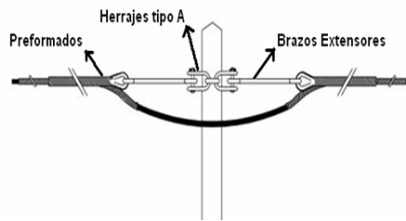


Figura V-73: Preformados de retención o terminales

#### b) Herrajes de Paso o Suspensión

Consiste en cajas de aluminio con un núcleo blando de caucho que permite la sujeción suave del cable

Los herrajes de paso permiten:

- ✓ Apoyar al cable en tramos que no producen ángulo en el punto de apoyo.
- ✓ Se debe colocar 1 por poste en tramos rectos.



Figura V-74: Herrajes de paso o suspensión

Para tramos rectos de cable se proyectará los herrajes de Retención (R) y suspensión (S) tanto para cable ADSS como fig. 8 de la siguiente manera:

2S 1R 2S 1R



#### **4.2.7.8 Empalmes**

##### **4.2.7.8.1 Empalmes canalizados (UIT-T. L35)**

- ✓ Se debe proyectar un empalme cada 4000m en cable canalizado.
- ✓ Longitud máxima de cable entre empalmes: 400-6000 m máx.
- ✓ Los empalmes se realizan también dependiendo de la longitud de la bobina, en el mercado existen de 3 a 7 Km máximo para cable ADSS, LOSE TUBE y para cable Fig. 8 bobinas de 5 Km, Estos valores son los que frecuentemente utiliza CNT.

##### **4.2.7.8.2 Empalmes aéreos.**

- ✓ Se debe realizar empalmes en las subidas a poste, cuando se requiere de cambio de tipo de cable de canalizado a aéreo, esto ocurre cuando la distancia de tendido aéreo es muy representativa con relación a la dimensión del tendido canalizado, para fines prácticos se debe empalmar si el tendido aéreo es mayor o igual a 2000m.
- ✓ Se deben realizar un empalme cada 2500 a 5000 metros en cable aéreo debido a los rendimientos estándar del tendido diario y la longitud de la bobina.

##### **4.2.7.9 Reservas de cable**

- ✓ En el pozo donde se encuentren las puntas de los cables instalados se deba considerar las reservas de cable suficientes para la ejecución del empalme de fibra óptica en la parte exterior. Una vez ejecutado el empalme, junto con las reservas del cable, es fijado en la loza del pozo.
- ✓ Se debe dejar suficiente holgura en un cable instalado para poder realizar empalmes e incluso reparaciones. Estas reservas de cable se las ubica en un pozo que se encuentre antes de un cruce de calle, y también dichas reservas puede ubicarlas en pozos cercanos donde empieza una subida a poste.

- ✓ En lo que se refiere a los cables aéreos de 12, 24, 48 y 96 fibras, en todos los diseños que se realizan con fibra se está empleando los cables aéreos ADSS G.652D (VANOS 120m). Adicionalmente considerar 30 mts o 50 mts. más por cada reserva, cruce, empalme.

**Tabla V-XLVII Reservas de cable**

| Tipo de Tendido    | Reserva   | Longitud (m)                                  |
|--------------------|---|---|
| Canalizado y Aéreo | En cada extremo o estación  | 30m   |
| Canalizado         | Por cada empalme exterior en pozos (15 metros en cada lado del empalme) | 30m   |
| Canalizado         | Del acceso en el túnel hasta el rack del ODF en cada estación           | 5% de la longitud total del enlace respectivo |
| Canalizado         | De tramos pozo a pozo   | 5% de la longitud total del enlace            |
| Aéreo              | De tramos poste a poste   | 10% de la longitud total del enlace           |
| Aéreo              | Longitud sobrante de cable en los puntos de empalme                     | 0,8-10 m                                      |

#### 4.2.7.10 Reservas de fibra

- ✓ Las reservas de hilos de fibra se las deja en el interior de la mangas de empalmes.
- ✓ Estas reservas de fibra servirán para atender a clientes futuros

#### 4.2.8 ODF (Distribuidor de Fibra Óptica)

Permite habilitar los hilos de fibra óptica del cable instalado a fin de conectorizarlos y conectarlos físicamente hacia las interfaces de los equipos de transmisión. Se proyecta un ODF por central o distribuidor.



**Figura V-75: ODF para Rack y ODF para mural**

#### **4.2.9 Determinación de Volúmenes de Obra**

##### **4.2.9.1 Canalización**

- ✓ Subconducto
- ✓ Tapones Trifurcados
- ✓ Tapones guías o abiertos
- ✓ Tapones ciegos o cerrados
- ✓ Manguera Corrugada
- ✓ Identificador del Enlace

##### **4.2.9.2 Postería**

- ✓ Postes Proyectados
- ✓ Herrajes Terminales (Tipo A y Preformados)
- ✓ Herrajes de Paso
- ✓ Retenidas
- ✓ Identificador del Enlace
- ✓ Subida a poste

##### **4.2.9.3 Fibra Óptica y Accesorios**

- ✓ Cable de fibra Óptica (Elegir de acuerdo a las especificaciones de Tipo de fibra)
- ✓ Rack de 19 Pulgadas
- ✓ ODF (Óptical Distribution Frame) **1 por estación**
- ✓ Empalme Aéreo o Canalizado
- ✓ Portareservas

### 4.3 Levantamiento Planimetría de Red Existente de CNT EP en la ciudad de Riobamba

#### 4.3.1 Planimetría Red de Nodos Existentes de CNT EP Riobamba

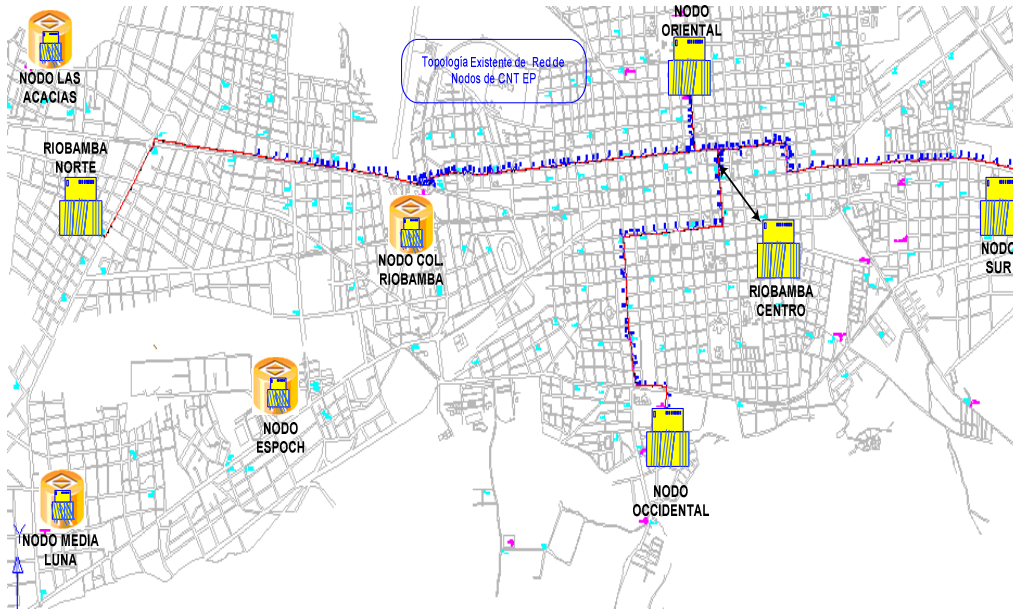


Figura V-76: Planimetría Red de Nodos Existentes de CNT EP Riobamba

#### 4.3.2 Planimetría Red existente del Nodo Oriental y sus correspondientes AMG's

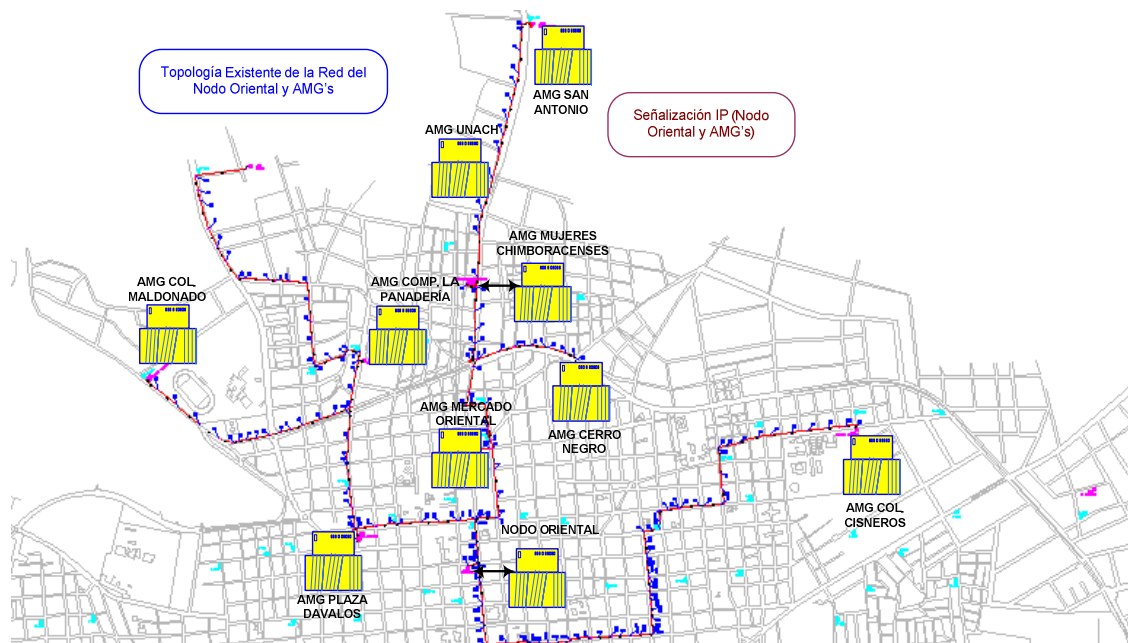


Figura V-77: Planimetría Red existente del Nodo Oriental y sus correspondientes AMG's

### 4.3.3 Planimetría Red existente del Nodo Occidental y sus correspondientes AMG's

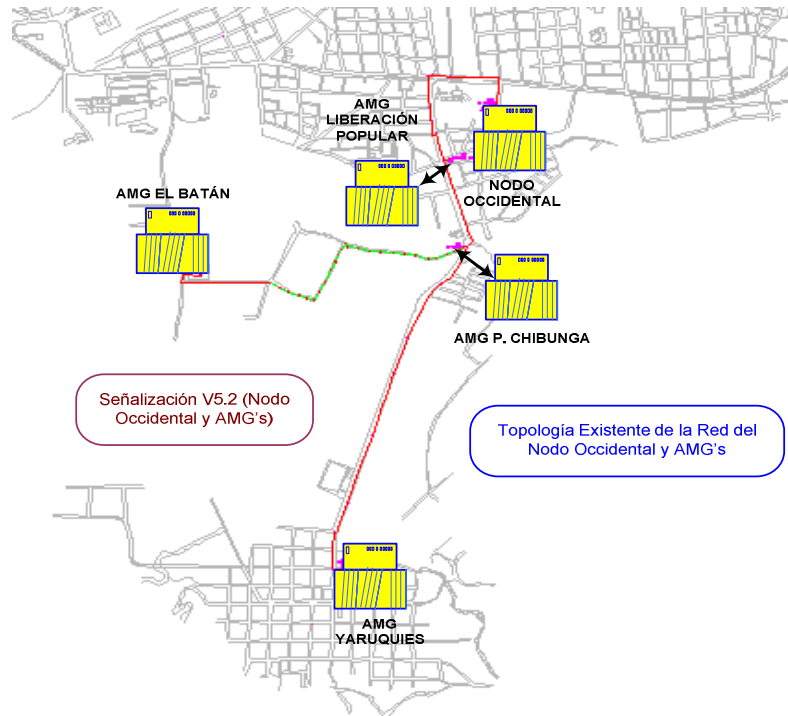


Figura V-78: Planimetría Red existente del Nodo Occidental y sus correspondientes AMG's

### 4.3.4 Planimetría Red existente del Nodo Sur y sus correspondientes AMG's

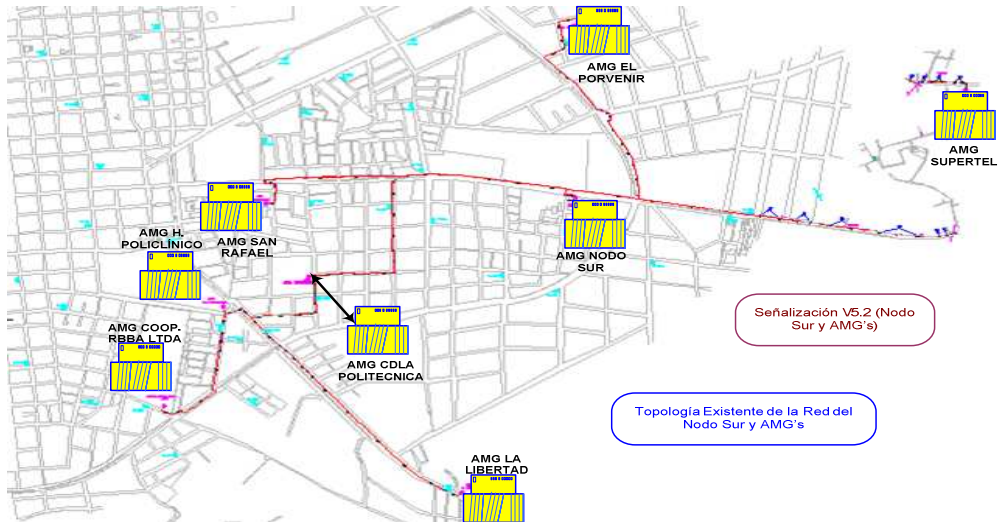


Figura V-79: Planimetría Red existente del Nodo Sur y sus Correspondientes AMG's

#### 4.4 Diseño del Sistema de Anillos Metropolitanos con Fibra Óptica para CNT en la Ciudad de Riobamba.

##### 4.4.1 Diseños Red De Anillos Ópticos

##### 4.4.1.1 Anillos Entre Nodos

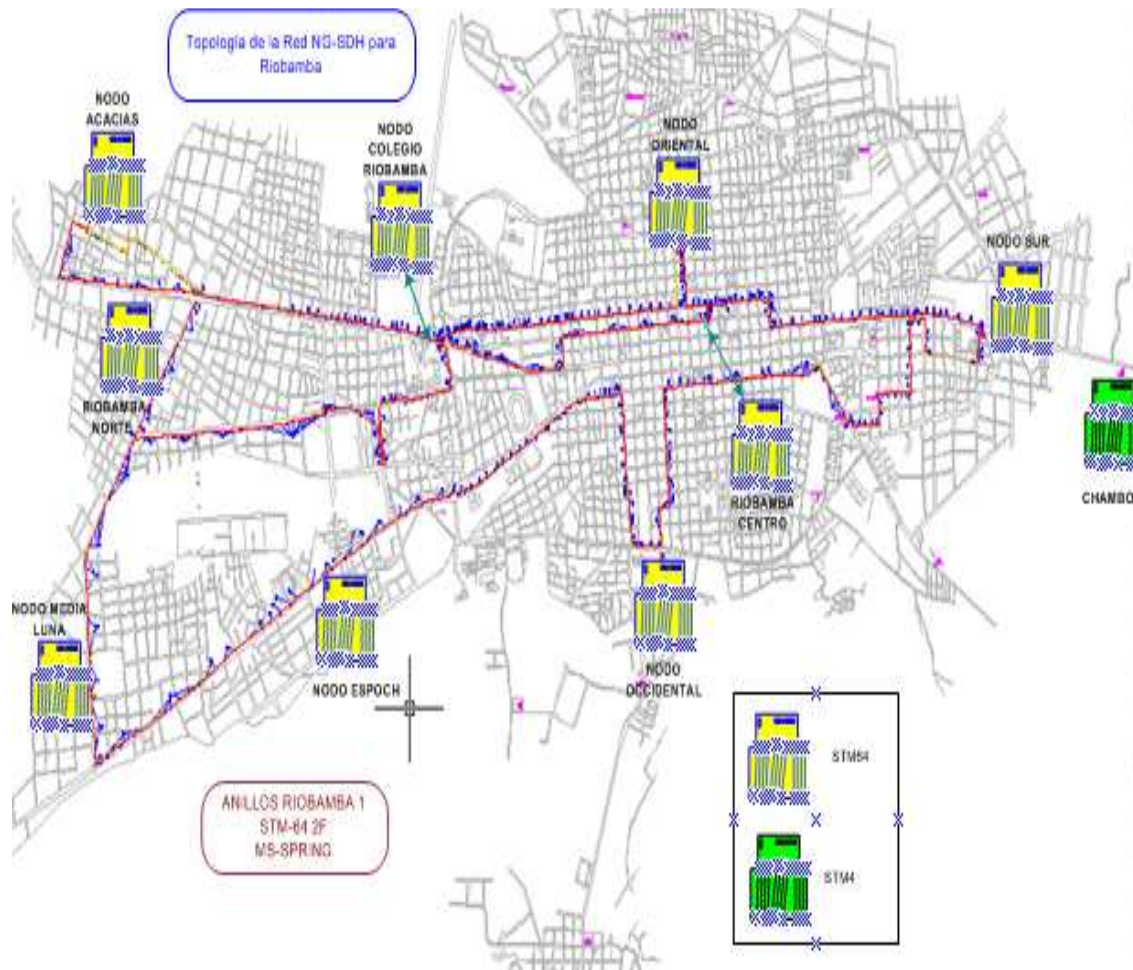


Figura V-80: Anillos Entre Nodos



#### 4.4.2 Anillos Entre AMG'S Del Nodo Oriental

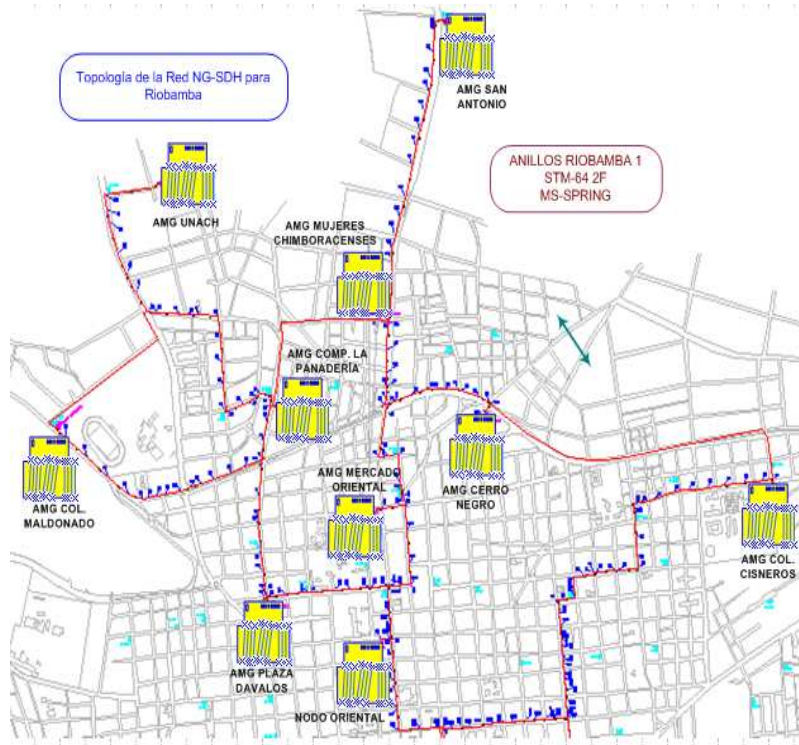


Figura V-81: Anillos Entre AMG'S Del Nodo Oriental

#### 4.4.3 Anillos Entre AMG'S Del Nodo Occidental



Figura V-82: Anillos Entre AMG'S Del Nodo Occidental

#### 4.4.4 Anillos Entre AMG'S Del Nodo Sur



Figura V-83: Anillos Entre AMG'S Del Nodo Sur

#### 4.5 Volumenes de Obra

##### 4.5.1 Nodo Espoch – Nodo Occidental

##### 4.5.1.1 Proyecto – Plano Esquemático

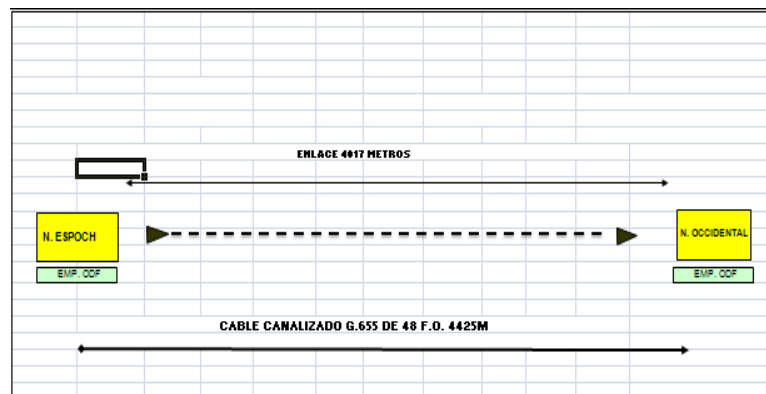


Figura V-84: Plano Esquemático – Nodo Occidental



4.5.1.2 Materiales – Proyecto Enlace Óptico

| ÍTEM   | DETALLE   | CANTIDAD             | UNIDAD | PRECIO UNITARIO \$ | TOTAL               |
|--|---|----------------------|--------|--------------------|---------------------|
| <b>UNIDADES DE PLANTA DE FIBRA ÓPTICA</b>                      |   |                      |        |                    |                     |
| FO4  | IDENTIFICADOR ACRÍLICO DE FIBRA ÓPTICA  | 67                   | u      | 5,17               | \$ 346,39           |
| FO12   | INSTALACIÓN DE MANGUERA CORRUGADA   | 201                  | m      | 1,71               | \$ 343,71           |
| FO48   | SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE HERRAJE TIPO A PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS        | 0                    | u      | 12,53              | \$ 0,00             |
| FO52   | SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE HERRAJE TIPO B CONICO PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS | 0                    | u      | 16,42              | \$ 0,00             |
| FO36   | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PATCH CORD DUPLEX                                   | 192                  | m      | 27,44              | \$ 5.268,48         |
| FO50   | SUMINISTRO Y FUSIÓN DE PIGTAIL FC/PC G655 EN ODF                                | 96                   | u      | 8,28               | \$ 794,88           |
| FO18   | INSTALACIÓN DE ODF48 PUERTOS G655   | 2                    | u      | 1.019,42           | \$ 2.038,84         |
| FO25   | PRUEBA DE TRANSMISIÓN FIBRA ÓPTICA (POR PUNTA Y POR FIBRA )                     | 96                   | PTO    | 8,10               | \$ 777,60           |
| FO101  | TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 48 F.O MONOMODO G 655                               | 4000                 | m      | 5,87               | \$ 23.480,00        |
| FO36   | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PATCH CORD DUPLEX                                   | 192                  | m      | 27,44              | \$ 5.268,48         |
| FO50   | SUMINISTRO Y FUSIÓN DE PIGTAIL FC/PC G655 EN ODF                                | 96                   | u      | 8,28               | \$ 794,88           |
| FO36   | RACK DE PISO ABIERTO 2,2 MX19" DE 44 UNIDADES                                   | 2                    | u      | 220,97             | \$ 441,94           |
|  |   | <b>SUB-TOTAL (1)</b> |        |                    | <b>\$ 39.555,20</b> |
| <b>UNIDADES DE PLANTA SIMPLES-CANALIZACIÓN</b>                 |   |                      |        |                    |                     |
| CS64   | TAPON SIMPLE PARA FIBRA OPTICA ( TAPON GUIA 1 1/4 " )                           | 138,00               | u      | 10,54              | 1.454,52            |
| CS62   | TAPON CIEGO PARA DUCTO  | 276,00               | u      | 16,44              | 4.537,44            |
| CS65   | TAPON TRIFURCADO PARA DUCTO   | 138,00               | u      | 32,08              | \$ 4.427,04         |
| CS66   | TRIDUCTO (DENTRO DE CANALIZACION)   | 3960,00              | m      | 5,64               | \$ 22.334,40        |
|  |   | <b>SUB-TOTAL (2)</b> |        |                    | <b>\$ 32.753,40</b> |
| <b>CONSTRUCCION DE REDES DE ACCESO</b>                         |   |                      |        |                    |                     |
| RA69   | CATASTROS   | 96                   | Hoja   | 3,56               | \$ 341,76           |
| RA160  | PLANO DE OBRA   | 2                    | m2     | 34,65              | \$ 69,30            |
|  |   | <b>SUB-TOTAL (3)</b> |        |                    | <b>\$ 411,06</b>    |
|  |   |                      |        |                    |                     |
| <b>TOTAL (\$) = SUBTOTAL (1) + SUBTOTAL (2) + SUBTOTAL (3)</b> |   |                      |        |                    | <b>\$ 72.719,66</b> |

4.5.1.3 Memoria Técnica

|               | CABLE CANALIZADO |               |               |                |                |               |               |               |
|---------------|------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
|               | CANALIZ          | FACT          | RESERVA       | SUBT.          | TRIDUC         | C/A           | T/G           | T/C           |
| <b>SUBT.1</b> | <b>4000,00</b>   | <b>102,00</b> | <b>270,00</b> | <b>4372,00</b> | <b>3960,00</b> | <b>138,00</b> | <b>138</b>    | <b>276,00</b> |
| <b>TOTAL</b>  | <b>4000,00</b>   | <b>102,00</b> | <b>270,00</b> | <b>4372,00</b> | <b>3960,00</b> | <b>138,00</b> | <b>138,00</b> | <b>276,00</b> |

Total Aéreo: 0  
 Total Canalizado: 4372,00

**4.5.2 Nodo Acacias – Nodo Colegio Riobamba**

**4.5.2.1 Proyecto – Plano Esquemático**

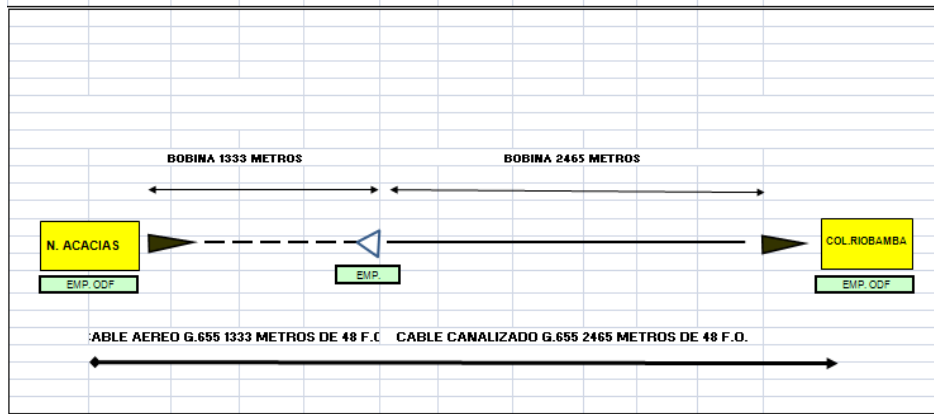


Figura V-85: Plano Esquemático Nodo Col. Riobamba

**4.5.2.2 Materiales- Proyecto Enlace Óptico**

| ÍTEM                                      | DETALLE   | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO \$ | TOTAL        |
|---|---|----------|--------|--------------------|--------------|
| <b>UNIDADES DE PLANTA DE FIBRA ÓPTICA</b> |   |          |        |                    |              |
| FO11                                      | IDENTIFICADOR ACRÍLICO DE FIBRA ÓPTICA CANALIZADO 8x4                           | 35       | u      | 5,17               | \$ 180,95    |
| FO12                                      | IDENTIFICADOR ACRÍLICO DE FIBRA ÓPTICA AEREO 12x6                               | 33       | u      | 5,78               | \$ 190,74    |
| FO46                                      | SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE HERRAJE TIPO A PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS        | 18       | u      | 12,53              | \$ 225,54    |
| FO47                                      | SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE HERRAJE TIPO B CONICO PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS | 15,00    | u      | 11,74              | \$ 176,10    |
| FO39                                      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PREFORMADO TRES CEROS PARA CABLE ADSS               | 34,00    | u      | 5,67               | \$ 192,78    |
| FO18                                      | INSTALACIÓN DE MANGUERA CORRUGADA   | 105      | m      | 1,71               | \$ 179,55    |
| FO36                                      | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PATCH CORD DUPLEX                                   | 192      | m      | 27,44              | \$ 5.268,48  |
| FO50                                      | SUMINISTRO Y FUSIÓN DE PIGTAIL FC/PC G655 EN ODF                                | 96       | u      | 8,28               | \$ 794,88    |
| FO26                                      | INSTALACIÓN DE ODF48 PUERTOS G655   | 2        | u      | 1.019,42           | \$ 2.038,84  |
| FO25                                      | PRUEBA DE TRANSMISIÓN FIBRA ÓPTICA (POR PUNTA Y POR FIBRA )                     | 96       | PTO    | 8,10               | \$ 777,60    |
| FO44                                      | SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE EMPALME SUBTERRÁNEO POR FUSIÓN 48 FIBRAS ÓPTICAS      | 1        | u      | 465,71             | \$ 465,71    |
| FO74                                      | TENDIDO DE CABLE AEREO 48 F.O MONOMODO G 655 (VANOS 80m)                        | 1332,50  | m      | 4,58               | \$ 6.102,85  |
| FO97                                      | TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 48 F.O MONOMODO G 655                               | 2465,00  | m      | 5,87               | \$ 14.469,55 |
| FO104                                     | SUBIDA A POSTE PARA FIBRA OPTICA  | 2,00     | u      | 51,28              | \$ 102,56    |
| FO40                                      | RACK DE PISO ABIERTO 2,2 MX19" DE 44  | 2        | u      | 220,97             | \$ 441,94    |

|  |   |                      |                |       |                     |
|--|---|----------------------|----------------|-------|---------------------|
|  | UNIDADES  |                      |                |       |                     |
|  |   | <b>SUB-TOTAL (1)</b> |                |       | <b>\$ 31.608,07</b> |
| <b>UNIDADES DE PLANTA SIMPLES-CANALIZACIÓN</b>                 |   |                      |                |       |                     |
| <b>CS64</b>  | TAPON SIMPLE PARA FIBRA OPTICA ( TAPON GUIA 1 1/4 " ) | 66                   | u              | 10,54 | 695,64              |
| <b>CS62</b>  | TAPON CIEGO PARA DUCTO                                | 132                  | u              | 16,44 | 2.170,08            |
| <b>CS65</b>  | TAPON TRIFURCADO PARA DUCTO                           | 66                   | u              | 32,08 | \$ 2.117,28         |
| <b>CS66</b>  | TRIDUCTO (DENTRO DE CANALIZACION)                     | 0,00                 | m              | 5,64  | \$ 0,00             |
| <b>CC67</b>  | SUBIDA EXCAVACION Y DESALOJO                          | 1,73                 | m <sup>3</sup> | 3,23  | \$ 5,58             |
| <b>CC68</b>  | SUBIDA MANGUERA                                       | 7,2                  | m              | 2,76  | \$ 19,87            |
|  |   | <b>SUB-TOTAL (2)</b> |                |       | <b>\$ 5.008,45</b>  |
| <b>CONSTRUCCION DE REDES DE ACCESO</b>                         |   |                      |                |       |                     |
| <b>RA69</b>  | CATASTROS   | 96                   | Hoja           | 3,56  | \$ 341,76           |
| <b>RA160</b>   | PLANO DE OBRA   | 2                    | m2             | 34,65 | \$ 69,30            |
|  |   | <b>SUB-TOTAL (3)</b> |                |       | <b>\$ 411,06</b>    |
| <b>TOTAL (\$) = SUBTOTAL (1) + SUBTOTAL (2) + SUBTOTAL (3)</b> |   |                      |                |       | <b>\$ 37.027,58</b> |

|               | CABLE CANALIZADO |              |               |                |                |               |              |               |             |
|---------------|------------------|--------------|---------------|----------------|----------------|---------------|--------------|---------------|-------------|
|               | CANALIZ          | FACT         | RESERVA       | SUBT.          | TRIDUC         | C/A           | T/G          | T/C           | S.POSTE     |
| <b>SUBT.1</b> | <b>2234,00</b>   | <b>51,00</b> | <b>180,00</b> | <b>2465,00</b> | <b>2206,00</b> | 122,00        | <b>66</b>    | 132,00        | 6,40        |
| <b>TOTAL</b>  | <b>2234,00</b>   | <b>51,00</b> | <b>180,00</b> | <b>2465,00</b> | <b>2206,00</b> | <b>122,00</b> | <b>66,00</b> | <b>132,00</b> | <b>6,40</b> |

|               | CONST.         | CABLE AÉREO  |              |                |              |              |              |             |             |
|---------------|----------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
|               | D/POSTE        | FACT         | RESERVA      | SUBT.          | PREF         | H/A          | H/B          | H/F-A       | S/P         |
| <b>SUBT.1</b> | 1226,00        | 16,50        | 90,00        | 1332,50        | 34,00        | 18,00        | 15,00        | 2,00        | 2,00        |
| <b>TOTAL</b>  | <b>1226,00</b> | <b>16,50</b> | <b>90,00</b> | <b>1332,50</b> | <b>34,00</b> | <b>18,00</b> | <b>15,00</b> | <b>2,00</b> | <b>2,00</b> |

Total Aéreo: 1332,50

Total Canalizado: 2465,00

#### 4.6 Nodo Col. Riobamba – Nodo Oriental

##### 4.6.1 Proyecto Plano Esquemático

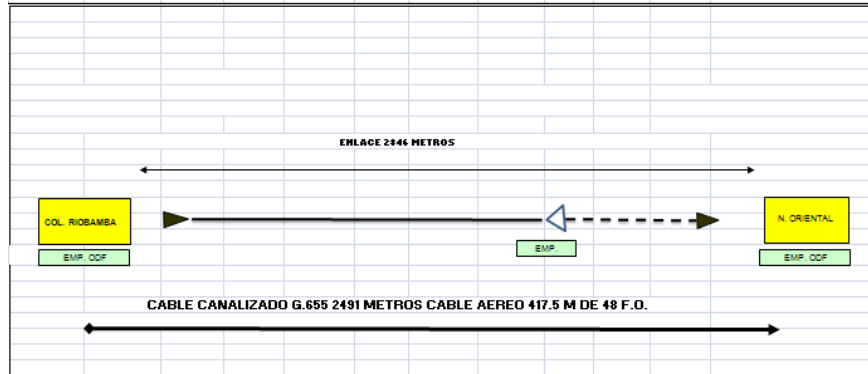


Figura V-86: Plano Esquemático Nodo Oriental

##### 4.6.2 Materiales – Proyecto Enlace Óptico

| ÍTEM   | DETALLE   | CANTIDAD             | UNIDAD | PRECIO UNITARIO \$ | TOTAL               |
|--|---|----------------------|--------|--------------------|---------------------|
| <b>UNIDADES DE PLANTA DE FIBRA ÓPTICA</b>      |   |                      |        |                    |                     |
| FO11   | IDENTIFICADOR ACRÍLICO DE FIBRA ÓPTICA 8x4                                      | 70                   | u      | 5,17               | \$ 361,90           |
| FO12   | IDENTIFICADOR ACRÍLICO DE FIBRA ÓPTICA 12x6                                     |                      |        |                    |                     |
| FO18   | INSTALACIÓN DE MANGUERA CORRUGADA   | 150                  | m      | 1,71               | \$ 256,50           |
| FO48   | SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE HERRAJE TIPO A PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS        | 11                   | u      | 12,53              | \$ 137,83           |
| FO52   | SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE HERRAJE TIPO B CONICO PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS | 10,00                | u      | 16,42              | \$ 164,20           |
| FO39   | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PREFORMADO TRES CEROS PARA CABLE ADSS               | 21,00                | u      | 5,67               | \$ 119,07           |
| FO26   | INSTALACIÓN DE ODF48 PUERTOS G655   | 2                    | u      | 1.019,42           | \$ 2.038,84         |
| FO44   | SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE EMPALME SUBTERRÁNEO POR FUSIÓN 48 FIBRAS ÓPTICAS      | 1                    | u      | 465,71             | \$ 465,71           |
| FO25   | PRUEBA DE TRANSMISIÓN FIBRA ÓPTICA (POR PUNTA Y POR FIBRA )                     | 96                   | PTO    | 8,10               | \$ 777,60           |
| FO36   | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PATCH CORD DUPLEX                                   | 192                  | m      | 27,44              | \$ 5.268,48         |
| FO50   | SUMINISTRO Y FUSIÓN DE PIGTAIL FC/PC G655 EN ODF                                | 96                   | u      | 8,28               | \$ 794,88           |
| FO104  | SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA  | 2                    | u      | 53,02              | \$ 106,04           |
| FO74   | TENDIDO DE CABLE AEREO 48 F.O MONOMODO G 655 (VANOS DE 80)                      | 417,50               | m      | 4,58               | \$ 1.912,15         |
| FO97   | TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 48 F.O MONOMODO G 655                               | 2491,00              | m      | 5,87               | \$ 14.622,17        |
| FO40   | RACK DE PISO ABIERTO 2,2 MX19" DE 44 UNIDADES                                   | 2                    | u      | 220,97             | \$ 441,94           |
|  |   | <b>SUB-TOTAL (1)</b> |        |                    | <b>\$ 27.467,31</b> |
| <b>UNIDADES DE PLANTA SIMPLES-CANALIZACIÓN</b> |   |                      |        |                    |                     |
| CS64   | TAPON SIMPLE PARA FIBRA OPTICA ( TAPON GUIA 1 1/4 " )                           | 11,00                | u      | 10,54              | 115,94              |
| CS62   | TAPON CIEGO PARA DUCTO  | 22,00                | u      | 16,44              | 361,68              |
| CS65   | TAPON TRIFURCADO PARA DUCTO   | 11,00                | u      | 32,08              | \$ 352,88           |
| CS66   | TRIDUCTO (DENTRO DE CANALIZACION)   | 2199                 | m      | 5,64               | \$                  |

|  |   |                      |                |        |                     |
|--|---|----------------------|----------------|--------|---------------------|
|  |   |                      |                |        | 12.402,36           |
| <b>CC50</b>  | POZO EN CALZADA DE 48 BLOQUES 2 CONVERGENCIAS | 1,00                 | u              | 815,17 | \$ 815,17           |
| <b>CC67</b>  | SUBIDA EXCAVACION Y DESALOJO                  | 8,40                 | m <sup>3</sup> | 3,23   | \$ 27,13            |
| <b>CC68</b>  | SUBIDA MANGUERA                               | 21                   | m              | 2,76   | \$ 57,96            |
|  |   | <b>SUB-TOTAL (2)</b> |                |        | <b>\$ 14.133,12</b> |
| <b>CONSTRUCCION DE REDES DE ACCESO</b>                         |   |                      |                |        |                     |
| <b>RA69</b>  | CATASTROS                                     | 96                   | Hoja           | 3,56   | \$ 341,76           |
| <b>RA160</b>   | PLANO DE OBRA                                 | 2                    | m2             | 34,65  | \$ 69,30            |
|  |   | <b>SUB-TOTAL (3)</b> |                |        | <b>\$ 411,06</b>    |
| <b>TOTAL (\$) = SUBTOTAL (1) + SUBTOTAL (2) + SUBTOTAL (3)</b> |   |                      |                |        | <b>\$ 42.011,49</b> |

#### 4.6.3 Memoria Técnica

|               | CABLE CANALIZADO |              |               | SUBT.          | TRIDUC        | C/A          | T/G          | T/C          |
|---------------|------------------|--------------|---------------|----------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|               | CANALIZ          | FACT         | RESERVA       |                |               |              |              |              |
| <b>SUBT.1</b> | <b>2254,00</b>   | <b>57,00</b> | <b>180,00</b> | <b>2160,00</b> | <b>187,00</b> | 11,00        | <b>11</b>    | 22,00        |
| <b>TOTAL</b>  | <b>2254,00</b>   | <b>57,00</b> | <b>180,00</b> | <b>2491,00</b> | <b>187,00</b> | <b>11,00</b> | <b>11,00</b> | <b>22,00</b> |

|               | CONST.        | CABLE AÉREO |              | SUBT.         | PREF         | H/A         | H/B          | H/F-A      |
|---------------|---------------|-------------|--------------|---------------|--------------|-------------|--------------|------------|
|               | D/POSTE       | FACT        | RESERVA      |               |              |             |              |            |
| <b>SUBT.1</b> | 412,00        | 5,50        | 30,00        | 447,50        | 21,00        | 11,00       | 10,00        | 1,00       |
| <b>TOTAL</b>  | <b>412,00</b> | <b>5,50</b> | <b>30,00</b> | <b>417,50</b> | <b>21,00</b> | <b>11,0</b> | <b>10,00</b> | <b>1,0</b> |

Total Aéreo: 417,50

Total Canalizado: 2491,00

4.7 Nodo Occidental – Nodo Sur

4.7.1 Proyecto Plano Esquemático

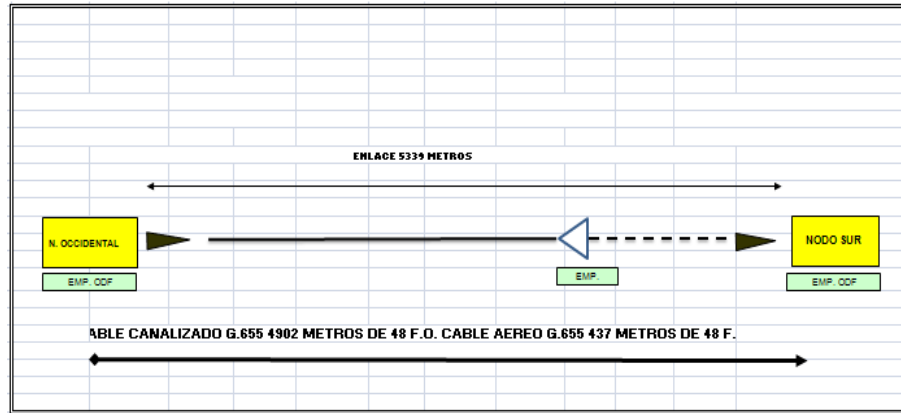


Figura V-87: Plano Esquemático Nodo Sur

4.7.2 Materiales Proyecto Enlace Óptico

| ÍTEM   | DETALLE   | CANTIDAD             | UNIDAD | PRECIO UNITARIO \$ | TOTAL               |
|--|---|----------------------|--------|--------------------|---------------------|
| <b>UNIDADES DE PLANTA DE FIBRA ÓPTICA</b>      |   |                      |        |                    |                     |
| FO11   | IDENTIFICADOR ACRÍLICO DE FIBRA ÓPTICA 8x4                                      | 88                   | u      | 5,17               | \$ 454,96           |
| FO12   | IDENTIFICADOR ACRÍLICO DE FIBRA ÓPTICA 12x6                                     | 9                    | u      | 5,78               | \$ 52,02            |
| FO48   | SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE HERRAJE TIPO A PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS        | 4                    | u      | 12,53              | \$ 50,12            |
| FO52   | SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE HERRAJE TIPO B CONICO PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS | 5,00                 | u      | 16,42              | \$ 82,10            |
| FO39   | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PREFORMADO TRES CEROS PARA CABLE ADSS               | 6,00                 | u      | 5,67               | \$ 34,02            |
| FO44   | SUMINISTRO Y EJECUCIÓN DE EMPALME SUBTERRÁNEO POR FUSIÓN 48 FIBRAS ÓPTICAS      | 1                    | u      | 465,71             | \$ 465,71           |
| FO36   | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PATCH CORD DUPLEX                                   | 192                  | m      | 27,44              | \$ 5.268,48         |
| FO50   | SUMINISTRO Y FUSIÓN DE PIGTAIL FC/PC G655 EN ODF                                | 96                   | u      | 8,28               | \$ 794,88           |
| FO104  | SUBIDA A POSTE PARA FIBRA ÓPTICA  | 2                    | u      | 53,02              | \$ 106,04           |
| FO18   | INSTALACIÓN DE MANGUERA CORRUGADA   | 264                  | m      | 1,71               | \$ 451,44           |
| FO26   | INSTALACIÓN DE ODF48 PUERTOS G655   | 2                    | u      | 1.019,42           | \$ 2.038,84         |
| FO25   | PRUEBA DE TRANSMISIÓN FIBRA ÓPTICA (POR PUNTA Y POR FIBRA )                     | 96                   | PTO    | 8,10               | \$ 777,60           |
| FO97   | TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 48 F.O MONOMODO G 655                               | 4902,00              | m      | 5,87               | \$ 28.774,74        |
| FO74   | TENDIDO DE CABLE AEREO 48 F.O MONOMODO G 655 (VANOS DE 80)                      | 437,00               | m      | 4,58               | \$ 2.001,46         |
| FO36   | RACK DE PISO ABIERTO 2,2 MX19" DE 44 UNIDADES                                   | 2                    | u      | 220,97             | \$ 441,94           |
|  |   | <b>SUB-TOTAL (1)</b> |        |                    | <b>\$ 41.794,35</b> |
| <b>UNIDADES DE PLANTA SIMPLES-CANALIZACIÓN</b> |   |                      |        |                    |                     |
| CS64   | TAPON SIMPLE PARA FIBRA OPTICA ( TAPON GUIA 1 1/4 " )                           | 170,00               | u      | 10,54              | 1.791,80            |
| CS62   | TAPON CIEGO PARA DUCTO  | 258,00               | u      | 16,44              | 4.241,52            |

|  |   |                      |                |        |                     |
|--|---|----------------------|----------------|--------|---------------------|
| CS65   | TAPON TRIFURCADO PARA DUCTO                 | 116,00               | u              | 32,08  | \$ 3.721,28         |
| CS66   | TRIDUCTO (DENTRO DE CANALIZACION)           | 3112,00              | m              | 5,64   | \$ 17.551,68        |
| CC41   | POZO EN ACERA DE 48 BLOQUES 2 CONVERGENCIAS | 1,00                 | u              | 743,75 | \$ 743,75           |
| CC20   | CANALIZACION ACERA 4 VIAS                   | 176,40               | m              | 31,35  | \$ 5.530,14         |
| CC28   | CANALIZACION CALZADA 4 VIAS                 | 10,00                | m              | 33,32  | \$ 333,20           |
| CC58   | ROTURA Y REPOSICION HORMIGON                | 280,64               | m <sup>2</sup> | 18,40  | \$ 5.163,78         |
| CC61   | ROTURA Y REPOSICION ASFALTO                 | 9,00                 | m <sup>2</sup> | 45,46  | \$ 409,14           |
|  |   | <b>SUB-TOTAL (2)</b> |                |        | <b>\$ 39.486,29</b> |
| <b>CONSTRUCCION DE REDES DE ACCESO</b>                         |   |                      |                |        |                     |
| RA69   | CATASTROS                                   | 96                   | Hoja           | 3,56   | \$ 341,76           |
| RA160  | PLANO DE OBRA                               | 2                    | m2             | 34,65  | \$ 69,30            |
|  |   | <b>SUB-TOTAL (3)</b> |                |        | <b>\$ 411,06</b>    |
| <b>TOTAL (\$) = SUBTOTAL (1) + SUBTOTAL (2) + SUBTOTAL (3)</b> |   |                      |                |        | <b>\$ 81.691,70</b> |

**4.7.3 Memoria Técnica**

|               | CABLE CANALIZADO |               |               |                |                |               |               |               | S.POSTE     |
|---------------|------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
|               | CANALIZ          | FACT          | RESERVA       | SUBT.          | TRIDUC         | C/A           | T/G           | T/C           |             |
| <b>SUBT.1</b> | <b>4029,00</b>   | <b>112,50</b> | <b>270,00</b> | <b>4411,50</b> | <b>2741,00</b> | <b>98,00</b>  | <b>148</b>    | <b>222,00</b> |             |
| <b>SUBT.2</b> | <b>444,00</b>    | <b>16,50</b>  | <b>30,00</b>  | <b>505,50</b>  | <b>371,00</b>  | <b>18</b>     | <b>22,00</b>  | <b>36,00</b>  | 402,00      |
| <b>TOTAL</b>  | <b>4473,00</b>   | <b>129,00</b> | <b>300,00</b> | <b>4902,00</b> | <b>3112,00</b> | <b>116,00</b> | <b>170,00</b> | <b>258,00</b> | <b>0,00</b> |

|               | CONST.        | CABLE AÉREO |              |               | N/POSTE | PREF        | H/A        | H/B         | H/F-A      | PP/H       |
|---------------|---------------|-------------|--------------|---------------|---------|-------------|------------|-------------|------------|------------|
|               | D/POSTE       | FACT        | RESERVA      | SUBT.         |         |             |            |             |            |            |
| <b>SUBT.1</b> | 402,00        | 5,00        | 30,00        | 437,00        |         | 6,00        | 4,00       | 5,00        | 0,00       | 3,00       |
| <b>SUBT.2</b> | 5,00          | 30,00       | 437,00       |               | 6,00    | 0,00        | 0,00       | 0,00        | 0,00       |            |
| <b>TOTAL</b>  | <b>402,00</b> | <b>5,00</b> | <b>30,00</b> | <b>437,00</b> |         | <b>6,00</b> | <b>4,0</b> | <b>5,00</b> | <b>0,0</b> | <b>3,0</b> |

Total de Aéreo: 437,00

Total de Canalizado: 4902,00

## CONCLUSIONES

- ✓ El expansivo mundo de nuevos servicios eficaces junto a la rápida evolución en las tecnologías electrónica y óptica, hacen que cada vez se complique más el realizar una red eficaz a prueba de futuro, un factor decisivo es el enorme crecimiento experimentado en los últimos años en los campos del transporte de datos y los servicios. Por ello, para transportar grandes cantidades de teléfono y tráfico de datos y tener la interoperabilidad adecuada se desarrolló el sistema SDH, quien ha venido creciendo en popularidad y se proyecta para el futuro como la nueva Generación de redes NG-SDH.
- ✓ La red actual de CNT EP presenta una topología en estrella, la cual no brinda protección contra posibles daños que se puedan presentar en la capa de transporte. Por ello la tendencia es migrar la red existente de forma que se pueda tener una red de anillos ópticos metropolitanos implementado ya en las principales ciudades del Ecuador (Guayaquil, Quito, Ambato), debido a esto la red diseñada en el presente proyecto tiene una topología en anillos la cual nos brinda protección (MS-SPRING) debido a la redundancia existente, con ello si en un momento llegamos a tener fallas, el coste de pérdida de comunicación se logrará evitar en lo posible, a su vez el daño causado será mucho menor en especial para las grandes corporaciones adheridas a la red lo que se traduce en confiabilidad y fiabilidad, características sumamente deseables en las redes de comunicaciones.
- ✓ El estudio y levantamiento de información a nivel de la capa de transporte es parte esencial en el mencionado proyecto, ya que, después de un riguroso análisis de canalización (pozos, distancias, ductos, triductos libres) existente en la red de CNT EP



de la ciudad de Riobamba, se pueda utilizar las vías más adecuadas por donde deba implantarse la nueva red, esto representa una red sólida y sobretodo la reutilización de vías existentes disminuye significativamente los costos, logrando así optimizar al máximo el presupuesto del proyecto propuesto.

- ✓ La interoperabilidad de las tecnologías SDH e IP, a través de las redes de nueva generación, nos aportan un gran soporte, pues con ello los equipos que se encuentran actualmente implementados serán reutilizados y trabajarán en conjunto con el nuevo equipamiento, de forma que se optimiza en gran manera el presupuesto del proyecto.
- ✓ El sistema de transmisión del proyecto propuesto que implementará la CNT EP, debe tener un Sistema de Gestión Centralizado (SGC) redundante que actuará remotamente, debiendo ser instalado en Riobamba Centro con redundancia en Quito Centro, siendo este de tipo Cliente/Servidor, que trabaje con servidores 1+1 Hot Standby, que permita administrar y gestionar todos y cada uno de los elementos instalados, este sistema permitirá gestión de calidad de funcionamiento, gestión de fallos, configuración, desempeño y seguridad.
- ✓ El estudio y análisis de tráfico mediante matrices anteriormente utilizadas para grandes redes, fue un factor fundamental para el diseño de la red, los resultados arrojados permitieron la determinación exacta de las interfaces externas necesarias en cada uno de los sitios (nodos).
- ✓ La red de transporte quedó determinada con ello ya tuvimos exactamente el tipo de fibra óptica a utilizar que viene a ser la G655, y la cantidad de red que se hace necesaria, tomando en cuenta las distancias entre los nodos y todas las especificaciones requeridas, teniendo en cuenta que la red existente se encuentra constituida por fibra óptica de 12 y 24 hilos del tipo G652, además se pudo determinar los ODFs, DDFs, patch panels, Patchcords, y para la parte en la cual no existe

canalización la red aérea a construir con los debidos estudios y postes , herrajes, empalmes, necesarios.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Se hizo necesario para el presente proyecto un levantamiento de información exhaustivo de la red existente en CNT EP para la ciudad de Riobamba tanto de la capa de transporte como a nivel de capa de control y acceso.
- ✓ Es muy importante tomar datos exactos de los nodos, es decir distancias, pozos existentes, pozos proyectados, tendido de fibra óptica, canalización, red aérea necesaria, pues estos datos aportarán para que la nueva red diseñada sea implementada perfectamente en la medida de lo posible.
- ✓ Analizar las distintas rutas donde existe canalización para que se pueda escoger la mejor opción, no solo que brinde seguridad para la nueva red, sino también se haga una reducción de costos considerable en el presupuesto de CNT EP.
- ✓ Ha sido esencial estudiar las diferentes tecnologías con las que se encuentran implementados los nodos existentes, esto ayudará a saber que equipamiento es necesario en cada uno de los sitios antes mencionados.

## RESUMEN

Se realizó el estudio y análisis de Interoperabilidad de las Tecnologías SDH e IP en la red de comunicaciones de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP) para el diseño de un Sistema de Anillos Ópticos Metropolitanos que interconecte los nodos existentes y aquellos que están en construcción, por lo tanto se hizo el levantamiento de información determinándose la Red actual de la Corporación con una topología en estrella.

Posteriormente se procedió a realizar el Sistema de Anillos Ópticos Metropolitanos para cada uno de los nodos que conforman la red, propuesta que fue dirigida por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP), con la finalidad de que la red diseñada pueda brindar a mas de gran capacidad y ancho de banda para soportar el tráfico, la capacidad de protegerse y recuperarse de forma robusta y eficiente frente a la aparición de fallos. En el diseño del proyecto, la capa de transporte quedó determinada mediante la utilización de fibra óptica monomodo G655 y G652; para asegurar la interoperabilidad de las tecnologías SDH e IP, se analizó ampliamente 2 opciones de Tecnología, que hoy por hoy son de gran soporte para las Redes Ópticas: Las tecnologías de Nueva Generación de SDH (NG-SDH) y la Multiplexación Densa de Longitud de Onda (DWDM), en base a lo cual, quedaron claramente definidos los equipos necesarios que darán soporte a la capa de acceso al usuario.

Con el Estudio y posterior diseño de este proyecto se logra obtener una red de gran capacidad, de forma que se puede ofrecer convergencia, de voz, datos y video, en un mismo canal a menor costo, esto se traduce en una red con grandes potencialidades y estabilidad.

Se recomienda que el proyecto sea desarrollado tomando en cuenta todos los detalles de equipamiento y tecnología de interoperabilidad, a la vez que pueda ser implementado en un tiempo prudencial y determinado.

## GLOSARIO TÉCNICO

- ATM** (Asynchronous Transfer Mode)- Modo de transferencia asincrónica, tecnología de transmisión de señales.
- DWDM** (Dense Wavelength Division Multiplexing)- Multiplexión Densa por División de Onda
- INAP** (Intelligent Network Application Part) - Protocolo de Aplicación de Red Inteligente.
- ISUP** (Ingrate Services Digital Network User Part)-Parte de usuario de la red digital de servicios integrada.
- IAD** ( Integrated Access Device)-Dispositivo de Acceso Integrado
- MPLS** (Conmutación Multi-Protocolo mediante Etiquetas)( Multiprotocol Label Switching) es un mecanismo de transporte de datos estándar creado por la IETF y definido en el RFC 3031.
- MTP** Message Transfer Part- Parte de Transferencia de Mensajes
- NGN** Tecnología de Redes de Nueva Generación (NGN) en redes fijas de Voz.
- OSPF** ( Open shortest path first) es un IGP desarrollado para TCP/IP por el Internet Engineering Task Force (IETF)
- RIP** (Routing Information Protocol)- Protocolo de información de enrutamiento
- SNMP** (Simple Network Management Protocol)- Protocolo simple de gestión de redes
- SIP** ( Session Initiation Protocol SIP)- Protocolo de Inicio de Sesiones
- SCTP** Par trenzado apantallado
- TELÉFONOS SIP** Los teléfonos SIP son lo mismo que los teléfonos VoIP o los teléfonos basados en software (soft phones). Estos son teléfonos que permiten

hacer llamadas utilizando tecnología VoIP (voice over internet protocol) ó de voz sobre internet.

**TCP** ( transmission Control Protocol)-Protocolo de control de transmisión (.).

**TMG** (Microsoft Forefront Threat Management Gateway)- Es un completo gateway de seguridad web desarrollado por Microsoft que ayuda a proteger a las empresas de las amenazas que existen actualmente en internet.

**SIP-T** El SIP-T es más bien un convenio de interfaces sobre una serie de normas, que un protocolo separado.

**H.323** H.323 es el protocolo más utilizado para la telefonía IP. Es un estándar publicado por la ITU, organismo responsable de estandarizar muchos sistemas de comunicación a nivel internacional.

**MGCP** (Media Gateway Control Protocol) Protocolo de control de pasarela de Medios.

**PLMN** (Public land mobile network)- Red pública móvil terrestre

**SONET** Tecnología de transporte sincrónica de señales aplicado en EEUU y Canadá.

**OADM**s Optical Add/Drop Multiplexor amplificador EDFA Erbium Doped Fiber Amplifier

**OXC** (Optical Cross-connect): cross-conector óptico.

**OADM** (Optical ADM)- multiplexor óptico de agregación y extracción de tráfico.

## BIBLIOGRAFÍA GENERAL

1. **CAMPANNY**, José. y **ORTEGA**, Beatriz. Redes Ópticas. 2a. ed. Valencia, España, Edisofer, 2002, Pp. 376-380.
2. **BLANCO**, Adolfo. Formulación y Evaluación de Proyectos. Madrid, España, Edisofer, 2005, 456p.
3. **GARCÍA**, Santiago. Técnica en telecomunicaciones. Madrid, España, Cultural, 2002, 120p.
4. **CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT EP)**. Revista de información para Técnicos. Quito, Ecuador, Andinatel, 2002, 119p.
5. **UNIVERSIDAD ARTURO PRAT**. Apuntes de telecomunicaciones. Iquite, Chile, Virtual, 2004, Pp. 150-185.
6. **HUIDOBRO**, José. Sistemas telemáticos. Madrid, España, Paraninfo, 2005, 195p.
7. **HERRERA**, Enrique. Introducción a las telecomunicaciones modernas. Madrid, España, Edisofer, 2002, 224p.

## **DOCUMENTOS PROPORCIONADOS POR LA CORPORACIÓN NACIONAL DE**

### **TELECOMUNICACIONES**

- 1. CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT EP). Introducción a Servicios Ethernet. 2009/04/10, 62p.**
- 2. CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT EP). Protecciones y Redes SDH. 2009/06/08, 65p.**
- 3. CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT EP). Descripción de Hardware OSN 1500. 2008/12/01, 90p.**
- 4. CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT EP). ACU Description user guide. 2008/08/07, Pp. 15-35.**
- 5. CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT EP). Emerson Duration Range T-VRLABattery-Technical-Manual. 2008/08/03, Pp. 6-40.**
- 6. CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT EP). ENPC battery performance. 2007/01/25. 80p.**
- 7. CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT EP). Hardware Description ISSUE1.2. 2009/01/25. 90p.**



**8. CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT EP). MSAN UA5000.**

2007/02/25. 62p.

**9. CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CNT EP). Introducción a la Fibra**

**Óptica. 2009/03/20. 80p.**

## **BIBLIOGRAFÍA INTERNET**

**Tema:** Instituciones Y Empresas.

**1.** Reglamento de las Telecomunicaciones

<http://www.supertel.gov.ec>

2010/07/06

**2.** Estándares de Telecomunicaciones

<http://www.iyu.int/home/index.html>

2010/07/10

**3.** Estándares de telecomunicaciones

<http://www.iee.com>

2009/08/10

**4.** Tecnología Utilizada en la Empresa

<http://www.stelecom.com>

2010/08/10

**5.** Características de Servicios Ofertados

<http://www.andinadatos.com.ec>

2010/08/10

**6. Tecnología ofertada**

<http://www.huawei.com>

2009/10/12

**7. Políticas de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT EP)**

<http://www.cnt.com.ec>

2010/07/07

**Tema:** Protocolos y Estándares

**1.** Multiplexación por división de longitud de onda

<http://www.\64 dwdm technology – conocimientos com ve - Tecnología wdm>

2010/06/12

**2.** Protocolos de los Sistema WDM

<http://www.\wdm\Sistemas WDM.htm>

2010/07/12

**3.** Funcionamiento y características de DWDM

<http://www.\wdm\Características de DWDM3>

2010/08/01

**4.** Corrige las limitaciones de la fibra - Redes & Telecom

<http://www.\CWDM>

2010/08/01

**5.** Aplicaciones y ventajas de WDM

<http://www.\Aplicaciones y ventajas de WDM1>

2009/10/17

**Tema: Equipos**

**1. Equipos de Transmision Huawei**

<http://www.huawei.com/products/ngn/solutions/view.do?id=86>

2010/07/15

**2. Equipos de telefonía NGN Huawei**

<http://www.huawei.com/products/ngn/products/view.do?id=108>

2010/07/19

**3. Equipos de transmisión de Datos Airspan**

<Http://www.airspan.com/about/voicedata.htm>

2010/08/10

**4. Centrales telefónicas Airspan**

<http://www.airspan.com/products/basestation.htm>

2009/18/12

**5. Equipos Telematicos Convergentes**

<http://www.airvana.com/products/producs convergence gateways>

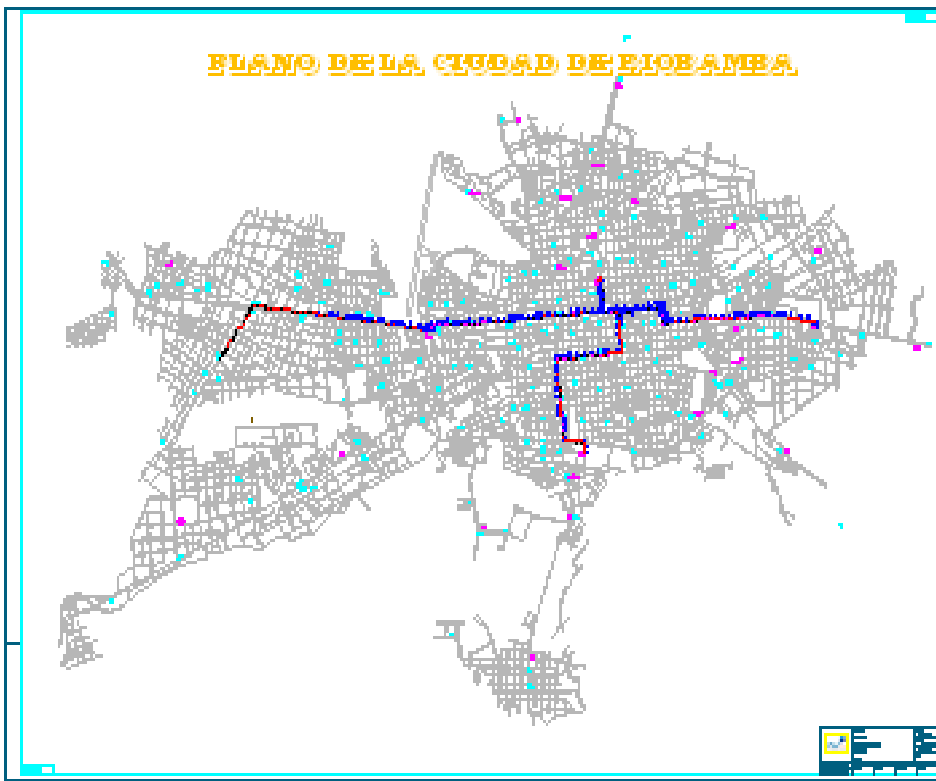
2010/12/10

**ANEXOS**

## **ANEXO 1**

### **Planimetría Red Existente entre Nodos de la ciudad de Riobamba**

**PLANO DE LA CIUDAD DE EIOBAMBA.**





## **ANEXO 2**

**Planimetría Red Existente para Nodo Oriental y respectivos AMG's de la ciudad de  
Riobamba**

**PLANO CANALIZACIÓN EXISTENTE DEL  
NODO ORIENTAL**



## **ANEXO 3**

**Planimetría Red Existente para Nodo Sur y respectivos AMG's de la ciudad de Riobamba**

**PLANO CANALIZACION EXISTENTE  
DEL NODO SUR**



## **ANEXO 4**

**Planimetría Red Existente para Nodo Occidental y respectivos AMG's de la ciudad de  
Riobamba**

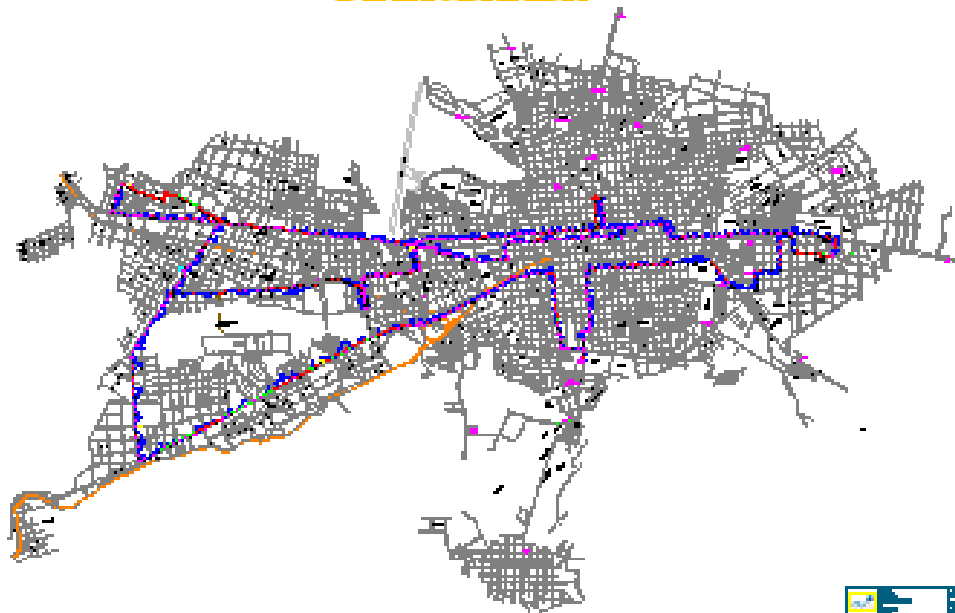
**PLANO CANALIZACION EFICIENTE  
DEL NODO OCCIDENTAL**



## **ANEXO 5**

### **Planimetría Red de anillos entre Nodos de la ciudad de Riobamba**

**PLANO RED DE ANILLOS OPTICOS  
DE RIOHAMBRA.**

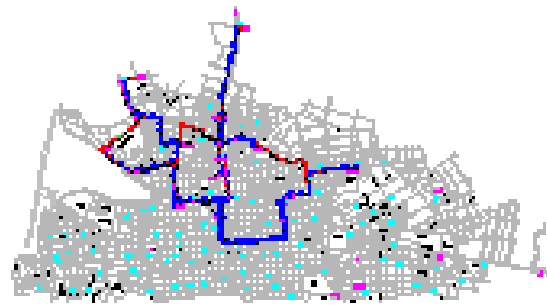




## **ANEXO 6**

**Planimetría Red de anillos Nodo Oriental y AMG's de la ciudad de Riobamba**

PLANO RED DE ANILLOS NODO ORIENTAL



## **ANEXO 7**

**Planimetría Red de anillos Nodo Sur y AMG's de la ciudad de Riobamba**

**PLANO RED DE ANILLOS DEL NODO SUR**



## **ANEXO 8**

**Planimetría Red de anillos Nodo Occidental y AMG's de la ciudad de Riobamba**

PLANO RED DE ANILLO DEL  
NODO OCCIDENTAL

