

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y
COMPUTACIÓN**

**“ANILLO SDH A 155 MBPS UTILIZANDO FIBRA ÓPTICA
ENTRE LAS CIUDADES DE ESMERALDAS, PORTOVIEJO,
MANTA, SALINAS Y MACHALA”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
Previo a la obtención del título de
Ingeniero en Electricidad especialización Electrónica

Presentado por:

César Antonio Arrieta Suárez
Enrique Xavier Cárdenas Salazar
Luis Fernando Granda Kuffó

Guayaquil – Ecuador

1999

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a todas aquellas personas que de una u otra manera han colaborado con el desarrollo de este proyecto, de manera especial a los ingenieros Glen Abad, Carlos Baquero, Arturo Nieto, Katherine Pazzos y Patricia Abad.

Mención aparte merece nuestro Director de Tesis, el Ingeniero Luis Mariño quien supo guiarnos a lo largo de nuestra investigación.

DEDICATORIA

A Dios; por ser luz que resplandece en la oscuridad, a mis padres por todo su esfuerzo y a mi hermano Javier Gil, un amigo incondicional.

CÉSAR

A Dios por la fe y fuerza para enfrentar el futuro, a mi madre por todo el cariño, a mi padre y abuelo por sus ejemplos de virtud y trabajo, que me han acompañado y me acompañarán durante toda mi vida.

ENRIQUE

A Dios, a Papá Octavio y Mamá María, a Malú y Matita, a Terita y a Betzabeth.

LUIS FERNANDO

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, nos corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

César Antonio Arrieta Suárez

Enrique Xavier Cárdenas Salazar

Luis Fernando Granda Kuffó

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Armando Altamirano
Presidente del Tribunal

Ing. Luis Mariño
Director del Tópico

Ing. Raúl Noriega
Miembro del Tribunal

Ing. Washington Medina
Miembro del Tribunal

RESUMEN

CAPÍTULO 1

Se trata de justificar la realización del proyecto haciendo una breve exposición de la situación actual de las telecomunicaciones entre las ciudades que conforman nuestro enlace.

CAPÍTULO 2

Expone los pasos que se siguieron para determinar la capacidad de los equipos multiplexores que se utilizarían en el proyecto, tanto en la parte de agregados como de tributarios.

CAPÍTULO 3

Se describen las diferentes topologías de redes, prestando especial atención a la configuración anillo, la cual es recomendada para estos casos.

Se muestra la configuración anillo doble bidireccional SNCP/I, el cual es soportado por nuestro equipo, además de que se ajusta muy bien a nuestras necesidades.

CAPÍTULO 4

Se analizan las interfaces soportadas por el equipo multiplexor sincrónico y sobre las cuales se ha basado nuestro análisis para la determinación del tipo de fibra idónea para el enlace.

CAPÍTULO 5

Se mencionan los diferentes tipos de medios con los cuales se cuenta actualmente para realizar enlaces intercentrales, en contraste con la posibilidad de utilizar fibra óptica.

Adicionalmente se exponen los diferentes tipos de tendidos utilizados en la ruta así como las diferentes protecciones externas con las cuales debe contar el cable de fibra para soportar el medio al cual será expuesto.

CAPÍTULO 6

Seleccionamos el tipo de amplificador de línea que se adapte a nuestros requerimientos y que permita contar con el menor número de los mismos.

Se exponen sus características principales, curvas de operación y una breve explicación de su funcionamiento.

CAPÍTULO 7

Se describe en detalle la ruta de tendido: poblaciones de tránsito, tipo de suelo, tipos de tendidos por tramo, etc.

Este capítulo termina con un diagrama esquemático de proyecto en el cual se resumen los principales puntos a tomarse en cuenta.

CAPÍTULO 8

Se describe en detalle las características de la tarjeta CRU la cual sincroniza los multiplexores del proyecto.

CAPÍTULO 9

Se describe el multiplexor de inserción/extracción Alcatel 1641, el cual se ubicará en cada uno de los nodos de la red. Así mismo se analiza las posibles configuraciones, sistemas de gestión y administración, sistemas de protección y se expone las principales características del equipo.

CAPÍTULO 10

Se describe el enlace submarino por medio del cual se cierra el anillo de fibra óptica, el mismo que conectará los nodos de Esmeraldas y Machala. Se analiza la ruta, los diferentes tipos de cable submarino y sus aplicaciones, los repetidores y uniones, el sistema de telealimentación de potencia y los procedimientos de localización de fallas en el enlace.

CAPÍTULO 11

Se hace un análisis de los aspectos legales que se forman en torno a todo el proyecto y a la posibilidad que se forme una compañía que se haga cargo de la implementación y manejo de la red.

CAPÍTULO 12

Se trata de aspectos importantes para la instalación de la red la misma que se la realizará en diversas etapas, también se habla del mantenimiento preventivo y correctivo que se le debe dar a todo el sistema de fibra óptica.

CAPÍTULO 13

Se presenta un análisis de costos de todo el proyecto y la amortización del mismo, también se presenta un estudio de crecimiento de posibles clientes y los rubros que estos representarían a la compañía. Finalmente se hace un análisis costo-beneficio del proyecto.

CAPÍTULO 14

Se presenta varias aplicaciones del proyecto ante la ventaja de usar esta red de fibra óptica. Los alcances de proveer de un sistema económico y confiable que captará la demanda insatisfecha de la región.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1. Análisis preliminar y justificación del proyecto	21
1.1. Evolución	21
1.2. Situación actual	22
1.3. Desventajas de la situación actual	22
1.4. Enlaces existentes	23
1.5. Justificación del proyecto	24
1.5.1. Ventajas debido a la utilización de la jerarquía SDH	24
1.5.2. Ventajas del uso de cables de fibra óptica	25
2. Dimensionamiento del enlace	26
2.1. Parámetros	26
2.2. Parámetros para el cálculo del enlace	27
2.2.1. Intensidad de tráfico	27
2.2.2. Grado de servicio	27
2.2.3. Fórmula de circuitos necesarios	27
2.3. Pasos	28
2.3.1. Determinación del tráfico	28
2.3.2. Proyección	28
2.3.3. Matriz de circuitos	28
2.3.4. Conversión	28
2.3.5. Matriz simétrica	28
2.3.6. Número de tributarios	28
2.4. Descripción de los enlaces de interés	28
2.5. Matriz simétrica de tráfico.	31
2.6. Selección de los agregados y tributarios	33
2.6.1. Agregados	33
2.6.2. Tributarios	33
3. Topología de la red	34
3.1. Selección de la topología	34
3.1.1. Bus	34
3.1.2. Anillo	34
3.1.3. Estrella	35
3.1.4. Malla	35
3.2. Topología seleccionada	35

3.3. Esquema de protecciones topológicas de la red	35
3.3.1. Protecciones de trayecto lineal (MS)	35
3.3.1.1. MSP 1+1 asimétrica	36
3.3.1.2. MSP 1+1 asimétrica	39
3.3.2. Protección de red inherente	40
3.3.3. Protecciones EPS (Tributarios 2 Mbps)	41
4. Interfaces y conectores	43
4.1. Interfaces	43
4.1.1. Clasificación de las interfaces ópticas	43
4.1.2. Compatibilidad transversal	44
4.1.3. Interfaces soportadas por nuestro equipo	46
4.1.4. Descripción de los parámetros	47
4.1.4.1. Transmisor	47
4.1.4.2. Receptor	51
4.2. Conectores	52
4.2.1. Características de un conector FC típico	53
4.2.2. Características de un conector SC típico	53
4.2.3. Procedimiento de empalme	55
4.2.4. Vista del equipo con conectores ópticos	58
5. Medio a utilizar y tendido	59
5.1. Generalidades	59
5.2. Tipos de fibra	61
5.3. Fibras monomodo	61
5.3.1. Definiciones	61
5.3.1.1. Características de campo modal	61
5.3.1.2. Características del revestimiento	62
5.3.1.3. Definiciones relativas a la dispersión cromática	63
5.3.1.4. Otras definiciones	64
5.4. Recomendaciones de las fibras monomodo	67
5.4.1. Tipos	67
5.4.2. Comparativo de fibras (1 fibra)	68
5.5. Factores ópticos de diseño con F.O. monomodo de corte desplazado	69
5.5.1. Coeficiente de dispersión cromática $D(\lambda)$	69
5.5.2. Desempeño monomodo del sistema	70
5.5.3. Pérdidas por flexión (fibra a 1550 nm)	70
5.5.4. Atenuación monomodo	71

5.5.5. Factores mecánicos de diseño con F.O. monomodo de corte desplazado	71
5.5.5.1. Agresión ambiental	71
5.5.5.2. Deterioro por la instalación	72
5.6. Tipos de tendido	73
5.6.1. Tendido aéreo	73
5.6.2. Tendido enterrado directo	76
5.7. Empalmes	77
5.7.1. Tipos	77
5.7.1.1. Empalmes por fusión	78
5.8. Mantenimiento de los cables de fibra óptica	79
5.8.1. Funciones de mantenimiento en una red de fibra óptica	81
5.8.1.1. Funciones requeridas para el mantenimiento preventivo	81
5.8.1.2. Funciones requeridas para el mantenimiento posterior	83
6. Amplificadores y atenuadores	84
6.1. Amplificadores	84
6.1.1. Características de los amplificadores (reforzadores) de potencia (BA)	84
6.1.2. Características de los preamplificadores (PA)	85
6.2. EDFA	86
6.2.1. Funcionamiento	86
6.2.2. Repetidores eléctrico óptico y EDFA	88
6.2.3. Características de un amplificador comercial	88
6.2.4. Curvas de operación	90
6.3. Atenuadores	91
6.3.1. Características de atenuadores comerciales	91
7. Descripción del enlace	93
7.1. Consideraciones	93
7.2. Ruta y tendido de por tramos	94
7.2.1. Tramo 1 (Esmeraldas - Portoviejo)	94
7.2.2. Tramo 2 (Portoviejo - Manta)	95
7.2.3. Tramo 3 (Manta - Salinas)	96
7.2.4. Tramo 4 (Salinas - Machala)	97
7.2.5. Tramo 5 (Cierre del anillo SDH)	98
7.3. Ubicación de los elementos (Repetidores, empalmes, atenuadores, conectores)	99
7.4. Plan de transmisión	101
7.5. Diagrama esquemático	107
8. Sincronismo	108

8.1. Descripción	108
8.2. Detalle de la tarjeta CRU	110
9. Multiplexor sincrónico STM-1	111
9.1. Introducción al equipo	111
9.2. Configuración física	112
9.3. Descripción general	127
9.4. Tributario de 21x2 Mbps	129
9.4.1. Transmisión	129
9.4.2. El Decodificador	130
9.4.3. Recepción	131
9.4.4 Controlador de la tarjeta	132
9.5. Especificaciones técnicas	137
9.5.1. Características Generales	137
9.5.2. Características de la Unidad	138
9.5.2.1 Unidades agregado STM-1	138
9.5.2.2. Unidades tributario óptico STM-1	139
9.5.2.3 Unidades tributario óptico STM-0	139
9.5.2.4. Agregado STM-1 eléctrico y unidad tributario	140
9.5.2.5. Tributario 140/DTM-1	140
9.5.2.6. Tributarios de 3x45 Mbps	140
9.5.2.7. Tributarios de 3x34 Mbps	141
9.5.2.8. Tributarios de 21 x 2 Mbps	141
9.5.2.9. Transmultiplexor 34/2 y Tributario de 5 x 2 Mbps	141
9.5.2.10. Unidades de referencia de reloj	142
9.5.2.11. Red ancha AUX/EOW, extensión AUX/EOW	142
9.5.3. Características de la alimentación	143
9.5.4. Características de las alarmas	143
9.5.5. Características mecánicas	145
10. Enlace submarino	146
10.1. Descripción del sistema	146
10.2. Equipo sumergido.	146
10.2.1. Cables.	146
10.2.2. Uniones	155
10.2.2.1. Uniones Tipo 11.	156
10.2.2.2. Uniones universales.	157
10.2.3. Acopladores.	157

10.2.3.1. Acopladores sin blindaje.	158
10.2.3.2. Acopladores blindados.	158
10.2.3.3. Acoplador universal.	158
10.2.4. Repetidores.	159
10.2.4.1. Descripción.	159
10.2.4.2. Descripción del amplificador.	159
10.2.4.3. Características de operación de los EDFA.	164
10.2.4.4. Especificaciones eléctricas.	166
10.2.4.5. Especificaciones mecánicas.	167
10.2.4.6. Características ambientales.	169
10.3. Protección del equipo sumergido.	169
10.3.1. Panel de protección por tierra oceánica (OGPP)	169
10.3.2. Lecho de tierra oceánica.	170
10.3.2.1. Electrodo de barra.	170
10.3.2.2. Placa de playa.	173
10.4. Localización de fallas.	175
10.4.1. Localización de fallas ópticas.	175
10.4.1.1. OTDR convencional.	175
10.4.1.2. OTDR coherente (COTDR).	176
10.4.2. Localización de fallas eléctricas.	181
10.4.2.1. Electrodo	181
10.4.2.2. Mediciones a baja corriente.	182
10.5. Equipo de alimentación de potencia (PFE)	183
10.5.1. Características del equipo.	183
10.5.2. Configuración de bastidores del equipo.	183
10.5.3. Datos técnicos.	185
10.5.4. Consumo de potencia de estación terminal.	185
10.5.5. Características de voltaje/corriente de la estación terminal.	185
10.5.6. Condiciones ambientales.	185
10.5.6.1. Condición operativa garantizada.	185
10.5.6.2. Condición operativa.	185
11. Aspectos legales	186
11.1. Disposiciones generales	187
11.2. Concesiones	187
11.3. Documentación	188
11.3.1. Solicitud dirigida a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones	189

11.3.2. Información técnica	189
11.3.3. Información económica	189
11.3.4. Documentos legales	190
11.3.5. Informática	190
12. Instalación y mantenimiento del sistema	192
12.1. Instalación	192
12.2. Mantenimiento	193
12.2.1. Definición de mantenimiento preventivo	193
12.2.2. Definición de mantenimiento correctivo	193
12.2.3. Definición del nivel técnico del operario	194
12.3. Suministro de energía	195
13. Análisis de costos	198
13.1. Análisis económico	198
13.2. Inversión proyectada	199
13.3. Clientes previstos	199
13.4. Rubros por servicio	201
13.5. Gastos de operación	202
13.6. Análisis de la utilidad bruta a generarse	202
13.7. Análisis costo/beneficio	202
14. Aplicaciones	204
Conclusiones y recomendaciones	205
Anexo I: Recomendaciones de la ITU-T	207
Anexo II: Criterios de tráfico	209
Anexo III: Suelos	211
Anexo IV: Enlace terrestre	213
Anexo V: Enlace submarino	221
Referencias bibliográficas	226

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Red digital actual (Pacifictel)	23
Figura 2.1. Histograma para la ruta Portoviejo – Manta	26
Figura 2.2. Enlaces involucrados y sus contribuyentes	30
Figura 3.1. Topología Bus	34
Figura 3.2. Topología anillo	34
Figura 3.3. Topología estrella	35
Figura 3.4. Topología Malla	35
Figura 3.5. Protección de trayectoria lineal MS 1+1 (asimétrica)	37
Figura 3.6. Protección de trayectoria lineal MS 1+1 (simétrica)	39
Figura 3.7. Red de anillo típico SNCP/I	41
Figura 3.8. Protección EPS 3+1 en el tributario de 21 x 2 Mbps	42
Figura 4.1. Atenuación vs. Longitud de onda	45
Figura 4.2. Representación de las interfaces en los puntos S-R	46
Figura 4.3. Intensidad relativa vs. Longitud de onda (SLM)	48
Figura 4.4. Atenuación y Dispersión vs. Longitud de onda	49
Figura 4.5. Valor máximo del coeficiente de dispersión (conforme a la Rec. G.652 y G.654)	50
Figura 4.6. Características de un conector FC típico	53
Figura 4.7. Características de un conector SC típico	54
Figura 4.8. Fabricación de los conectores (1-4)	55
Figura 4.9. Fabricación de los conectores (5-9)	56
Figura 4.10. Fabricación de los conectores (10-13)	57
Figura 4.11. Vista de conectores en el equipo	58
Figura 5.1. Comparación entre sistemas de fibra y coaxial	60
Figura 5.2. Diámetro de campo modal	61
Figura 5.3. Error de concentricidad	62
Figura 5.4. Campo de tolerancia	63
Figura 5.5. Reflexión interna	64
Figura 5.6. Atenuación	67
Figura 5.7. Cable de fibra O.P.G.W.	74
Figura 5.8. Cable de fibra ADDS	74
Figura 5.9. Máquina de tendido aéreo	75
Figura 5.10. Diseño fibra enterrada	76
Figura 5.11. a) Empalmador simple b) Empalmador comercial (microcontrolado)	78

Figura 5.12. a) Caja de empalme b) Vista interior	79
Figura 6.1. Funcionamiento de los EDFA	86
Figura 6.2. Teoría del funcionamiento	87
Figura 6.3. Vista a) repetidores electrónico b) EDFA	88
Figura 6.4. Amplificador EDFA comercial	89
Figura 6.5. a) Vista exterior b) Pineado	89
Figura 6.6. Figura de ruido típica vs. Potencia de señal de entrada	90
Figura 6.7. Potencia de salida típica vs. Potencia de señal de entrada	90
Figura 6.8. Figura de ruido vs. Longitud de onda	90
Figura 6.9. Atenuador MV	91
Figura 6.10. Atenuadores FA	92
Fig. 7.1 Tramo Esmeraldas – Portoviejo	95
Figura 7.2. Tramo Portoviejo – Manta	96
Figura 7.3. Tramo Manta – Salinas	96
Figura 7.4. Salinas – Machala	97
Figura 7.5. Enlace submarino	98
Figura 7.6. Pérdidas en el trayecto	99
Figura 7.7. Esquema general	107
Figura 8.1. Referencia de reloj	110
Figura 9.1. Multiplexación según ETSI	111
Figura 9.2. Disposición del equipo	113
Figura 9.3. Panel frontal de cableado de los puntos de conexión	120
Figura 9.4. Puntos de acceso para CRU mejoradas y AUX/EOW	121
Figura 9.5. Puntos de acceso para el controlador de equipo ESCT y SMEC2	122
Figura 9.6. Puntos de acceso para los tributarios eléctricos	123
Figura 9.7. Puntos de acceso para los tributarios ópticos	124
Figura 9.8. Puntos de acceso para los agregados ópticos	125
Figura 9.9. Puntos de acceso para el agregado eléctrico STM-1 y la unidad de alimentación	126
Figura 9.10. Esquema sinóptico general	128
Figura 9.11. Tributario de 21x2 Mbps	134
Figura 9.12. Estructura VC-12	135
Figura 9.13. Estructura TU-12	136
Figura 10.1. Descripción del cable de peso ligero	150
Figura 10.2. Descripción del cable de operaciones especiales	151
Figura 10.3. Descripción del cable blindado ligero.	152
Figura 10.4. Descripción del cable blindado sencillo	153

Figura 10.5. Descripción del cable blindado doble	154
Figura 10.6. Tipo de cable a ser utilizado y su longitud	155
Figura 10.7 Descripción de la unión universal	157
Figura 10.8. Componentes de la repetidora	159
Figura 10.9a. Arquitectura del par amplificador – Módulo unidad de bombeo láser	160
Figura 10.9b. Arquitectura del par amplificador – Módulo acoplador de lazo de retorno	161
Figura 10.10. Caminos de acoplador de lazo de retorno	163
Figura 10.11. Ganancia típica versus potencia de entrada para los EDFA	165
Figura 10.12. Elementos del diseño mecánico de la repetidora	168
Figura 10.13. Arreglo de electrodos de tierra	171
Figura 10.14. Descripción del cable de tierra de cuatro núcleos	172
Figura 10.15. Arreglo del sistema de placa de playa	173
Figura 10.16. Especificaciones del cable de tierra de dos núcleos	174
Figura 10.17. Configuración para la medición usando el COTDR	176
Figura 10.18. Configuración para la medición de una con el COTDR en ambos extremos	177
Figura 10.19. Configuración para la medición de dos pares en tándem utilizando el COTDR	177
Figura 10.20. Apariencia de fallas reflectivas y absorbentes en los trazos del COTDR	179
Figura 10.21. Traza idealizada del COTDR para una porción de un sistema libre de fallas	180
Figura 10.22. Trazo idealizado del COTDR con pérdida agregada en un tramo de fibra saliente	180
Figura 10.23. Trazo idealizado del COTDR con pérdida agregada en un tramo de fibra entrante	181
Figura 13.1. Proyección de Crecimiento de enlaces	200

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Pág.
Tabla 2.1. Centrales secundarias y series numéricas	30
Tabla 2.2. Detalle de los enlaces	31
Tabla 2.3. Matriz de Erlangs	31
Tabla 2.4. Intensidad de tráfico vs número de circuitos	32
Tabla 2.5. Matriz de circuitos	32
Tabla 2.6. Matrices de número de tributarios	32
Tabla 2.7. Matriz de totales	33
Tabla 4.1. Categorías de aplicaciones de las interfaces ópticas	44
Tabla 4.2. Interfaces de la unidad agregado STM-1	46
Tabla 5.1. División de fibras según recomendaciones	61
Tabla 5.2. Características de fibras (Rec. G-653, G-654, G-655)	68
Tabla 5.3. Características del cable aéreo	75
Tabla 5.4. Características del cable enterrado	77
Tabla 5.5. Funciones de mantenimiento	81
Tabla 9.1. Configuración de los módulos agregados y tributarios	115
Tabla 9.2. Alimentación, servicios y configuración del software	115
Tabla 9.3. Configuración de los accesorios	116
Tabla 9.4. Notas explicativas	119
Tabla 9.5. Parámetros especificados para las interfaces ópticas STM-0	139
Tabla 10.1. Valores nominales para los parámetros eléctricos del cable	146
Tabla 10.2. Parámetros ópticos típicos para la fibra óptica	147
Tabla 10.3. Rangos de temperatura de operación y almacenamiento	147
Tabla 10.4. Longitud de cable de reemplazo por ingreso de agua o gases	148
Tabla 10.5. Propiedades mecánicas generales de los cables	148
Tabla 10.6. Comparación de los diferentes tipos de cables	149
Tabla 10.7. Características y aplicaciones de los diferentes tipos de uniones	155
Tabla 10.8. Componentes básicos de las uniones sin blindaje y su función	156
Tabla 10.9. Características y aplicaciones típicas de los acopladores	158
Tabla 10.10. Características eléctricas básicas de la repetidora	167
Tabla 10.11. Caída máxima de voltaje en la repetidora	167
Tabla 10.12. Especificaciones mecánicas de las repetidoras	168

Tabla	Pág.
Tabla 10.13. Características ambientales de las repetidoras	169
Tabla 10.14. Configuración del tipo de PFE	183
Tabla 10.15. Configuración del bastidor PR	183
Tabla 10.16. Configuración del bastidor PM	184
Tabla 10.17. Configuración del bastidor LT	184
Tabla 10.18. Configuración del bastidor TL	184
Tabla 10.19. Configuración del bastidor SW	184
Tabla 10.20. Configuración de la CTB	184
Tabla 10.21. Consumo de potencia de la estación terminal	185
Tabla 10.22. Características de voltaje/corriente de la estación terminal	185
Tabla 13.1. Descripción de los costos de la red costera	198
Tabla 13.2. Descripción de los costos de la red marina	198
Tabla 13.3. Liquidación del préstamo bancario- fase inicial	199
Tabla 13.4. Liquidación del préstamo bancario - fase final	199
Tabla 13.5. Enlaces nuevos de cada trimestre	200
Tabla 13.6. Valores por recaudación de servicios	201
Tabla 13.7. Rubros mensuales por alquiler de circuitos	201
Tabla 13.8. Gastos de operación de la compañía	202
Tabla 13.9. Estado de ingresos y gastos	202
Tabla 13.10. Tabla comparativa de costos de enlaces	203
Tabla 13.11. Tabla comparativa de servicios	203

INTRODUCCIÓN

Los requerimientos de comunicación en el mundo han aumentado desmesuradamente en los últimos años, basta con mencionar los avances del Internet y sistemas como la telefonía móvil con los que se alientan conceptos de interconexión total. Gracias al gran número de abonados y su rápido crecimiento, estos medios generan enorme flujo de información, el mismo que generalmente tiene que viajar grandes distancias en canales de mucha capacidad. La opción tradicional en transporte a larga distancia lo comprendían los sistemas satelitales.

En años recientes el desarrollo de mejores técnicas de fabricación de fibras ópticas, hicieron posible que las mismas tuvieran incrementos notables en cuanto a tasa de transmisión y precios. En la actualidad son un fuerte competidor en el campo de las transmisiones a larga distancia.

Hoy en día, por su confiabilidad y rentabilidad, en nuestro país existen muchas empresas públicas y privadas que están explotando este medio de comunicación, es así que se han instalado redes en algunas ciudades para de esta manera brindar a sus clientes comunicación de voz, datos y vídeo en una amplia gama de anchos de banda.

Actualmente existen muchos proyectos internacionales conjuntos, entre los cuales están: Integración con el Pacto Andino y el enlace al cable panamericano, esto ha impulsado enormemente la implementación de estas tecnologías en nuestro país.

Adicionalmente a las características de seguridad, confiabilidad y gran capacidad, el sistema de fibras ópticas permite tener reservas y puesto que generalmente no se usa la totalidad de las fibras del cable da la posibilidad de explotar nuevas aplicaciones.

El objetivo de nuestro proyecto es enlazar las principales poblaciones de la costa ecuatoriana, mediante un sistema de fibras ópticas a una velocidad de 155 Mbps, utilizando para ello la jerarquía SDH la cual presenta múltiples ventajas sobre la plesiócrona. Para ello se presentan diversas alternativas sobre rutas, tipos de tendido y equipos a ser utilizados; al mismo tiempo que se hace énfasis en aspectos importantes como el análisis de costos y la parte legal. Pero sin lugar a dudas lo que hace más interesante a este proyecto es la implementación de un enlace submarino, que aunque sub utilizado, en cualquier momento puede ser ampliado en su capacidad de transmisión dando como resultado un sistema eficiente y sobre todo con una vida útil superior a los 25 años, con lo cual se recuperaría la inversión.

CAPÍTULO 1

ANÁLISIS PRELIMINAR Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.1. Evolución

Desde hace unas cuantas décadas en el inicio de las telecomunicaciones en el Ecuador los requerimientos de comunicación eran primordialmente telefónicos. Puesto que las tecnologías digitales no estaban muy desarrolladas y eran muy costosas, los enlaces utilizados fueron de tipo analógico principalmente, adicionalmente debido a la relativamente baja demanda de capacidad por parte de estos usuarios, tales redes satisfacían de forma cómoda la demanda.

Un factor decisivo para el cambio a tecnología digital fue el aumento en la capacidad de los sistemas de telecomunicaciones puesto que estos debían cubrir una demanda que se incrementaba en forma exponencial dada no sólo por la transmisión de voz sino también la de datos, estos exigían enlaces cada vez más grandes y confiables.

Adicionalmente el abaratamiento de los circuitos integrados digitales, la gran versatilidad de las señales digitales y la necesidad de interoperabilidad con los países vecinos nos obligan a adoptar tales tecnologías.

Actualmente todas las centrales grandes en la red de distribución de Pacifictel son digitales, pero lastimosamente la transmisión entre ellas utiliza microondas.

Hoy en día existen pequeños tramos de la red implementados con fibra para los enlaces digitales intercentrales, pero aún subsisten en el país centrales analógicas, para la distribución a los abonados.

En un rótulo en el edificio del correo se puede leer una placa con la siguiente leyenda: “Primera central de comunicaciones digitales del Ecuador interconectada por fibra óptica diseñada por la compañía Ericsson de Suecia... Julio 1986” lo que demuestra el interés del país en dotarse de tecnologías que ayuden a su desarrollo.

1.2. Situación actual

La demanda actual de tráfico telefónico en nuestro país, está siendo abastecido por dos empresas: Pacifictel y Andinatel. Pacifictel sirve a las provincias de Galápagos, Manabí, Guayas, Los

Ríos, Cañar, Azuay, El Oro, Loja, Morona Santiago, Zamora Chinchipe; Andinatel se encarga del resto de provincias, entre ellas Esmeraldas la cual formará parte de nuestro enlace.

Las centrales digitales que se están utilizando son de las firmas Alcatel y Ericsson principalmente, las cuales están unidas por enlaces de microondas en la jerarquía plesiócrona de 140 Mbps, esto abastece la demanda actual pero no permite el crecimiento que a corto plazo se prevé para el sector de las telecomunicaciones, además, los equipos de tecnología PDH no permiten total compatibilidad entre fabricantes distintos y la demultiplexación requiere de mucho hardware en comparación con la nueva tecnología SDH.

1.3. Desventajas de la situación actual

- Actualmente la red digital de Pacifictel es de tipo estrella con nodo central Guayaquil, puesto que el crecimiento de sus enlaces de microondas tiene un límite, en los próximos años la congestión podrá convertirse en un serio problema, pudiendo llegarse a tener un cuello de botella. Ya que esta central maneja el tráfico tanto dentro de la región como con el resto del país y el exterior, su fallo ocasionaría el aislamiento total de esta zona.
- Como se mencionó, los enlaces que actualmente conforman la red son primordialmente de microondas digital, puesto que se utilizan campos eléctricos en medios no guiados para su propagación, son especialmente susceptibles a las interferencias del ambiente (rayos, antenas caídas, viento, etc.) y del hombre (aviones, otros canales microondas piratas, etc.) resultando en estos las principales causas no sólo de disminución en la calidad sino también de la paralización del servicio lo que significa molestias a los usuarios que cada vez necesitan más y mejores servicios.
- El crecimiento utilizando microondas está limitado por un sin número de inconvenientes tecnológicos y mantener este esquema impediría alcanzar las grandes velocidades que maneja SDH. Aunque el SDH sobre microondas está en estudio, la comparación de un sistema de este tipo y uno implementado con fibra óptica resultaría innecesaria.
- A pesar de que la infraestructura necesaria para montar enlaces microondas es comparativamente inferior al necesario para efectuar tendidos de fibras ópticas, tenemos que destacar que si la ruta y los equipos son cuidadosamente escogidos, se podría asegurar que la incidencia de fallas en un sistema de esta naturaleza será mínima. Cables con las debidas protecciones, escogidos para el tipo de tendido a utilizar, equipos seleccionados a la potencia necesaria garantizarían un enlace

muy confiable. Adicionalmente la implementación en topología de anillo doble, prevé un servicio garantizado casi al 100%.

1.4. Enlaces existentes

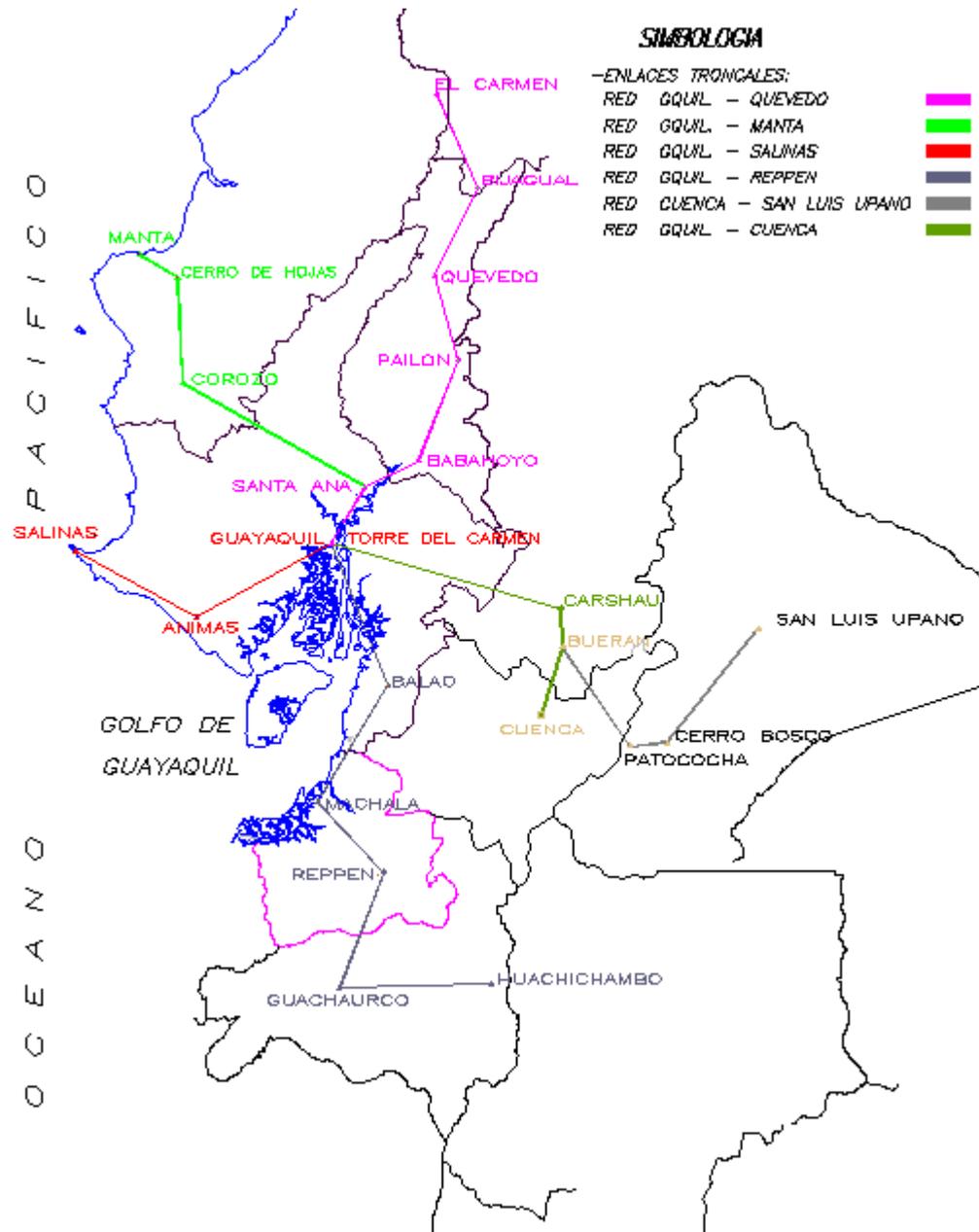


Figura 1.1. Red digital actual (Pacifictel)

- Se observa claramente en la figura 1.1 la topología estrella de la red con la ciudad de Guayaquil como su nodo central.

- La red mostrada describe los enlaces digitales intercentrales de Pacifictel.
- Existen enlaces analógicos para las centrales de menor capacidad y para la distribución hacia el abonado.

1.5. Justificación del proyecto

El desarrollo íntegro de la tesis está encaminado a justificar el proyecto, tanto en el aspecto técnico como en el económico.

Los costos que serán analizados en capítulos posteriores determinan el mínimo capital necesario para su montaje. Estos valores a ojos de un analista financiero darán respuestas de como amortizar la inversión por medio de tarifas acordes a los servicios que se brindarán.

La descripción de las tecnologías utilizadas y ciertos criterios de diseño nos dan una idea de su factibilidad.

Las ventajas que traería la ejecución del proyecto saltan a la vista, tanto desde el punto de vista de empresa, así como la de un instrumento de desarrollo e integración para el país.

1.5.1. Ventajas debido a la utilización de la jerarquía SDH

Interoperabilidad

Las empresas miembros y entes reguladores del área andina están trabajando en la elaboración de las normas que aseguren la interoperabilidad de los sistemas y la introducción de nuevos servicios, entre éstas están:

- Norma andina para el uso de la señalización ITU N.-7
- Norma andina para los sistemas RDSI
- Norma andina para los sistemas SDH

Esta búsqueda constante de integración de las redes en cuanto a telefonía se refiere, hacen que el Ecuador busque mantenerse a la par con sus similares de los países vecinos, y que mejor manera de hacerlo que implementando modernas redes que puedan satisfacer criterios básicos de INTEROPERABILIDAD, SEGURIDAD Y GRAN CAPACIDAD.

Capacidad de crecimiento.

Los sistemas SDH pueden manejar las siguientes velocidades:

- STM-1 155.520 Mbps
- STM-4 622.080 Mbps
- STM-16 2'488.320 Mbps \approx 2.5 Gbps
- STM-64 9'953.280 Mbps \approx 10 Gbps

Implantación de la tecnología SDH

La implantación de tecnología SDH traería los siguientes beneficios:

- Ambientes multivendedor
- Conexiones internacionales
- Control de fallas, configuración, rendimiento y seguridad centralizados
- Fácil acceso a los tributarios por medio de un simplificado sistema de multiplexación
- Utilización de un único elemento de sincronización
- Existencia de muchos bits de overhead lo que permite existencia de muchas vías de administración
- Integración de todas las jerarquías existentes

1.5.2. Ventajas del uso de cables de fibra óptica

- Inmunidad hacia las interferencias del medio
- Seguridad hacia los intrusos
- Gran capacidad (cables fabricados con 6 a 100 F.O.)
- Capacidad de crecimiento
- Muchas formas de explotación (datos, voz, vídeo, TV cable, etc.)
- El aumento de la capacidad del enlace sólo involucra los equipos terminales

CAPÍTULO 2

DIMENSIONAMIENTO DEL ENLACE

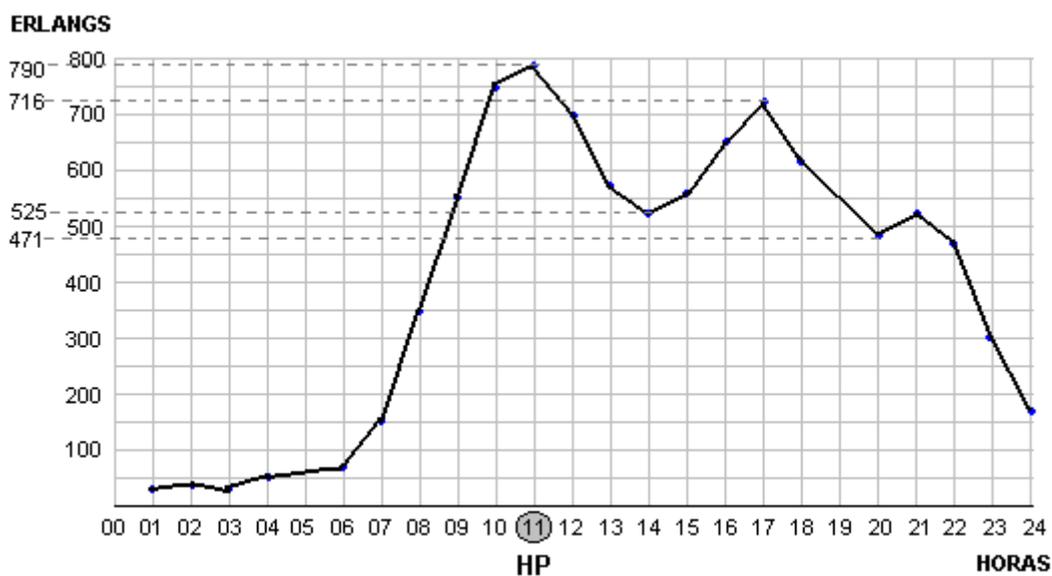
2.1. Parámetros

Para dar dimensión a la capacidad de los enlaces, se debe conocer la intensidad de tráfico, es decir la cantidad de personas que desean hablar al mismo tiempo por la ruta. Para darnos una idea de este parámetro se consideran dos aspectos:

a) Tráfico

Se refiere a la cantidad de llamadas que se efectúan por la ruta en la hora pico; como el tráfico telefónico a una hora determinada varía como mucho en un 25 % de un día a otro, el muestreo de un día normal de tráfico a la hora pico puede darnos una buena idea de la capacidad necesaria para el enlace.

Anteriormente se mencionó que el tráfico tiene que observarse en un día normal puesto que los valores varían de acuerdo a muchas circunstancias como por ejemplo el día de la semana, días feriados (especialmente los que tienen que ver con la población de interés), paralizaciones, emergencias nacionales, etc.



HP = Hora pico

Figura 2.1. Histograma para la ruta Portoviejo - Manta

Para seleccionar correctamente la hora pico hay que tener la ruta bajo observación y obtener un histograma típico del tráfico en el enlace, este histograma es diferente de enlace a enlace por lo que tiene que realizarse un estudio particularizado de la ruta.

Por ejemplo un histograma como el que se muestra en la figura 2.1 nos da una buena idea de la hora pico para ruta Portoviejo – Manta.

b) Ocupación o tiempo de retención de llamada

El tiempo de retención es la medida de duración promedio de las llamadas que se efectúan por el circuito. Esta ocupación o retención varía de acuerdo a la ruta pero en nuestro caso los valores típicos para nuestro proyecto como se verá oscilan entre los 60 y 100 segundos.

2.2. Parámetros para el cálculo del enlace

2.2.1. Intensidad de tráfico

La intensidad de tráfico se mide en Erlangs, esta variable nos da una idea de la ocupación de un circuito telefónico por una hora.

$$\text{ERLANG} = \text{Número de llamadas} * \text{Promedio de ocupación (seg.)} / 3600 \text{ (seg.)}$$

2.2.2. Grado de servicio

Es una medida de la probabilidad de que una llamada ofrecida a una central determinada no encuentre un circuito de voz desocupado en el primer intento; es decir, que cualquier llamada determinada será bloqueada. El grado de servicio se expresa en porcentajes y el valor que se toma para la telefonía pública es generalmente del 1%, este valor nos indica el número de llamadas perdidas por congestión y el número total de llamadas efectuadas.

2.2.3. Fórmula de circuitos necesarios

Cuando calculamos la capacidad de una ruta telefónica, más importante que conocer el tráfico, es calcular cuantos circuitos necesita la misma para funcionar dado su grado de servicio. Para este efecto se ha determinado la fórmula Erlang B, basada en el control de llamadas perdidas y que se describe a continuación:

$$E_B = (A^n / n!) / (1 + A + A^2 / 2! + \dots + A^n / n!)$$

n = Número de circuitos para el servicio

A = Intensidad de tráfico

E_B = Grado de servicio

2.3. Pasos

2.3.1. Determinación del tráfico

Primeramente debemos determinar el tráfico en erlangs o interés entre las diferentes ciudades que componen nuestro enlace considerado solamente el tráfico interno debido a las características del proyecto y a su alcance. En el futuro, puesto que el proyecto da las facilidades de conectar centrales como las de Guayaquil y Quito sería interesante analizar el interés de todo el país hacia estas ciudades y viceversa.

2.3.2. Proyección

Como segundo paso debemos considerar el crecimiento de la demanda proyectando el tráfico obtenido a por lo menos 10 años.

2.3.3. Matriz de circuitos

Posteriormente construimos la matriz de circuitos, esto se hace transformando los erlangs a números de circuitos de comunicación para determinado grado de servicio, lo cual se realiza a través de tablas o desarrollando por medio de métodos numéricos la fórmula de E_B .

2.3.4. Conversión

Posteriormente el número de circuitos se convierten en canales de 2Mbps (puesto que son los tributarios que utilizaremos en nuestro equipo), lo cual se logra dividiendo este número para 30 (debido a que es la cantidad de circuitos de voz que pueden enviarse rigiéndonos por la tecnología PCM europea)

2.3.5. Matriz simétrica

La matriz obtenida anteriormente se la hace simétrica al mayor valor de tributarios de 2Mbps, puesto que se considera el peor de los casos de tráfico.

2.3.6. Número de tributarios

El número de tributarios del enlace se obtiene de la mitad del total del tráfico obtenido de la matriz anterior.

2.4. Descripción de los enlaces de interés

Puesto que nuestro enlace unirá las poblaciones de Esmeraldas, Portoviejo, Manta, Salinas y Machala es necesario conocer el tráfico que se produce en la central principal y las secundarias de las poblaciones vecinas de las cuales se recoge tráfico, esto se lo realiza por medio de un seguimiento de la serie numérica de las llamadas realizadas entre los puntos de interés. En la tabla 2.1 se detalla dicha

serie para la central principal (COMAG o comando del fabricante de la central) y centrales secundarias.

PRINCIPAL	SECUNDARIA	SERIE NUMERICA
Manta II (Alcatel) 05	Jipijapa	600-602
	Pto. López	604
	Manta I	610-613
	Manta II	615-618
	Sta. Ana	640
	24 de Mayo/Sucre	642
	Rocafuerte	644
	Pichincha	646
	Paján	649
	Charapotó	670
	Jama	672
	San Vicente	674
	Crucita	676
	Bahía	678
	Pedernales	681
	Tosagua	683
Calceta	685	
Junín	689	

Portoviejo II (Alcatel) 05	Portoviejo II	63
	Portoviejo I	650-653
	Tamarindos	930-934
	Abdón Calderón	

Machala II (Ericsson) 07	Huaquillas	906,907
	Pasaje	910-914
	Machala I	920-923
	Avanzada	940
	Santa Rosa	943,944
	Pto. Vélez	949
	Pacha	958
	Pto. Bolívar	960,961
	Machala II	962-965
	Zaruma	972
	Piñas	976
	Machala Dig. II	93

Salinas II (Equitel) 04	Salinas I	771-774
	Salinas II	775-779

Esmeraldas (No especificada) 06	Esmeraldas I	710-714
	Atacames	731
	Quinindé	736,737
	Río Verde	744
	San Lorenzo	780
	Valdez	789
	Esmeraldas III	670
	Esmeraldas II	672

Tabla 2.1 Centrales secundarias y serie numérica

En la figura 2.2 se muestra los enlaces que tomaremos en cuenta para el dimensionamiento de la red, se encuentran numerados puesto que se hace referencia a ellos más adelante.

La tabla 2.2 muestra 1.- Número de la ruta, 2.- Número llamadas efectuadas máximo bidireccional con el respectivo aumento del 25% debido al margen de variación de los días, 3.- Tiempo de retención típico en la hora pico, 4.- Tráfico de los enlaces, 5.- Tráfico corregido a 10 años (tráfico a futuro se asumió que la población crece a un 2.8% anual y que la demanda de servicio telefónico aumenta de igual manera).

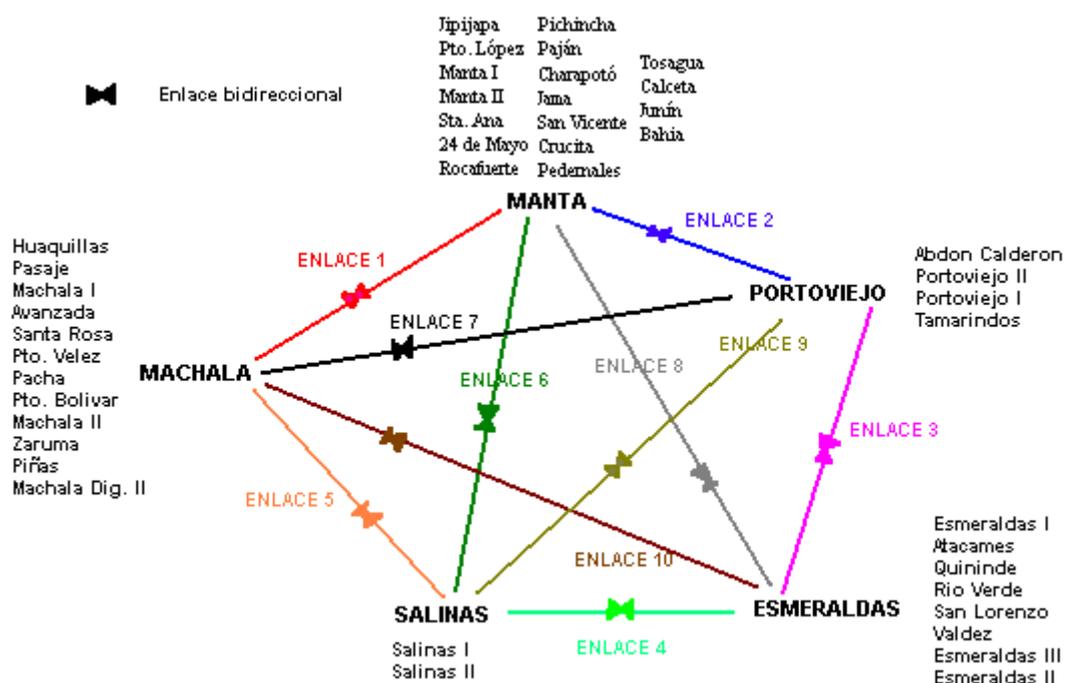


Figura 2.2. Enlaces involucrados y sus contribuyentes

Se muestra el detalle de los enlaces:

1) RUTA	2) NUM. LLAMADAS	3) RETENCION	4) ERLs	5) ERLs (2010)
Enlace 1 (Machaca - Manta)	$160 (1 + 0.25) = 200$	88 seg.	4.89	6.45
Enlace 2 (Manta - Portoviejo)	$5609 (1 + 0.25) = 7012$	70 seg.	136.35	180
Enlace 3 (Portoviejo - Esmeraldas)	$100 (1 + 0.25) = 125$	88 seg.	3.05	4.03
Enlace 4 (Esmeraldas - Salinas)	$70 \times (1 + 0.25) = 88$	88 seg.	2.15	2.84
Enlace 5 (Salinas - Machala)	$120 \times (1 + 0.25) = 150$	88 seg.	3.667	4.84
Enlace 6 (Manta - Salinas)	$71 (1 + 0.25) = 89$	88 seg.	2.18	2.88
Enlace 7 (Machala - Portoviejo)	$15 (1 + 0.25) = 18.75$	70 seg.	0.365	0.49
Enlace 8 (Manta - Esmeraldas)	$220 (1 + 0.25) = 275$	88 seg.	6.72	8.86
Enlace 9 (Portoviejo - Salinas)	$5 (1 + 0.25) = 7$	88 seg.	0.17	0.23
Enlace 10 (Machala - Esmeraldas)	$50 \times (1 + 0.25) = 63$	88 seg.	1.54	2.03

Tabla 2.2 Detalle de los enlaces

2.5. Matrices simétricas de tráfico.

Se colocan los valores máximos de tráfico sea entrante o saliente lográndose la tabla simétrica presentada a continuación:

ERLANGS	Machala	Salinas	Manta	Portoviejo	Esmeraldas
Machala	----	4.84	6.45	0.49	2.03
Salinas	4.84	----	2.88	0.23	2.84
Manta	6.45	2.88	----	180	8.86
Portoviejo	0.49	0.23	180	---	4.03
Esmeraldas	2.03	2.84	8.86	4.03	----

Tabla 2.3. Matriz de Erlangs

Para determinar la cantidad de circuitos necesarios para satisfacer un grado de demanda dado en el enlace debemos evaluar la fórmula de Eb dada anteriormente. Debido a que esta fórmula no está dentro de los límites de cálculo de la mayoría de las calculadoras programables es necesario desarrollar un algoritmo que permita conocer estos valores.

Algoritmo (pseudocódigo)

```
"N" ? → N: N → M: "A" ? → A: 1 → I: 1 → Y: Lbl 0: A/I → X: XY → Y: I+1 → I: I ≤ N ⇒ Goto 0:
Y → W: "-----":
1 → Z: M → N: Lbl B: 1 → Y: 1 → I: Lbl A: A/I → X: XY → Y: I+1 → I: I < N ⇒ Goto A: Y+Z → Z: N-
1 → N: N > 0 ⇒ Goto B:
"Presentar Eb" W/Z
```

Con dicho programa obtuvimos los siguientes valores

	CIR.N	E _b	CIR.N+1	E _b	CIR.N+2	E _b	CIR.N+3	E _b
ERLANGs								
180	200	0.01032	205					
8.86	13	0.05	14	0.03	15	0.018	16	0.0098
6.45	10	0.058	11	0.032	12	0.0173	13	0.0085
4.84	8	0.0627	9	0.033	10	0.0155	11	0.0067
4.03	8	0.031	9	0.0138	10	0.0055		
2.88	6	0.045	7	0.01848	8	0.0066		
2.84	5	0.0965	6	0.0437	7	0.01742	8	0.0061
2.03	4	0.098	5	0.038	6	0.0128	7	0.0037
0.49	1	0.3288	2	0.074	3	0.012	4	0.0014
0.23	1	0.18	2	0.02	3	0.0016		

Tabla 2.4 Intensidad de tráfico vs Número de circuitos

Los valores en rojo indican el número de circuitos con los cuales se satisface el grado de servicio menor al 1%, por lo tanto la matriz simétrica de circuitos resulta como se muestra:

CIRCUITOS	Machala	Salinas	Manta	Portoviejo	Esmeraldas
Machala	----	11	13	4	7
Salinas	11	----	8	3	8
Manta	13	8	----	200	16
Portoviejo	4	3	200	---	10
Esmeraldas	7	8	16	10	----

Tabla 2.5. Matriz de circuitos

Luego determinamos la matriz de tributarios de 2 Mbps dividiendo el número de circuitos para 30, resultando la tabla que se muestra:

TRIB. 2 Mbps	Machala	Salinas	Manta	Portoviejo	Esmeraldas
Machala	----	1 (11/30)	1 (13/30)	1 (4/30)	1 (7/30)
Salinas	1 (11/30)	----	1 (8/30)	1 (3/30)	1 (8/30)
Manta	1 (13/30)	1 (8/30)	----	7 (200/30)	1 (16/30)
Portoviejo	1 (4/30)	1 (3/30)	7 (200/30)	---	1 (10/30)
Esmeraldas	1 (7/30)	1 (8/30)	1 (16/30)	1 (10/30)	----

Tabla 2.6. Matriz del número de tributarios

Posteriormente se procede a sumar los elementos de la matriz mostrada y lo dividimos para 2. En base de esto se determina la capacidad para la cual deben prepararse los equipos multiplexores.

TOTALES	4	4	10	10	4
TOTAL	4+4+10+10+4 = 32 canales				
CAPACIDAD	32/2 = 16 Tributarios de 2Mbps				

Tabla 2.7. Matriz de totales

2.6. Selección de los agregados y tributarios

2.6.1 Agregado

Aunque nuestro trabajo presupone de antemano un enlace de 155 Mbps es decir un STM-1 de la jerarquía SDH, por los cálculos mostrados anteriormente resulta claro que este calibre satisface de manera cómoda la demanda actual y a 10 años del enlace.

$$16 \times 2 \text{ Mbps} = 32 \text{ Mbps} ; 32 \text{ Mbps} < 155 \text{ Mbps}$$

2.6.2 Tributarios

Debido a que el equipo soporta tarjetas de tributario de 21 x 2Mbps y debido a lo anterior, podemos decir que nuestro multiplexor síncrono bastará con poseer una tarjeta tributario de 21* 2 Mbps y con esta capacidad estará en capacidad de soportar el crecimiento de la demanda de estas ciudades por 10 años.

CAPÍTULO 3

TOPOLOGÍA DE LA RED

3.1. Selección de la topología

Para la conformación de cualquier red, existen 4 configuraciones básicas de entre las cuales se escogerá la mejor:

- Tipo bus
- Tipo anillo
- Tipo malla
- Tipo estrella

3.1.1. Bus

El tráfico es transportado por una sección de nodos interconectados y los servicios de voz, vídeo, datos, pueden ser añadidos o extraídos en cualquier nodo de la cadena.

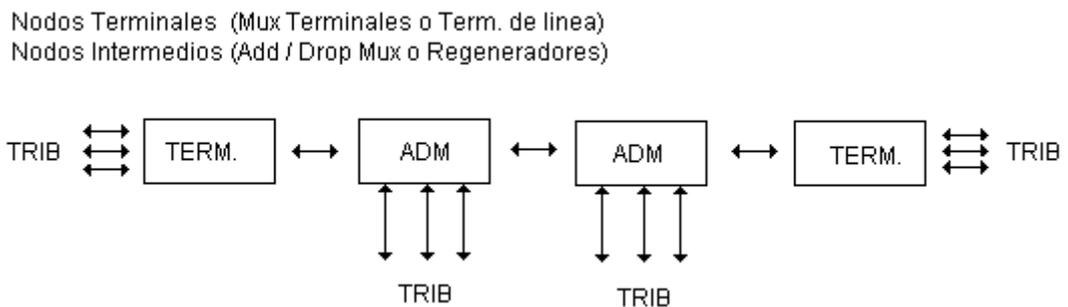


Figura 3.1. Topología Bus

3.1.2. Anillo

Esta conformada únicamente por nodos ADM, no tiene nodos terminales.

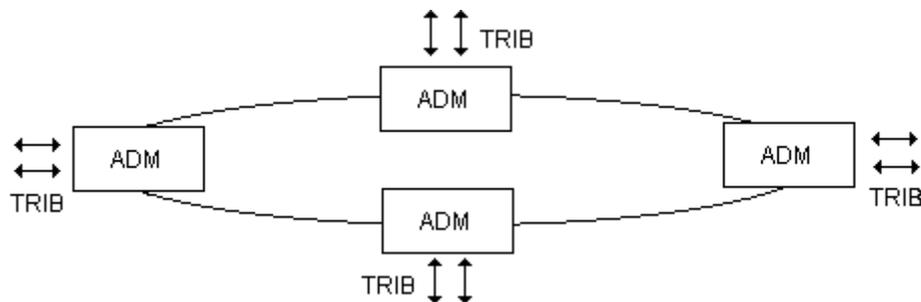


Figura 3.2. Topología anillo

3.1.3. Estrella

En esta configuración, todo el tráfico pasa a través de un nodo central, el cual está constituido por un nodo de interconexión cruzada (cross connect).

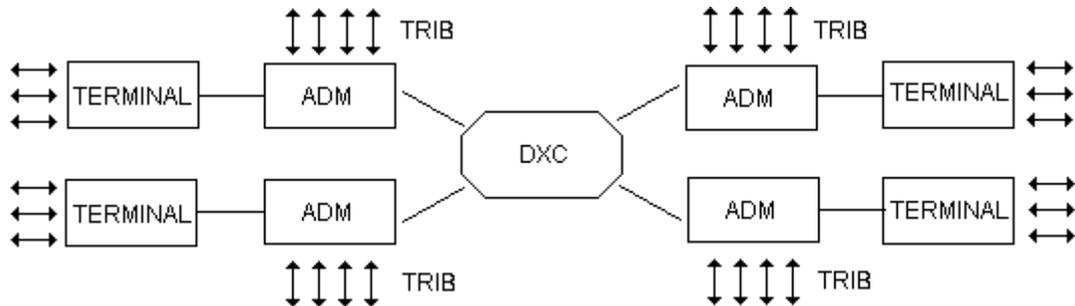


Figura 3.3. Topología estrella

3.1.4. Malla

Significa que todos los nodos están formados por dispositivos cross connect y la conexión se realiza de todos contra todos como se muestra en la figura.

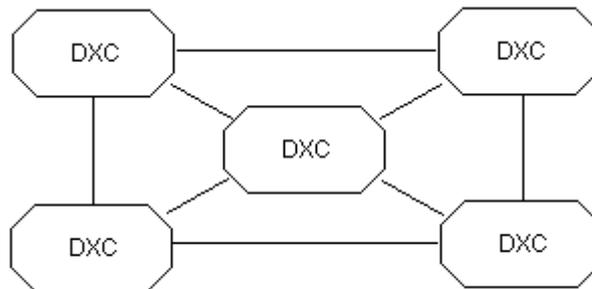


Figura 3.4. Topología Malla

3.2. Topología seleccionada

La topología recomendada en el diseño de redes SDH con F.O. es el tipo anillo doble, éste además es soportado por una amplia variedad de dispositivos comerciales.

3.3. Esquema de protecciones topológicas de la red

3.3.1. Protecciones de trayecto lineal (MS) de los agregados

Utilizada principalmente en las conexiones punto a punto en la sección del multiplexor y activada por una falla de sección.

La protección de la trayectoria lineal MS 1+1 es una protección de línea para agregados y tributarios STM-1.

La conmutación de protección de una señal suministra una capacidad, usando redundancia de equipo y acción de conmutación, de tal manera que si ocurre una falla de un canal en funcionamiento entre una sección múltiplex (o una falla de hardware interna), la señal está disponible a través de un canal de protección.

La forma de utilización de este tipo de protección depende de la estrategia de mantenimiento del operador.

No es reversible y puede ser asimétrica (unidireccional) o simétrica (bidireccional).

La función MSP local se comunica con la MSP distante correspondiente para coordinar la acción de conmutación.

Para la protección asimétrica, los criterios finos de conmutación son: pérdida de señal, pérdida de trama, BER.

Para la protección simétrica, los criterios finos de conmutación se realizan mediante un protocolo orientado a bits, definidos por los bytes K del MSOH.

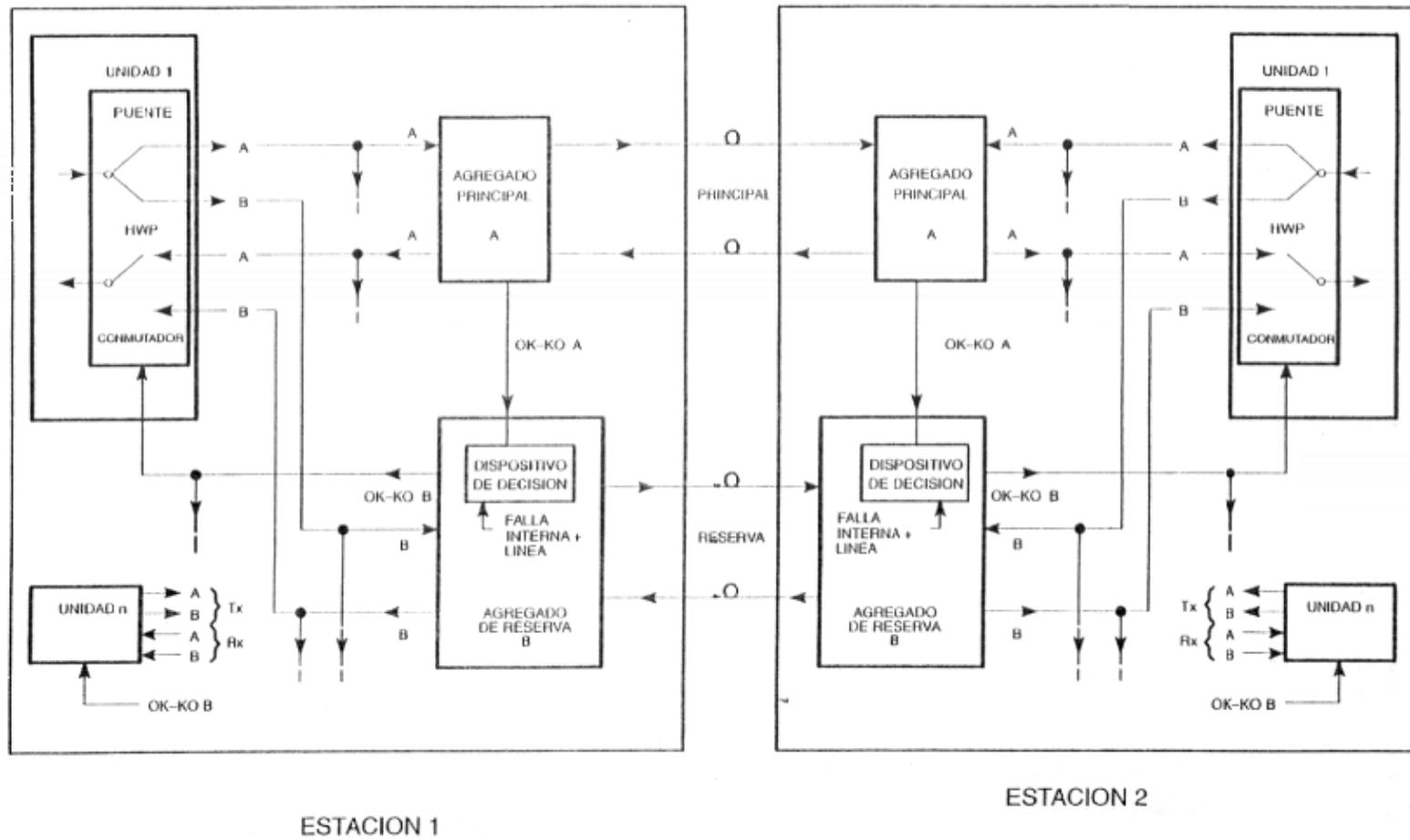
3.3.1.1. MSP 1+1 asimétrica

Con este tipo de protección, la acción de conmutación solo ocurre en el lado de recepción, en el cual se aplicó el criterio.

Todas las unidades conectadas al agregado principal A y al de reserva B de un lado (tributarios y agregados del otro) con la función HWP, deben conectar en puente la misma señal en ambos agregados A y B en la otra estación mientras la selección de la señal procedente de A y B depende del estado de la señal OK-KO de los agregados.

El agregado de reserva (B) en la segunda estación procesa (dispositivo de decisión) el estado de alarma recibido del agregado principal (A) en la primera estación (señal OK-KO A).

Figura 3.5. Protección de trayectoria lineal MS 1+1 (asimétrica)



Cuando el agregado principal está en servicio y OK, este estado se define como en “reposo”; cuando esta KO, y la de reserva esta OK, el estado se define como "protección"

En este caso, el agregado de reserva es puesto en servicio.

Todas las unidades conectadas reciben el comando OK-KOB del agregado de reserva a fin de seleccionar (conmutador HWP) la señal recibida de esta unidad (reserva OK seleccionada, principal KO seleccionada).

Por tanto, en el caso de la protección asimétrica, y después de la conmutación, la estación 2 recibe del canal de reserva mientras sigue transmitiendo en el principal.

3.3.1.2. MSP 1+1 asimétrica

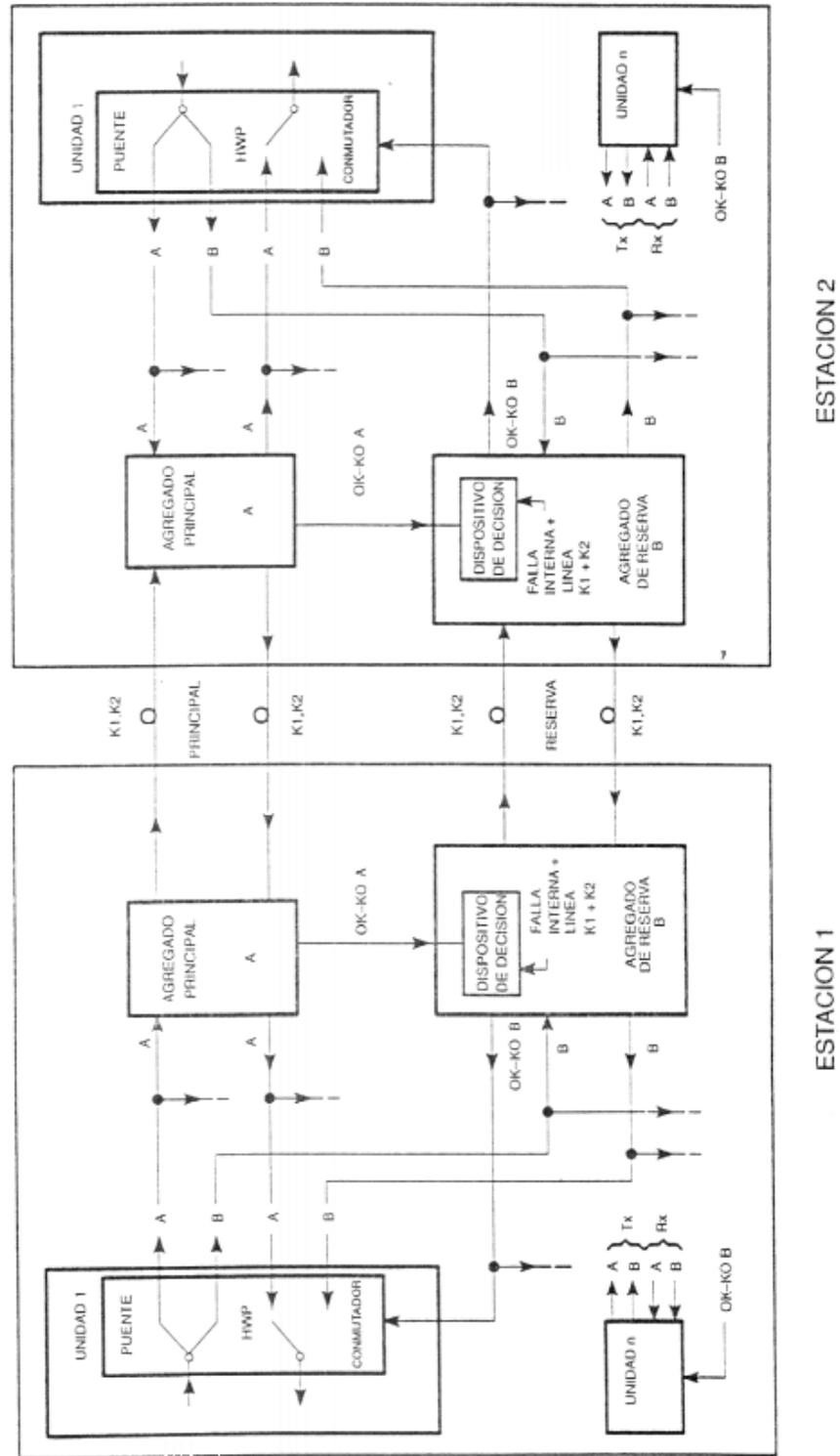


Figura 3.6. Protección de trayectoria lineal MS 1+1 (simétrica)

En la conmutación bidireccional, el canal es cambiado a la selección de protección de ambas direcciones, es decir, después de una falla en el canal principal la estación 2 recibe y también transmite en el de reserva, la conmutación de una sola dirección no es permitida

3.3.2. Protección de red inherente SNCP (trayecto de red)

La SNCP/I (Reversible / No reversible) se usa en redes anillo en las cuales se han instalado varios equipos.

Tal como se indicó en el ejemplo mostrado en la figura anterior, cada uno de los equipos en el nodo está conectado en dos direcciones (lados Este y Oeste). Una de las dos direcciones representa la vía principal (sentido horario) y la dirección opuesta que utiliza una segunda fibra para el tráfico de reserva (antihorario).

La detección de una falla de vía activa la protección automática.

Cada nodo tributario transmisor está conectado permanentemente (puente) en la dirección del tráfico principal (sentido horario) y en la dirección de tráfico protegido (sentido antihorario).

La señal de transmisión alcanza su destino a través de dos vías distintas activando por lo tanto el nodo que la está recibiendo para seleccionar la mejor (conmutación).

Por ejemplo, T1 es transmitido por el equipo 1 en ambas direcciones, pero será extraído del equipo 5 por la conexión principal (sentido horario). Una falla o una desmejora en la vía principal activa la conmutación a la de reserva con la verificación subsiguiente simultánea de las dos vías.

Para administrar la conmutación, la arquitectura SNCP/I utiliza los datos inherentes a la vía y no a la línea. La conmutación es en realidad activada por operaciones defectuosas que ocurren en los niveles VC4 o TU-12/3

Cuando la línea ya no está disponible, se transmite una señal AIS en la misma vía para activar la protección. De esta manera, la SNCP/I puede proteger las vías tras una falla del cable o fallas a lo largo de la fibra y los nodos, si la falla es a nivel del cable entonces concierne a todas las fibras que contiene y por lo tanto el tráfico en ambas direcciones los pone fuera de servicio.

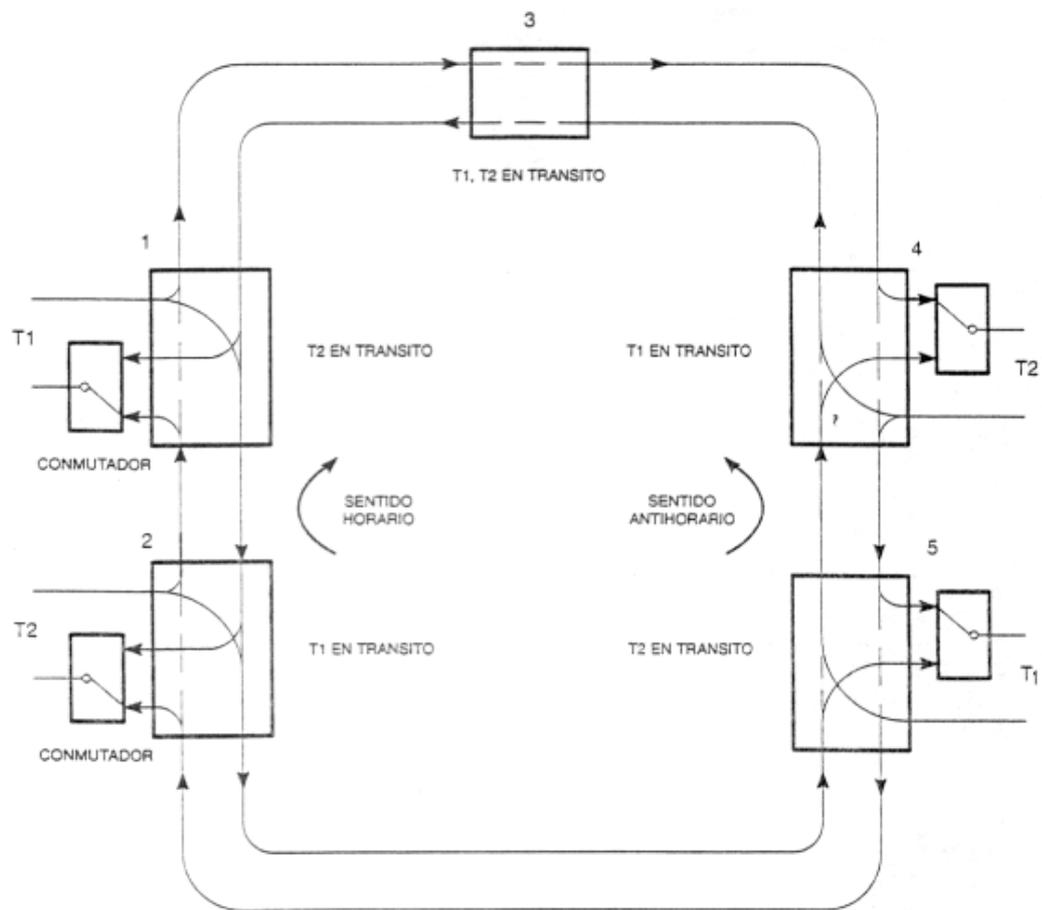


Figura 3.7. Red de anillo típico SNCP/I

3.3.3. Protecciones EPS (Tributarios 2 Mbps)

Funciona a nivel de unidad y permite cambiar a una unidad de reserva: conmutación reversible n+1.

La conmutación ocurre tras un criterio de falla de unidades internas (ausencia, adaptación, etc. de la tarjeta).

El comando de conmutación es tipo software generado por el controlador.

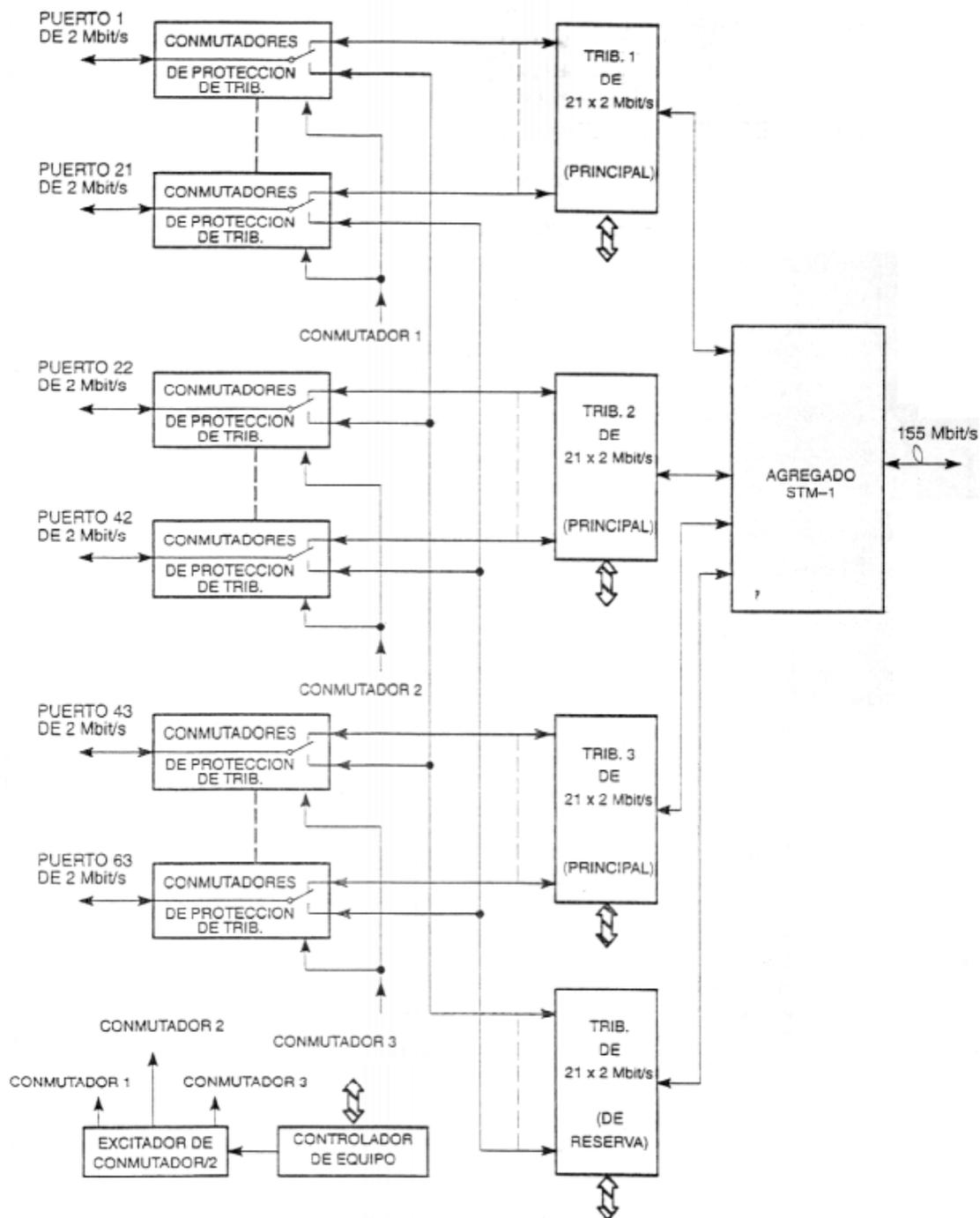


Figura 3.8. Protección EPS 3+1 en el tributario de 21 x 2 Mbps

CAPÍTULO 4

INTERFACES Y CONECTORES

4.1. Interfaces

El presente capítulo se refiere a las especificaciones y parámetros de la interfaz óptica para los equipos y sistemas que admiten la jerarquía digital síncrona (SDH) y que funcionan en fibras ópticas monomodo conformes a las recomendaciones G.654 y así poder hablar de conceptos como compatibilidad transversal, es decir, la posibilidad de combinar en una sola sección de fibra óptica equipos procedentes de diversos fabricantes.

4.1.1. Clasificación de las interfaces ópticas

Para simplificar el desarrollo de los sistemas con compatibilidad transversal, conviene limitar el número de categorías de aplicaciones y los correspondientes conjuntos de especificaciones de interfaces ópticas para la normalización.

a) Intracentrales

Correspondiente a distancias de interconexiones inferiores a 2 Km. aproximadamente.

b) Intercentrales a corta distancia

Correspondiente a distancias de interconexión de 15 Km aproximadamente.

c) Intercentrales a larga distancia

Correspondiente a distancias de interconexión de 40 Km aproximadamente en la ventana de 1310 nm y de 80 Km aproximadamente en la ventana de 1550 nm.

Aplicación		Intracentrales	Intercentrales				
			Corta distancia		Larga distancia		
Longitud de onda nominal de la fuente (nm)		1310	1310	1550	1310	1550	
Tipo de fibra		Rec. G.652	Rec. G.652	Rec. G.652	Rec. G.652	Rec. G.652 Rec. G.654	Rec. G.653
Distancia (Km) ^{a)}		≤ 2	~ 15		~ 40	~ 80	
Nivel STM	STM-1	I-1	S-1.1	S-1.2	L-1.1	L-1.2	L-1.3
	STM-4	I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1	L-4.2	L-4.3
	STM-16	I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3
a) Estas distancias objetivo se utilizan a efectos de clasificación y no de especificación.							

Tabla 4.1. Categorías de aplicaciones de las interfaces ópticas

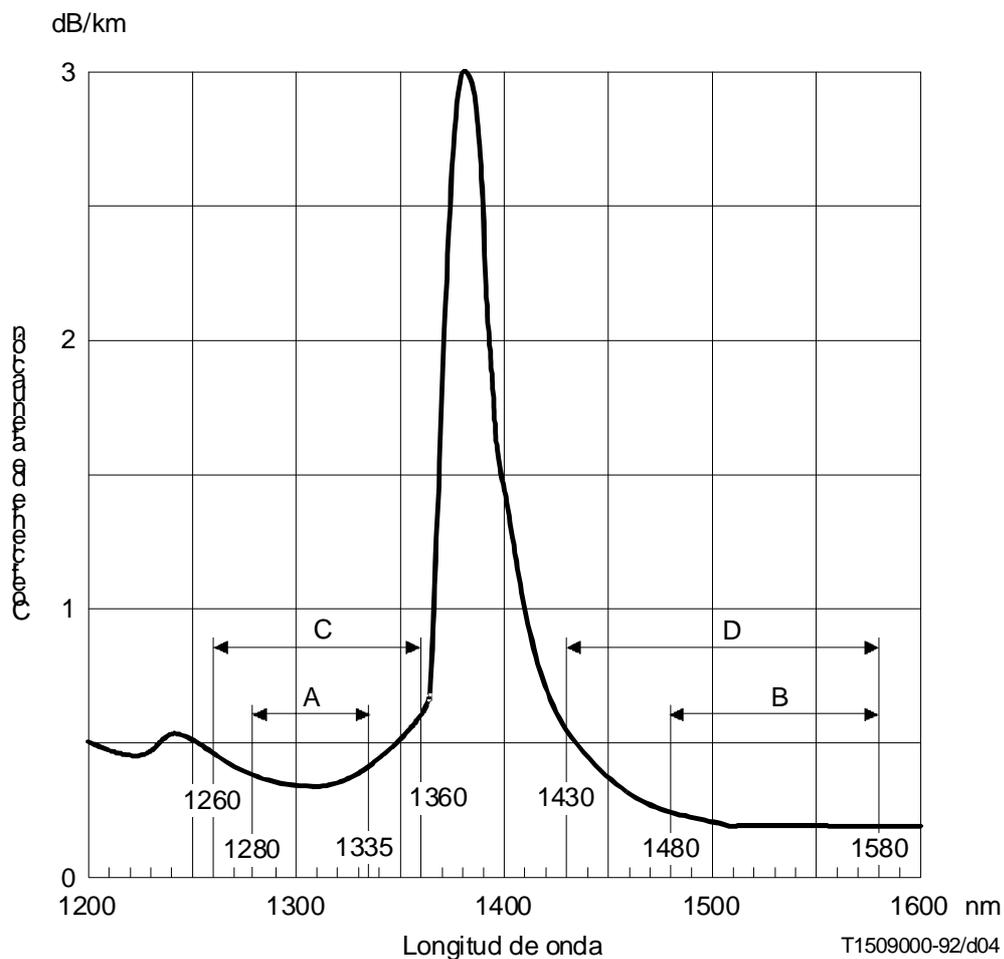
4.1.2. Compatibilidad transversal

El código de aplicación se establece de la forma siguiente:

Aplicación – Nivel STM. Número de sufijo

Siendo las designaciones de aplicación: I (Intracentrales), S (corta distancia) o L (larga distancia); y siendo el número de sufijo uno de los siguientes:

- (en blanco) o 1 para indicar fuentes de longitud de onda nominal de 1310 nm en fibras ópticas conformes a la Recomendación G.652
- 2 para indicar fuentes de longitud de onda nominal de 1550 nm en fibras ópticas conformes a la Recomendación G.652 para aplicaciones de corta distancia y en fibras conformes a las Recomendaciones G.652 o G.654 para aplicaciones de larga distancia
- 3 para indicar fuentes de longitud de onda nominal de 1550 nm en fibras ópticas conformes a la Recomendación G.653



Las gamas A y B son adecuadas para aplicaciones de larga distancia (L-N.x) y las C y D, para aplicaciones de corta distancia (S-N.x) e intracentrales (I-N).

Figura 4.1. Atenuación vs Longitud de onda

Las distancias propuestas permiten potenciar los actuales sistemas explotando la región de 1550 nm. Las distancias que figuran en el Cuadro 1 representan las distancias máximas aproximadas entre repetidores.

Seleccionando adecuadamente estos parámetros de acuerdo a la aplicación se puede garantizar compatibilidad transversal.

El punto S es un punto de referencia de la fibra óptica situado inmediatamente después del conector óptico del transmisor (CTX) y el punto R es un punto de referencia situado en la fibra óptica inmediatamente antes del conector óptico del receptor (CRX).

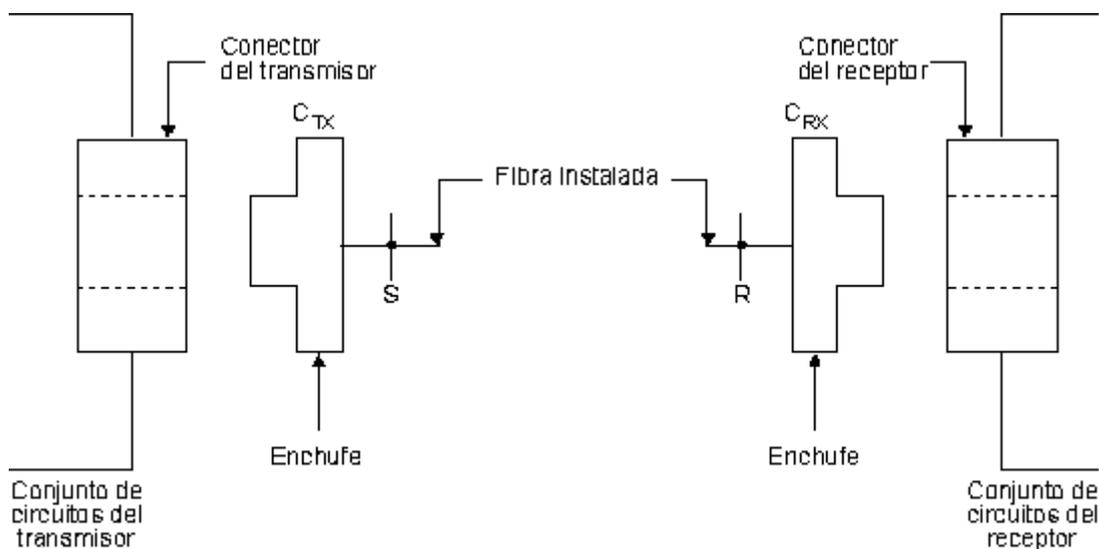


Figura 4.2. Representación de las interfaces en los puntos S-R

4.1.3. Interfaces soportadas por nuestro equipo

Las interfaces de la unidad agregado STM-1 que soporta nuestro equipo junto con los correspondientes conectores se muestran en la siguiente tabla (cuadro 1):

CARACTERISTICAS	UNIDAD	VALORES		
Señal digital	Kbps	STM-1 (155.520 Mbps)		
Código		S-1.1	L-1.1 / L-1.1 JE	L-1.2 / L-1.2 JE
Longitud Onda (intervalo)	nm	1260-1360	1280-1335	1480-1580
TRANSMISOR (S)				
Tipo de fuente		MLM	MLM	SLM
Características Espectrales				
Duración eficaz	nm	7.7	4	-
Duración máxima a -20 db	nm	-	-	1
Relación de supresión de modo lateral mínimo	dB			30
Potencia Transmitida media				
Máximo	dbm	-8	0	0
Mínimo	dbm	-15	-5	-5/-4
Relación de extinción mínima	db	8.2	10	10
TRAYECTORIA (S- R)				
Margen de atenuación	db.	0-12	10-28 / 0-28	10-28 / 10-33
Dispersión Máxima	Ps/nm	96	185	NA
Pérdida de retorno óptico mínima de planta de cable en S, incluyendo los conectores	db	NA	NA	20
Reflectancia max. entre S-R	db	NA	NA	-25
RECEPTOR (R)				
Sensibilidad min.	dbm	-28	-34	-34 / -38
Sobrecarga max.	dbm	-8	-10 / 0	-10
Penalidad trayecto óptico	db.	1	1	1
Reflectancia max. de receptor	db.	NA	NA	NA

Tabla 4.2. Interfaces de la unidad agregado STM-1

Todos los valores de parámetros especificados son valores del caso más desfavorable que se supone se cumplen en toda la gama de condiciones de funcionamiento normalizado (es decir, gamas de temperatura y humedad) e incluyen los efectos de envejecimiento. Los parámetros se especifican con respecto a un objetivo de diseño de sección óptica de una tasa de errores en los bits (BER) no superior a 1×10^{-10} para el caso extremo de las condiciones de atenuación y dispersión del trayecto óptico.

4.1.4. Descripción de los parámetros

4.1.4.1. Transmisor

a) Gama de longitudes de onda de funcionamiento del sistema.

Para proporcionar flexibilidad en la realización de sistemas con compatibilidad transversal y hacer posible una futura utilización de multiplexación por división de longitud de onda (WDM), conviene admitir una gama lo más amplia posible de longitudes de onda de funcionamiento del sistema.

La elección de la gama de longitud de onda de funcionamiento para cada una de las aplicaciones del cuadro, depende de diversos factores entre estos: longitud de onda de corte y el tipo de fibra (ventana de operación de la fibra) y la interacción de la dispersión de la fibra con las características espectrales del transmisor, la superposición de estos parámetros determinan la longitud de onda de operación.

En nuestro caso las fibras utilizadas están optimizadas para el uso en la ventana alrededor de los 1550 nm (1480-1580) esta región está definida por la atenuación debida a la flexión que aparece a los 1600 nm o superiores, la absorción infrarroja mas allá de los 1600 nm y la absorción de vapor de agua que figura a partir de los 1385 nm.

b) Tipo de fuente nominal

Dependiendo de las características de atenuación/dispersión y del nivel jerárquico de cada aplicación del Cuadro , los posibles dispositivos transmisores son los diodos fotoemisores (LED, *light emission diode*), los láseres de modo multilongitudinal (MLM) y los láseres de modo monolongitudinal (SLM). Para cada una de las aplicaciones se señala un tipo de fuente nominal. Queda entendido que la indicación de un tipo de fuente nominal no constituye una exigencia; que los dispositivos SLM pueden emplearse en sustitución en cualquier aplicación que tenga como tipo de fuente nominal un LED o un MLM y que los dispositivos MLM pueden emplearse en cualquier aplicación que tenga como tipo de fuente nominal un LED sin que se produzca ninguna degradación en el comportamiento del sistema.

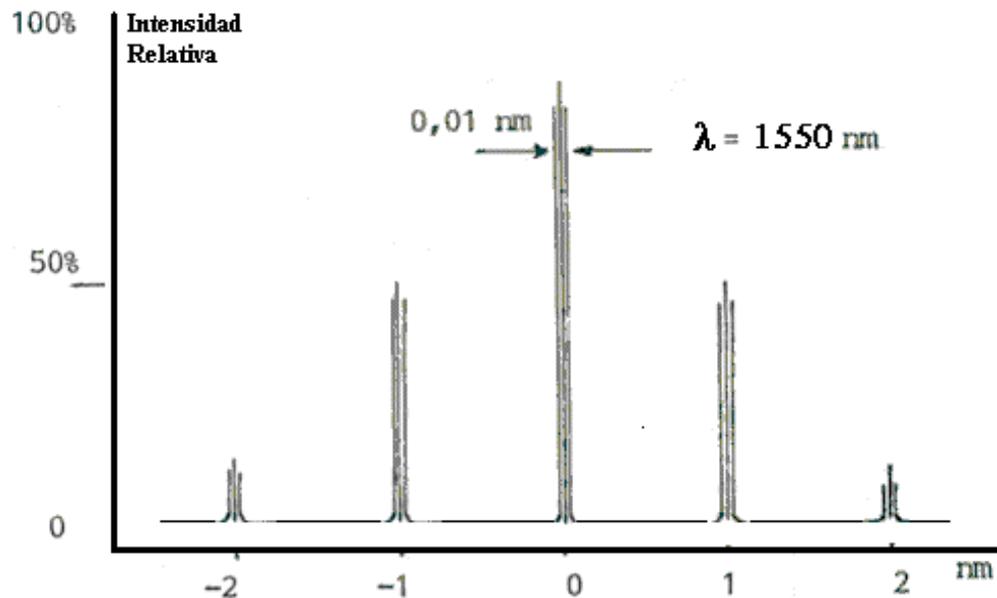


Figura 4.3. Intensidad relativa vs. Longitud de onda (SLM)

c) Características espectrales

Para láseres SLM, la anchura espectral máxima viene especificada por la anchura total máxima de la cresta de la longitud de onda central, medida 20 dB por debajo de la amplitud máxima de la longitud de onda central en condiciones de funcionamiento normalizado. Para el control del ruido de partición de modo en los sistemas SLM, se especifica un valor mínimo para la relación de supresión de modo lateral del láser.

d) Potencia inyectada media

La potencia inyectada media en el punto de referencia S, es la potencia media de una secuencia de datos pseudoaleatorios acoplada a la fibra mediante el transmisor. Se expresa como una gama para permitir una cierta optimización de los costos y tener en cuenta los márgenes de explotación en condiciones de funcionamiento normalizadas, las degradaciones del conector del transmisor, las tolerancias en las mediciones y los efectos de envejecimiento. Estos valores permiten determinar los valores de sensibilidad y el punto de sobrecarga para el receptor en el punto de referencia R

e) Relación de extinción

El convenio adoptado para el nivel lógico óptico es el siguiente (NRZ):

la emisión de luz se representa por un «1» lógico

la ausencia de emisión se representa por un «0» lógico

La relación de extinción (EX) se define como:

$$EX = 10 \log_{10} (A/B)$$

Donde A es el nivel medio de potencia óptica para un «1» lógico y B es el nivel medio de potencia óptica para un «0» lógico. Los métodos de medición de la relación de extinción están en estudio.

Para asegurar el adecuado comportamiento del sistema en cada una de las aplicaciones consideradas en el cuadro es necesario especificar las características de atenuación y dispersión del trayecto óptico entre los puntos de referencia S y R.

f) Atenuación

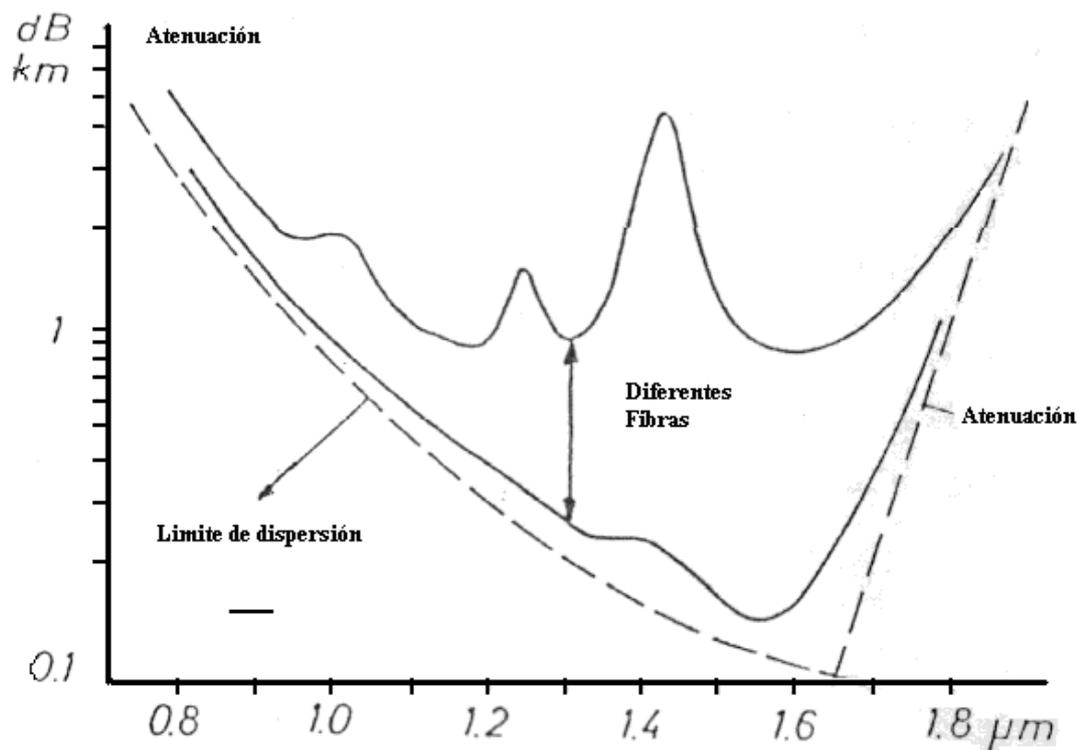


Figura 4.4. Atenuación y Dispersión vs. Longitud de onda

Se supone que las especificaciones de atenuación son los valores del caso más desfavorable incluidas las pérdidas en los empalmes, conectores, atenuadores ópticos (de ser necesarios) o de otros dispositivos ópticos pasivos, así como:

- Las futuras modificaciones en la configuración del cable (empalmes adicionales, aumento de la longitud del cable, etc.)
- Las variaciones en el comportamiento del cable de fibra debido a factores del entorno; y
- La degradación de algún conector, atenuador óptico (de ser necesarios) o de otro dispositivo óptico pasivo entre los puntos S y R, en caso de existir.

Se consideran sólo para cálculos de los sistemas, los siguientes valores del coeficiente de atenuación máxima de referencia: 3.5 dB/km. (intracentrales), 0.8 dB/km. (corto alcance y largo alcance) a 1310 nm y 0.3 dB/km. (largo alcance a 1550 nm). Se indica que, utilizando estos valores del coeficiente de atenuación, pueden alcanzarse las distancias objetivo aproximadas del Cuadro 1 esto en combinación con hipótesis respecto a un margen total en el que se tienen en cuenta el cableado, los empalmes de instalación, los empalmes de reparación y la gama de temperaturas de funcionamiento.

g) Dispersión

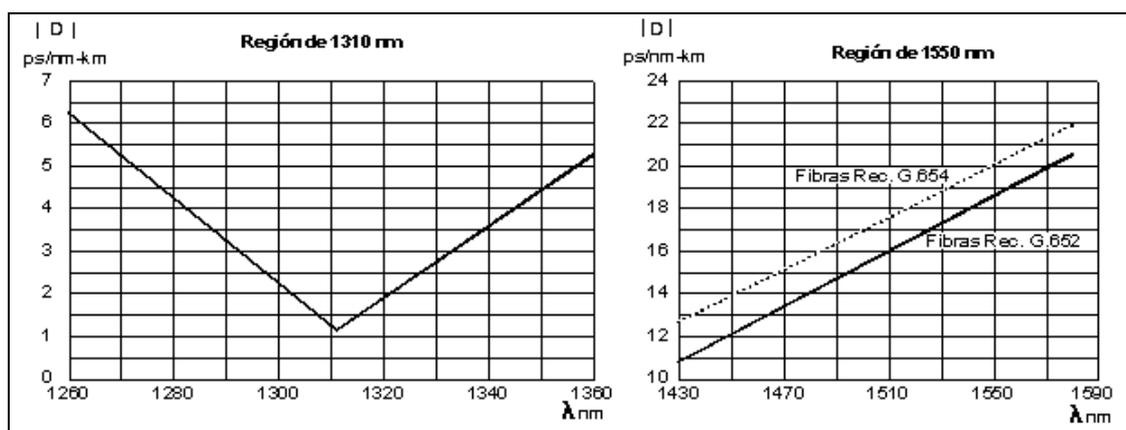


Figura 4.5. Valor máximo del coeficiente de dispersión (fibras conforme a la Rec. G.652 y G.654)

Para los sistemas que se consideran limitados por la atenuación no se han especificado valores de dispersión máxima y se indican en el cuadro 1 con la inscripción NA (no aplicable) Lo que sí podemos anotar es que para el tipo de F.O. utilizada en el proyecto es decir la Recomendación G.654 y también para fibras conformes a la Recomendación G.652 en la región de 1550 nm, puede observarse en la figura 4.5 que la dispersión limita la longitud de onda de funcionamiento superior y la atenuación limita la longitud de onda de funcionamiento inferior.

h) Reflexiones

Las reflexiones están causadas por las discontinuidades del índice de refracción a lo largo del trayecto óptico. Si no se controlan, pueden degradar el comportamiento del sistema mediante su efecto perturbador sobre el funcionamiento del láser o mediante reflexiones múltiples que provocan ruido interferométrico en el receptor.

Las reflexiones en el trayecto óptico se controlan especificando:

- La pérdida de retorno óptica (ORL) mínima de la planta de cable en el punto S, incluidos todos los conectores.

NOTA : Para medir el ORL se utiliza el OCWR (optical continuous-wave reflectometer), este instrumento emplea una fuente de luz estable continua o modulada, con un medidor de potencia óptica promediada en el tiempo de alta sensibilidad. Este método es adecuado para medir la pérdida de retorno óptico de la planta de cable en el punto S o la reflectancia del receptor en el punto R

- la reflectancia discreta máxima entre los puntos S y R.

NOTA : Para medir la reflectancia discreta máxima se utiliza el OTDR (optical time - domain reflectometer) este hace uso de una fuente de impulsos con un ciclo de trabajo reducido así como de un receptor óptico sensible con resolución temporal. Este último método es adecuado para medir reflectancias discretas entre los puntos S y R o la reflectancia del receptor en el punto R.

El número máximo de conectores o de otros puntos de reflexión discreta que pueden incluirse en el trayecto óptico debe ser tal que permita obtener el valor especificado de pérdidas de retorno óptico globales.

Si esto no puede lograrse utilizando conectores con la reflexión discreta máxima indicada en las características de la interface, deben utilizarse conectores con una mejor característica de reflexión. Como otra posibilidad, debe reducirse el número de conectores.

También puede que sea necesario limitar el número de conectores o utilizar conectores con una característica de reflectancia mejorada para evitar degradaciones inaceptables debido a reflexiones múltiples.

4.1.4.2. Receptor

El funcionamiento adecuado del sistema requiere la especificación de la sensibilidad mínima del receptor y del nivel de potencia de sobrecarga mínimo. Esos valores deben ser coherentes con las gamas de potencia inyectada media y de atenuación especificadas para cada aplicación

a) Sensibilidad del receptor

La sensibilidad del receptor se define como el mínimo valor aceptable de la potencia media recibida en el punto R para lograr una BER de 1×10^{-10} . Tiene en cuenta la penalización de potencia causada por la utilización de un transmisor en condiciones de funcionamiento normalizado con valores del caso más desfavorable de la relación de extinción, de los tiempos de establecimiento y caída del impulso, de las pérdidas de retorno ópticas en el punto S, de las degradaciones en el conector del receptor y de las tolerancias en las mediciones. Los efectos de envejecimiento no se especifican por separado puesto que normalmente es un asunto que ha de tratarse entre el suministrador de la red y el fabricante del equipo. La sensibilidad del receptor especificada en el cuadro 1 son valores del caso más desfavorable, al final de la vida útil.

b) Sobrecarga del receptor

La sobrecarga del receptor es el máximo valor aceptable de la potencia media recibida en el punto R para una BER de 1×10^{-10} .

c) Reflectancia del receptor

Las reflexiones procedentes del receptor y dirigidas a la planta de cable se especifican mediante la máxima reflectancia permitida del receptor medida en el punto de referencia R.

Los sistemas que utilizan menor número de conectores o conectores de calidad superior producen menos reflexiones múltiples y, en consecuencia, pueden tolerar el funcionamiento con receptores que tengan una mayor reflectancia. Como ejemplo extremo, puede indicarse que si en el sistema existen sólo dos conectores, es aceptable un valor de pérdida de retorno en el receptor de 14 dB.

d) Penalización de potencia en el trayecto óptico

El receptor debe tolerar cualquier penalización en el trayecto óptico que no exceda de 1 dB (2 dB en el caso de L-16.2) para tener en cuenta la degradación total debida a las reflexiones, a la interferencia entre símbolos, el ruido de partición de modos y a la fluctuación del láser.

4.2. Conectores

Se entiende por conectores a uniones separables a lo largo de la fibra. Los conectores se utilizan para separar fácilmente dos etapas de fibra, se escoge el tipo de acoplamiento en función del diámetro del núcleo de la fibra y la atenuación de inserción requerida.

Como se mencionó en el análisis de las interfaces los conectores, estos son los principales contribuyentes a las reflexiones en el sistema. Éstos están ubicados tanto a la salida y entrada de los transmisores y receptores como de los repetidores.

El número máximo de conectores debe ser tal que permita obtener el valor especificado de pérdidas de retorno óptico globales. Si esto no puede lograrse utilizando conectores con la reflexión discreta máxima indicada, deben utilizarse conectores con una mejor característica de reflexión. Para tal efecto existen conectores especiales que se describen a continuación: SC, FC, DIN para los tributarios ópticos STM-1.

4.2.1. Características de un conector FC típico



Figura 4.6. Características de un conector FC típico

Características

- Generalmente son de construcción de una pieza.
- Cumplen con los estándares TIA/EIA 604.
- Permiten instalación de campo.
- Compatible con los métodos de limpieza manual o mecánicos.
- Es compatible con cables de grosores entre 900 μ m y 2.0 a 3.0 mm (recomendado para < 3.0 mm).

Especificaciones

- Pérdidas de inserción: 0.15 db típico para fibras monomodo.
- Pérdidas de retorno óptico: < -45 db típico.
- Rango de temperatura entre -40 °C y 80 °C.
- Resistencia : >25 Lb (straight pull).

4.2.2. Características de un conector SC típico

Características

- Generalmente son de construcción de una pieza.
- Cumplen con los estándares TIA/EIA 604.
- Permiten instalación de campo.
- Compatible con los métodos de limpieza manual o mecánico.

- Es compatible con cables de grosores entre 900 μ m y 2.0 a 3.0 mm (recomendado para < 3.0 mm).



Figura 4.7. Características de un conector SC típico

Especificaciones

- Pérdidas de inserción: 0.15 db típico para fibras monomodo.
- Pérdidas de retorno óptico: < -45 db típico.
- Rango de temperatura entre -40 °C y 75 °C.
- Resistencia : >25 Lb (straight pull).

4.2.3. Procedimiento de empalme

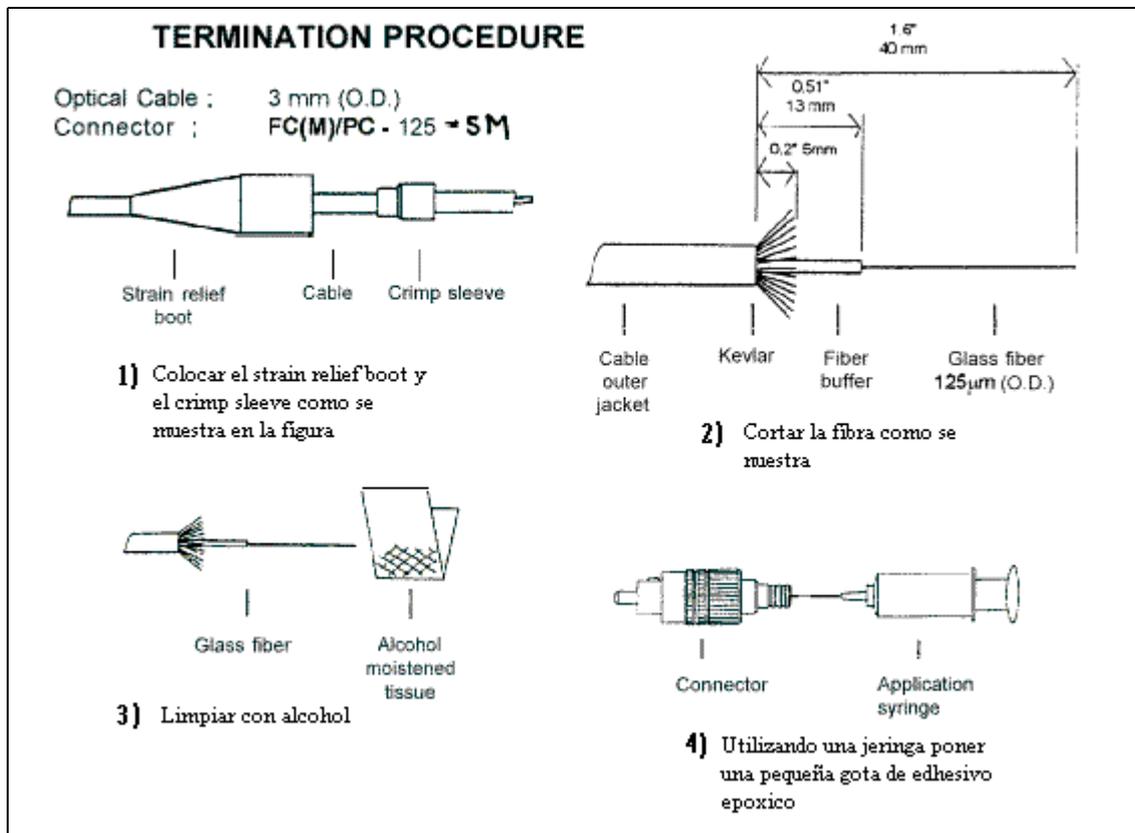


Figura 4.8. Fabricación de los conectores (1-4)

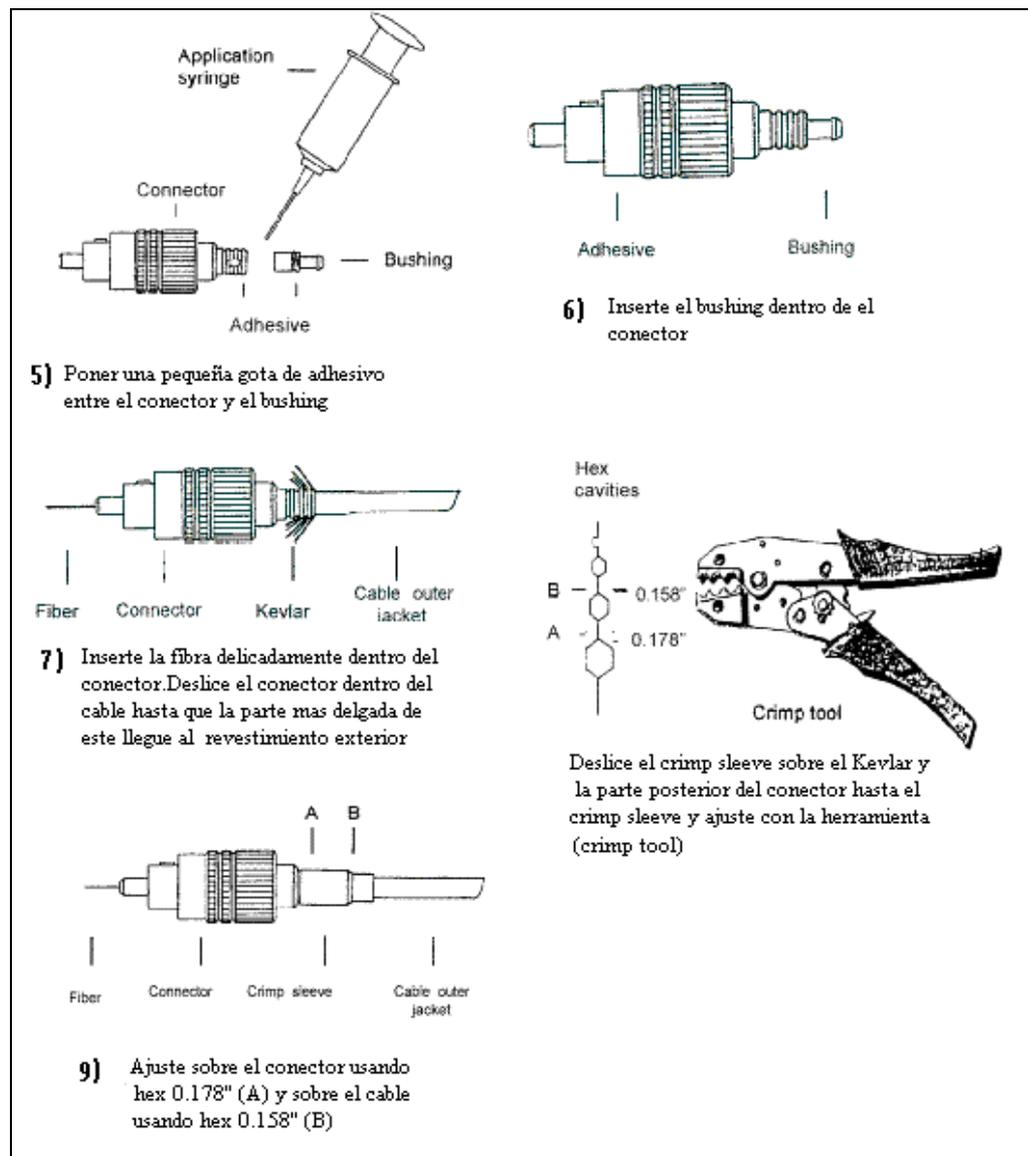
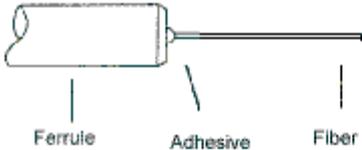
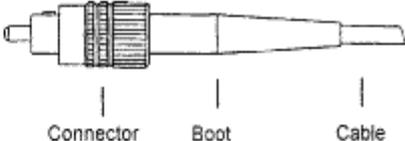
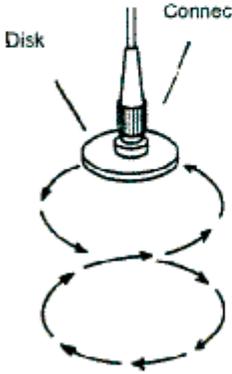
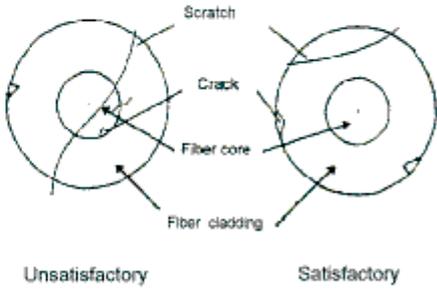


Figura 4.9. Fabricación de los conectores (5-9)

10) 			11) 		
Epoxy	Room cure time (@ 25° C)	Oven cure time (@ 100° C)	Connector Boot Cable Jalar la tuerca del conector y deslizar el strain relief boot sobre el crimp sleeve hasta que las dos cubran el conector firmemente		
BAF1 13SC BAFI.2.3	18h	15 min 5 min			



12) Instale el conector en un disco de pulido



13) Inspeccione la pulida de la fibra utilizando un microscopio. Rupturas y raspones en el nucleo de la fibra son inceptables, pequeños defectos en los revestimientos son permitidos
Limpia el conector con pañitos de alcohol o aire comprimido

Figura 4.10. Fabricación de los conectores (10-13)

4.2.4. Vista del equipo con conectores ópticos

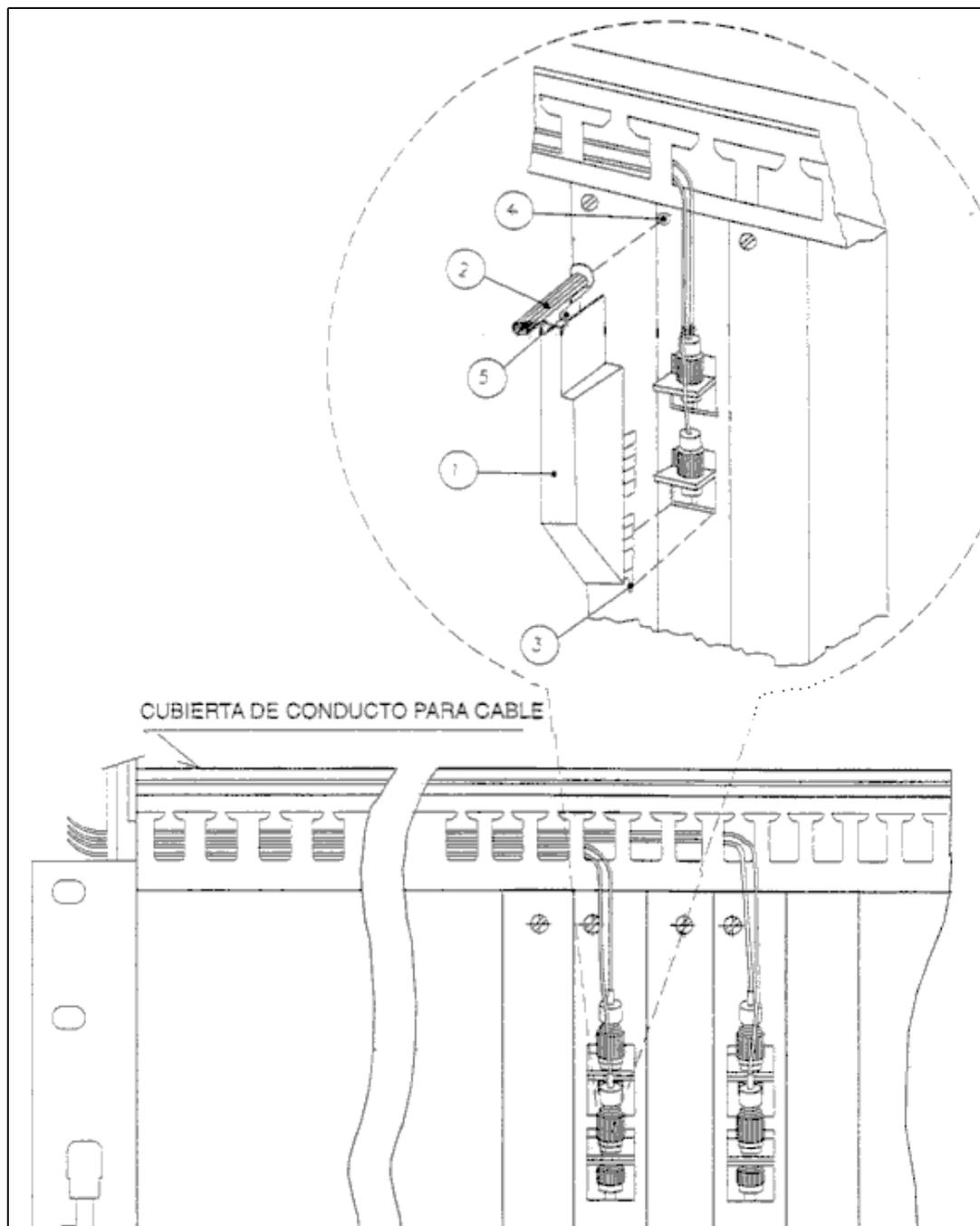


Figura 4.11. Vista de conectores en el equipo

CAPÍTULO 5

MEDIO A UTILIZAR Y TENDIDO

5.1. Generalidades

En la actualidad existen muchas formas de transmitir datos a largas distancias pero todas ellas difieren en parámetros claves como confiabilidad, costo, capacidad de crecimiento, etc. En lo que la mayoría de estas fórmulas coincide es la tendencia generalizada de digitalizar las señales, puesto que de esta manera la transmisión adquiere características de manipulación sorprendentes.

Actualmente si una empresa desea transmitir datos entre sucursales que se encuentran distribuidas a lo largo del país (Ej.: Bancos) tiene a su disposición medios como:

- Cable coaxial
- Radio
- Líneas dedicadas
- Líneas dial-up
- Enlaces microondas terrestres
- Enlaces satelitales
- Enlaces F.O.

Para el desarrollo de nuestro proyecto, y dadas las características mencionadas y a su justificación, es razonable utilizar la fibra óptica como medio de implementación de la red de transporte por razones que detallaremos a continuación:

a) Capacidad de crecimiento

Teóricamente el ancho de banda de un sistema de fibra óptica (vidrio ultrapuro) es de 50 THz (50 millones de MHz, WB de la fibra no de los equipos), esto y el creciente desarrollo de nuevas técnicas de multiplexación (Multiplexación de longitudes de onda) hacen que para realizar una ampliación del enlace baste con cambiar los equipos terminales y no la red en sí.

b) Manejabilidad

Para darnos cuenta de la gran diferencia en este aspecto basta decir que 100 Kg de alambre de cobre puede ser cómodamente reemplazados por 3 Kg de fibra para una capacidad igual o superior, lo que brinda facilidad de tendido.

c) Seguridad

No existe la posibilidad de hacer empalmes sin que exista interrupción de la señal.

d) Limpieza de canal

Gracias a que las señales son ópticas y no eléctricas, éstas son inmunes a las interferencias electromagnéticas (líneas de transmisión, generadores, rayos, medio ambiente, manchas solares, etc.) elevando la calidad de servicio al cliente.

e) SDH

El uso de fibras ópticas garantiza la mejor explotación del sistema SDH para nuestra red.

f) Mantenimiento

El mantenimiento, gestión y administración son centralizados por lo que los costos por este concepto se reducen drásticamente.

g) Menor número de repetidores

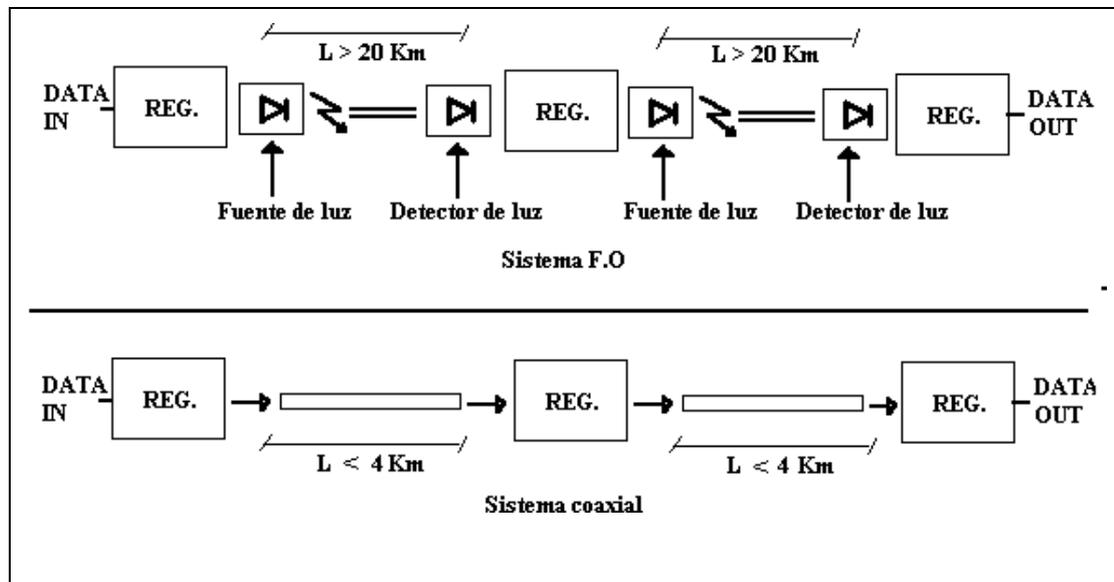


Figura 5.1. Comparación entre sistemas de fibra y coaxial

5.2. Tipos de fibra

En la actualidad existen varios tipos de fibra, las cuales se clasifican por el número de modos de propagación que permite transportar su núcleo

TIPO	CLASE	APLICACIÓN	NOTA
Multimodo G.651	Índice simple	• Baja velocidad	El índice de refracción es único en toda la fibra
	Índice Gradual G.651	• Distancias cortas	El índice de refracción es una función de la distancia al núcleo
Monomodo G.652	Dispersión desplazada G.653	• Alta Velocidad • Largas distancias	Recomendada para largos trayectos
	Corte desplazado G.654		
	Disp. Despla. no nula G.655		

Tabla 5.1. División de fibras según recomendaciones

Por las características arriba señaladas y puesto que el proyecto es un enlace entre centrales a larga distancia vemos que un requerimiento necesario para el mismo es la utilización de fibras monomodo (más adelante discerniremos la recomendación específica).

5.3. Fibras monomodo

5.3.1. Definiciones

5.3.1.1. Características de campo modal

a) Diámetro del campo modal (MFD)

El diámetro del campo modal (MFD) representa una medida del alcance transversal de la intensidad de campo electromagnético del modo en una sección transversal.

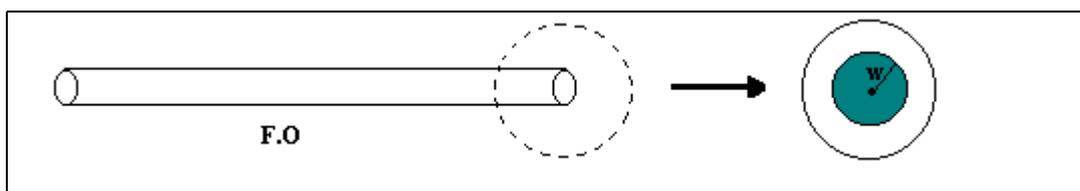


Figura 5.2. Diámetro de campo modal

b) Error de concentricidad del campo modal

Distancia entre el centro del campo modal y el centro de la superficie del revestimiento.

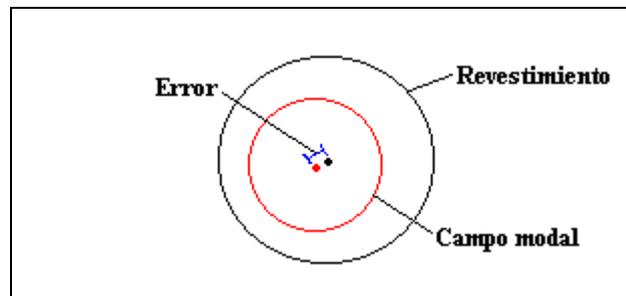


Figura 5.3. Error de concentricidad

c) Centro del campo modal

El centro del campo modal es la posición del centroide de la distribución espacial de intensidad en la fibra.

$$r_c = \frac{\iint_{Area} rI(r)dA}{\iint_{Area} I(r)dA}$$

5.3.1.2. Características del revestimiento

a) Revestimiento

Región más externa de índice de refracción constante en la sección transversal de la fibra.

b) Centro del revestimiento

En una sección transversal de la fibra óptica, centro del círculo que mejor corresponde al límite exterior del revestimiento.

c) Diámetro del revestimiento

Diámetro del círculo que define el centro del revestimiento.

d) Campo de tolerancia del revestimiento

En una sección transversal de la fibra óptica, región entre el círculo que circunscribe el límite interior del revestimiento y el mayor círculo, concéntrico con el primero, que corresponde al límite exterior del revestimiento. Ambos círculos tendrán el mismo centro que el revestimiento.

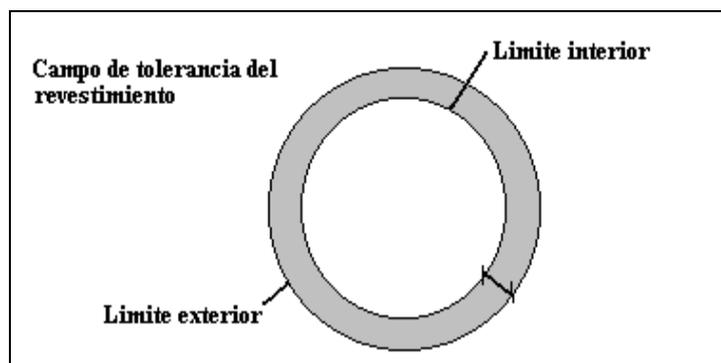


Figura 5.4. Campo de tolerancia

e) No circularidad del revestimiento

Diferencia entre los diámetros de los dos círculos definidos por el campo de tolerancia del revestimiento, dividida por el diámetro nominal del revestimiento.

5.3.1.3. Definiciones relativas a la dispersión cromática

a) Dispersión cromática

Diferentes tiempos de propagación para longitudes de onda del mismo modo.

Diseminación de un impulso luminoso en una fibra óptica por las diferentes velocidades de grupo de las diferentes longitudes de onda que componen el espectro de la fuente.

NOTA:

Dispersión multimodo

Es el tiempo de desfase entre los diferentes modos de una fibra (solo multimodo)

b) Coeficiente de dispersión cromática

Variación del retardo de un impulso luminoso en una unidad de longitud de fibra causada por una unidad de variación de longitud de onda. Suele expresarse en ps/(nm · Km).

c) Longitud de onda de dispersión nula

Longitud de onda a la que desaparece la dispersión cromática.

d) Desplazamiento de la longitud de onda de la fuente

Sólo para las fibras de la Recomendación G.653.

Diferencia absoluta entre la longitud de onda de trabajo de la fuente y 1550 nm.

e) Desplazamiento de la dispersión

Sólo para las fibras de la Recomendación G.653.

Desplazamiento absoluto de la longitud de onda de dispersión nula con respecto a 1550 nm.

5.3.1.4. Otras definiciones

a) Pérdidas por flexión

Son las pérdidas adicionales que sufre la fibra al ser doblada, puesto que presenta mayores ángulos de incidencia.

b) Reflexión interna total

Ocurre cuando la luz viaja de un medio de índice de reflexión grande a uno menor, el ángulo mínimo de incidencia θ_c para el cual ocurre reflexión interna total en una interface es:

$$\text{Sen } \theta_c = n_1 / n_2 \quad (n_2 > n_1); \quad n = \lambda_0 / \lambda_n; \quad n = v_0 / v_n$$

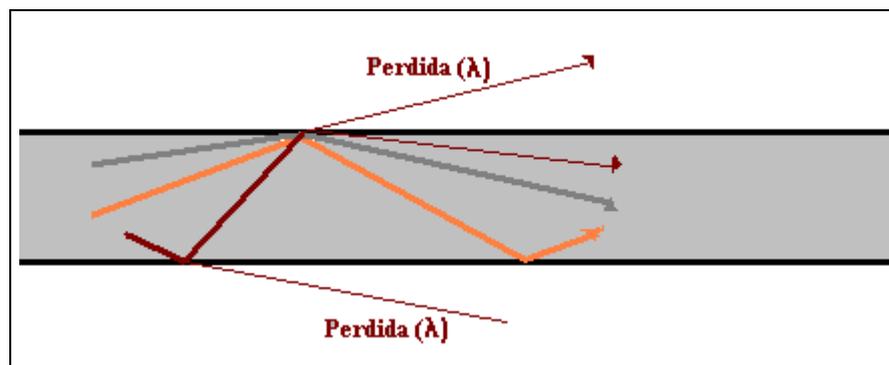


Figura 5.5. Reflexión interna

Se demuestra en el gráfico que las longitudes de onda superiores al especificado por la fibra se atenúan porque su ángulo de reflexión interna es menor por lo que la mayor cantidad de señal de esta clase se pierde.

c) Supresor de modos de revestimiento

El supresor de modos de revestimiento es un dispositivo que favorece la conversión de modos de revestimiento en modos de radiación; como resultado, los modos propagados por el revestimiento son suprimidos de la fibra. Debe tenerse cuidado para evitar que se afecte a la propagación del modo LP_{11} .

d) Longitud de onda de corte

La longitud de onda de corte teórica es la longitud de onda más pequeña a la que puede propagarse un modo único en una fibra monomodo. A longitudes de onda inferiores a la longitud de onda de corte teórica, se propagan varios modos, y la fibra ya no es monomodo, sino multimodo.

En las fibras ópticas, el cambio de comportamiento multimodo a monomodo no se produce a una longitud de onda aislada, sino de forma suave a lo largo de una gama de longitudes de onda.

La longitud de onda de corte se define como la longitud de onda mayor que aquella para la cual la relación entre la potencia total, incluida la de los modos de orden superior inyectados, y la potencia del modo fundamental disminuye a menos de 0.1 dB. Con arreglo a esta definición, el modo de segundo orden (LP_{11}) sufre 19.3 dB más atenuación que el modo fundamental (LP_{01}) cuando los modos están excitados por igual.

Debido a que la longitud de onda de corte depende de la longitud y flexiones de la fibra, así como de su condición de deformación, el valor resultante de la longitud de onda de corte depende de si la fibra medida está cableada e instalada, o de si la fibra es corta y no está cableada. Por consiguiente, hay tres tipos de longitud de onda de corte definidos.

Longitud de onda de corte del cable λ_{cc}

La longitud de onda de corte de un cable se mide antes de la instalación en un largo de cable de 22 m prácticamente recto preparado descubriendo 1 metro de fibra con recubrimiento primario, donde en cada uno de los extremos descubierto se incorpora un bucle de 40 mm de radio. Alternativamente, este parámetro puede medirse en 22 m de fibra no cableada con recubrimiento primario holgadamente constreñida en bucles de radio > 140 mm, incorporando un bucle de 40 mm de radio en cada extremo.

Longitud de onda de corte de la fibra λ_c

La longitud de onda de corte de una fibra se mide en una fibra con recubrimiento primario no cableada en la siguiente configuración: 2 metros, con un bucle de 140 mm de radio holgadamente constreñido, manteniendo el resto de la fibra prácticamente recto.

A fin de evitar aumentos no deseados del ruido y de la dispersión, la longitud de onda de corte λ_{cc} de la menor longitud de cable (incluidos los largos de reparación, si los hubiere) debe ser inferior al menor valor previsto de la longitud de onda del sistema, λ_s :

$$\lambda_{cc} < \lambda_s$$

Con esto se asegura que cada sección de cable individual sea suficientemente monomodal. En todo empalme que no sea perfecto se producirá alguna potencia de un modo de orden superior (LP_{11}) y, normalmente, las fibras monomodo permiten la propagación de este modo en una distancia corta (de unos cuantos metros, según las condiciones de instalación). En consecuencia, hay que especificar una distancia mínima entre las uniones (o empalmes), a fin de que la fibra sea lo suficientemente larga para atenuar el modo LP_{11} antes de que éste llegue a la unión siguiente. Si se cumple la desigualdad para la sección de cable más corta, se cumplirá automáticamente para todas las secciones de cables de mayor longitud, y el sistema tendrá un comportamiento monomodal cualquiera que sea la longitud de la sección elemental de cable.

La longitud de onda de corte de la fibra y el diámetro del campo modal pueden combinarse para estimar una sensibilidad a la flexión de la fibra. Una elevada longitud de onda de corte y un pequeño diámetro del campo modal producen una fibra más resistente a la flexión, lo cual explica por qué es deseable a menudo especificar valores superiores de la longitud de onda de corte λ_c , aun si el límite superior de este parámetro supera la longitud de onda de trabajo. Todas las técnicas de instalación prácticas y diseños de cable asegurarán una longitud de onda de corte del cable por debajo de la longitud de onda de trabajo.

Dado que la especificación de la longitud de onda de corte del cable, λ_{cc} , es una forma más directa de asegurar el funcionamiento de un cable monomodo, se prefiere especificar esto a especificar la longitud de onda de corte de la fibra, λ_c . Sin embargo, cuando las circunstancias no permiten la pronta especificación de λ_{cc} , (por ejemplo, en un cable de una sola fibra, tales como rabillos de fibra, puentes o cables que hay que instalar de una manera considerablemente diferente que en el método de prueba de referencia especificando luego un límite superior de λ_{c1} o λ_c si así conviene. Esta opción se trata en las Recomendaciones G.652, G.653, G.654 y G.655

Existen formas de calcular experimentalmente el λ_{cc} y de esta manera determinar si el sistema está operando monomódicamente.

e) Atenuación

La atenuación $A(\lambda)$ a una longitud de onda λ entre dos secciones (1 y 2) transversales de una fibra, separadas por una distancia L , se define como sigue:

$$A(\lambda) = 10 \log \frac{P_1(\lambda)}{P_2(\lambda)} \quad (\text{dB})$$

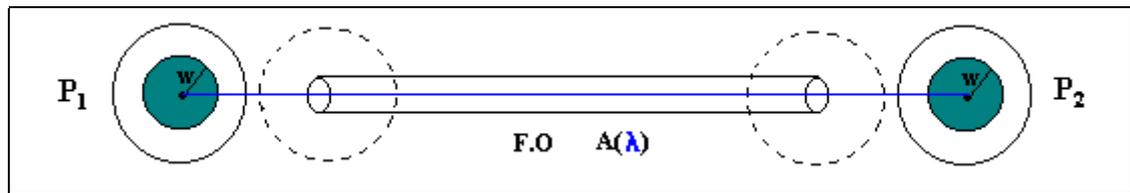


Figura 5.6. Atenuación

Donde $P_1(\lambda)$ es la potencia óptica que atraviesa la sección transversal 1, y $P_2(\lambda)$ la potencia óptica que atraviesa la sección transversal 2 a la longitud de onda λ .

Para una fibra uniforme, es posible definir una atenuación por unidad de longitud o un coeficiente de atenuación:

$$a(\lambda) = \frac{A(\lambda)}{L} \quad (\text{dB/ unidad de longitud})$$

5.4. Recomendaciones de las fibras monomodo

Es conveniente hacer notar para la explicación posterior, las diferencias que existen al hablar de fibra propiamente dicha y cable de fibras.

5.4.1. Tipos

Aunque estas fibras están normalizadas en la recomendación G.652 existen fibras mejoradas que satisfacen de mejor manera aplicaciones de larga distancia. Estas son las fibras llamadas:

Dispersión desplazada (G.653S)

Corte desplazado (G.654S)

Dispersión Desplazada no nula (G.655S)

5.4.2. Comparativo de fibras (1 fibra)

Dispersión desplazada 3	Corte desplazado 4	Dispersión Desplazada no nula 5
NOTA : Valores a 1550 nm		
Diámetro del campo modal		
7,8 a 8,5 μm La desviación del diámetro del campo modal no deberá exceder de $\pm 10\%$ de su valor nominal.	10,5 μm . La desviación del MFD (Modal Field Diameter) no deberá rebasar los límites de $\pm 10\%$ de su valor nominal.	8 μm a 11 μm ., la desviación del campo modal con respecto al valor nominal no debe rebasar los límites de $\pm 10\%$.
Diámetro del revestimiento		
El valor nominal recomendado del diámetro del revestimiento es 125 μm . La desviación no debe exceder de $\pm 2 \mu\text{m}$. Para determinadas técnicas de empalme y ciertos requisitos de pérdida en los empalmes, pueden ser apropiadas otras tolerancias.	El valor nominal recomendado del diámetro del revestimiento es 125 μm . La desviación no debe exceder de $\pm 2 \mu\text{m}$. Para determinadas técnicas de empalme y ciertos requisitos de pérdida en los empalmes, pueden ser apropiadas otras tolerancias.	1,25 μm . La desviación del diámetro del revestimiento con respecto al valor nominal no debe rebasar los límites de $\pm 2 \mu\text{m}$.
Error de concentricidad del campo modal		
No debe exceder de 1 μm . Para determinadas técnicas de empalme y ciertos requisitos de pérdida en los empalmes, pueden ser apropiadas tolerancias de hasta 3 μm	No debe exceder de 1 μm . Para determinadas técnicas de empalme y ciertos requisitos de pérdida en los empalmes, pueden ser apropiadas tolerancias de hasta 3 μm	No debe ser superior a 1 μm .
No circularidad del revestimiento		
Debe ser inferior a 2%.	Debe ser inferior a 2%.	Debe ser inferior a 2%.
Longitud de onda de corte		
No específica	1350nm $< \lambda_c < 1600 \text{ nm}$ $\lambda_{cc} < 1530 \text{ nm}$	
Característica de pérdida por flexión a 1550 nm		
El incremento de la pérdida para 100 vueltas de fibra, holgadamente enrollada con un radio de 37,5 mm será inferior a 0,5 dB	El incremento de la pérdida para 100 vueltas de fibra, holgadamente enrollada con un radio de 37,5 mm será inferior a 0,5 dB	El incremento de la pérdida para 100 vueltas de fibra, holgadamente enrollada con un radio de 37,5 mm será inferior a 0,5 dB
Coefficiente de atenuación		
Inferiores a 0,35 dB/km. NOTA: Se han obtenido valores comprendidos entre 0,19 y 0,25 dB/km. a 1550 nm	Inferiores a 0,22 dB/km. NOTA: Se han obtenido valores comprendidos entre 0,15 y 0,19 dB/	Inferiores a 0,35 dB/km. NOTA: Se han obtenido valores comprendidos entre 0,19 y 0,25 dB/km. a 1550 nm

Tabla 5.2. Características de fibras (Rec. G.653, G.654, G.655)

Por lo anteriormente expuesto es razonable escoger una fibra óptica que cumpla con los requerimientos especificados en la recomendación G.654 .

El tipo de interface que utiliza el aparato de comunicación es uno de los elementos de juicio más importantes al momento de escoger el tipo de fibra, puesto que estas deben cumplir con sus

especificaciones, las cuales generalmente tienen que ver con las características de la fuente luminosa utilizada.

El dispositivo de comunicaciones que se ha escogido en nuestro proyecto maneja las interfaces S.1.1 , L.1.1 , L.1.1JE , L.1.2 o L.1.2JE para el agregado STM-1 (Rec. G.957, G.958 de la ITU) que están descritos en el presente trabajo.

Aunque estamos consientes que el equipo del cual hemos hecho referencia no cuenta con una interface que explote este tipo de fibra, es a futuro una buena inversión puesto que permitirá utilizar las nuevas tecnologías WDM que permitirán el incremento de las velocidades sin tener que realizar un nuevo gasto.

Tenemos que considerar que la longitud total de cables de F.O. en nuestro proyecto es de alrededor de 1700 Km por lo que estas fibras con coeficientes de atenuación muy bajos permitirán utilizar la menor cantidad de repetidores.

5.5. Factores ópticos de diseño con F.O. monomodo de corte desplazado

5.5.1. Coeficiente de dispersión cromática $D(\lambda)$

El retardo de grupo medido por unidad de largo de fibra $\tau(\lambda)$ en función de la longitud de onda se ajustará por la expresión cuadrática:

$$\tau(\lambda) = \tau_{1550} + (S_{1550} / 2)(\lambda - 1550)^2 + D_{1550}(\lambda - 1550)$$

Donde, τ_{1550} es el retardo de grupo relativo por unidad de largo de fibra mínimo (ns/km.) a la longitud de onda $\lambda = 1500$ nm. El coeficiente de dispersión cromática $D(\lambda) = d\tau/d\lambda$ (ps/nm · km.) puede determinarse por la expresión cuadrática diferenciada:

$$D(\lambda) = S_{1550}(\lambda - 1550) + D_{1550}$$

Donde, S_{1550} es la pendiente de dispersión (ps/nm² · km.) a la longitud de onda 1550 nm, es decir, el valor de la pendiente de dispersión $S_{1550}(\lambda) = dD/d\lambda$ a $\lambda = 1550$ nm. Además, D_{1550} designa los valores de dispersión a $\lambda = 1550$ nm. El máximo coeficiente de dispersión cromática D_{1550} y la mínima pendiente de dispersión S_{1550} a 1550 nm en las fibras monomodo tratadas en la Recomendación estarán en torno a 20ps/(nm · km.) y a 0,07ps/(nm² · km.), respectivamente.

Dispersión monomodo total

De forma más sencilla para calcular la dispersión total se toman en consideración los siguientes factores:

Ancho espectral de la fuente

Dispersión cromática

Dispersión total monomodo = (Ancho espectral de la fuente) * (Dispersión cromática)

Un ejemplo de este cálculo ($\lambda = 1300$ nm):

Ancho espectral fuente (Led) = 80 nm (Típico)

Dispersión cromática = 5 ps/nm*Km (Típico)

Dispersión total = 80 nm * 5 ps/nm*Km = 0.4 nm/Km.

Resultados estadísticos muestran que el mínimo periodo de bit que puede ser transmitido debería no ser más pequeño que 4 veces la dispersión total, en este caso $f = 1 / (0.4 * 4 * 10^{-9}) = 625$ Mb* Km. / s, es decir que si la distancia del enlace es 10 Km. la máxima velocidad de bit es 62.5 Mb/s

Es entonces razonable que la selección de fuentes con anchura espectral pequeña permitirán alcanzar velocidades superiores.

5.5.2. Desempeño monomodo del sistema

Es de suma importancia garantizar la transmisión monomodo en el largo de cable mínimo entre uniones a la mínima longitud de onda de funcionamiento del sistema. Esto puede conseguirse recomendando que el valor máximo de λ_{cc} sea 1530 nm.

Los valores indicados aseguran una transmisión monomodo en torno a 1550 nm. Para aplicaciones WDM que requieren funcionamiento a una longitud de onda de (1550 nm-x), los valores indicados deben reducirse en x (nm). La especificación de λ_{cc} es una forma más directa de asegurar el funcionamiento de cable monomodo, es la opción preferida.

5.5.3. Pérdidas por flexión (fibra a 1550 nm)

El incremento de la pérdida para 100 vueltas de fibra holgadamente enrollada con un radio de 37.5 mm y medida a 1550 nm será inferior a 0.5 db. Para aplicaciones SDH y WDM, la fibra puede utilizarse a longitudes de onda superiores a 1550 nm. Se aplicará la pérdida máxima de 1,0 dB a la longitud de onda máxima de uso previsto (que sería ≤ 1580 nm).

El valor indicado más arriba de 100 vueltas corresponde al número aproximado de vueltas aplicadas en todos los casos de empalmes de un tramo de repetición típico. El radio de 37.5 mm es equivalente al mínimo radio de curvatura generalmente aceptado en el montaje a largo plazo de fibras en las instalaciones de sistemas reales, para evitar fallos por fatiga estática

5.5.4. Atenuación monomodo

La atenuación A de una sección elemental de cable viene dada por:

$$A = \sum_{n=1}^m \alpha_n \cdot L_n + \alpha_s \cdot \chi + \alpha_c \cdot y$$

donde :

- α_n coeficiente de atenuación de la n -ésima fibra de la sección elemental de cable
- L_n longitud de la n -ésima fibra
- m número total de fibras concatenadas de la sección elemental de cable
- α_s pérdida media por empalme
- χ número de empalmes de la sección elemental de cable
- α_c pérdida media de los conectores de línea
- y número de conectores de línea de la sección elemental de cable (si se aplican)

5.5.5. Factores mecánicos de diseño con F.O. monomodo de corte desplazado

Una vez que se ha dotado a la F.O de las características ópticas apropiadas, nos aseguramos en esta sección que resista el medio por el cual tendrá que pasar.

5.5.5.1. Agresión ambiental

a) Hidrógeno

En un medio donde haya humedad y elementos mecánicos pueden generarse gases de hidrógeno. El hidrógeno puede difundirse en el vidrio de sílice e incrementar la pérdida óptica. Se recomienda que la concentración de hidrógeno en el cable, debida a sus componentes, se mantenga lo suficientemente baja para asegurar que los efectos a largo plazo del incremento de la pérdida óptica se mantengan dentro de límites admisibles. Mediante una presurización dinámica de gas, el empleo de materiales absorbentes de hidrógeno, la selección y construcción cuidadosa del cable (cubierta con barrera anti-humedad) o la supresión de los componentes metálicos, la pérdida óptica puede mantenerse dentro de límites aceptables.

b) Penetración del agua en el cable

Cuando la cubierta del cable, o un empalme están deteriorados, puede producirse una penetración longitudinal del agua a lo largo del núcleo del cable o de la cubierta. La penetración del

agua produce un efecto similar al de la humedad. La penetración longitudinal del agua debe reducirse al mínimo o, si es posible, eliminarse totalmente. Para esto pueden aplicarse diferentes procedimientos tales como el relleno del núcleo del cable con un compuesto, la aplicación de dispositivos de bloqueo del agua o cintas que se hinchan con el agua, o la presurización con aire seco de un cable no relleno.

c) Variaciones de temperatura en la fibra

Durante su vida útil, los cables pueden estar sometidos a grandes variaciones de temperatura. En estas condiciones, el incremento de la atenuación de las fibras no rebasará los límites especificados.

d) Campos eléctricos intensos

El campo eléctrico de las líneas de alta tensión puede ejercer una influencia sobre los cables aéreos no metálicos instalados en dichas líneas, lo que puede dar lugar a fenómenos tales como el efecto corona, la formación de arcos y descargas superficiales en la cubierta del cable.

Para evitar daños, puede ser necesario utilizar materiales especiales para la cubierta del cable y/o instalaciones especiales, según la intensidad del campo eléctrico.

e) Viento

Para los cables aéreos de fibra óptica, la deformación de la fibra puede proceder de tensiones, torsiones o vibraciones producidas por la presión del viento. Si se rebasa el límite de la deformación de larga duración especificado para la fibra, ésta puede romperse a causa de la deformación dinámica inducida.

5.5.5.2. Deterioro por la instalación

a) Microcurvatura de las fibras

Se llama microcurvatura a un curvado acusado de una fibra óptica que entraña un desplazamiento axial local de unas cuantas micras en pequeñas distancias a causa de fuerzas laterales localizadas aplicadas a lo largo de la fibra. Puede deberse a las deformaciones a que se someten las fibras durante la fabricación e instalación, y también a las variaciones de las dimensiones de los materiales del cable que resultan de los cambios de temperatura durante la explotación.

b) Macrocurvatura

En condiciones dinámicas que se presentan en el curso de su instalación, la fibra es sometida a ciertos esfuerzos debidos a la tensión (mecánica) y al curvado del cable. Los elementos de resistencia mecánica del cable y el radio de curvatura de instalación deben seleccionarse de modo que limiten este esfuerzo dinámico combinado. Si en una instalación de cable deben quedar algunas curvaturas, su radio deberá ser lo suficientemente grande como para que la pérdida por macrocurvatura o la

deformación de larga duración que limita la vida útil de la fibra se mantengan dentro de límites admisibles.

c) Tracción

El cable de fibra óptica está sometido a una carga mecánica de corta duración durante la fabricación y la instalación, y podrá estar sometido a una carga mecánica estática continua y/o cíclica durante la explotación (por ejemplo, variación de la temperatura). Especialmente en el caso de las aplicaciones aéreas, puede existir una carga continua durante toda la vida útil del cable. Estos esfuerzos que experimenta la fibra pueden ser causados por tensiones, torsiones y flexiones que se producen con ocasión de la instalación del cable y/o debido a las condiciones ambientales (por ejemplo, viento, hielo) y/o el tipo de instalación (por ejemplo, aérea).

Una carga mecánica excesiva de tensión en el cable aumenta la pérdida óptica y puede causar esfuerzos residuales incrementados en la fibra, si el cable no puede distenderse. Para evitar esta pérdida suplementaria, deberá respetarse el valor máximo de la resistencia a la tracción determinado por la construcción del cable, y especialmente el diseño del elemento de resistencia mecánica.

5.6. Tipos de tendido

5.6.1. Tendido aéreo

En nuestro proyecto al hablar de tendido aéreo nos referimos a cables de fibra que pasarán por los postes de transmisión eléctrica; por las características de la señal este tipo de transmisión es posible y no es afectado por los grandes campos eléctricos y magnéticos que se generan.

Existen dos formas de tendido aéreo:

- Utilizando los modernos cables O.P.W.G con características de cable de tierra y elemento de autosoporte



Figura 5.7. Cable de fibra O.P.G.W.

- Existe otra opción que es utilizando los hilos de tierra o cables de guarda de las líneas de alta tensión y sobre ellos adosar un cable óptico dieléctrico por medio de grapas o arrollamiento sobre ambos cables de alambres. Puesto que los cables de tierra en las líneas de transmisión ya están puestos esta opción sería la más barata y por lo tanto la que utilizaremos en el proyecto.

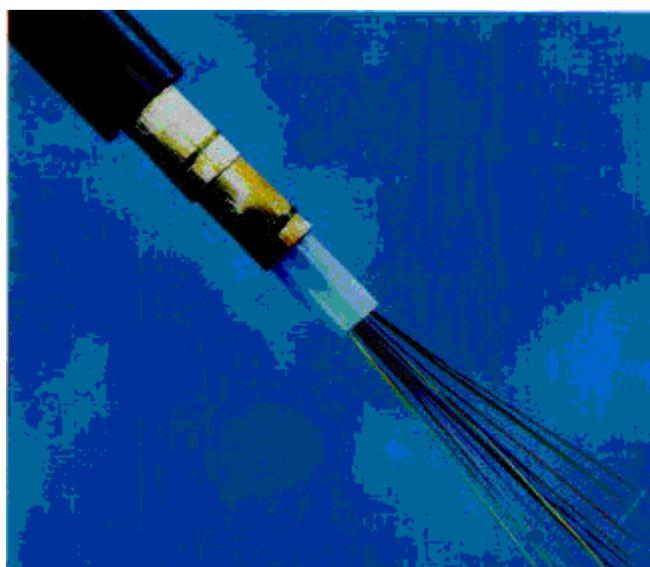


Figura 5.8. Cable de fibra ADDS

El tendido se lo realiza utilizando máquinas y dispositivos de control que regulan y miden constantemente la tensión del cable para asegurar que la tensión máxima de tendido del cable (tensión a corto plazo) no sobrepase los límites permitidos, este control ocurre en todos los tipos de tendido.

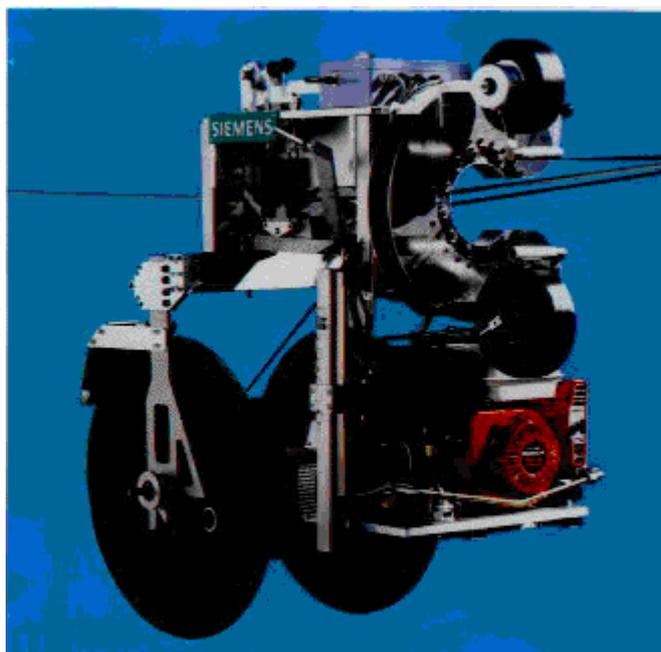


Figura. 5.9.Máquina de tendido aéreo

Características físicas de un cable aéreo típico

SIEMENS A-D(T)H 1x12E9/125 0.21H18 ADDS (All dielectric self-supporting aerial cable)

Número de fibras	6,12,18,24,30,36,42,48 (monomodo) Múltiplo del num. de tubos (Ej: 6 * N)	
Amortiguador	Tipo suelto (gel que ocupa la cámara)	
Diámetro del amortiguador	2.4mm	
Diámetro del cable	6-36 = 13.2mm	42-48 = 14.7mm
Peso del cable	6-36 = 223 Kg./Km.	42-48 = 235 Kg/Km
Fuerza de tensión	Instalación (tiempo corto) = 2700 N Operación (Tiempo largo) = 600 N	
Tensión de ruptura	17 KN	
Mínimo radio de curvatura	Instalación (6-36) 265 mm	Instalación (42-48) 295 mm
	Operación (6-36) 200 mm	Operación (42-48) 220 mm
Temperatura de operación	-40 a 70 °C	
Temperatura de almacén.	-40 a 70 °C	
Max. Voltaje (Líneas)	≥110 KV	
Material de protección	LLDPE Polietileno de baja densidad Facilitan las instalaciones difíciles (baja fricción)	

Tabla 5.3. Características del cable aéreo

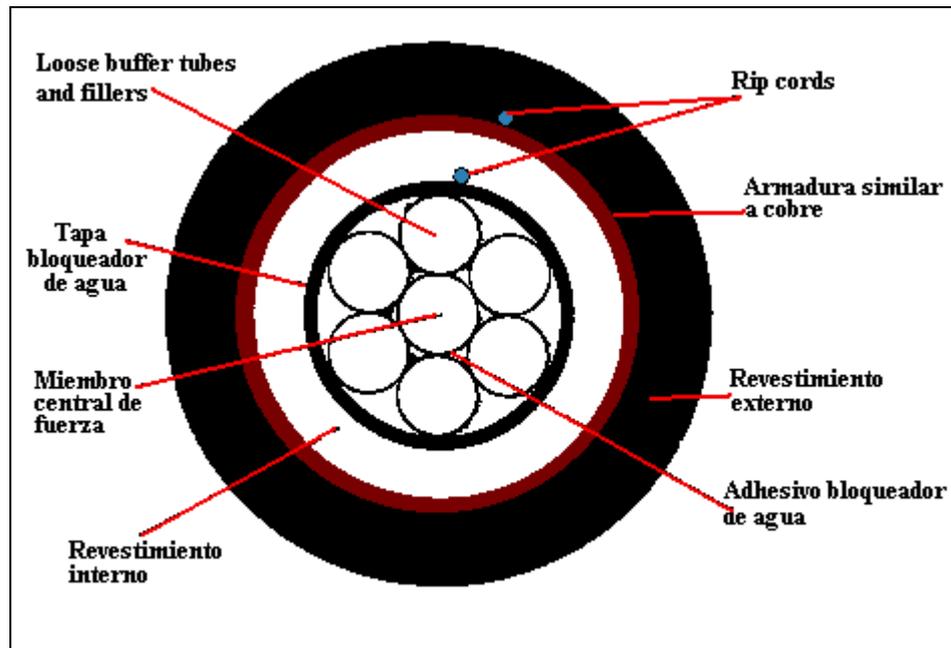


Figura 5.10. Diseño fibra enterrada

5.6.2. Tendido enterrado directo

Es el tipo de tendido más barato, es normal en zonas rurales, se utilizan en rutas largas y cuando las condiciones del terreno lo permiten. Existen máquinas zanjadoras muy sofisticadas que profundizan hasta casi dos metros, nivelan el fondo, desmenuzan la tierra extraída, entierran los tubos y cierran la zanja a más de que controlan la tensión, y torsión del cable en todo momento por medio de un control retroalimentado.

Una vez excavada la zanja, cuyas dimensiones son próximamente 90x 25 cm, el cable se tiende sobre un lecho de arena fina y cribada para evitar cualquier aplastamiento del cable, luego se lo reviste con una malla plástica señalizadora que delate su presencia y evitar el daño en futuras excavaciones.

Características típicas de un cable enterrado

Número de fibras	6,12,18,24,30,36 (monomodo) Múltiplo del núm. de tubos (Ej: 6 * N)
Amortiguador	Tipo suelto (gel que ocupa la cámara)
Diámetro del amortiguador	2.4mm
Diámetro del cable	16 mm
Peso del cable	283 Kg./Km.
Fuerza de tensión	Instalación (tiempo corto) = 2700 N
	Operación (Tiempo largo) = 600 N
Mínimo radio de curvatura	Instalación 320 mm
	Operación 240 mm
Temperatura de operación	-40 a 70 °C
Temperatura de almacén.	-40 a 70 °C
Material de protección	LLDPE Polietileno de baja densidad Facilitan las instalaciones difíciles (baja fricción)

Tabla 5.4. Características cable enterrado

También es aplicado en tendidos aéreos (bajo puentes)

5.7. Empalmes

5.7.1. Tipos

a) Empalme por fusión

Empalme de fibras prealineadas mediante un proceso de fusión. La máquina de empalme por fusión puede controlar la alineación del núcleo o la alineación del revestimiento. La alineación del núcleo produce la menor pérdida de empalme en el caso de las fibras monomodo. Se utiliza un refuerzo mecánico para fortalecer el empalme por fusión y proporcionar protección ambiental al vidrio sin recubrimiento.

b) Empalme mecánico

Es el empalme de fibra en el que la alineación está determinada por los componentes del dispositivo empalmador y mantenida mecánicamente mediante adhesivos. La inyección (local o en el extremo distante) y la detección de la luz pueden utilizarse para colocar los componentes del dispositivo de empalme a fin de conseguir la mínima pérdida de empalme.

5.7.1.1. Empalmes por fusión

Para efectuar empalmes fiables de fibras monomodo sobre el terreno se utilizan soldadores con fusión por arco eléctrico. Este método se emplea para realizar empalmes monofibra o de multifibra.

Durante el ciclo de fusión, deben limpiarse los extremos de las fibras con una descarga del arco eléctrico y después unirlos y fundirlos. Es necesario empujar una fibra contra la otra durante la fusión para que no quede una sección reducida en el punto de soldadura. El aparato de soldadura debe controlar esas dos operaciones. Por último, el empalme puede someterse a pruebas para asegurar su longevidad sobre el terreno. Las pruebas pueden incorporarse al aparato de fusión y formar parte del proceso normal de empalme.

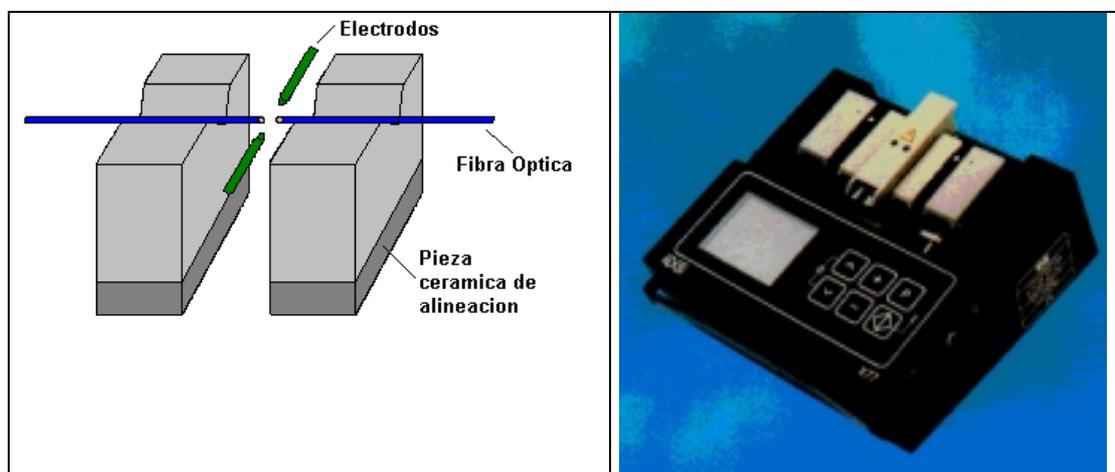


Figura 5.11. a) Empalmador simple b) Empalmador comercial (microcontrolado)

El punto de fusión del vidrio es una característica importante en los empalmes de fibras mediante soldadura por fusión. Tal vez sea necesario adaptar el ciclo de fusión (tiempo e intensidad de la corriente para la pre-fusión y la fusión) al tipo de fibras que se empalma. Además puede ser difícil la soldadura por fusión de fibras con grandes diferencias en los puntos de fusión.

Debido a las propiedades intrínsecas de las fibras, los diámetros de los núcleos o los del campo modal pueden no hallarse muy bien alineados cuando sí lo están los diámetros exteriores, con lo cual la pérdida del empalme es superior a la mínima. La pérdida del empalme puede reducirse al mínimo utilizando la alineación activa de núcleos de fibras. El aparato de empalme debe optimizar automáticamente la luz transmitida a través del empalme y en consecuencia reducir al mínimo la pérdida del empalme. La optimización puede controlarse mediante un microprocesador. Conviene que el aparato dé una estimación de la pérdida del empalme.

El empalme por fusión requiere que se restablezca el recubrimiento de la fibra para protegerla del entorno, darle protección mecánica y aumentar la resistencia a la tracción de la fibra desnuda. Si se da rigidez mecánica al empalme con una varilla y se cubren la varilla y la zona del empalme con un tubo termo-retractable revestido interiormente de un adhesivo, el empalme puede reforzarse y protegerse contra los daños producidos por la humedad. Otro método consiste en introducir el empalme en un adhesivo entre dos placas rígidas y paralelas o en un pequeño estuche (encapsulado).

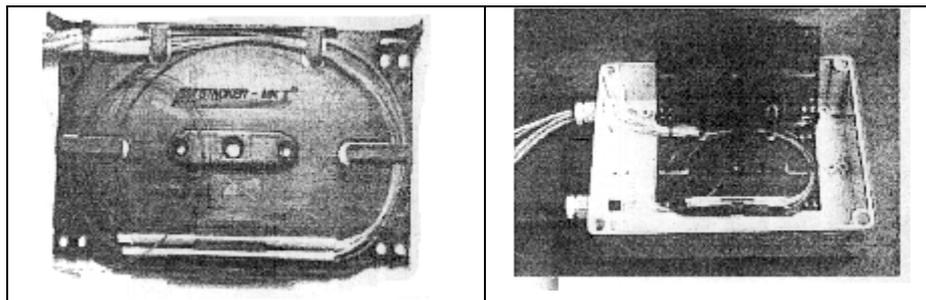


Figura 5.12. a) Caja de empalme b) Vista interior

5.8. Mantenimiento de los cables de fibra óptica

Considerando que:

- Diversas administraciones y compañías de explotación han instalado o proyectan instalar sistemas de mantenimiento que pueden supervisar la calidad de una red de fibra óptica independientemente del equipo de transmisión.
- Que algunos de estos sistemas pueden supervisar la calidad de la red de fibra óptica mientras se utiliza sin producir interferencia en la transmisión.
- Que cada sistema de supervisión puede utilizar fibras de reserva (inactivas) o ser multiplexado con las señales de transmisión con fibras en servicio (activas).
- Que el tipo de mantenimiento entraña: pruebas periódicas, pruebas de degradación de la fibra, control del elemento de red.

Antes de que se produzca un fallo es considerado mantenimiento preventivo:

- Que el tipo de mantenimiento que entraña: la recepción de una alarma o de un informe de avería, pruebas, reparación o remoción de cables.

Después de que se produzca un fallo es considerado mantenimiento posterior a la avería.

- Que el mantenimiento preventivo y el mantenimiento posterior a la avería se pueden describir conforme a las tres actividades enumeradas en el cuadro 1.
- Que el mantenimiento preventivo se puede aplicar a redes de cables de fibra óptica interurbanos/de larga distancia o de distribución local.

se recomienda que:

- Las funciones de mantenimiento se dividan como se muestra en el cuadro 1.

Categoría de mantenimiento	Actividad de mantenimiento	Funciones	Condición
Mantenimiento preventivo	Vigilancia (por ejemplo, pruebas periódicas)	Detección del aumento de pérdida en la fibra Detección del deterioro de la fibra Detección de la penetración de agua	Opcional (Nota 1) Opcional (Nota 2) Opcional
	Pruebas (por ejemplo, pruebas de degradación de la fibra)	Medida de localización de averías en la fibra Medida de la distribución de esfuerzos de la fibra Medida de localización de agua	Opcional Opcional (Nota 2) Opcional
	Control (por ejemplo, control del elemento de red)	Identificación de la fibra Sistema de transferencia de la fibra	Opcional Opcional (Nota 3)
Mantenimiento posterior a la avería	Vigilancia (por ejemplo, recepción de la alarma del sistema de transmisión o informe de averías del cliente)	Interfaz con el sistema de explotación del trayecto Interfaz con la explotación del servicio de cliente	Opcional Opcional
	Pruebas (por ejemplo, comprobación de fallos de la fibra)	Distinción de averías entre el equipo de transmisión y la red de fibra óptica Medida de localización de averías en la fibra	Necesaria Necesaria
	Solución (por ejemplo, reparación o remoción del cable)	Restauración/repación permanente Identificación de la fibra Sistema de transferencia de la fibra	Necesaria Necesaria Necesaria (Nota 4)

NOTA 1 – Para redes punto a punto se recomienda la detección del aumento de pérdida en la fibra.

NOTA 2 – Queda en estudio.

NOTA 3 – Cuando el sistema de supervisión está multiplexado con las señales de transmisión con fibras en servicio (activas), puede ser una opción el control síncrono de transferencia de la fibra.

NOTA 4 – La transferencia de la fibra se puede efectuar en diversas maneras, por ejemplo:

- mediante la utilización de empalmes de transferencia de la fibra (opcionalmente síncrono);
- mediante la conmutación del equipo de transmisión a circuitos de reserva previamente conectados que pueden ser suministrados por una topología en anillo o alimentadores de fibras distintos o duplicados.

Los elementos de red ópticos pasivos tales como divisores o componentes de multiplexión por división de longitud de onda pueden ser alojados en unidades fácilmente reemplazables.

Tabla 5.5. Funciones de mantenimiento

5.8.1. Funciones de mantenimiento en una red de fibra óptica

5.8.1.1. Funciones requeridas para el mantenimiento preventivo

a) Detección del aumento de la pérdida de la fibra

En una planta interurbana/de larga distancia, la condición de la red de fibra óptica es supervisada utilizando una o más fibras activas o una o más fibras libres periódicamente. Se utilizan una fuente luminosa y un medidor de potencia óptica para fines de supervisión a fin de detectar automáticamente el aumento de la pérdida de la fibra causado por microflexión, macroflexión o absorción de hidrógeno. En el caso de una o más fibras activas, existe la señal de transmisión así como una señal de supervisión en una fibra monomodo (SM, *single-mode*) que utiliza componentes de multiplexión por división (WDM, *wavelength division multiplexing*) de longitud de onda. La longitud de onda de supervisión es diferente de la longitud de onda de transmisión para evitar la interrupción de la transmisión.

b) Detección del deterioro de la fibra

Como se indica en I.2.2, las fibras ópticas en un cable instalado tienen deformaciones residuales debido a la tensión, torsión y flexión. La deterioración de la fibra significa una disminución de la tensión mecánica de la fibra debido a tales deformaciones. Por tanto, se requieren funciones que detecten la condición de deterioro de la fibra.

c) Detección de la penetración de agua

Cuando una cubierta de cable y/o un cierre de cable está dañados, puede producirse penetración de agua. Ésta puede generar hidrógeno, lo que puede conducir a un aumento de la pérdida. A fin de evitar la penetración de agua en el propio cable, pueden utilizarse diversas estructuras de

cables. El cable podría estar relleno de gelatina o contener materiales impermeabilizantes (WB, *water-blocking*). En el primer caso, la gelatina bloquea el agua impidiéndole penetrar en la cubierta por un corte o agujero, y reduce al mínimo la aparición de averías que podrían ser causadas por penetración de agua. En el segundo caso, se utiliza una cinta impermeabilizante para evitar la penetración de agua. Si el agua penetra en la cubierta por un corte o agujero, el material impermeabilizante se hincha y bloquea la posterior penetración de agua.

d) Medición de la localización de averías en la fibra

La herramienta de prueba normalizada para la localización de averías es el OTDR. El OTDR tiene suficiente resolución para medir la retrodispersión incluso en la fibra más larga. Un punto de avería causado por un aumento de la pérdida es fácil de localizar utilizando una onda de luz de prueba por una fibra activa, como una unidad distante al centro de mantenimiento de cables de fibra.

e) Medición de la distribución de la deformación de la fibra

La deformación axial de la fibra induce un cambio en el desplazamiento de frecuencia Brillouin en las fibras; se necesitan funciones para medir este cambio. Las distribuciones de la deformación de la fibra, especialmente las distribuciones de la deformación de tracción en las fibras, pueden ser medidas por análisis de fibra óptica en el dominio del tiempo de Brillouin (B-OTDA, *Brillouin optical fibre time domain analysis*).

f) Medición de localización de agua

Como se describió anteriormente, el material hidroabsorbente en el sensor se expande y causa una pérdida en la fibra libre debido a macroflexión. Si el sensor de agua se identifica de antemano, el lugar por donde penetró el agua puede medirse en el momento en que se supervisa la pérdida de la fibra.

g) Control

El control del cable se efectúa cuando se detectan fibras averiadas cuando los cables están dañados y las fibras están rotas, o cuando se precisa reencaminamiento o sustitución.

Para el mantenimiento preventivo en una planta interurbana/de larga distancia, se requieren funciones para identificar las fibras a las que hay que hacer la transferencia, las fibras de empalme y para transferir de fibras libres a fibras empalmadas sincrónicamente entre puntos de empalme de cable.

5.8.1.2. Funciones requeridas para el mantenimiento posterior a la avería

a) Distinción de averías entre el equipo de transmisión y las líneas de fibra

Cuando se produce una avería en el sistema, se ejerce acción en respuesta a la queja de un usuario o a una alarma de un sistema de transmisión. El sistema de monitoreo se encarga de determinar si la avería se produce en el equipo de transmisión o en la línea de fibra. Dado que la función de supervisión de la calidad de la red de fibras es independiente del equipo de transmisión, es posible hacer esta distinción.

b) Medición de la localización de averías en la fibra

El método de prueba normalizado para la localización de averías es el OTDR. El punto de avería se localiza utilizando una onda de señal de transmisión y/o una onda luminosa de prueba por la fibra averiada. El OTDR es aplicado independientemente con su propio soporte lógico. Algunos OTDR son ahora suficientemente portátiles para llevarlos en la palma de la mano.

c) Control

Para el mantenimiento posterior a la avería, las funciones de reparación de cables, identificación de fibras y empalme de transferencia de fibras en el propio terreno, son necesarias para la planta interurbana/de larga distancia y para la planta de distribución local.

Hay dos tipos de eliminación de cables: uno es el uso de conmutación automática a equipo y fibras de transmisión de reserva, entre ambos extremos de los puntos de empalme del cable, especialmente en la planta interurbana/de larga distancia, y el otro es la adopción de empalme de transferencia automática de fibras en la planta de distribución local.

CAPÍTULO 6

AMPLIFICADORES Y ATENUADORES

6.1. Amplificador de fibra óptica OFA (*optical fibre amplifier*)

a) Amplificador (reforzador) de potencia (BA = power (booster) amplifier)

Es un dispositivo OFA de potencia de saturación elevada que se utiliza inmediatamente después del transmisor óptico para aumentar su nivel de potencia de señal.

b) Preamplificador (PA = pre-amplifier)

Es un dispositivo OFA de muy bajo ruido que se utiliza inmediatamente antes del receptor óptico para mejorar su sensibilidad.

c) Amplificador de línea (LA, line amplifier)

Es un dispositivo OFA de bajo ruido que se utiliza entre secciones de fibras ópticas pasivas para aumentar las longitudes de regeneración, o en una conexión punto a multipunto para compensar las pérdidas de derivación en la red de acceso óptico.

Sobre la base de esto se pueden adoptar las siguientes configuraciones

- a) Tx + BA + Rx;
- b) Tx + PA + Rx;
- c) Tx + LA + Rx;
- d) Tx + BA + PA + Rx;
- e) Tx + BA + LA + Rx;
- f) Tx + LA + PA + Rx;
- g) Tx + BA + LA + PA + Rx.

6.1.1. Características de los amplificadores (reforzadores) de potencia (BA)

A continuación se indica la lista mínima de parámetros pertinentes para la especificación de un dispositivo OFA utilizado como amplificador de potencia:

1. gama de potencias de entrada
2. gama de potencias de salida
3. banda de longitudes de onda de potencia
4. factor de ruido (NF)
5. ganancia dependiente de la polarización (PDG, polarization-dependent gain)
6. nivel de potencia de la emisión espontánea amplificada (ASE, amplified spontaneous emission) inversa
7. pérdida de retorno óptica (ORL, optical return loss) a la entrada
8. fuga de bombeo hacia la entrada
9. fuga de bombeo hacia la salida
10. ORL máxima tolerable a la entrada
11. ORL máxima tolerable a la salida
12. potencia de salida total máxima
13. ganancia de señal pequeña

6.1.2. Características de los preamplificadores (PA)

A continuación se indica la lista mínima de parámetros pertinentes para la especificación de un dispositivo OFA utilizado como preamplificador.

1. gama de potencias de entrada
2. gama de potencias de salida
3. banda de longitudes de onda
4. banda de longitudes de onda de la señal disponible
5. gama de longitudes de onda sintonizables
6. NF
7. PDG
8. nivel de potencia de ASE hacia adelante
9. ORL a la entrada
10. fuga de bombeo hacia la entrada
11. fuga de bombeo hacia la salida
12. ORL máxima tolerable a la entrada
13. ORL máxima tolerable a la salida
14. potencia de salida total máxima
15. ganancia de señal pequeña
16. nivel de potencia de ASE inversa (en estudio)

Deben tomarse precauciones sobre los dispositivos OFA que utilizan actualmente fibras de sílice dopado con erbio como medio activo los cuales funcionan solamente en la región de los 1550 nm. de longitud de onda y en una gama de longitudes de onda más estrecha que las definidas en las Recomendaciones G.955 y G.957.

6.2. EDFA

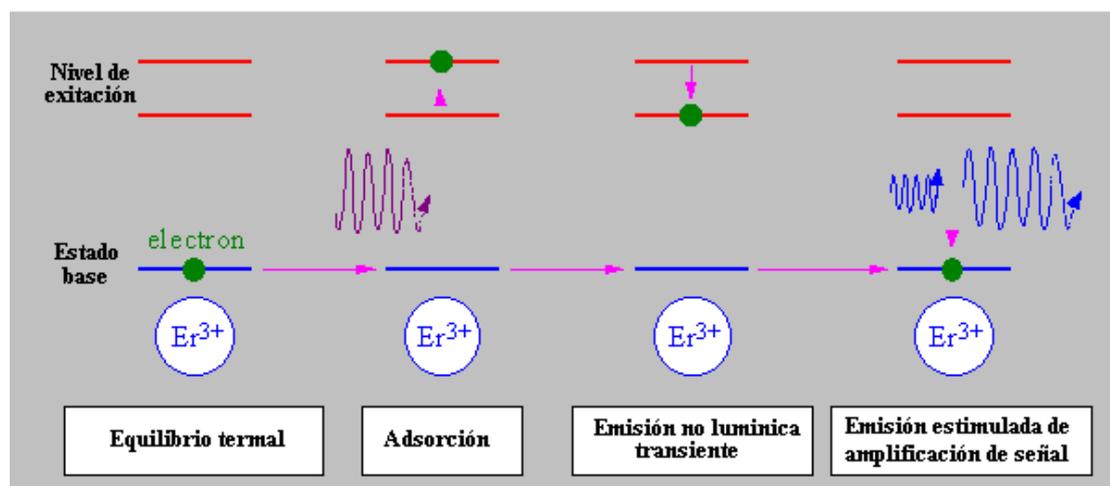
Se escoge para el proyecto el amplificador de fibra dopado con erbio (EDFA) cuya característica principal es que no requiere convertir la señal óptica en eléctrica y viceversa para su posterior envío sino que toda la amplificación se realiza en el ámbito óptico.

Es notable su alta potencia de salida con lo que el diseño no requiere muchos amplificadores, además el proceso de amplificación no depende de la tasa de datos por lo que actualizar el sistema sólo depende de los puntos terminales.

Estos amplificadores son recomendables en transmisión de fibra a larga distancia y a grandes velocidades.

6.2.1. Funcionamiento

Este repetidor óptico realiza su trabajo en el ámbito atómico por medio de la excitación de electrones que posteriormente liberan su energía en forma de luz coherente (igual longitud de onda).



(EDFA)

Figura 6.1. Funcionamiento de los EDFA

Se sabe que el átomo emite radiación sólo a ciertas frecuencias, correspondientes a la separación de energías entre los varios estados permitidos. Considerándose un átomo con muchos estados de energía permitidos, etiquetados como E_1, E_2, E_3, E_4 como se muestra en la figura 6.2.

Cuando la luz incide sobre un átomo, sólo aquellos fotones cuya energía, hf , sea igual a la separación de energías ΔE entre dos niveles pueden ser absorbidos por el átomo. Un diagrama esquemático que representa este proceso de absorción estimulada se muestra en la figura 6.1. A temperatura ordinaria, la mayoría de los átomos están en estado base. Si se ilumina un recipiente que contiene un elemento gaseoso con una luz que contiene todas las frecuencias (espectro continuo), sólo aquellos fotones de energía $E_2-E_1, E_3-E_1, E_4-E_1, E_3-E_2, E_4-E_2$ y así sucesivamente, pueden ser absorbidos. Como resultado de esta absorción, algunos átomos son elevados a varios niveles de energía más alta permitida llamados estados excitados.

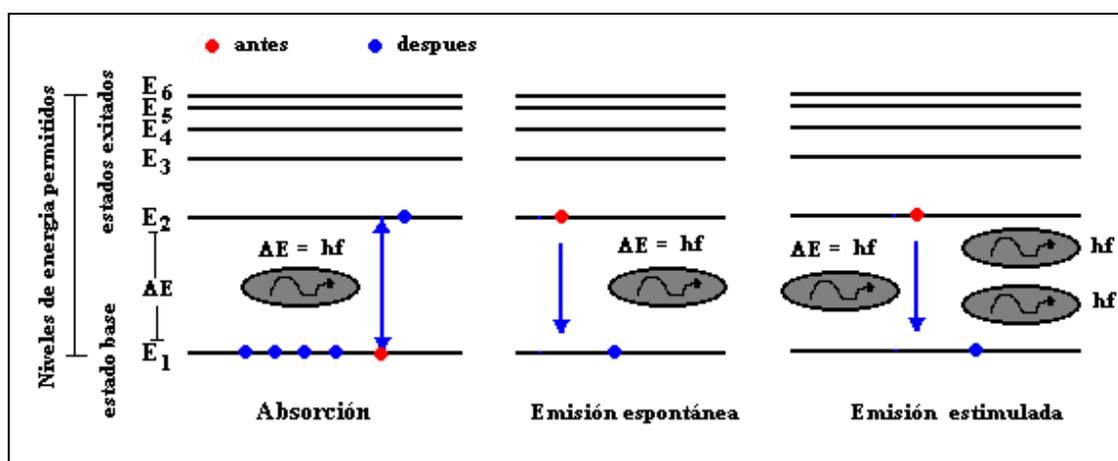


Figura 6.2. Teoría del funcionamiento

Cuando un átomo se halla en un estado excitado, existe cierta probabilidad de que regrese a su nivel inferior emitiendo un fotón, como se muestra en la figura 6.2. Este proceso se conoce como emisión espontánea. En casos comunes, un átomo permanecerá en un estado excitado por aproximadamente 10^{-8} s.

Existe un tercer proceso, que tiene importancia en el láser, conocido como emisión estimulada. Supóngase que un átomo está en estado excitado E_2 (inversión de población), como se muestra en la figura 6.2. y un fotón de energía $hf = E_2 - E_1$ incide sobre él ($h = \text{Constante de Plank} = 6.626 \times 10^{-34}$). El fotón incidente aumentará la probabilidad de que un electrón retornara al estado base y por lo tanto emitirá un segundo fotón con la misma energía, hf . Este proceso de acelerar las transiciones atómicas a niveles inferiores se llama emisión estimulada. Nótese que existen dos fotones

idénticos que resultan de este proceso y ambos estarán en fase, estos a su vez pueden estimular a otros átomos a emitir fotones en una cadena de proceso similar. Los múltiples fotones producidos de esta forma son la fuente de una luz intensa y coherente en un láser.

6.2.2. Repetidores eléctrico óptico y EDFA

- Larga vida
- Bajo mantenimiento
- Baja potencia
- Características de conexión mejoradas
- Grandes velocidades (independiente)

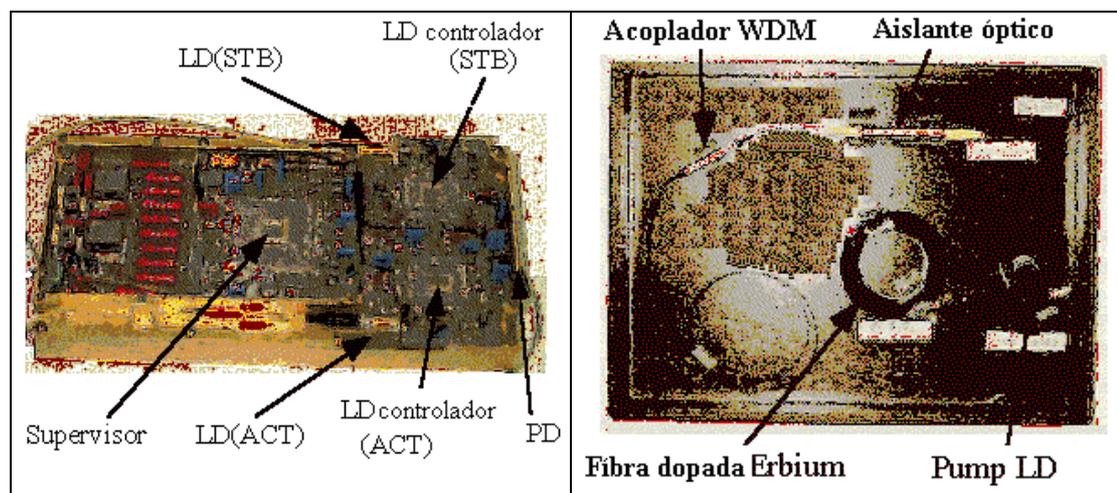


Figura 6.3. Vista a) repetidores electrónico b) EDFA

6.2.3. Características de un amplificador comercial

Aplicaciones

- Redes regionales (tendidos extensos)
- Amplificador de potencia
- Extensor de línea



Figura 6.4. Amplificador EDFA comercial

Características

- Se acomoda fácilmente en muchas condiciones de entrada
- Económico
- 100mm x 120mm x 16mm
- Velocidad de transmisión independiente

Dimensiones		Asignación de pines																																					
<p>120mm</p> <p>100mm</p> <p>15.9mm</p> <p>Tipo de conector SC</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pin #</th> <th>Designation</th> <th>Pin #</th> <th>Designation</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Negativo, entrada monitor</td> <td>9</td> <td>NC</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Positivo, entrada monitor</td> <td>10</td> <td>NC</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Negativo, salida monitor</td> <td>11</td> <td>Termistor</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Positivo, salida monitor</td> <td>12</td> <td>NC</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Negativo, Pump láser</td> <td>13</td> <td>Case Ground</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Positivo BPM, Pump láser</td> <td>14</td> <td>Positivo, enfriador termoelectrico</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Termistor</td> <td>15</td> <td>Negativo, enfriador termoelectrico</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Pump common</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Nota : Pines NC (no conectados) serán conectados al case de el bloque de ganancia</p>		Pin #	Designation	Pin #	Designation	1	Negativo, entrada monitor	9	NC	2	Positivo, entrada monitor	10	NC	3	Negativo, salida monitor	11	Termistor	4	Positivo, salida monitor	12	NC	5	Negativo, Pump láser	13	Case Ground	6	Positivo BPM, Pump láser	14	Positivo, enfriador termoelectrico	7	Termistor	15	Negativo, enfriador termoelectrico	8	Pump common		
Pin #	Designation	Pin #	Designation																																				
1	Negativo, entrada monitor	9	NC																																				
2	Positivo, entrada monitor	10	NC																																				
3	Negativo, salida monitor	11	Termistor																																				
4	Positivo, salida monitor	12	NC																																				
5	Negativo, Pump láser	13	Case Ground																																				
6	Positivo BPM, Pump láser	14	Positivo, enfriador termoelectrico																																				
7	Termistor	15	Negativo, enfriador termoelectrico																																				
8	Pump common																																						

Figura 6.5. a) Vista exterior

b) Pineado

6.2.4. Curvas de operación

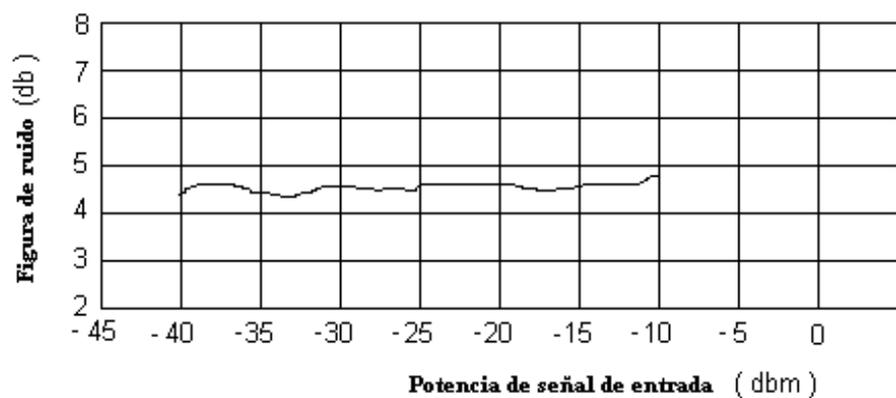


Figura 6.6. Figura de ruido típica vs. Potencia de señal de entrada

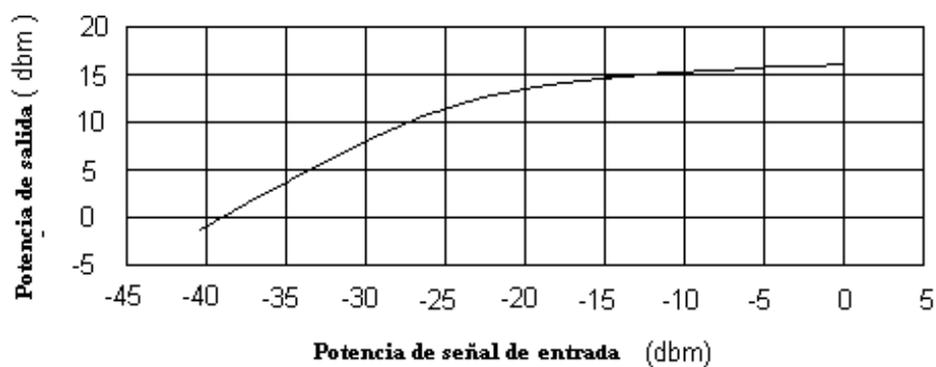


Figura 6.7. Potencia de salida típica vs. Potencia de señal de entrada

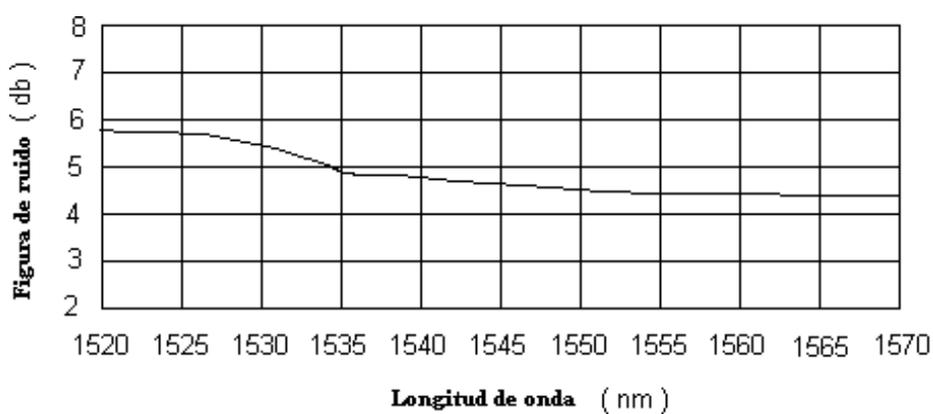


Figura 6.8. Figura de ruido vs. Longitud de onda

6.3. Atenuadores

La principal aplicación de los atenuadores variables y fijos son la de tener una forma conveniente de reducir la potencia de entrada al receptor para operar en los niveles óptimos de señal.

En el caso de los atenuadores variables son de mucha utilidad puesto que en instalaciones permiten obtener valores exactos para nuestros requerimientos alejándonos de la necesidad de hacer gastos innecesarios.

Son optimizados para cada una de las ventanas de operación óptica.

6.3.1. Características de atenuadores comerciales

a) Series MV

Miniature Variable Attenuators (variables)



Figura 6.9. Atenuador MV

- Optimizados para trabajar en la ventana de los 1300 nm y 1550 nm
- Variable
- Reducido tamaño
- Excelente estabilidad termal
- Resolución típica de atenuación 0.02 dB (mejor que 0.1 db)
- Estos atenuadores usan un filtro de densidad neutra graduado para estabilizar la atenuación
- Son ajustables a manera de potenciómetros

Características

- Rango de atenuación > 35 db
- Rango longitud de onda 1200 a 1600 nm
- Pérdida de retorno: >50 dB (MV47L) >60 dB (MV47U)
- Inserción de pérdidas 1.2 db (típico)
- PD<0.8 dB

b) Series FA y FA100

Fixed Attenuators (atenuadores fijos)



Figura 6.10. Atenuadores FA

- Diseñados especialmente para trabajar en fibras monomodo
- FA Disponibles en el rango de 5 a 30 db en incrementos de 5 db
- FA100 Disponibles de 1 a 10 dB (pasos de 1 db)
- Ambos estilos son disponibles SC/PC, SC/APC, FC/PC, y FC/APC de conector

Características

- Pérdida de retorno: >55 dB (FA) >55 dB (FA100)
- Tolerancia en atenuación:

	FA	FA100
	±0.5 db (5 db)	±1 db (1-5 db)
	±10% db (5-30 db)	±2 db (6-25 db)

CAPÍTULO 7

DESCRIPCIÓN DEL ENLACE

7.1. Consideraciones

- Que el sistema trabaja en la ventana de los 1550 nm.
- Que de acuerdo a la descripción de la interface este sistema no está limitado por la dispersión utilizando las fibras ópticas de acuerdo a la recomendación G.654.
- Que todos los empalmes, conectores fueron correctamente elaborados resultando por ende valores normalizados que podremos utilizar en los cálculos.
- El número aproximado de vueltas aplicadas en todos los casos para un tramo de repetición típico es 100 vueltas holgadamente enrollada con un radio de 37.5 mm lo que resultara en una atenuación inferior a 0.5 db.
- Que las reflectancias máximas de los componentes (conectores, empalmes, atenuadores, etc.) entre los puntos S-R no sobrepasan los límites establecidos por la interface.
- Las pérdidas de retorno óptico de planta y discretas cumplen con los requerimientos de la interface.
- Que las pérdidas por flexión, envejecimiento, tracción, microcurvatura, macrocurvatura, etc. están incluidos en el peor caso de diseño para los valores dados en la tabla descriptiva de la interface.
- Que al momento del tendido de la fibra no se excedan los valores dados como límites tanto en tracción, curvatura, temperatura, etc.
- Que la longitud de onda del sistema es mayor a la longitud de onda de corte para el tramo más pequeño del trayecto garantizando de esta manera el desempeño monomodo.
- Que generalmente los empalmes se colocan cada 2 Km debido a que los rollos de fibra tienen esas longitudes.

7.2. Ruta y tendido de por tramos

El objetivo del proyecto sería enlazar las ciudades de Esmeraldas, Manta, Portoviejo, Salinas y Machala. Por las grandes distancias que tendremos que cubrir en este proyecto es recomendable dividir la ruta en tramos, ya que las características propias de cada sector requieren un trato especial.

7.2.1. Tramo 1 (Esmeraldas - Portoviejo)

a) Condición para tendido enterrado directo

No existen carreteras importantes en esta zona.

b) Condición para tendido aéreo

Existe el tendido eléctrico para este efecto a 138 KV y 230 KV.

c) Precipitación

Las frecuentes lluvias de estos sectores hacen que desconfiemos del tendido enterrado.

d) Poblaciones

Región no muy poblada.

e) Ventajas

La ruta del tendido nos aproxima mucho a la ciudad de Quito, por lo que en el futuro bastaría conseguir los equipos multiplexores ADM necesarios y un pequeño tramo de FO, esto habilitaría al proyecto para enlazarse a esta ciudad y por consiguiente al resto del país puesto que Quito es central de tránsito, además puesto que el tendido de cable pasa por Guayaquil con esta ciudad ocurriría cosa similar.

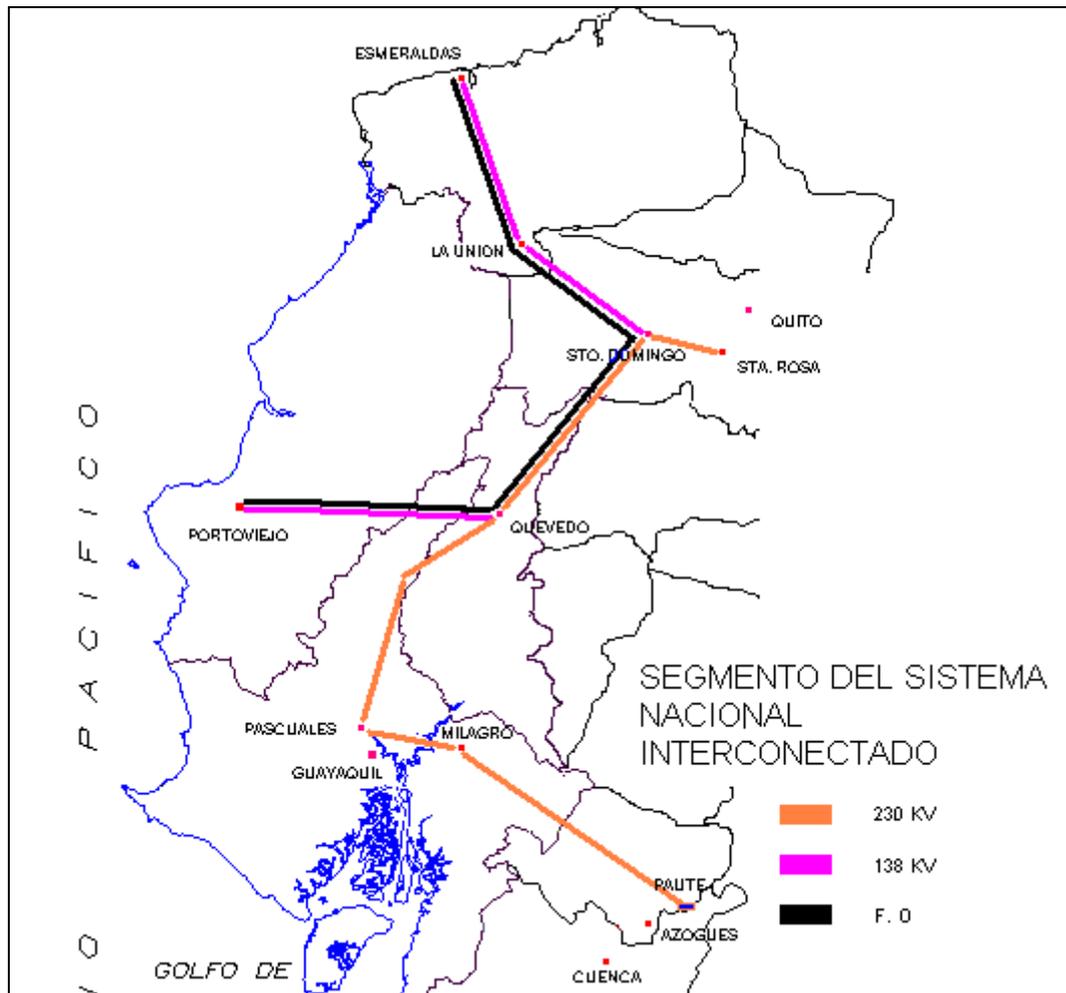


Fig. 7.1 Tramo Esmeraldas - Portoviejo

7.2.2. Tramo 2 (Portoviejo - Manta)

a) Condición para tendido enterrado directo

El terreno es llano y existen buenas vías terrestres que permitirán tender el cable a un costado de la carretera.

b) Condición para tendido aéreo

Podría escogerse este tendido puesto que los dos tipos traen las mismas ventajas, no lo escogemos puesto que es más caro.

c) Precipitación

El nivel de precipitaciones en esta zona es muy bajo (menor a 500 mm anuales) cabe mencionar, el más bajo de todo el Ecuador, rayando en lo desértico.

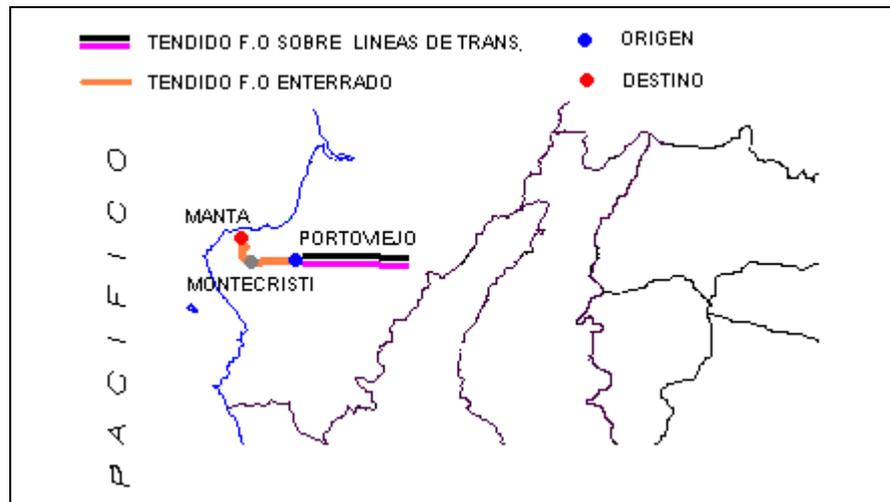


Figura 7.2. Tramo Portoviejo - Manta

7.2.3. Tramo 3 (Manta - Salinas)

a) Condición para tendido enterrado directo

Existen buenas carreteras (permanentes).

b) Condición para tendido aéreo

Nuevamente en esta zona existe tendido eléctrico pero la ruta es muy larga, y resultaría muy costoso, por lo tanto la alternativa de cable enterrado vuelve a ser atractiva.

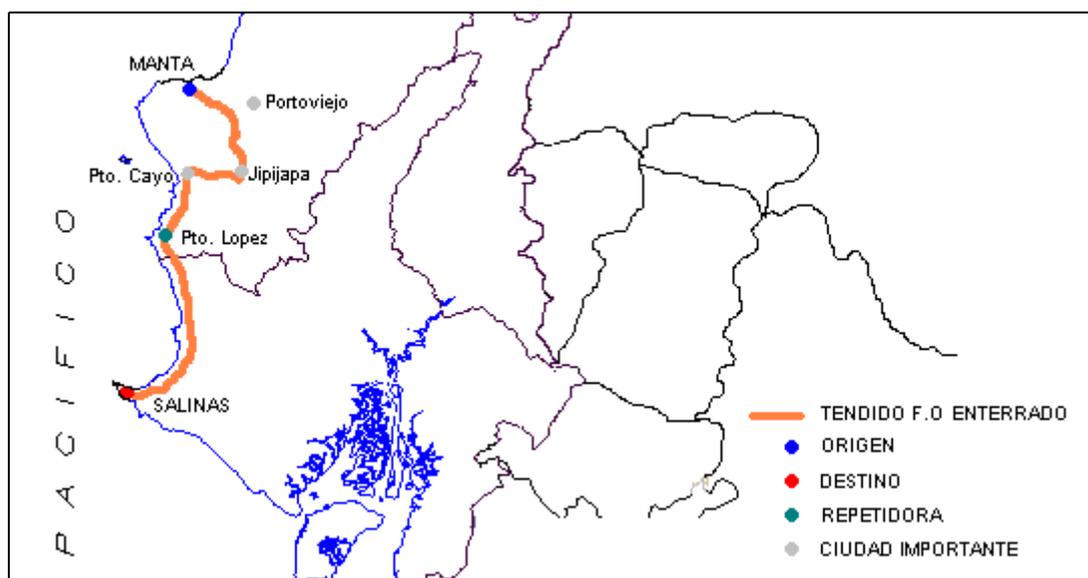


Figura 7.3. Tramo Manta - Salinas

c) Precipitación

Hay que tener precauciones aunque por lo general esta zona es seca.

d) Poblaciones

Existen muchas poblaciones por lo que se facilita la logística del proyecto.

7.2.4. Tramo 4 (Salinas - Machala)

a) Condición para tendido enterrado directo

Resulta conveniente el tendido terrestre, a más de que existen vías permanentes y un ramal de la carretera Panamericana para cubrir el trayecto.

b) Condición para tendido aéreo

En el tramo las dos opciones resultan convenientes desde el punto de vista del tendido pero como este sector tiene mayor población y crecimiento es recomendable el tendido terrestre puesto que permite realizar bifurcaciones más fácilmente en tiempos futuros.

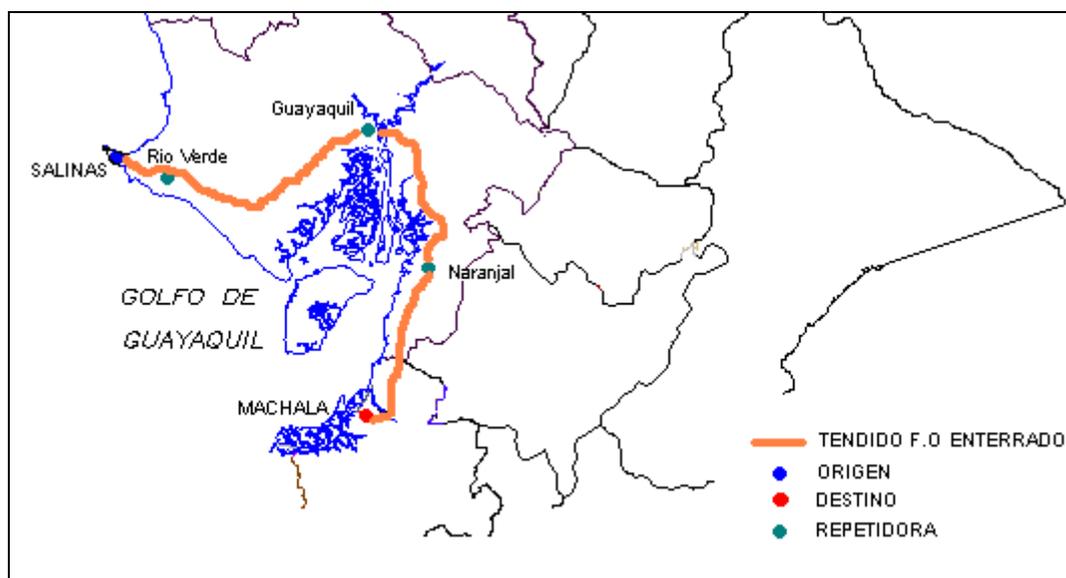


Figura 7.4. Salinas - Machala

c) Precipitación

Debe tomarse precauciones puesto que esta zona es frecuentemente afectada por inundaciones.

d) Poblaciones

Pasa por importantes ciudades entre ellas Guayaquil, que aunque no forma parte del enlace sería interesante introducirla posteriormente puesto que esta ciudad maneja gran cantidad de tráfico tanto nacional como internacional.

7.2.5. Tramo 5 (Cierre del anillo SDH)

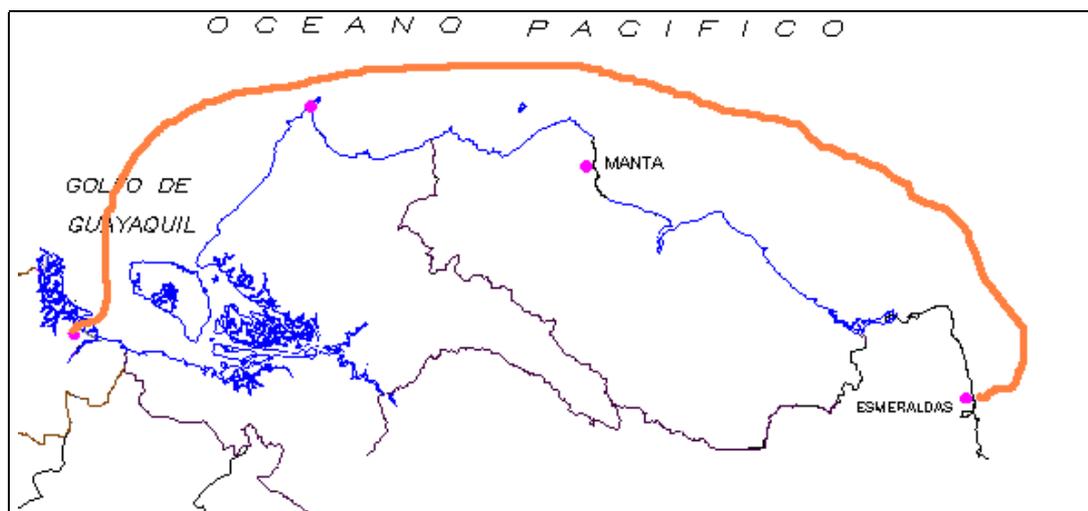


Figura 7.5. Enlace submarino

Existen muchas alternativas para realizar este objetivo, entre estos están: enlace satelital, enlace FO por otra ruta (seguramente con mayor utilidad), o un enlace submarino.

Puesto que las ciudades que cubre nuestro enlace son costeras, sería interesante más que práctico cerrar el anillo de transmisión de forma submarina.

Este tipo de enlace es mucho más costoso que los mencionados anteriormente debido a la inmensa infraestructura que hay que montar a más de que los elementos son extremadamente caros a raíz de la sofisticada tecnología que utiliza para soportar elevadas presiones, tiempos de vida elevados (hasta 25 años), y necesidad de mantenimiento nula. A parte de eso debe tomarse precauciones como por ejemplo en los lugares cercanos al golfo por la presencia de barcos cuyas anclas podrían estropear el cable.

7.3. Ubicación de los elementos (Amplificadores, empalmes, atenuadores, conectores)

En capítulos anteriores se mencionó que si se respetaban los parámetros apropiados para las interfaces dentro del proyecto, se garantizaba el funcionamiento monomodo y compatibilidad transversal. Debido a los largos tramos que involucran los enlaces, las distancias sobrepasan en mucho las máximas permitidas, por lo que se hace necesario introducir amplificadores en ciertos puntos estratégicos para asegurar que la señal llegue a buen nivel al siguiente nodo.

Las distancias de amplificador a amplificador se calcula teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Atenuación total del trayecto
- Potencia de transmisión
- Sensibilidad de recepción

La atenuación la calcularemos con la siguiente ecuación:

$$A_E = A_{TF} + n_1 A_S + n_2 A_C + n_3 A_{CTB} + \alpha_F L + A_{FR} \quad (\text{db})$$

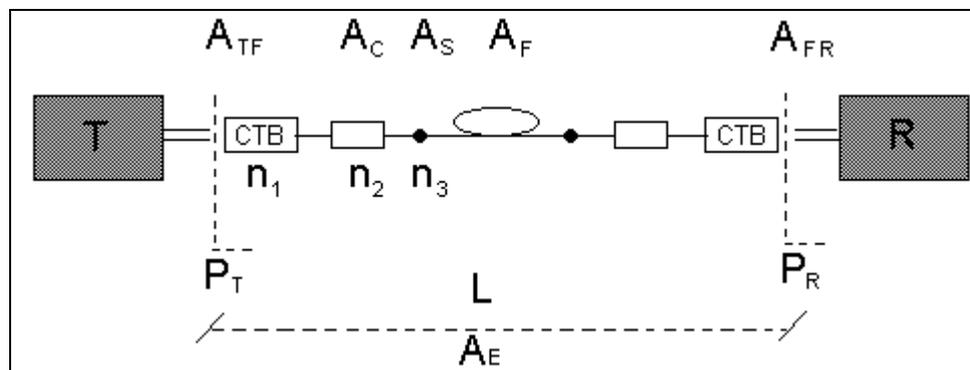


Figura 7.6. Pérdidas en el trayecto

donde :

- A_{TF} Pérdida de inserción del Transmisor
- n_1 Número de empalmes (s)
- n_2 Número de conectores (c)
- n_3 Número de cajas de distribución (CTB)
- A_S Atenuación del empalme (0.05 db típico)
- A_C Atenuación del conector (0.5 db típico)

- A_{CTB} Atenuación en la caja de distribución de fibra (0.05 db típico)
- A_{FR} Pérdida de inserción de la fibra al receptor (3 db típico)
- α_F Coeficiente de atenuación de la fibra (0.25 db/Km. típico)
- L Longitud del enlace

Otro concepto muy importante, es el llamado MARGEN DE ATENUACIÓN DE RESERVA (A_R).

Tomado generalmente en 5 db y que es considerado suficiente para cubrir incrementos de atenuación causados por variaciones de temperatura, envejecimiento, reparaciones del cable en el caso que se produzcan roturas en lo posterior.

$$A_T = A_E + A_R$$

El análisis siguiente indica que el sistema transmisor parte con una salida de 1 mW, y que para que el amplificador reciba potencia suficiente para estar en la zona lineal (-20 dbm), tiene que estar a una distancia de alrededor de los 40 Km. Recordando el gráfico de un amplificador EDFA típico (fig. 6.7) y la atenuación como se muestra en el gráfico 7.6.

Tenemos que:

$$A_T = 6 + 0.05 \frac{x}{2} + 0.5(2) + 0.05(1) + 0.2 x + 5$$

$$A_T = 12.05 + 0.05 \left[\frac{x}{2} \right] + 0.2 x$$

$$- A_T = -20 \text{ dbm}$$

$$0 \text{ dbm} - 12.05 - 0.05 \frac{x}{2} - 0.2 x = -20 \text{ dbm}$$

$$7.95 = 0.025 x + 0.2 x = 0.225 x$$

$$x = 35.33 (\approx 40 \text{ Km})$$

Adicionalmente cuando el amplificador recibe -20 dbm está en la capacidad de tener salidas de 14 dbm (13.75 dbm exactamente), entonces la longitud del tramo del enlace para que el siguiente receptor nuevamente esté en zona lineal es de 100 Km o menos y es dado por la siguiente ecuación:

$$A_T = 6 + 0.05 \frac{x}{2} + 0.5(2) + 0.2 x + 5$$

$$A_T = 12 + 0.05 \frac{x}{2} + 0.2 x$$

$$13.75 \text{ dbm} - A_T = -20 \text{ dbm}$$

$$13.75 \text{ dbm} - 12 - 0.05 \frac{x}{2} - 0.2 x = -20 \text{ dbm}$$

$$21.75 = 0.025 x + 0.2 x = 0.225 x$$

$$x = 96.667 (\approx 100 \text{ Km})$$

7.4. Plan de transmisión

Tramo 1 (Esmeraldas – Portoviejo)

Resumen

Distancia recorrida:	366 Km
Número de amplificadores:	4
1) Amplificador de salida:	Esmeraldas
2) Regenerador:	La Unión
3) Regenerador:	Santo Domingo
4) Regenerador:	Quevedo

Sub - Tramo Esmeraldas – La Unión (amplificador)

Distancia recorrida:	86.5 Km
Número de empalmes:	44
Número de conectores:	2
Número de cajas de distribución:	1
Potencia de salida:	1 dbm
Potencia de salida Amp. Salida :	14 dbm
Potencia al siguiente amplificador:	$14 - (12.05 - 0.2x - 0.05 x/2) = -17.6$ dbm
Tipo de tendido:	Aéreo (Líneas Transmisión 138 KV)
Ciudades que atraviesa:	Partiendo de Esmeraldas

N°	Nombre	Distancia	Nota
1	La Unión	86.5 Km	No

Sub - Tramo La Unión – Santo Domingo (amplificador)

Distancia recorrida:	67.5 Km
Número de empalmes:	34
Número de conectores:	2
Número de cajas de distribución:	0
Potencia de entrada:	-17.6 dbm
Potencia de salida:	14.5 dbm
Potencia al siguiente amplificador:	$14.5 - (12 - 0.2x - 0.05 x/2) = -12.7$ dbm
Tipo de tendido:	Aéreo (líneas Transmisión 138 KV)
Ciudades que atraviesa:	Partiendo de La Unión

N°	Nombre	Distancia	Nota
1	Santo Domingo	67.5 Km	No

Sub - Tramo Santo Domingo - Quevedo (amplificador)

Distancia recorrida:	105 Km
Número de empalmes:	53
Número de conectores:	2
Número de cajas de distribución:	0
Potencia de entrada:	-12.7dbm
Potencia de salida:	15 dbm
Potencia al sig. amplificador:	$15 - (12 - 0.2x - 0.05 x/2) = -20.63 \text{ dbm}$
Tipo de tendido:	Aéreo (Líneas Transmisión 230 KV)

Ciudades que atraviesa: Partiendo de Santo Domingo

N°	Nombre	Distancia	Nota
1	Quevedo	105 Km	No

Sub - Tramo Quevedo - Portoviejo (amplificador)

Distancia recorrida:	107 Km
Número de empalmes:	54
Número de conectores:	2
Número de cajas de distribución:	0
Potencia de entrada:	-20.63 dbm
Potencia de salida:	13.3 dbm
Potencia al siguiente amplificador:	$13.3 - (12 - 0.2x - 0.05 x/2) = -22.8 \text{ dbm}$
Tipo de tendido:	Aéreo (Líneas Transmisión 138 KV)

Ciudades que atraviesa: Partiendo de Quevedo

N°	Nombre	Distancia	Nota
1	Portoviejo	107 Km	No

Tramo 2 (Portoviejo - Manta)

Distancia recorrida:	32.8 Km
Número de empalmes:	13
Número de conectores:	2
Número de cajas de distribución:	1
Potencia de salida:	0 dbm
Potencia al siguiente amplificador:	$0 - (12.05 - 0.2x - 0.05 x/2) = -18.26 \text{ dbm}$

Tipo de carretera: Asfaltada Permanente
 Ciudades que atraviesa: Partiendo de Portoviejo

N°	Nombre	Distancia	Terreno
1	Río de Oro	11 Km	Planosol
2	Las Palmas	17 Km	Planosol
3	Montecristi	23.3 Km	Planosol
4	MANTA	32.8 Km	Planosol

Tramo 3 (Manta - Salinas)

Resumen

Distancia recorrida: 186.3 Km
 Número de amplificadores: 2
 1) Amplificador de salida: Manta
 2) Regenerador: Puerto López

Sub - Tramo Manta – Puerto López. (amplificador)

Distancia recorrida: 95 Km
 Número de empalmes: 48
 Número de conectores: 2
 Número de cajas: 1
 Potencia de salida: 13.75 dbm
 Potencia llegada siguiente amplificador: $13.75 - (12.05 + 0.2 (95 \text{ Km}) - 0.05|[95/2]|) = -19.68$
 Tipo de carretera: Asfaltada Permanente
 Ciudades que atraviesa: Partiendo de Manta

N°	Nombre	Distancia	Terreno
1	MONTECRISTI	7.5 Km	Vertisol
2	La Pila	18.5 Km	Vertisol
3	Quimis Grande	25 Km	Vertisol
4	Sangan	32.5 Km	Vertisol
5	JIPIJAPA	42.25 Km	Vertisol
6	Olina	63 Km	Vertisol
7	Pueblo Nuevo	75.5 Km	Vertisol
8	Machalilla	81.3 Km	Vertisol
9	Buena Vista	87 Km	Vertisol
10	La Ciénaga	91.3 Km	Vertisol
11	Puerto López	95 Km	Vertisol

Sub - Tramo Puerto López- Salinas (amplificador)

Distancia recorrida:	97 Km
Número de empalmes:	49
Número de conectores:	2
Número de cajas:	0
Potencia de entrada:	-19.68 dbm
Potencia de salida:	13.75 dbm
Potencia llegada siguiente amplificador:	$13.75 - (12 + 0.2(97) - 0.05 \lfloor \frac{97}{2} \rfloor) = -20.05$ dbm
Tipo de carretera:	Asfaltada Permanente
Ciudades que atraviesa:	Partiendo de Puerto López

N°	Nombre	Distancia	Terreno
1	Salando	6 Km	Molisol
2	Río Chico	8 Km	Molisol
3	Puerto Rico	12.25 Km	Molisol
4	Las Tunas	14 Km	Molisol
5	Ayampe	17.5 Km	Molisol
6	La Entrada	24 Km	Molisol
7	San José	27.5 Km	Molisol
8	La Curia	29.2 Km	Vertisol Ca ₂ CO ₃
9	Olón	32 Km	Vertisol Ca ₂ CO ₃
10	Montañita	35.5 Km	Vertisol Ca ₂ CO ₃
11	Manglaralto	38.4 Km	Vertisol Ca ₂ CO ₃
12	Cadeate	40.75 Km	Vertisol Ca ₂ CO ₃
13	San Antonio	41.25 Km	Vertisol Ca ₂ CO ₃
14	Simón Bolívar	42.25 Km	Vertisol Ca ₂ CO ₃
15	Valdivia	49.8 Km	Vertisol Ca ₂ CO ₃
16	Pueblo Nuevo	55.8 Km	Vertisol Ca ₂ CO ₃
17	Perro Negro	3 Km	Vertisol Ca ₂ CO ₃
18	Jambelí	61.5 Km	Vertisol Ca ₂ CO ₃
19	Monteverde	63.3 Km	Vertisol Ca ₂ CO ₃
20	San Pablo	73.5 Km	Vertisol Ca ₂ CO ₃
21	SANTA ELENA	88 Km	Molisol
22	LA LIBERTAD	94.5 Km	Molisol
23	Salinas	98 Km	Molisol

Tramo 4 (Salinas - Machala)Resumen

Distancia recorrida:	331 Km
Número de amplificadores:	3
1) Regenerador:	Río Verde
2) Regenerador:	Guayaquil
3) Regenerador:	Naranjal

Sub - Tramo Salinas- Río Verde (amplificador)

Distancia recorrida:	31.25 Km
Número de empalmes:	16
Número de conectores:	2
Número de cajas:	1
Potencia de salida:	0 dbm
Potencia llegada al siguiente amplificador:	$0 - (12.05 - 0.2 (31.25) - 0.05 \lceil \lceil 31.25/2 \rceil \rceil) = -18.1$ dbm
Tipo de carretera:	Asfaltada Permanente
Ciudades que atraviesa:	Partiendo de Salinas

N°	Nombre	Distancia	Terreno
	Río Verde (desvío)	31.25 Km	Molisol

Sub - Tramo Río Verde - Guayaquil (amplificador)

Distancia recorrida:	102 Km
Número de empalmes:	51
Número de conectores:	2
Número de cajas:	0
Potencia de entrada:	-18.1 dbm
Potencia de salida:	14 dbm
Potencia siguiente amplificador:	$14 - (12 - 0.2 (102) - 0.05 \lceil \lceil 102/2 \rceil \rceil) = -20.9$ dbm
Tipo de carretera:	Asfaltada Permanente
Ciudades que atraviesa:	Desde Río Chico (Tramo Río Chico sin asfaltar)

N°	Nombre	Distancia	Terreno
1	Zapotál	16.7 Km	Molisol
2	Buenos Aires	21.3 Km	Vertisol
3	Sucre	28	Vertisol
4	Olmedo	32	Vertisol
5	Gómez Rendón	43.7	Vertisol
6	San Isidro	53.5	Vertisol
7	Cerecita	55	
8	Consuelo	65	Molisol
	Casas	80	Molisol
	GUAYAQUIL		Molisol
	Llegada	96	
	Interior	6	
	Edificio El Correo	102 Km	

Sub - Tramo Guayaquil - Naranjal (amplificador)

Distancia recorrida:	75.3 Km
Número de empalmes:	38
Número de conectores:	2
Número de cajas:	0
Potencia de entrada:	- 20.9 dbm
Potencia de salida:	13.5 dbm
Potencia de llegada al amplificador:	$13.5 - (12 - 0.2 (75.3) - 0.05 \lceil \lceil 75.3/2 \rceil \rceil) = -15.5$ dbm
Tipo de carretera:	Asfaltada Permanente
Ciudades que atraviesa:	Desde Guayaquil

N°	Nombre	Distancia	Terreno
1	Tres Cerritos	34.3 Km	Planosol
2	El Mango	44.3 Km	Planosol
3	Puerto Inca	55.3	Planosol
4	Las Mercedes	57.8	Planosol
5	Naranjal	75.2	Planosol

Sub - Tramo Naranjal - Machala

Distancia recorrida:	93.5 Km
Número de empalmes:	47
Número de conectores:	2
Número de cajas:	0
Potencia de entrada:	-15.5 dbm
Potencia de salida:	14.5 dbm
Potencia de llegada al amplificador:	$14.5 - (12 - 0.2 (93.5) - 0.05 \lceil \lceil 93.5/2 \rceil \rceil) = -18.55$ dbm
Tipo de carretera:	Asfaltada Permanente
Ciudades que atraviesa:	Desde Naranjal

N°	Nombre	Distancia	Terreno
1	El Aromo	7.5 Km	Planosol
2	Coop. Nueva Unión	8.3 Km	Planosol
3	Soledad	22.5 Km	Planosol
4	San Vinicio	27.3 Km	Planosol
5	San Carlos	34.3 Km	Planosol
6	Buena Vista	44.5 Km	Planosol
7	Camilo Ponce	52.5 Km	Planosol
8	El Guabo	74.8 Km	Planosol
9	El Cambio	85 Km	Planosol
10	MACHALA	93.5 Km	Planosol

7.5. Diagrama esquemático

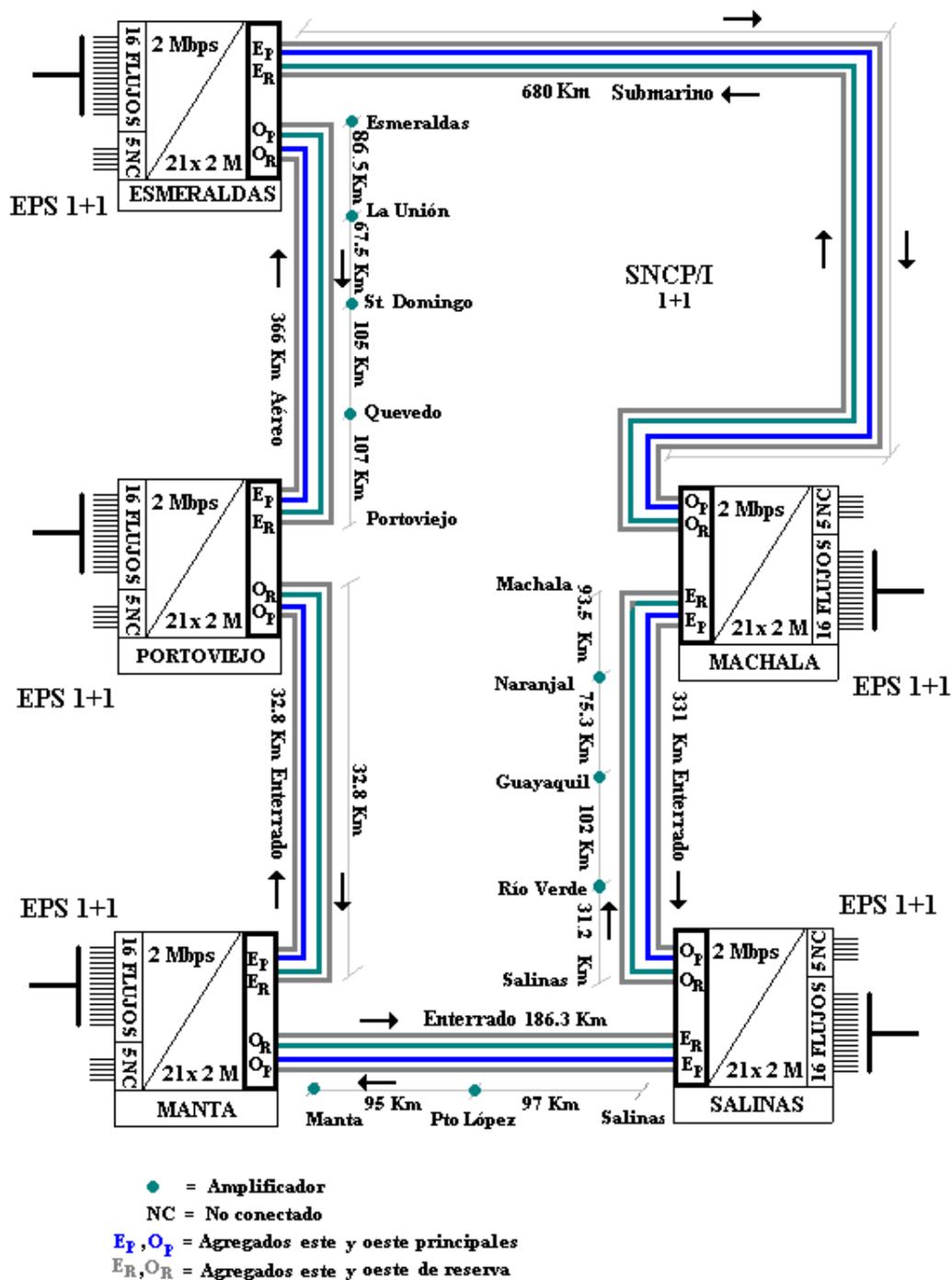


Fig. 7.7 Esquema general

CAPÍTULO 8

SINCRONISMO

8.1. Descripción

La unidad de referencia de reloj CRU tiene una característica mejorada de 0.37 PPM que se distingue por una mejor estabilidad de mantenimiento. La CRU entrega señales de sincronismo a todas las unidades del equipo (TO), y a la fuente externa para sincronizar otros equipos (T4).

La tarjeta CRU puede:

- Seleccionar la referencia involucrada.
- Cambiar la referencia al perder el sincronismo.
- Bloquear otra referencia disponible o el oscilador local.
- Funcionar en modo de mantenimiento libre.

Hay un máximo de 16 referencias disponibles a la entrada:

- Diez referencias recibidas de las unidades de 21X 2 Mbps (2.048 MHz) como T2 o unidades tributario STM-1 como T1 (38.8 MHz).
- Cuatro referencias recibidas de las unidades agregado de 38.8 MHz (T1).
- Dos referencias de sincronismo externo de 2.048 MHz (T3) (reloj 2048 KHz G.703).

Las referencias de entrada se denominan:

- RCK T1-5 A y B 10 señales recibidas de las unidades tributarias.
- RCK 38 1,2E – RCK 38 1,2 W recibidas de las cuatro unidades agregado.
- CKIN A, B recibidas de la fuente externa.

Se puede recibir un reloj CK16R de 16,364 MHz de un oscilador local montado en la tarjeta o de uno de los VCO utilizados en el PLL.

Todas las referencias recibidas de las unidades agregados y tributarios están asociadas con:

Una señal que indica integridad.

Un comando de referencia o conmutación de modo ISWi.

A continuación, las señales duplicadas son enviadas a las entradas de dos circuitos de selección distintos SEL A, SEL B.

Esta condición crea dos vías independientes:

La vía de 2MHz hacia la parte externa del equipo T4.

La vía de 38 MHz que se enviara a todas las unidades del equipo T0.

Se pueden seleccionar referencias y/o modos operativos distintos para cada vía.

El controlador del equipo configura la CRU para que use doce de las señales de entrada, dispuestas en cualquier combinación, como señales de sincronismo, es decir hasta seis para la referencia interna (38,88 MHz) y hasta seis para la referencia externa (2,048 MHz). El operador les asigna prioridades de 1 a 6 mediante el terminal Craft/OS.

La referencia seleccionada REF es procesada por SETG y comparada digitalmente con los relojes de 38,88 y 2048 MHz.

La unidad puede funcionar en los siguientes modos:

Bloqueado

La frecuencia de salida SETG se sincroniza con la de la referencia seleccionada.

Mantenimiento / Libre

Estos modos operativos son activados si las referencias seleccionadas están ausentes.

Si se seleccionó una referencia anterior y presenta al menos un corrimiento de media hora, el modo operativo se denomina mantenimiento. En el modo de mantenimiento esta referencia almacenada dura un periodo de tiempo ilimitado y su estabilidad (1ppm/día o 0.37 ppm/día) depende de la unidad que se está implementando.

El modo operativo libre se determina por ausencia de referencia o la imposibilidad de usar el modo de mantenimiento.

8.2. Detalle de la tarjeta CRU

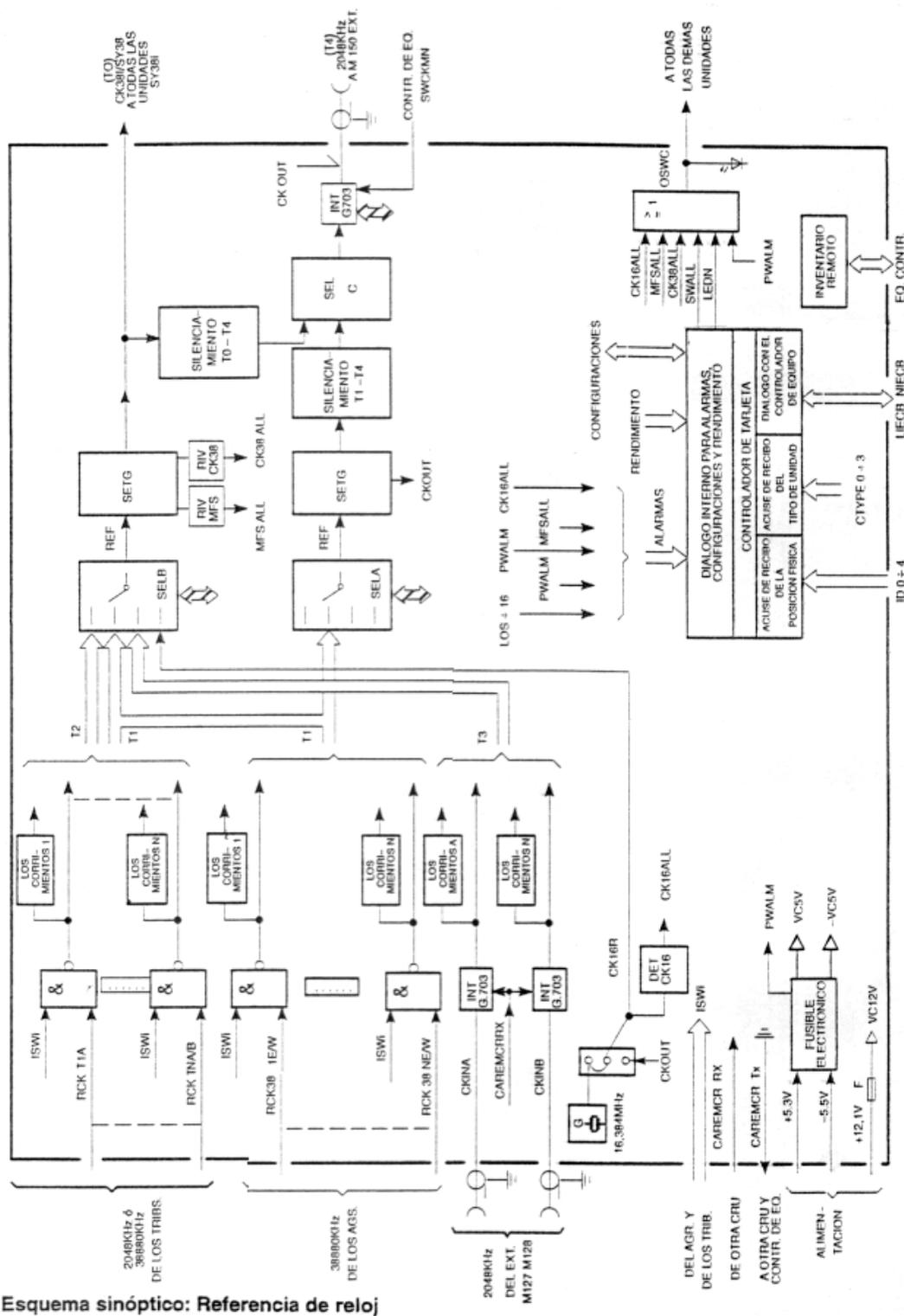


Figura 8.1. Referencia de reloj

CAPÍTULO 9

MULTIPLEXOR SINCRÓNICO STM-1

9.1. Introducción al equipo

El multiplexor sincrónico STM-1 SM que presentamos en este capítulo pertenece a los productos de la familia ALCATEL, es un multiplexor de extracción/inserción definido como un módulo de transporte sincrónico, nivel 1 (STM-1).

El equipo 1641SM establece un sistema de transmisión de 155/622 Mbps, cuya elevada flexibilidad permite establecer diferentes configuraciones, principalmente: Terminal de línea multiplexor de extracción/ inserción con diversas Protecciones que incluyen funcionamiento en redes en anillo.

Los tributarios son multiplexados y representados según las recomendaciones ETSI (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones) como podemos observar en la figura 9.1.

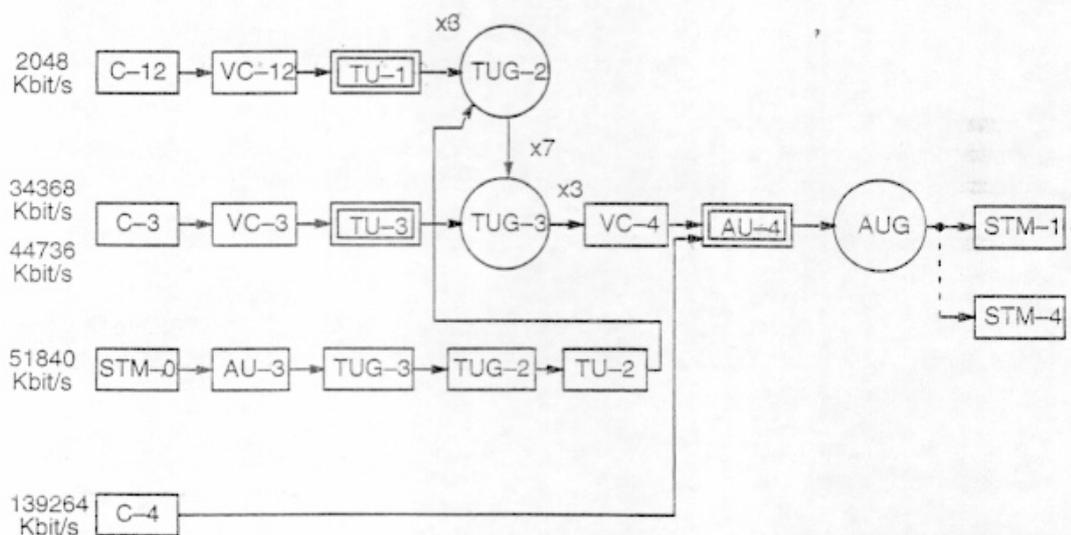


Figura 9.1. Multiplexación según ETSI

Los tributarios del equipo pueden ser tanto plesiócronicos (a 2, 34, 45 y 140 Mbps) como sincrónicos (51 y 155 Mbps), y en el último caso eléctricos y ópticos. El 1641 SM puede estar configurado con distintos tipos de tributarios.

Las unidades tributario pueden tener protección N+1 independientemente de las unidades utilizadas.

Las unidades agregado que interconectan la señal STM-1 tienen protección 1+1 y cuando están configuradas para extracción/inserción pueden interconectar los lados ESTE y OESTE.

La asignación de trama de las señales de tributario puede ser cambiada. La función INTERCONECCIÓN para los tributarios de alto nivel y los VC de bajo nivel es de suma importancia para la administración de la red.

9.2. Configuración física

Todas las unidades y las distintas piezas que conforman el equipo se ilustran en la Figura 9.2, y en las tablas 9.1, 9.2 y 9.3, y se detalla:

- Nombre
- No. De pieza
Se proporcionan los códigos de fábrica (por ejemplo: 411.xxx.xxx x) y el ANV correspondiente (por ejemplo: 3AL xxxxx xxxx).
- Cantidad máxima
- Posición
La indicación ranura + número (es decir ranura 1,2, etc.) usada para la aplicación “Alarms Status and Remote Control” (“Alarmas, estado y control remoto”) del terminal Craft también se usa en este caso. Las unidades no numeradas en esta aplicación se identifican como ranura + letra (es decir: ranura A, B, etc.)
- El número de las notas explicativas

Estas últimas se detallan en la tabla 9.4.

En la figura 9.3, se ilustra los puntos de interconexión a los cuales se puede acceder en el panel de cableado frontal del sub-bastidor junto con las leyendas correspondientes y el uso.

Las figuras 9.4 hasta la figura 9.9 muestran los puntos de acceso (LED, conmutadores, etc.) presentes en cada unidad junto con las leyendas correspondientes y su significado.

Las figuras arriba mencionadas también indican los símbolos que identifican las unidades y su posición dentro del sub-bastidor.

La computadora personal (terminal Craft) utilizada para las operaciones de encendido inicial y de mantenimiento puede ser suministradas por Alcatel-Telecom.

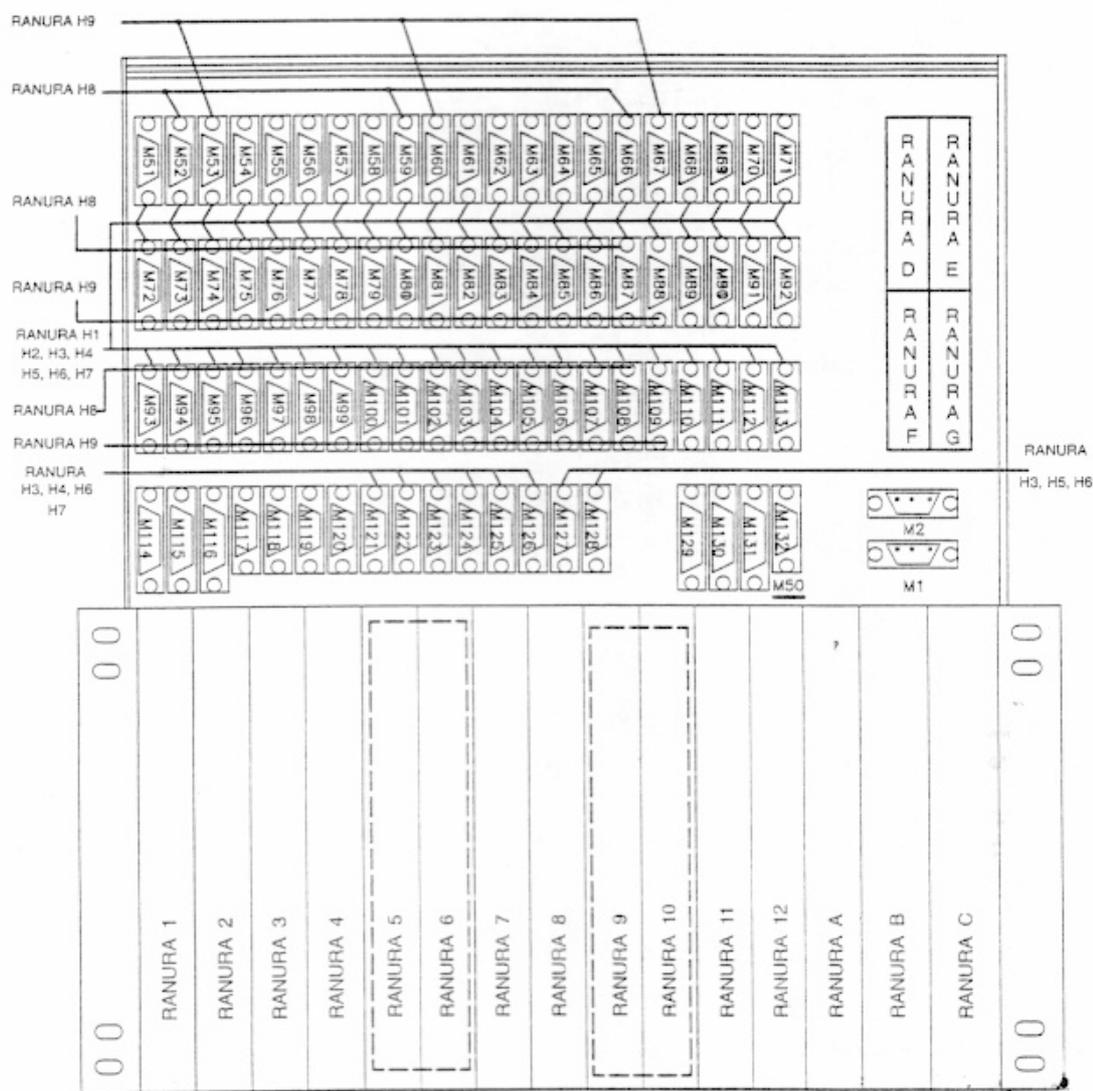


Figura 9.2. Disposición del equipo

NOMBRE	CANT. MAX.	RANURA	NOTAS
CAJA			
Caja 1641 SM de 75/120 ohmios			
Incluye: INVENTARIO REMOTO/2	1	F	
1631 FOX CPE	9		\$\$
MÓDULOS DEL PANEL POSTERIOR PARA LA CAJA 1641SM 75/120			
ANDOR/3	1	E	1
ADAPTADOR AUI-B2/2 2	1	D	2
EXITADOR DE CONMUTACIÓN N/2	1	G	3
CONMUTADORES DE PROTECCIÓN DE TRIB. DE 120 OHMIOS	63	H1	4
CONMUTADORES DE PROTECCIÓN DE TRIB. DE 120 OHMIOS	63	H2	5
CONEXIONES DE TRIB. NO PROTEGIDOS DE 75 OHMIOS	65	H3	6
CONMUTADORES DE PROTECCIÓN DEL TRIB. DE 75 OHMIOS	63	H4	7
CONEXIÓN DE TRIB. NO PROTEGIDOS DE 120 OHMIOS	65	H5	8
CONECTOR DE TRIB. NO PROTEGIDOS TIPO 43	65	H6	9
CONMUTADOR DE PROTECCIÓN DE TRIB. DE TIPO 43	63	H7	10
CONMUTADORES DE PROT. DE TRIB. 1.6/5.6	63	H3	11
CONEXIÓN DE TRIB. NO PROTEGIDO 1.6/5.6	65	H4	12
MÓDULO ÓPTICO DE TRANSMISIÓN 1631 FOX CO	9	H8	13
MÓDULO ÓPTICO DE RECEPCIÓN 1631 FOX CO	9	H9	13
MÓDULO DEL PANEL POSTERIOR PARA 1631 FOX CPE			\$\$
MÓDULO ÓPTICO DE TRANSMISIÓN 1631 FOX CPE	18		14
MÓDULO ÓPTICO DE RECEPCIÓN 1631 FOX CPE	18		14
AGREGADOS STM-1			15
SC DE AGREGADOS S - 1.1	4	5,6,9,10	\$
FC DE AGREGADOS S - 1.1	4		
DIN DE AGREGADO S - 1.1	4		
SC DE AGREGADO L - 1.1	4		
FC DE AGREGADO L - 1.1	4		
DIN DE AGREGADO L - 1.1	4		
AGREGADO STM-1 ELÉCTRICO	4		
FC DE AGREGADO L - 1.2	4		
AGREGADO ELÉCTRICO STM-1 TIPO 43	4		
FC DE AGREGADO L - 1.2 JE	4		
FC DE AGREGADO L - 1.1JE	4		
SC DE AGREGADO L -1.2	4		

TRIBUTARIOS			17
TRIBUTARIO DE 21 x 2 Mbit/s, 120 ohmios	4	2,3,4 11,12	\$
TRIBUTARIO DE 21 x 2 Mbit/s, 75 ohmios	4		
SC DE TRIB. L - 1.1	5		
FC DE TRIB. L - 1.1	5		
DIN DE TRIB. L - 1.1	5		
SC DE TRIB. S - 1.1	5		
FC DE TRIB. S - 1.1	5		
DIN DE TRIB. S - 1.1	5		
TRIBUTARIO ELÉCTRICO STM-1	,5		
TRIB. De 3 # \$ Mbit/s	4		
TRIB. ELÉCTRICO STM-1 TIPO 43	5		
TRIB.140 STM - 1641 SM	4		
TRIB. 140 STM-1 - 1641 SM TIPO 43	4		
TRANSMULTIPLEXOR 34/2 Y TRIB. DE 5x2 Mbit/s	4		
FC DE TRIB. L - 1.2	5		
TRIB. DE 3 x 45 Mbit/s	4		
TRIBUTARIO 1631 FOX CO	3	2,3,4	\$

Tabla 9.1. Configuración de los módulos, agregados y tributarios

NOMBRE	CANT. MAX.	RANURA	NOTAS
AUXILIARES			
RED ANCHA SL/SM AUX/EOW	1	1	19
EXTENSIÓN SL/SM AUX/EOW	1		
TEMPORIZACIÓN			
CRU MEJORADA DE 0.37 PPM	2	7,8	20, \$
CRU MEJORADA	2		
ALIMENTACIÓN			
UNIDAD DE ALIMENTACIÓN	2	B, C	20
CONVERTIDOR CA/CC DE 1631 FOX CPE	9		18, 21
BATERÍA DE 1641 FOX CPE	,9		18, 22
CONTROLADOR			
CONTROLADOR DE EQUIPO ESCT	1	A	
CONTROLADOR DE EQUIPO SMEC2A8R+16F	1	A	
EXPANSIÓN DE MEMORIA. M8F2R	1		23

Tabla 9.2. Alimentación, servicios y configuración del software

NOMBRE	CANT. MAX.	RANURA	NOTAS
ACCESORIOS			
APARATO TELEFÓNICO CON CONJUNTOR 3-P	1		18
PLACA OBTURADORA 4 TE			30
PLACA OBTURADORA 5 TE			
PLACA OBTURADORA 6 TE			
CONECTOR MACHO COAXIAL 1.0/2,3 75 Ohmios (3 MM.)	135		31,32
CONECTOR COAXIAL MACHO 1.0/2.3 75 Ohmios (6 MM.)	135		
CONECTOR COAXIAL MACHO VOL. 1.6/5.6 (5,9 MM)	135		33
KIT CONJUNTO DE INSTALACIÓN ETSI (N3-LC)	,1		34
KIT CONJUNTO DE INSTALACIÓN S9	1		35
KIT CONJUNTO DE INSTALACIÓN DE 64 Kbit/s y V11	1		36
ADAPTADOR DE 19"/21"	1		37
KIT CONECTOR DE 120 ohmios	66		38
CONECTOR MACHO COAXIAL 1.6/5.6-90°			39
CONEXIÓN EN ESPIRAL ÓPTICA FC-PC SM			40,41
PUENTE FC-PC SM (20M)			40,42
PUENTE FC-PC SM (10M)			40,43
CORTACIRCUITO (10 A)	2		44
KIT ETIQUETA AUSTRIA/CONJUNTO	1		45
CONDUCTO PARA BASTIDOR S9	1		46,47
CONDUCTO PARA BASTIDOR N3	1		46,48
KIT CONDUCTO 1631 FOX	3		49,50

Tabla 9.3. Configuración de los accesorios

NOTA

- \$** Unidad alternativa
- \$\$** Descripción de CPE se realiza en el manual técnico pertinente.
- 1** Se debe usar para discriminar entre la alarma de batería principal y las alarmas de los convertidores del CC/CC.
- 2** Se debe utilizar para conectar el Ethernet (Interfaz QB3, base 10).
- 3** Se utiliza con la configuración de tributario protegido.
- 4** Utilizar con cada interfaz de tributario protegida de 2 Mbit/s de 120 ohmios.
- 5** Utilizar con cada interfaz de tributario protegida de 2 Mbit/s de 120 ohmios y que cumpla con la norma K20 ITU-T.
- 6** Utilizar para cada interfaz de tributario no protegida y para las interfaces de sincronismo de E/S de 2 MHz (75 ohmios, 1,0/2,3 coaxial).
- 7** Utilizar por cada interfaz de tributario protegida (75 ohmios, 1,0/2,3 coaxial)
- 8** Utilizar para cada interfaz de tributario protegida (120 ohmios) y para la interfaz de sincronismo de E/S de 2 MHz.
- 9** Utilizar para cada interfaz de tributario protegida (75 ohmios) y para la interfaz de sincronismo de E/S de 2 MHz con conector tipo 43
- 10** Utilizar para cada interfaz de tributario protegida (75 ohmios) con conector tipo 43
- 11** Utilizar para cada interfaz de tributario protegida (75 ohmios, 1.6/5.6 coaxial).
- 12** Utilizar para cada interfaz de tributario no protegida y para la interfaz de sincronismo de E/S de 2 MHz I/O (75 ohmios, 1.6/5.6 coaxial).
- 13** Utilizar una de transmisión y una de recepción para cada enlace 1631 FOX.
- 14** Utilizar en el CPE, una transmisión y una de recepción para cada enlace 1631 FOX.
- 15** (Ranura5)=OESTE1, (Ranura 6)=OESTE2, (Ranura 9)=ESTE1, (Ranura 10)=ESTE2.

Son posibles las siguientes configuraciones:

Terminal de línea no protegido: 1 agregado

Terminal de línea protegido: 2 agregados

Extracción/inserción no protegido: 2 agregados

Extracción-inserción protegido: 4 agregados

Referirse a la sección Documentación de la unidad al final del manual.

- 16** Unidades alternativas para actualizar el STM-4. Son posibles las configuraciones mixtas. Cada unidad agregado STM-4 reemplaza dos unidades agregado STM-1 (área con línea de rayas en la figura 9.2).
- | | |
|-----------|----------------|
| Ag. Este | Ranuras 9 y 10 |
| Ag. Oeste | Ranuras 5 y 6 |
- El número de la unidad depende de la configuración del equipo
- | | |
|------------------------------------|---|
| Terminal de línea no protegido: | 1 unidad |
| Terminal de línea protegido: | 2 unidades (no operativo en esta publicación) |
| Extracción-inserción no protegida: | 2 unidades |
- 17** Las posiciones asignadas a las unidades tributarias son: ranuras 2, 3, 4, 11, 12. Observar que las ranuras 2, 3, 4 se asignan a las unidades activas mientras que las ranuras 11 y la ranura 12 se asignan a aquellas de reserva.
- 18** Unidad opcional
- 19** Garantiza interconexión con el sistema SL
- 20** Se debe suministrar un máximo de dos unidades de configuración 1+1.
- 21** Utilizar en el convertidor de AC/CC. Esta batería garantiza una reserva de hasta dos horas.
- 22** Suministrar para la alimentación del CPE con tensión alterna (230-110V).
- 23** En la unidad controlador de equipo ESCT, establece una función de extensión de memoria.
- 30** Es indispensable para insertar las placas obturadoras pertinentes en los espacios dejados por las unidades no suministradas para obtener el rendimiento EMI/EMC.
- 31** Conectores alternativos
- 32** Se requieren conectores 1.0/2,3 para cable coaxial de 3 mm o 6 mm para las conexiones del tributario de 75 ohmios y de la señal de reloj del panel posterior (dos por tributario y 3 por reloj).
- 33** Se requiere un conector 1.6/5.6 para cable coaxial de 6 mm para las conexiones del tributario de 75 ohmios y de la señal de reloj del panel posterior (dos por tributario y 3 por reloj).
- 34** Conjunto de conectores necesarios para instalar el bastidor N3-LC (alimentación, alarmas a distancia) y cable para accionar las lámparas del bastidor.
- 35** El conjunto conector es necesario para instalar el bastidor S9 (alimentación, alarmas a distancia) y cable para accionar las lámparas del bastidor.
- 36** Conjunto de conectores que se debe utilizar cuando se requiere la unidad AUX/EOW.
- 37** Adaptador mecánico utilizado para insertar el sub-bastidor en los bastidores de 19".
- 38** Conector requerido para instalar el sincronismo E/S de los tributarios de 2 Mbit/s/120 ohmios/equilibrado y la extensión EOW.

- 39 Conector requerido para instalar las unidades agregado y los tributarios eléctricos STM-1 (2 por unidad).
- 40 Cordones alternativos
- 41 Empalme de fibra única de 15 metros de longitud con terminación FC/PC en el lado bastidor, dejándose libre el lado línea.
- 42 Empalme de fibra única de 20 metros de longitud de terminación FC/PC en ambos extremos.
- 43 Empalme de fibra única de 10 metros de longitud de terminación FC/PC en ambos extremos.
- 44 Punto de conexión provisional de alimentación de la estación para montar en la parte superior del bastidor de 19"
- 45 Se debe suministrar un conjunto para cada caja si se requiere.
- 46 Conducto alternativo
- 47 Conducto requerido con el bastidor S9
- 48 Conductor requerido con el bastidor N3 (ETSI)
- 49 Conductor requerido; uno para cada tributario 1631 FOX CO
- 50 Conjunto adecuado únicamente para el bastidor S9

Tabla 9.4. Notas explicativas



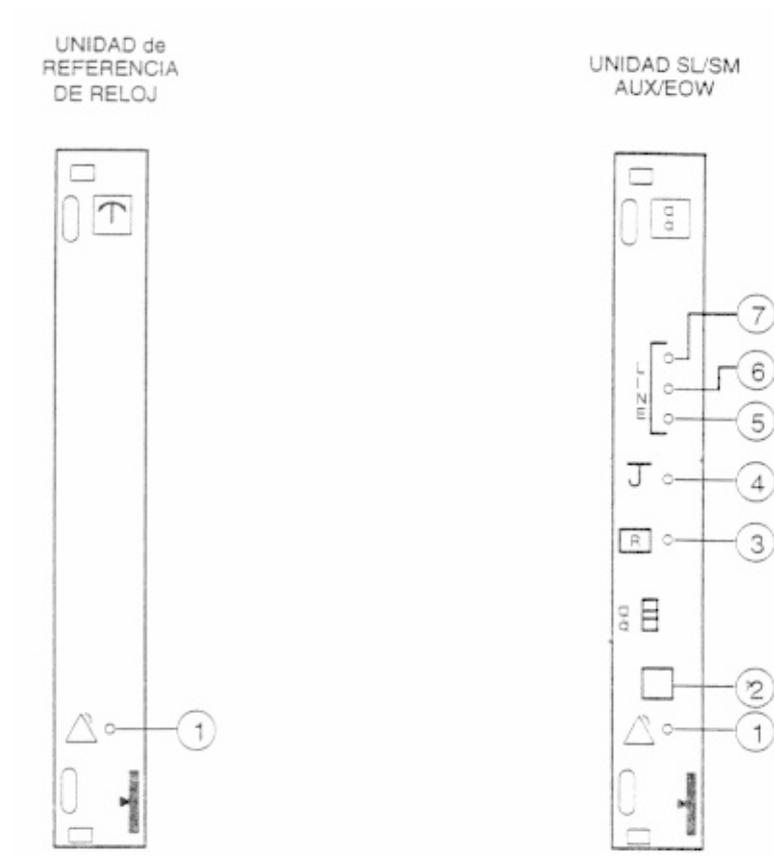
LEYENDA

- M1-M2** Conexiones de alimentación
- M50** Conexiones de tierra del bastidor
- M51-M113** Conexiones de 2 Mbit/s, del transmultiplexor de 5 x 2 del tributario FOX
- M71, M92, M113** Transmultiplexor de 34 Mbit/s
- M121-M126** Conexiones del tributario de 34/45 Mbit/s
- M114-M116** Conexiones de los canales auxiliares
- M117** Conexión de la extensión EOW
- M127-M128** Conexiones de sincronismo
- M129** Conexión de la interfaz Q2
- M130** Conexiones de la interfaz de E/S (contactos paralelos)
- M131** Conexión de las alarmas a distancia
- M132** Conexión de la interfaz RM (lámparas del bastidor)
- M49** Conexión de la interfaz Q3 (a través de la unidad AUI/B2)

NOTA: M46, M47 y M48 no son puntos de conexión. Se utilizan para alojar lo siguiente respectivamente:

- Sub-unidad excitador del conmutador (M46)
- ANDOR/3 (M47)
- Inventario remoto (M48).

Figura 9.3. Panel frontal de cableado de los puntos de conexión

**LEYENDA**

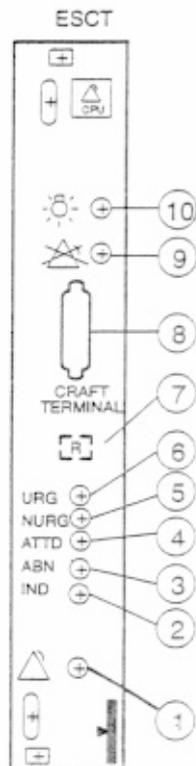
LED rojo que indica alarma de la unidad local

LEYENDA

- (1) LED rojo que indica alarma de unidad local
- (2) Punto de inserción del microteléfono
- (3) Tecla de comando de reposición de línea
- (4) Tecla de toma de línea
- (5) LED amarillo que indica comunicación colectiva
- (6) LED amarillo:
 - encendido = línea ocupada
 - centelleante = llamada selectiva recibida
- (7) LED verde que indica línea libre

Figura 9.4. Puntos de acceso para CRU mejoradas y AUX/EOW

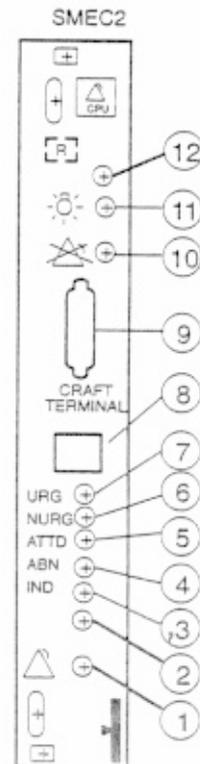
CONTROLADOR DE EQUIPO



LEYENDA

- (1) LED rojo - Alarma de unidad local
- (2) LED amarillo - Alarma indicativa
- (3) LED amarillo - Condiciones anormales
- (4) LED amarillo - Almacenamiento de alarma (atendida)
- (5) LED rojo - Alarma no urgente
- (6) LED rojo - Alarma urgente
- (7) Tecla de reposición de unidad
- (8) Conector de la computadora personal (interfaz F)
- (9) Botón pulsador de almacenamiento de alarma
- (10) Botón pulsador de prueba de lámparas

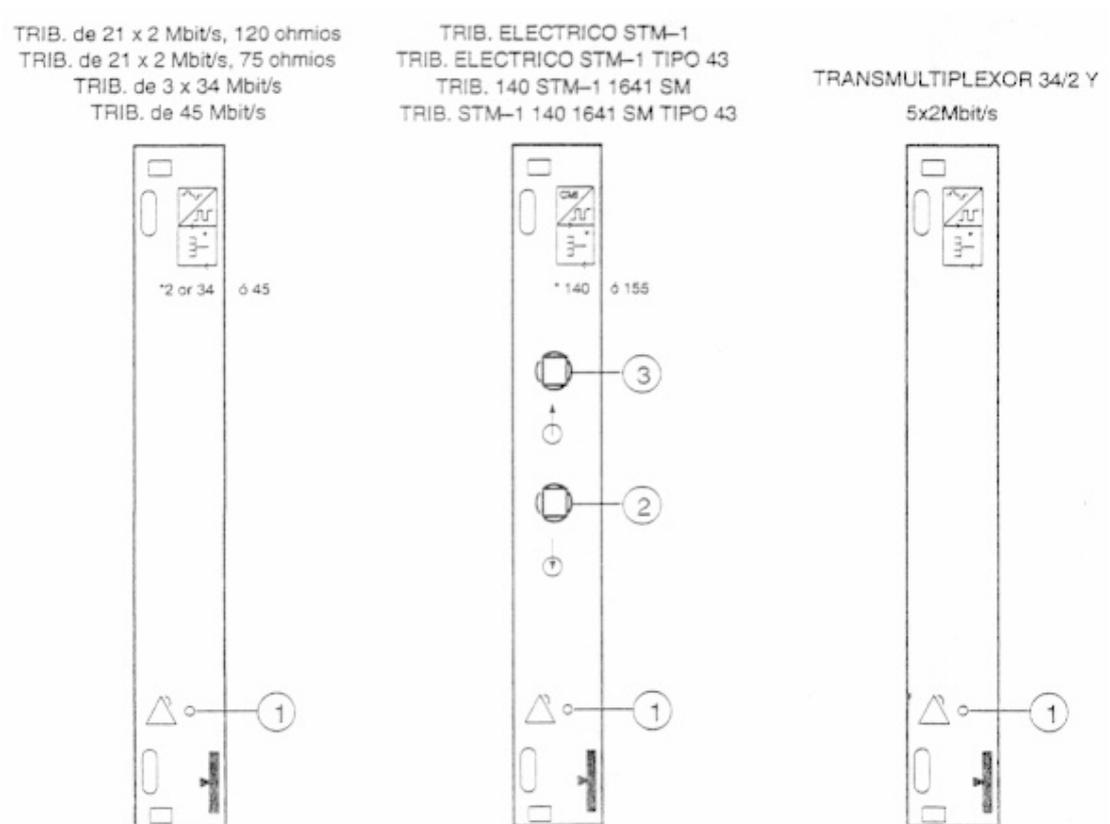
CONTROLADOR DE EQUIPO



LEYENDA

- (1) LED rojo - Alarma de unidad local
- (2) LED verde - Unidad de servicio
- (3) LED amarillo - Alarma indicativa
- (4) LED amarillo - Condiciones anormales
- (5) LED amarillo - Almacenamiento de alarma (atendida)
- (6) LED rojo - Alarma no urgente
- (7) LED rojo - Alarma urgente
- (8) Conector para uso interno
- (9) Conector de la computadora personal (interfaz F)
- (10) Botón pulsador de almacenamiento de alarma
- (11) Botón pulsador de prueba de lámparas
- (12) Botón pulsador de reposición de unidad

Figura 9.5. Puntos de acceso para el controlador de equipo ESCT y SMEC2

**LEYENDA**

(1) LED rojo - alarma de unidad Local

LEYENDA

(1) LED rojo - alarma de unidad Local

(2) Conector eléctrico del lado de transmisión

Entrada del tributario

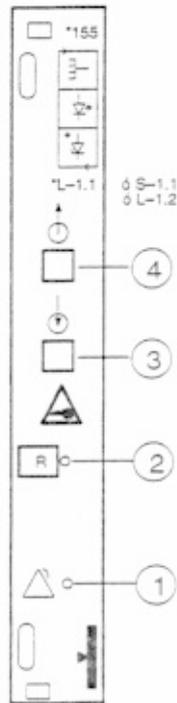
(3) Conector eléctrico de recepción
 Salida del tributario.

LEYENDA

(1) LED rojo - alarma de unidad Local

Figura 9.6. Puntos de acceso para los tributarios eléctricos

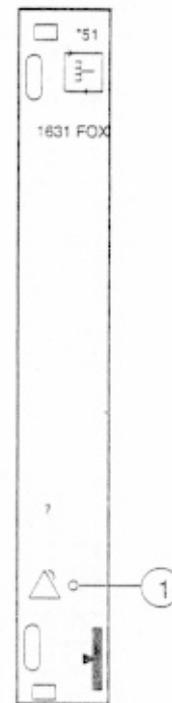
FC DE TRIB. L-1.2
 CS DE TRIB. S-1.1
 FC DE TRIB. S-1.1
 DIN DE TRIB. S-1.1
 SC DE TRIB. L-1.1
 PC DE TRIB. L-1.1
 DIN DE TRIB. L-1.1



LEYENDA

- (1) LED rojo - alarma de unidad local
- (2) Botón pulsador de reposición manual del LASER
- (3) Conector óptico de transmisión (entrada de tributario)
- (4) Conector óptico de recepción (salida de tributario)

TRIBUTARIO 1631 FOX CO



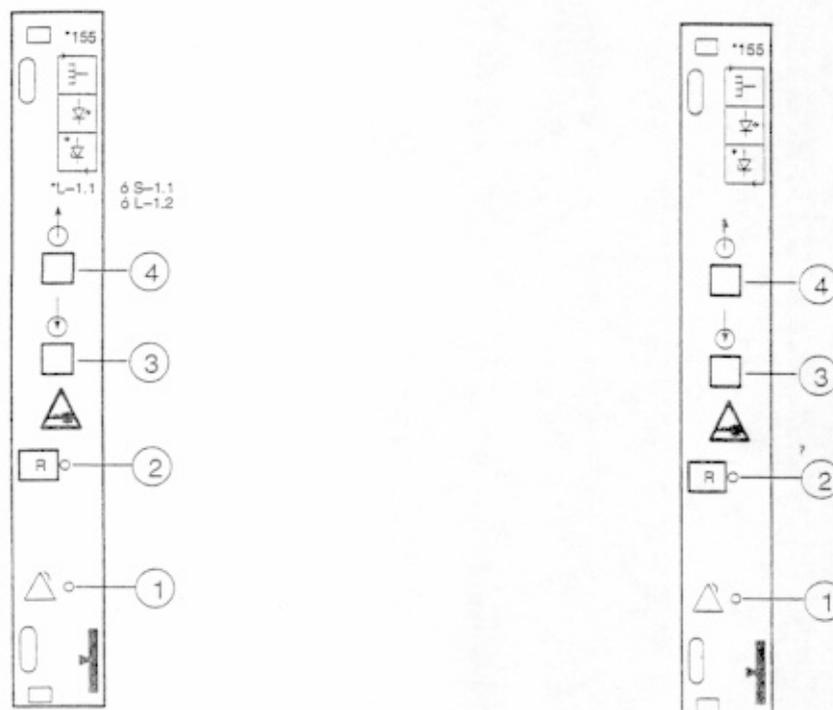
LEYENDA

- (1) LED rojo - alarma de unidad local

Figura 9.7. Puntos de acceso para los tributarios ópticos

SC DE AGREGADO L-1.2
 FC DE AGREGADO L-1.2
 FC DE AGREGADO L-1.2 JE
 SC DE AGREGADO S-1.1
 FC DE AGREGADO S-1.1
 DIN DE AGREGADO S-1.1
 SC DE AGREGADO L-1.1
 FC DE AGREGADO L-1.1
 DIN DE AGREGADO L-1.1
 FC DE AGREGADO L-1.1 JE

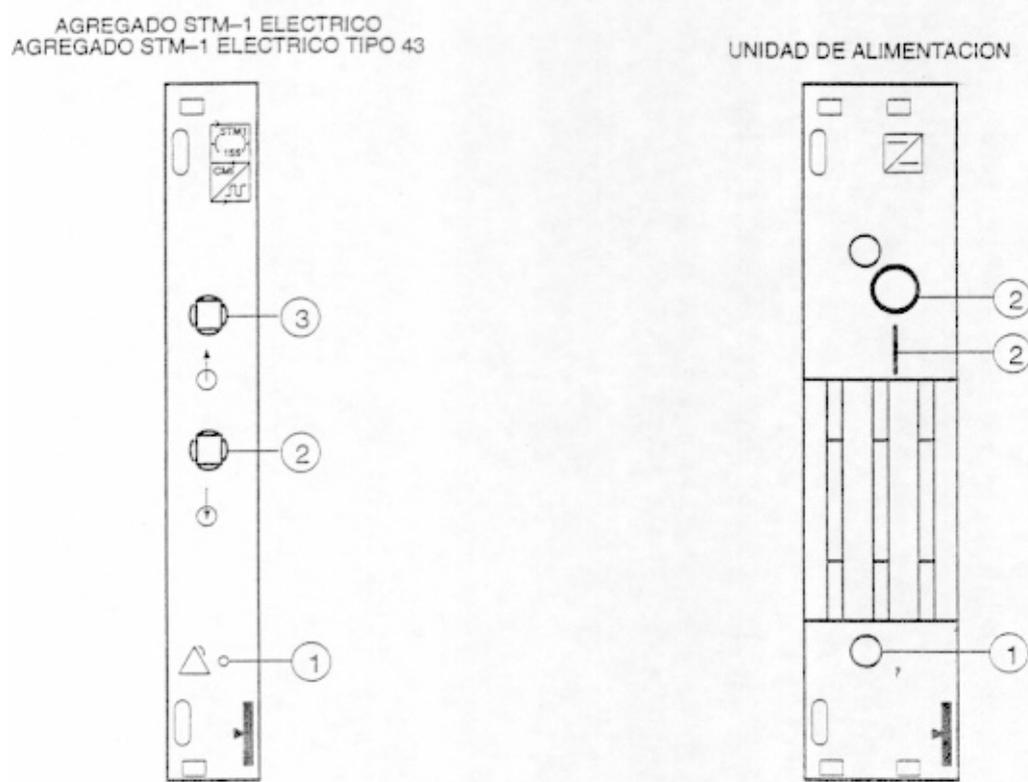
FC DE AGREGADO S-4.1
 FC DE AGREGADO L-4.1
 FC DE AGREGADO L-4.2



LEYENDA

- (1) LED rojo - alarma de unidad local
- (2) Botón pulsador de reposición manual de láser
- (3) Conector óptico del lado recepción - Entrada del agregado
- (4) Conector óptico del lado transmisión - Salida del agregado

Figura 9.8. Puntos de acceso para los agregados ópticos

**LEYENDA**

- (1) LED rojo - alarma de unidad local
- (2) Conector eléctrico del lado recepción - Entrada del agregado
- (3) Conector eléctrico del lado de transmisión - Salida del agregado

LEYENDA

- (1) LED VERDE:
ENCENDIDO = funcionamiento correcto
- (2) Conmutador de ENCENDIDO/APAGADO

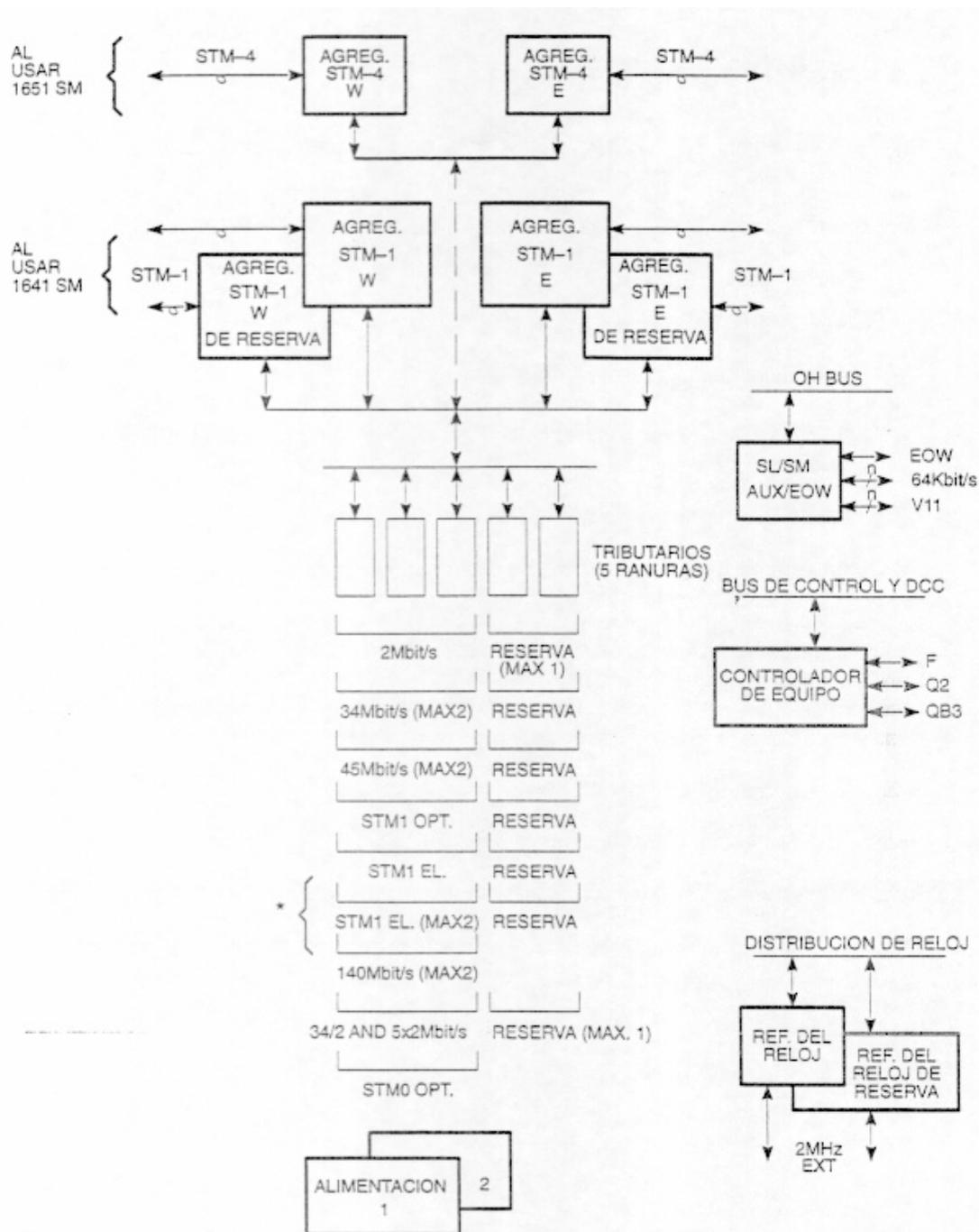
Figura 9.9. Puntos de acceso para el agregado eléctrico STM-1/Tipo 43 y la unidad de alimentación

9.3. Descripción General

La figura 9.10 ilustra, bajo la forma de esquema sinóptico, las unidades empleadas y las funciones operativas generales.

Las funciones realizadas por el equipo se pueden dividir en los siguientes subsistemas:

- Subsistema agregado STM-1
- Subsistema tributario
- Subsistema de protección automática. Se obtiene con las unidades de reserva y los circuitos de las unidades funcionales.
- Subsistema de sincronización.
- Subsistema auxiliar y de control.
- Subsistema de alimentación.



* TIPO DE TRIBUTARIO QUE SE OBTIENE MEDIANTE AJUSTE DEL SOFTWARE DESDE LA UNIDAD TRIB. 140 STM-1.

Figura 9.10. Esquema sinóptico general

9.4. Tributario de 21x2 Mbps

En la figura 9.11 se muestra el esquema del tributario de 21x2 Mbps

La descripción que sigue se aplica a todos los tributarios de 21x2Mbps, diferenciándose entre sí por las siguientes características:

- Tributario de 21x2 Mbps, 120 ohmios – Tributarios con impedancia de entrada/ salida de 120 ohmios.
- Tributario de 21x2 Mbps, 75 ohmios – Tributarios con impedancia de entrada/ salida de 75 ohmios.

La unidad tributario de 21x2 Mbps permite el acceso de un máximo de 21 tributarios flujos tributarios plesiócronicos de 2Mbps a la estructura digital sincrónica STM-1. Tras haber sincronizado cada tributario, con las señales horaria y de sincronismo recibidas de la “unidad de reloj”, la unidad permite transmitir las señales del tributario (representadas en la estructura STM-1) hacia las unidades agregado ESTE 1/2 y OESTE 1/2.

Puesto que la estructura STM-1 puede transmitir un máximo de 63 flujos tributarios de 2 Mbps, los flujos digitales que dejan la unidad involucrada resultan estar equipados con solamente un tercio de la capacidad de la trama STM-1.

El funcionamiento normal de la unidad es controlado mediante detectores de alarma que indican cualquier funcionamiento defectuoso a la sub-unidad controlador de la tarjeta, informando ésta última a la unidad “Controlador de equipo” mediante el led y otras indicaciones.

A continuación se tratan los siguientes temas:

- Transmisión.
- Recepción.
- Controlador de tarjeta.
- Alimentación, inventario remoto.

9.4.1. Transmisión

La unidad interconecta los 21 tributarios plesiócronicos de la estructura digital sincrónica STM-1. Esta última es luego transmitida, en un formato de 4 hilos paralelos de 38,8 Mbps, a las unidades que procesan el flujo agregado.

Dos relojes de 38.88 MHz (CKA y CKB) y las señales de sincronización respectivas de 2 KHz. (SYNCA y SYN B) son recibidas de la “unidad de referencia del reloj” (CRU) del equipo.

La selección de una de las dos fuentes de sincronización, utilizadas para genera las señales horarias generales de la unidad, dependen del estado operativo de las dos CRU.

Los 21 tributarios plesiócronicos de 2 Mbps son recibidos en formato HDB3 con una impedancia simétrica / asimétrica de 75/120 ohmios.

Un transformador eléctrico desacopla las señales de línea. A continuación, la señal ingresa a la interfaz física que consta de la interfaz G703 y el decodificador.

El circuito de interfaz G703:

- Genera la señal de línea, recuperando por lo tanto una atenuación de Nyquist dentro del margen de 0- 6 dB.
- Extrae el reloj de 2 MHz de la señal de línea. Esta señal de reloj también es enviada a la CRU.

9.4.2. El Decodificador

- Decodifica el código DB3 (HDB3 -> datos + reloj NRZ)
- Detecta la pérdida en bucle según los comandos del controlador de la tarjeta.

Como condición fundamental, la señal plesiócrona de 2 Mbps es adaptada para que se transmita a través de una red sincrónica. Se estructura un contenedor C12 para que reciba el flujo de 2 Mbps. (LPA adaptación de vía de orden inferior).

Mediante las operaciones LPT (Terminación de vía en orden inferior) el contenedor VC12 es estructurado para distribuir sus bytes dentro de un intervalo de tiempo de 500 ms que corresponden a un periodo de tramas STM-1.

El VC12 consta de un contenedor C12 y un byte POH (Control de vía) asignado a la primera posición de la estructura.

La Figura 9.12 muestra la estructura de un VC-12 y un POH.

La operación HPA subsiguiente (adaptación de vía de orden superior) permite estructurar la TU-12 mediante la inserción de un TUOH. El TUOH es el indicador de comienzo del VC-12 dentro del flujo TU-12. El TUOH consta de cuatro bytes (v1, v2, v3, v4) distribuidos uniformemente distribuidos uniformemente dentro de un intervalo de tiempo de 4 tramas STM-1. La figura 9.13 muestra la estructura de la TU-12.

En esta etapa, mediante la operación Conexión de vía de orden inferior (LPC) cada n-ésimo tributario (1-21) es conmutado a cualquiera de las 63 posiciones de la trama STM-1, estructurando por lo tanto por la tanto las matrices de conexión hacia los agregados Este y Oeste.

Los datos estructurados en bus de 4 filas de 38,88 Mbps son transmitidos hacia las unidades de agregado oeste y/o este según las configuraciones del software.

Las principales alarmas, recolectadas por el controlador de tarjeta, indican (para cada tributario):

- LOS: pérdida de la señal.
- Sobrecarga/ carga inferior a la normal del almacenamiento elástico.

9.4.3. Recepción

En el lado recepción, la unidad recibe los cuatros flujos de 38.88 Mbps. De cada unidad de agregado ESTE 1/2 y OESTE 1/2 con protección 1+1.

El circuito de protección MSP selecciona el agregado que se va analizar para cada lado (OESTE y ESTE) mediante los comandos PROT WEST, PROT EAST recibidos del “controlador de tarjeta” de la unidad.

Las 21 TU-12 son escogidas y extraídas de los tributarios seleccionados mediante la matriz de conexión dinámica (funciones SNCP/I), según las indicaciones recibidas de controlador de tarjeta.

La condición TU-AIS y la pérdida de indicador pueden ser detectadas por el interpretador del indicador del TUOH.

En esta etapa, cada VC-12 es procesado individualmente.

La operación LPT (terminación de vía de orden inferior) extrae el POH de cada VC-12 para obtener la estructura VC12.

Se realizan las siguientes operaciones en el circuito de operación del POH:

- Estimación del BIP-2 en la cuenta de errores del contenedor virtual precedente, que se utiliza para genera la señal FEBE.

- Control de etiqueta de la señal. Verifica la configuración normal de los bits de etiqueta de la señal.
- Verificación del FEBE. Verifica si se han detectado errores en el equipo remoto mediante la estimación del BIP-2.
- Verificación del FERF.
- Extracción de huella de vía para verificar la continuidad del enlace.

Todas las operaciones anteriores son procesadas mediante el controlador de tarjeta.

La señal de 2 Mbps es regenerada procesando el C12 (LPA) obteniéndose por lo tanto la señal de 2 Mbps y el reloj.

La interfaz G703 y el transformador eléctrico adaptan la señal del tributario de 2Mbps a la red.

9.4.4. Controlador de la tarjeta

La sub-unidad controlador de tarjeta realiza las siguientes funciones principales:

Selección del CRU:

Esta interfaz selecciona el CRU del cual se extraen las señales de sincronismo y horaria que se usarán como referencia para la unidad.

Diálogo local para alarmas, configuración y rendimiento:

Este tipo de diálogo permite transmitir/recibir a/de la unidad las opciones de ajuste de software almacenados en la E2PROM. Los criterios de alarmas y rendimientos son recibidos de la unidad.

Conexión en bucle y procesamiento de AIS:

Son posibles dos tipos de bucle: bucle remoto (la del equipo hacia el tributario de 2 Mbps) y bucle local (lado línea hacia el agregado).

La detección de la indicación “es necesario transmitir AIS” le permite a los registros AIS transmitir la señal AIS a las interfaces de recepción G703.

Diálogo con la unidad controlador de equipo:

La información sobre las opciones de ajuste, los criterios, la reposición, etc. es intercambiada con la unidad controlador de equipo mediante el cableado local de LIECB y NIECB.

Protección MSP:

Esta función permite seleccionar (mediante los comandos prot west y prot east) una de las señales recibidas de los agregados OESTE y ESTE.

Las operaciones de selección y de conmutación son procesadas analizando los criterios de conmutación isw recibidos de las unidades agregado.

Estos criterios indican la presencia de una falla en la unidad o la detección de alarmas a lo largo de la fibra.

Administración de la EPS de los tributarios:

Esta función se la realiza para la protección de EPS de los tributarios que utilizan el comando ISWT recibido de los demás tributarios. Este circuito también funciona con el comando osw.

Acuse de recibo de la unidad principal:

Mediante la señal CTYPE el tributario del controlador de tarjeta puede acusar recibo de la unidad en la cual esta montado.

Alimentación, inventario remoto:

La estación de alimentación en la entrada de la unidad tributario de 21x2Mbps es:

- + 5.3 v // 3%
- -5.5 v // 3%
- +12,1v// 3%

La alarma PWALM se genera en caso de defecto de funcionamiento o falla de tensión.

La tierra eléctrica y la masa están conectadas mediante una barra de unión.

La unidad esta equipada con una E2PROM (protocolo serial) para almacenar los datos de inventario de la unidad(códigos, serie, fecha de construcción).

Esta memoria está alimentada por una tensión de servicio y está conectada a la unidad controlador de equipo que utiliza para el inventario remoto.

Figura 9.11. Tributario de 21x2 Mbps

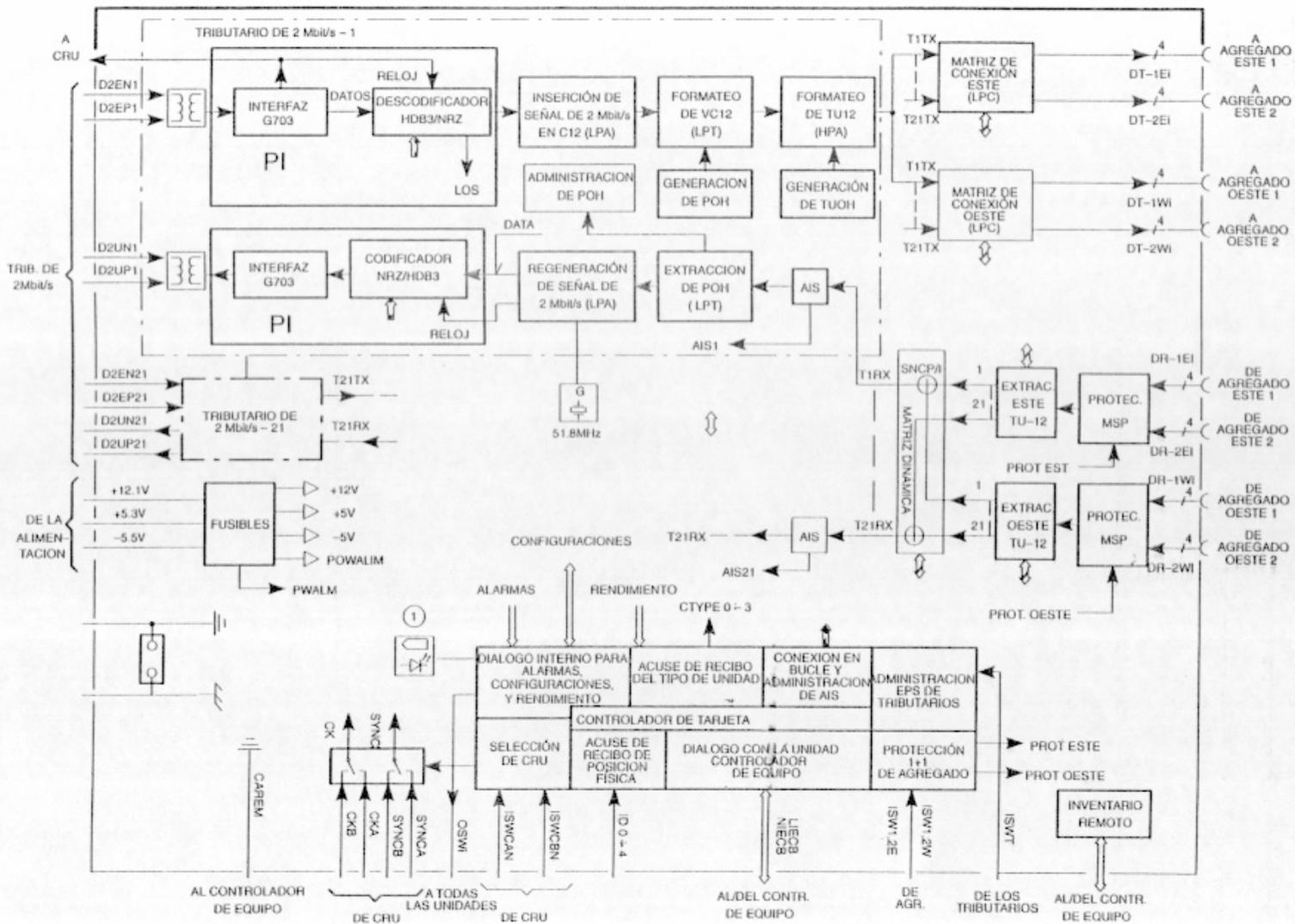




Figura 9.12. Estructura VC-12

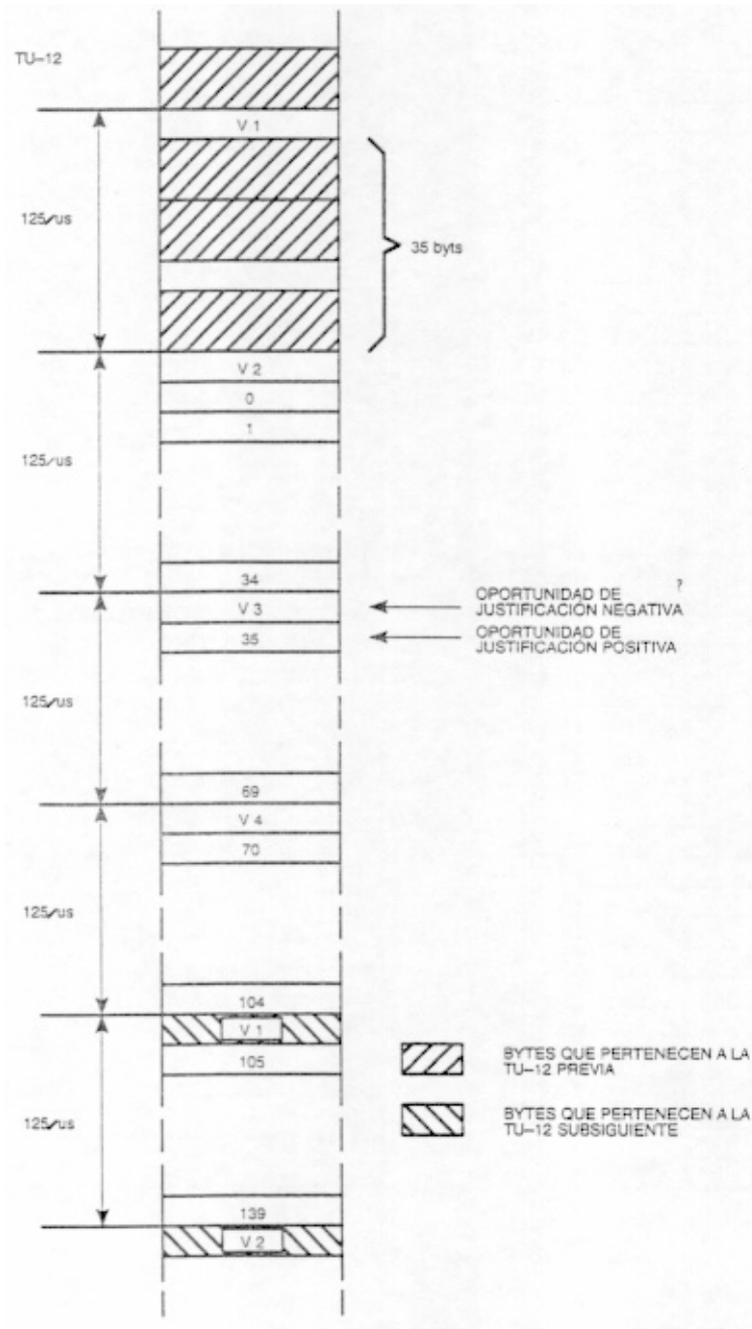


Figura 9.13. Estructura TU-12

9.5. Especificaciones técnicas

9.5.1. Características Generales

Velocidad de bits de línea (agregados)	155 Mbit/s (STM-1), ó 622 Mbit/s (STM-4)
Velocidad de bits de los tributarios ópticos	155 Mbit/s (STM-1), 51 Mbit/s (STM-0)
Velocidad de bits de los tributarios eléctricos	155 Mbit/s, 34 Mbit/s y 2 Mbit/s
Tipo de fibra óptica	Modo único, cumple con la rec.G.652/G.653
Longitud de onda	1300 nm (2da ventana) y 1550 nm (3ra ventana)

Norma aplicada:

Interfaces eléctricas	Rec. G. 703
Trama SDH y estructura de multiplexión	Recs. G.707, G.708 y ANEXO G.709
Función del equipo	Recs. G.782, G.783, G.784
Interfaces ópticas	Recs. G.957, G.958
Calidad de transmisión	Rec. G.784, G.826
Funciones de administración del sistema (SW)	Recs. X.734, X.735, X.736
Fluctuación	Recs. G.783, G.823, G.958

Capacidad de extracción-inserción

Tributarios de 155 Mbit/s, 34 Mbit/s y 45 Mbit/s y ≤ 3 51 Mbit/s	
Tributarios de 2 Mbit/s	≤ 63

Interconexión

Nivel VC3 y VC12	Entre agregados Entre agregados y tributario
------------------	---

Protecciones

MSP: protección lineal 1+1 para agregado y tributario STM. Unidireccional o bidireccional.
No reversible.
EPS: CRU (1+1 Alimentación (1+1)
Trib. De 21 x 2 Mbit/s (con n+1 n ≤ 3)
Trib. De 3 x 34 Mbit/s T y 3 x 45 Mbit/s (1+1)
SNCP/I: Protección de conexión de subred unidireccional en dos fibras en redes de anillo.

Interfaz de administración

Local: Interfaz Craft (Computadora personal)	RS232 de 9 patillas D, compatible con PC 9600 B/S
Remoto: Terminal Craft remoto	RS232 de 9 patillas D, compatible con PC de 9600 B/S. Maneja hasta 31 NE SDH a través de canales DCC.
Remota: Red de administración de interfaz de transmisión (TMN)	Qx G.773 QB3 10 base 2 y 5 QECC G. 784
Modelo de información/Mensajes de pila de protocolo	En esta publicación QB3x y QECCx patentados. (Se adoptan los niveles 7.1-7.2 Alcatel).
Direccionamiento doble al O.S.	Permite redundancia del O.S.

Funciones de las interfaces de administración local y remota.	Verificaciones de alarmas/estado, configuración del equipo/configuración del equipo/conexión TMN, vigilancia del rendimiento, función administrativa de seguridad (contraseña), perfil del operador, tensión de alarma para todos los eventos y equipos. Telecarga del software del equipo y memorias no volátiles sin poner el tráfico fuera de servicio.
Acuse de recibo de la unidad y del equipo	Mediante el inventario remoto (Id. de la compañía, tipo de unidad, número de pieza de serie, número de pieza del software, código CLEI, Identificador de la fecha de la planta de fabricación, fecha). Para mayores detalles referirse al Manual del operador.
Características de sustitución de la unidad	
Unidad tributario	Sin interferir con otros canales
Unidad de reserva	Sin interferir con el tráfico
Señales de preparación	8 entradas + 3 salidas
Corriente garantizada máxima con condición cerrada	50 mA
Tensión permitida máxima con condición abierta	- 76 V
Caída de tensión vs Tierra con condición cerrada	≤ -2 V
Protección para cada una de las señales anteriores	Mediante diodo Zener de 100V -1W
Protección contra sobretensiones por descarga atmosférica	K20 (opcional)
Seguridad	
Seguridad eléctrica y mecánica	Según IEC 950 (CLASE 1)
Seguridad óptica	Según IEC 825 y la rec. G.958 ITU-T relativa a ALS
9.5.2. Características de la Unidad	
Las siguientes especificaciones se suman a aquellas especificaciones en "CARACTERÍSTICAS GENERALES".	
9.5.2.1 Unidades agregado STM-1	
Tipos de interfaces ópticas	S-1.1, L-1.1,L-1.1JE,L-1.2 ó L-1.2Je (unidad alternativa).
Conectores ópticos	SC/FC/DIN (unidades alternativas)

9.5.2.2. Unidades tributario óptico STM-1

Tipos de interfaces STM-1 óptica	S-1.1, L-1.1, L-1.2
Conectores ópticos para el STM-1	SC/FC/DIN (unidades alternativas)

9.5.2.3 Unidades tributario óptico STM-0

Tipos de interfaces STM-0 ópticas	
Conectores ópticos para el STM-0	FC/PC
No. Del tributario STM-0	3

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	VALORES
SEÑAL DIGITAL Velocidad de los bits nominal	Kbit/s	STM-0 según G.708 Anexo A 51.84
Tipo de fibra (Rec. ITU-T)		G.652
Margen de longitud de onda	nm	1260-1360
TRANSMISOR EN PUNTO DE REFERENCIA S Tipo de fuente Características espectrales - duración eficaz máxima (σ) Potencia transmitida media - máxima - mínima Relación de extinción mínima		MLM-LD 9 -8 -13 10
TRAYECTORIA OPTICA ENTRE S Y R Margen de atenuación Dispersión máxima Pérdida de retorno óptica mínima de planta de cable en S, incluyendo cualquier conector Reflectancia discreta máxima entre S y R		0-20 NA NA NA
RECEPTOR EN PUNTO DE REFERENCIA R Sensibilidad mínima ($VER < 10^{-10}$) Sobrecarga mínima Penalidad de trayectoria óptica máxima Reflectancia máxima de receptor, medida en R		-34 -8 1 NA
NOTA: N.A. No pertinente		

Tabla 9.5. Parámetros especificados para las interfaces ópticas STM-0

9.5.2.4. Agregado STM-1 eléctrico y unidad tributario

Tipo de interfaz	Eléctrica, cumple con la rec. G>703 ITU-T
Velocidad de bits	155520 Kbit/s
Código	CMI
Atenuación aceptada en la señal entrante	0-12,7 dB a 78 MHz con ley \surd f.
Pérdida de retorno	\geq 15 dB 8-240 MHz
Forma del impulso	Ver figs. 24 y 25 en la rec. G.703 ITU-T

9.5.2.5. Tributario 140/DTM-1

Observar que los niveles dentro de corchetes se refieren al funcionamiento a 155 Mbit/s, y los demás al funcionamiento a 140 Mbit/s.

Selección entre la señal de 140 Mbit/s ó STM-1	Tipo de software
Tipo de interfaz	Eléctrica, cumple con la rec. G.703 ITU-T
Velocidad de bits	139264 Kbit/s + 15 ppm 155520 Kbit/s + 20ppm
Código	CMI
Atenuación aceptada en la señal entrante	0-12 dB a 70 MHz con ley \surd f. (0-12.7 dB a 78 MHz con ley \surd f.)
Pérdida de retorno	\geq 15 dB 7-210 MHz (\geq 15 dB 8-240 MHz)
Forma del impulso	Ver las figs. 19 y 20 en la rec. G.703 ITU-T (Ver las Figs.24 y 25 en la rec. G.703 IYU-T)

9.5.2.6. Tributarios de 3x45 Mbps

Tipo de interfaz	Eléctrica, según la rec. G.703 ITU-T y rec. 102 ANSI T1.
Velocidad de bits	44736 Kbit/s + 20 ppm
No. De tributarios	3
Código	B3ZS
Amplitud de la señal	Según G.703 ITU-T párrafo 5.8 y ANSI T1 102 rec. Tab.5
Atenuación aceptada en la señal entrante	Según ANSI T1 102, Anexo A 2.5

9.5.2.7. Tributarios de 3x34 Mbps

Tipo de interfaz	Eléctrica, según la rec. G 703 ITU-T
Velocidad de bits	34368 Kbit/s + 20 ppm
No. De tributarios	3
Código	HDB3
Amplitud de la señal	1Vp/75 ohmios
Atenuación aceptada en la señal entrante	0-12dB a 17,184 KHz con ley \sqrt{f} .
Pérdida de retorno	≥ 12 dB 860-1720 KHz ≥ 18 dB 1720-34368 KHz ≥ 14 dB 34368-51550 KHz
Forma del impulso	Ver la fig.17 de la rec. G.703 ITU-T

9.5.2.8. Tributarios de 21 x 2 Mbps

Tipo de interfaz	Eléctrica, según la rec. G703 ITU-T
Velocidad de bits	2048 Kbit/s + 20 ppm
No. De tributarios	21
Código	HDB3
Amplitud de la señal	3Vp/120 ohmios, ó 2,37/75 ohmios (simétrico/asimétrico)
Atenuación aceptada en la señal entrante	0-6dB a 1024 KHz con la ley \sqrt{f} .
Pérdida de retorno	≥ 12 dB 51-102 KHz ≥ 18 dB 102-2048 KHz ≥ 14 dB 2048-3072 KHz
Forma de impulso	Ver la fig.15 de la rec. G.703 ITU-T

9.5.2.9. Transmultiplexor 34/2 y Tributario de 5 x 2 Mbps

La unidad contiene seis unidades de tributario, a saber:

- Un tributario de 34 Mbit/s
- Cinco tributarios de 2 Mbit/s

Las características de la interfaz de 34 y 2 Mbit/s se describen en los párrafos "3 x 34 Mbit/s y "TRIB. De 21 x 2 Mbit/s" en la página 2-179.

9.5.2.10. Unidades de referencia de reloj

Reloj de entrada seleccionable	Tributarios de 2048 Kbit/s Agregados STM-1, Tributarios STM-1 y reloj externo de 2048 KHz
No. De reloj seleccionado (modo normal)	6 máx.
Otro reloj (a externo)	2048 KHz
Otras frecuencias locales	Modo libre ± 4.6 ppm (CRU PLL sin referencia) Corrimiento en el modo de mantenimiento de 1 ppm máximo/día (CRU PLL con frecuencia almacenada por más de media hora, sin frecuencia de entrada seleccionada) La CRU mejorada tiene una estabilidad de mantenimiento de 0,37 ppm Máx./día.
Corrimiento aceptado	± 10 ppm
Cambio modo libre/normal	< 4 s
Tiempo de mantenimiento	Permanente
Características de reloj externo	
Frecuencia	2048 KHz ± 50 ppm
Forma de impulso	Ver la fig.21 ó ITU-T Rec. G.703
Salida de impedancia	75 ohmios ó 120 ohmios
Entrada de impedancia	75 ohmios ó 120 ohmios

9.5.2.11. Red ancha AUX/EOW, extensión AUX/EOW

Interfaz de canal telefónico	Conjunto telefónico de panel frontal
Impedancia	600 ohmios
Corriente de funcionamiento	18 mA
Nivel de transmisión	0 dB
Nivel de recepción	-4 dB
Código	DTMF, cumple con la rec. Q.23 ITU-T
Extensión EOW analógica (con unidad de extensión AUX/EOW únicamente)	
Impedancia	600 ohmios
Ancho de banda	300-3400 Hz
Nivel de transmisión	0 dBr $\pm 0,5$ dB
Nivel de recepción	0 dBr $\pm 0,5$ dB
Canal de datos accesible externamente	3x64 Kbit/s, G.703 codireccional 3x4800 baudios, V11 contradireccional
64 Kbit/s codireccional	
Velocidad de bits	64 Kbit/s ± 100 ppm
Señales horarios	64 Kbit/s y 8 KHz transmitidas de una manera codireccional junto con la señal informativa
Portador de transmisión	Dos pares simétricos (120 ohmios): uno por ruta
Reglas de conversión de código	Rec. G.703 ITU-T
Velocidad de símbolos de salida	256 Kbaudios
Forma de impulso de salida	Según la fig.5 de la Rec.G.703 ITU-T
Características de la interfaz de salida	Ver la rec. G.703/tab.1. ITU-T
Característica de la interfaz de entrada	Según la interfaz de salida pero modificado por las características del par de interconexión. El circuito de entrada puede aceptar una señal atenuada 0 - 3 dB @ 128 KHz.

Interfaz contradireccional de 4800 baudios sobremuestreada de 64 Kbit/s

Tipo	Eléctrica, según la rec. V11 ITU-T (X.27)
Receptores	
Impedancia de entrada	> 6 Kohmios
Niveles de recepción	"1" u "F" ("APAGADO") < -0,3 V "0" u "ON" ("ENCENDIDO") > +0,3 V "0" u "ON" ("ENCENDIDO") > +0,3 V

Los receptores se suministran con una resistencia de terminación de línea de 120 ohmios ajustable

Excitadores

Salida diferencial	2V (mín.)
Distancia DTE-DCE máxima	1000 m

9.5.3. Características de la alimentación

No. De unidades de alimentación	1+1 reserva eventual
Tensión de entrada	Variaciones permitidas de 48/60 Vcc. 38-57 Vcc, 50-72 Vcc
Potencia consumida por la carga	≤ 110 W
Tensiones de salida de las unidades de alimentación	+5,3 V ± 3% - 5,5 V ± 3% + 12,1 ± 3%

9.5.4. Características de las alarmas

Cada unidad del equipo 1641 SM (fuera del convertidor de CC/CC) cuenta con un LED rojo en la placa de cubierta frontal. Cuando este LED está encendido, indica una falla dentro de la unidad; el convertidor del CC/CC posee un LED verde que se apaga cuando aparece una falla.

Todas las alarmas detectadas en las unidades son recolectadas por la unidad controlador del equipo para entregar indicaciones ópticas centralizadas. Específicamente:

- LED rojo (6): detección de una alarma urgente
- LED rojo (5): detección de una alarma no urgente
- LED amarillo (3): detección de una condición operativa "ANORMAL". Tipo: comandos de conexión en bucle, láser forzado ENCENDIDO o APAGADO, intento de reponer traza ALS, unidad insertada en unidad declarada como no equipada, puesta en servicio forzada de la unidad.
- LED AMARILLO (2): detección e una alarma de indicación.

Según el tipo de alarma detectada, las unidades controlador de equipo ANDOR/3 generan los comandos RNURG y RURG que encienden los LED rojo de alarma pertinentes en la parte superior del bastidor que contiene el equipo.

Mediante el botón pulsador (9), se puede almacenar la condición de alarma detectada con el apagado subsiguiente de los LED rojos y el encendido del LED amarillo en el bastidor y el LED amarillo (4) en la unidad controlador de equipo.

La alarma detectada puede ser almacenada automáticamente cuando una o ambas baterías de estación falla.

Además, la unidad controlador de equipo entrega las siguientes alarmas a distancia:

- URG; indica la condición de alarma urgente
- NURG; indica la condición de alarma no urgente
- TORC; indica la falla de ausencia de una de las unidades de alimentación; es la acción de compuerta O de PFAIL 1/2;
- TANC; indica la condición defectuosa en todas las unidades de alimentación mediante un contacto de relé
- TUP; indica la presencia de una alarma de la unidad controlador de equipo mediante un contacto de relé
- IND; indica la condición de alarma indicativa
- EXT; se debe a una alarma externa
- INT; se debe a una alarma local
- SWT; indica que ha ocurrido una conmutación
- OR-TR2; suma de las alarmas debida a la pérdida de la señal de entrada del trib. 2 Mbit/s. La condición de alarma anterior es indicada mediante un criterio de tierra salvo para la TUP cuyo contacto de relé está normalmente abierto.

La unidad ANDOR/3 entrega las siguientes alarmas de distancia.

- TOR indica la falla o pérdida de una o las dos baterías de estación;
- TAND indica la falla o pérdida de ambas baterías de estación

Las características de las alarmas a distancia citadas (tipo EM) son:

Corriente máxima garantizada en condición cerrada	50 mA
Tensión máxima permitida en la condición abierta	-76 V

Caída de tensión hacia la tierra en la posición cerrada	v-2V
Protección de las alarmas a distancia arriba citadas	Zener de 100 V - 1 W

La unidad controlador de equipo está diseñada para **dialogar** con una computadora personal (PC) a fin de reparar, activar y localizar averías en el equipo. Estas funciones están indicadas en el Manual del operador el cual también contiene información detallada sobre las alarmas e indicaciones pertinentes de cada unidad.

La conexión con la PC se logra mediante el conector (8) disponible en la unidad.

La unidad puede ser conectada a un sistema operativo OS dentro de una red de administración de telecomunicaciones para realizar operaciones similares a aquellas realizadas por la PC.

9.5.5. Características mecánicas

Compatibilidad mecánica	ETSI ETS/EE3, S9
Dimensiones	482x475x285 mm
Enfriamiento	Natural
Cableado	Accesible por la parte frontal

CAPÍTULO 10

ENLACE SUBMARINO

10.1. Descripción del sistema.

El anillo de fibra óptica que comunicará a las ciudades de Esmeraldas, Portoviejo, Manta, Salinas y Machala se cerrará por medio de un enlace submarino que unirá los nodos de Esmeraldas y Machala a lo largo de 680 kilómetros. Para ello el sistema cuenta con 7 repetidoras, dos cajas de terminación de cable (CTB), un equipo de alimentación de potencia (PFE), cable submarino y en menor cantidad cable terrestre.

10.2. Equipo sumergido.

10.2.1. Cables.

Existen diferentes cables para aplicaciones submarinas, los cuales dependen del tipo de superficie del fondo marino, la profundidad a la cual se encuentra, la presencia de tiburones en la zona, etc. Para nuestro diseño hemos escogido las especificaciones del cable manufacturado por Simplex para Tyco Submarine Systems Ltd.

10.2.1.1. Características eléctricas y ópticas.

Parámetro	Valores nominales
Resistencia del conductor	0.74 Ω /km a 3 °C 0.77 Ω /km a 10 °C 0.80 Ω /km a 20 °C
Resistencia del aislamiento	> 2.0 Tera- Ω -km
Capacitancia	0.18 microfaradios/km
Voltaje de alimentación	Máximo 10 KV

Tabla 10.1. Valores nominales para los parámetros eléctricos del cable.

Los efectos de la temperatura en la resistencia del aislamiento y en la capacitancia son despreciables.

Los parámetros ópticos típicos para la fibra óptica se muestran en la tabla 10.2.

Parámetro	Valor nominal
Atenuación a 1558 nm	0.21 dB/km
Longitud de onda dispersión cero	1561 nm
Pendiente de dispersión	0.075 ps/nm ² /km
Dispersión cromática a 1558 nm	-0.2 ps/nm/km
Longitud de onda de corte	<1450 nm
Diámetro de modo de campo	8.3 μm
Área efectiva	50 μm ²
Excentricidad de núcleo a recubrimiento	0.3 μm
Diámetro exterior de fibra de vidrio	125 μm
Diámetro exterior del revestimiento	245 μm
Tensión de prueba de la fibra	2 %

Tabla 10.2. Parámetros ópticos típicos para la fibra óptica.

Los cables submarinos proveen los siguientes beneficios:

- Protección efectiva para las fibras ópticas y conductor de potencia por 25 años o más en un ambiente marino.
- Diseño del cable capaz de resistir las tensiones asociadas con las operaciones de tendido y recuperación.
- Tipos de cable adecuado para aguas profundas, poco profundas y uso terrestre.
- El cable conductor de potencia puede llevar señales para la localización de fallas.

10.2.1.2. Especificaciones ambientales y operacionales.

10.2.1.2.1. Rangos de temperatura de operación y almacenamiento.

Los cables deben ser almacenados en un ambiente seco y protegidos de la luz directa del sol. La tabla 10.3 provee los rangos de temperatura de operación y almacenamiento que han demostrado no tener efectos adversos en las propiedades del cable.

Componente	Condición	Rango de temperatura
Cables submarinos, uniones, terminaciones	Operación	-20 °C a +50 °C
Cables submarinos, uniones, terminaciones	Almacenamiento, transportación, manejo, tendido	-20 °C a +50 °C

Tabla 10.3. Rangos de temperatura de operación y almacenamiento.

Los cables de aguas poco profundas pueden ser enterrados a profundidades que excedan 1 metro. Sin embargo, la experiencia muestra que 0.6 metros (60 cm) es suficiente para proveer protección adecuada en la mayor parte de las áreas.

10.2.1.2.2. Ingreso de agua y gases.

Una cubierta de polietileno y un tubo de cobre sellado herméticamente previenen que la humedad penetre en el cable durante la operación normal. Sin embargo, después de dos semanas de exposición al agua, un cable abierto en un extremo puede experimentar el ingreso de agua y/o gases. Para asegurar que no haya una degradación a largo plazo, una porción del cable debe ser reemplazado. La cantidad máxima de cable a ser reemplazado se muestra en la tabla 10.4.

Locación	Profundidad	Longitud
Aguas poco profundas	Hasta 900 metros	250 metros
Aguas profundas	Hasta 8000 metros	1 km

Tabla 10.4. Longitud de cable de reemplazo por ingreso de agua o gases.

10.2.1.3. Características mecánicas.

10.2.1.3.1. Propiedades generales.

Propiedad	Descripción
Temperatura	Los materiales del cable y las uniones han sido seleccionados para mostrar un comportamiento mecánico estable a temperaturas de hasta -20 °C.
Prevención de corrosión	La cubierta de polietileno previene el cable de la corrosión, es altamente resistente a la abrasión, y es capaz de ser manejado por maquinaria estándar.
Enterramiento	Todos los cables blindados pueden ser desplegados desde un barco y enterrados utilizando una draga estándar.

Tabla 10.5. Propiedades mecánicas generales de los cables

La protección del cable blindado tiene las siguientes características importantes:

- Es resistente a la abrasión y a la putrefacción.
- No es tóxico ni inflamable.
- Previene la corrosión de los elementos metálicos internos.
- Inhibe el ataque biológico.
- Es suficientemente flexible para seguir el contorno del fondo marino.

10.2.1.3.2. Marcadores de cable.

Los marcadores de cable pueden ser colocados en cualquier lugar a lo largo del cable, para indicar uniones, repetidoras y empalmes de cables de diferente tipo. Estos marcadores pueden consistir de cintas adhesivas numeradas.

10.2.1.4. Tipos de cable.

En la tabla 10.6 se muestra una comparación de los diferentes tipos de cable.

Tipo de cable	Aplicaciones	Características
Peso ligero (LW)	Fondo benigno, arenoso. Hasta 8000 metros.	Recubrimiento de cable, protección mínima.
Aplicaciones especiales (SPA)	Fondo semi rocoso. Riesgo de tiburones. Hasta 8000 metros.	Cinta metálica y cubierta de polietileno aplicada. Protección anti abrasión adicional. Protección de sulfuro de hidrógeno.
Blindado ligero de alta fortaleza (LWA-HS)	Terreno rocoso. Hasta 1500 metros. Utilizado para enterrar.	Blindaje aplicado al revestimiento del cable. Protección adicional.
Blindado sencillo de alta fortaleza (SA-HS)	Terreno muy rocoso. Alto riesgo de daño por embarcaciones. Hasta 1000 metros.	Blindaje aplicado al revestimiento del cable. Protección adicional.
Blindado doble de alta fortaleza (DA-HS)	Zona de coral o roca volcánica. Alto riesgo de daño por embarcaciones. Hasta 500 metros.	Blindaje doble aplicado al revestimiento del cable. Protección adicional.

Tabla 10.6. Comparación de los diferentes tipos de cable.

10.2.1.4.1. Descripción de los tipos de cable.

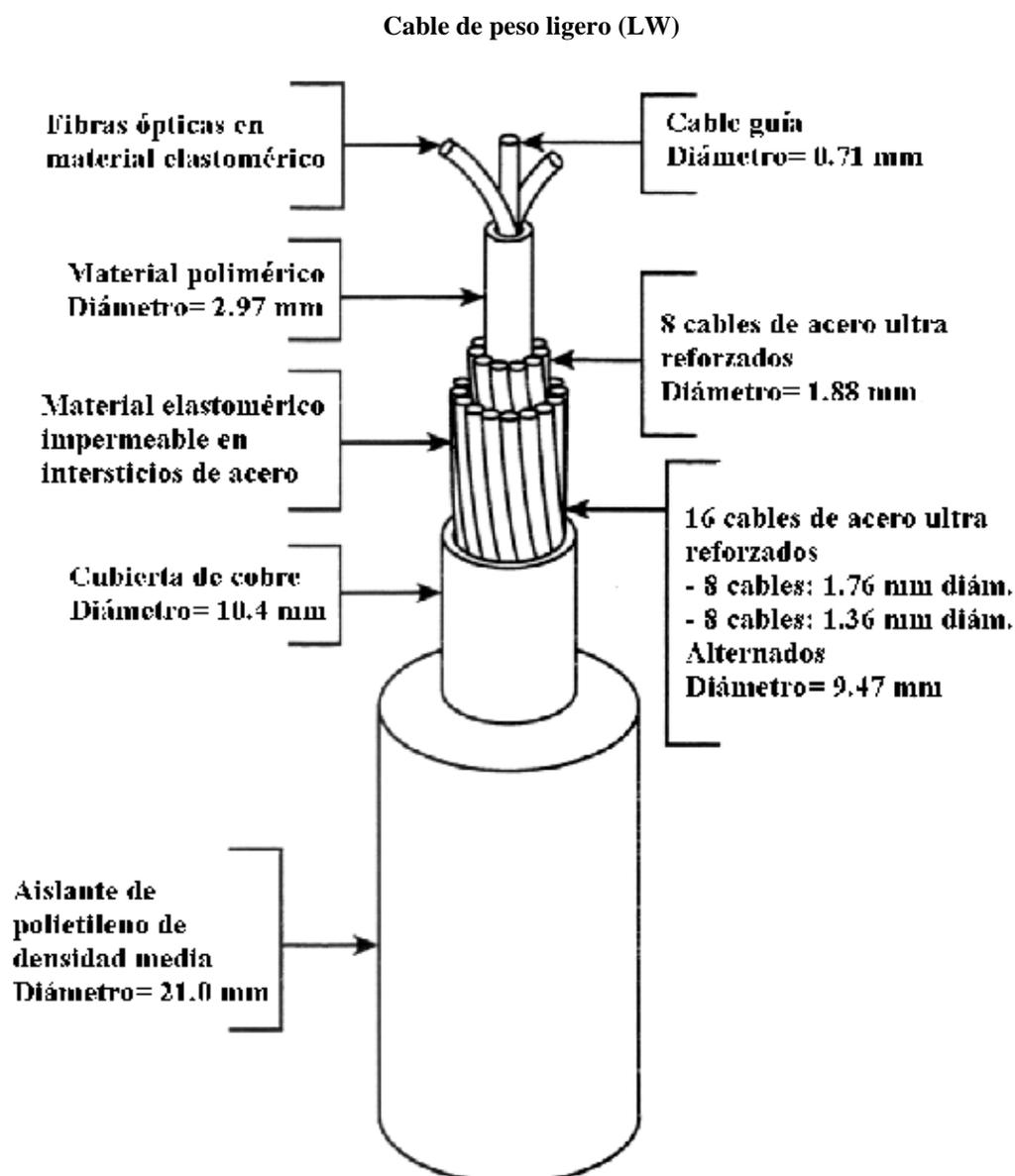
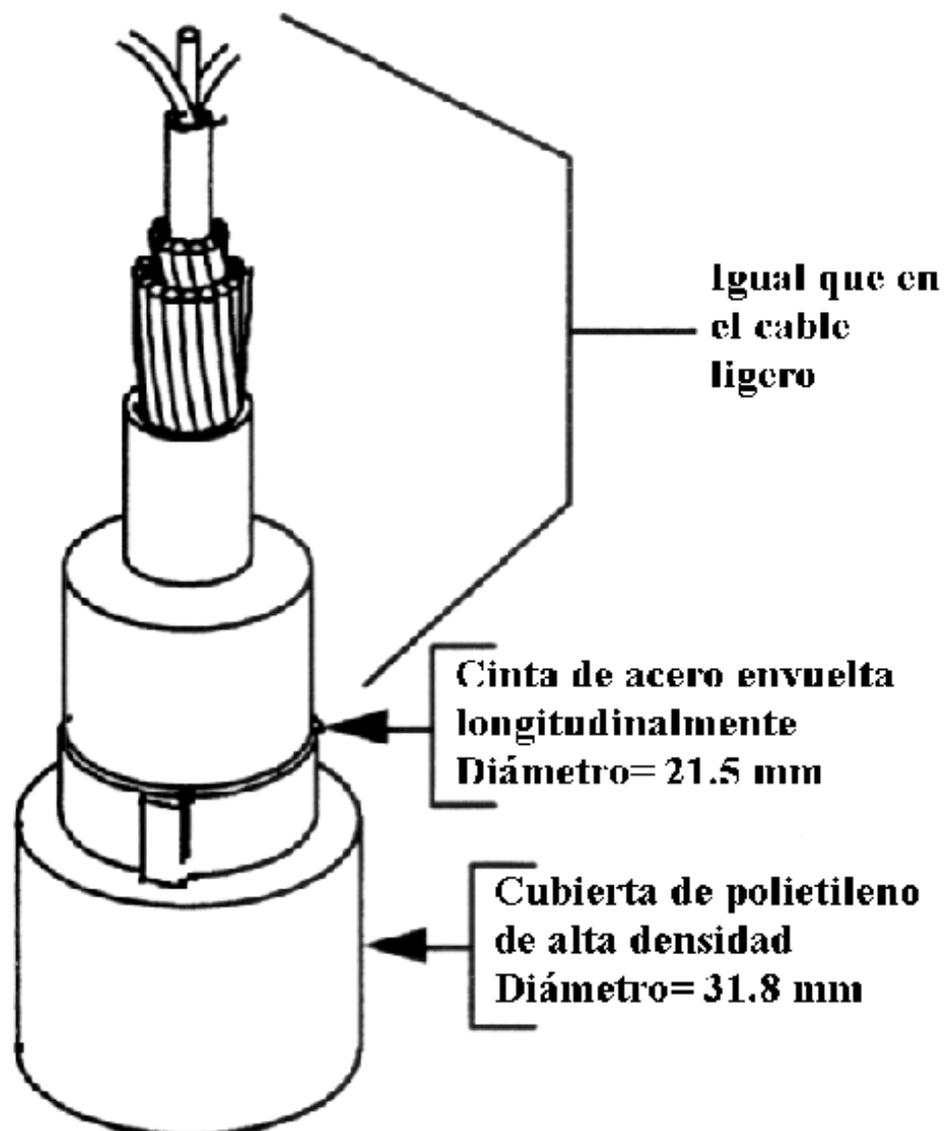
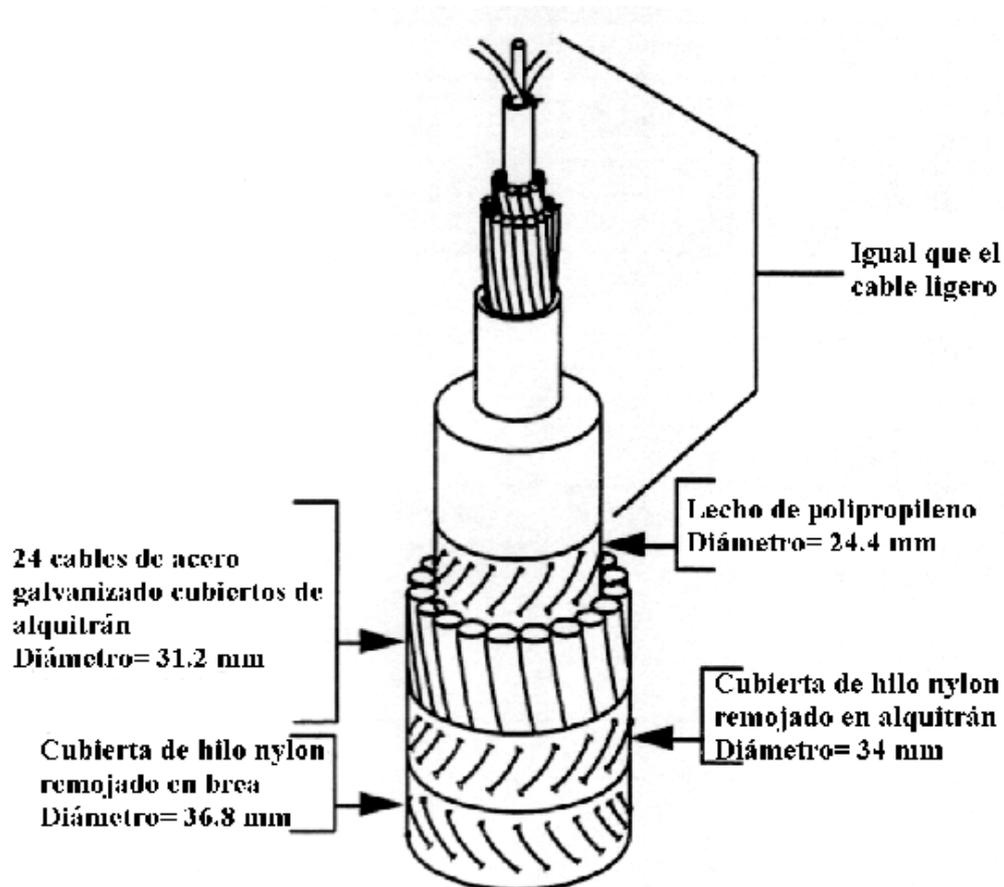


Figura 10.1. Descripción del cable de peso ligero.

Cable de aplicaciones especiales. (SPA)**Figura 10.2. Descripción del cable de operaciones especiales**

Cable blindado ligero de alta fortaleza. (LWA)**Figura 10.3. Descripción del cable blindado ligero.**

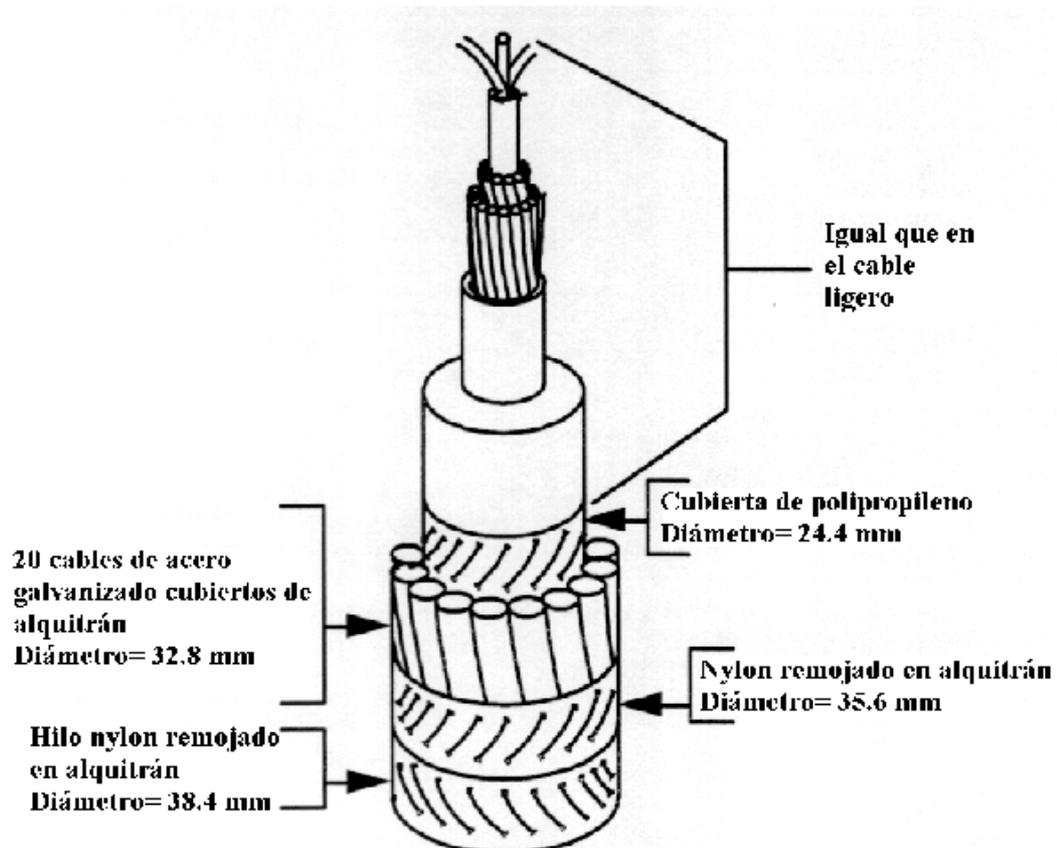
Cable blindado sencillo de alta fortaleza. (SA)

Figura 10.4. Descripción del cable blindado sencillo.

Cable blindado doble de alta fortaleza. (DA)

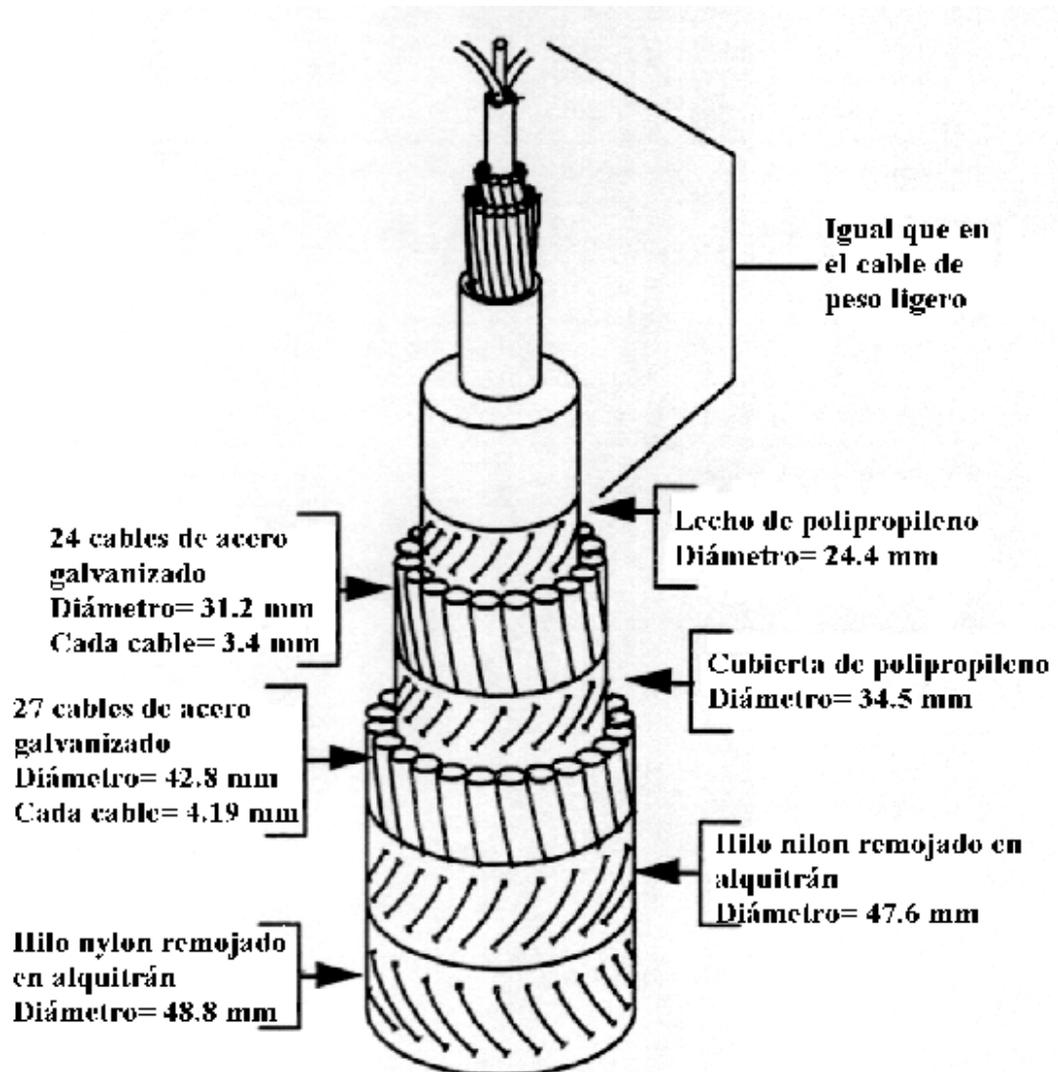


Figura 10.5. Descripción del cable blindado doble.

Para nuestro diseño hemos escogido dos tipos de cable submarino: el blindado doble de alta fortaleza para los tramos que van desde las playas hasta los 500 metros de profundidad, por el riesgo que significan las embarcaciones; y el cable blindado ligero de alta fortaleza para el tramo restante, cuya profundidad máxima es de 1500 metros. A continuación se indican las dimensiones requeridas para cada tipo de cable.

Esmeraldas	2 km	52 km	468 km	139 km	5 km	Machala
	Tierra	DA-HS	LWA-HS	DA-HS	Tierra	

Figura 10.6. Tipo de cable a ser utilizado y su longitud.

10.2.2. Uniones

Las uniones proveen continuidad óptica, eléctrica y mecánica entre las secciones de cable. Son diseñadas para la operación en aguas profundas y poco profundas, así como en tierra. Las uniones son diseñadas para su manejo con maquinaria convencional, y para el enterramiento sin ninguna degradación en su rendimiento. Las uniones son diseñadas para tipos similares de cables:

- Uniones sin blindaje.
- Uniones blindadas.
- Uniones Tipo 11.
- Uniones universales.

La tabla 10.7 nos da una breve descripción de las uniones universales y Tipo 11.

Tipo de unión	Aplicaciones	Características
Tipo 11	Fábrica Sistemas con repetidoras y sin repetidoras Alta fortaleza Alto voltaje	Utilizadas con cables estándares y de diseño delgado
Universal	Uso a bordo Instalación y reparación de sistemas Sistemas con repetidoras y sin repetidoras Alta fortaleza Alto voltaje	Unión de mantenimiento primario para cable estándar

Tabla 10.7. Características y aplicaciones de los diferentes tipos de uniones

Como se describe en la tabla 10.8, una unión sin blindaje consiste de cinco componentes básicos:

Componentes	Función
Terminaciones	Transfieren la tensión y torsión desde los cables al cuarto de presión y establecen un contacto de baja resistencia entre el conductor de potencia del cable con la plataforma de empalmes y el cuarto de presión.
Plataforma de empalmes	Proveen almacenamiento y protección para las fibras empalmadas y una ruta para la potencia eléctrica a través de la unión, en adición a la proporcionada por el cuarto de presión.
Cuarto de presión	Forma un recipiente capaz de ser sumergido en altas profundidades, transfiere tensión y torsión entre las terminaciones y provee una ruta para la potencia eléctrica.
Aislamiento eléctrico	Provee aislamiento de partes metálicas, formando una barrera contra el agua de mar.
Limitadores de curvatura	Limitan la curvatura del cable en la interface cable a unión.

Tabla 10.8. Componentes básicos de las uniones sin blindaje y su función

10.2.2.1. Uniones Tipo 11.

Las uniones Tipo 11 se utilizan solamente en los cables de fibra óptica TSSL. Pueden ser utilizadas en las siguientes aplicaciones:

- Cable a cable.
- Cable a repetidora.
- Cable a unidad de bifurcación.
- Cable a equipo de terminación de cable.
- Sello de final de cable.

Los procedimientos para cada tipo de unión emplean las siguientes técnicas comunes:

- Preparación de final de cable.
- Terminación de miembro de fortaleza.
- Extracción de fibra.
- Empalme de fibra.
- Almacenamiento de fibra.
- Restauración del aislamiento.
- Rayos X.
- Pruebas de calidad.

10.2.2.2. Uniones universales.

La unión universal es utilizada para conectar todos los tipos de cable submarino de fibra óptica, sin importar el fabricante, utilizando equipo de unión común y partes estándares en las uniones. Las uniones universales son para el mantenimiento primario para cable estándar y son diseñadas para ser utilizadas en borda para la instalación y la reparación de sistemas. Las uniones universales son diseñadas para alta fortaleza y alto voltaje. En la figura 10.7 se muestra la unión universal.

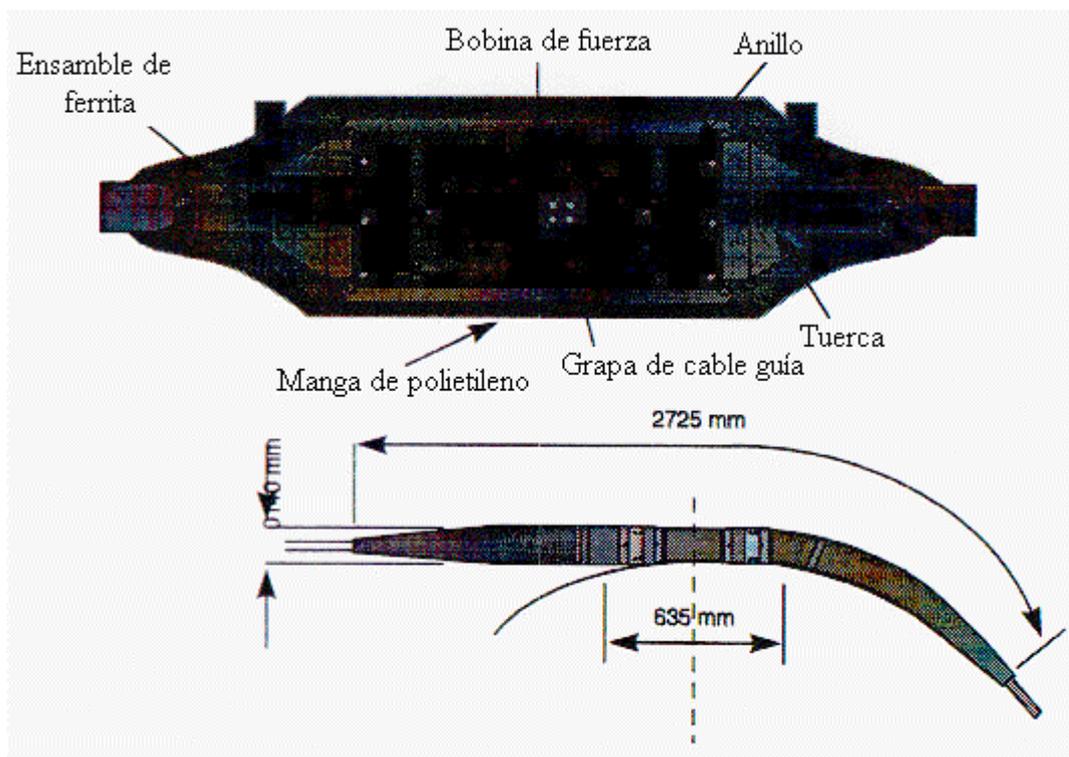


Figura 10.7 Descripción de la unión universal

10.2.3. Acopladores.

Los acopladores son utilizados típicamente para conectar secciones de cable a repetidoras sumergidas y a unidades de bifurcación. Proveen continuidad óptica, eléctrica y mecánica entre el cable y las repetidoras o unidades de bifurcación. Pueden ser ensambladas en fábrica o en el mar.

En la tabla 10.9 se muestran las aplicaciones típicas y características de los acopladores de cable:

Tipo de acoplador	Aplicaciones	Características
Tipo 11	Fábrica Alta fortaleza Alto voltaje	Utilizado con cable blindado y sin blindaje
Universal	A bordo Instalación y reparación de sistemas Alta fortaleza Alto voltaje	Acoplador de mantenimiento primario para cable estándar Utilizado con cable blindado y sin blindaje

Tabla 10.9. Características y aplicaciones típicas de los acopladores

Los acopladores pueden soportar el tendido y manejo normal como se ha demostrado durante las instalaciones. Las repetidoras y los acopladores son enterrados de igual manera que el cable.

10.2.3.1. Acopladores sin blindaje.

Son diseñados para conectar los cables de peso ligero y de aplicaciones especiales a las repetidoras o a las unidades de bifurcación. El diseño del acoplador es tal que el cable es unido a la repetidora por medio de una caja de empalmes localizada afuera de la repetidora sellada. Esto permite que la unión tome lugar ya sea en la fábrica o en el campo. También simplifica el reemplazo o reparación de las repetidoras del sistema.

10.2.3.2. Acopladores blindados.

Los cables blindados son ensamblados a las repetidoras del mismo modo que los cables sin blindaje, tanto en la fábrica como a bordo de las embarcaciones, con excepción de pasos adicionales que se requieren para preparar los cables de la armadura. Se requiere de un aislamiento especial entre los cables de acero de la armadura y los componentes de berilio-cobre del acoplador para prevenir la corrosión galvánica en aguas marinas. Esto último se consigue usando separadores dieléctricos los cuales tienen la fortaleza mecánica adecuada para transferir las cargas de tensión y torsión.

10.2.3.3. Acoplador universal.

La función del acoplador universal es idéntica a la de la unión universal, excepto que el acoplador universal es utilizado para conectar el cable a la repetidora o a la unidad de bifurcación.

10.2.4. Repetidores.

10.2.4.1. Descripción.

La función de los repetidores es amplificar la señal y utilizan alta tecnología para conseguir rendimiento y confiabilidad. Cada repetidor contiene dos pares amplificadores. Cada par amplificador consiste de los componentes, incluyendo la fuente de poder, necesaria para soportar el tráfico en un par de fibras.

Las repetidoras sumergidas pueden ser operadas bajo un amplio rango de temperatura durante toda su vida útil, y mantener su rendimiento durante las operaciones de tendido, enterramiento y reparación a bordo de las embarcaciones.

La simplicidad del diseño de las repetidoras requiere de menos componentes, resultando en sistemas de gran confiabilidad y alto rendimiento. La figura 10.8 ilustra los componentes de la repetidora.

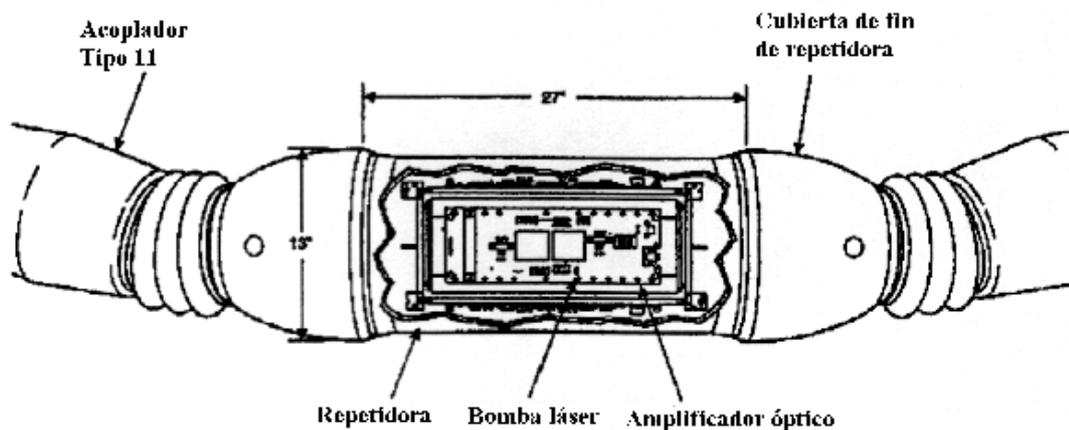


Figura 10.8. Componentes de la repetidora

10.2.4.2. Descripción del amplificador.

La amplificación óptica es el proceso básico realizado por el par amplificador. La repetidora es diseñada modularmente e incluye dos pares amplificadores. Cada par amplificador contiene dos amplificadores de fibra dopada por erbio (EDFA) para proporcionar amplificación en dos caminos de

transmisión en direcciones opuestas a lo largo del cable. La figura 10.9 muestra la arquitectura de un par amplificador en las repetidoras.

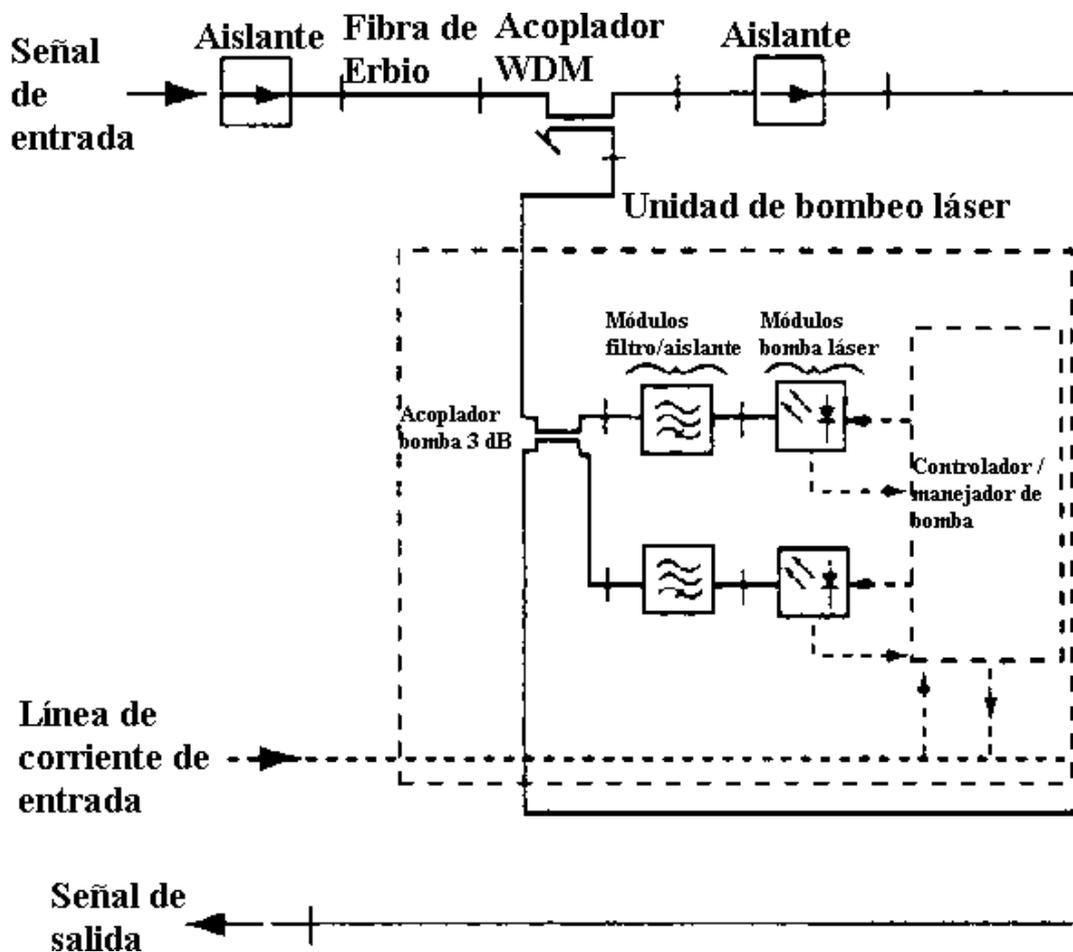


Figura 10.9a. Arquitectura del par amplificador – Módulo unidad de bombeo láser

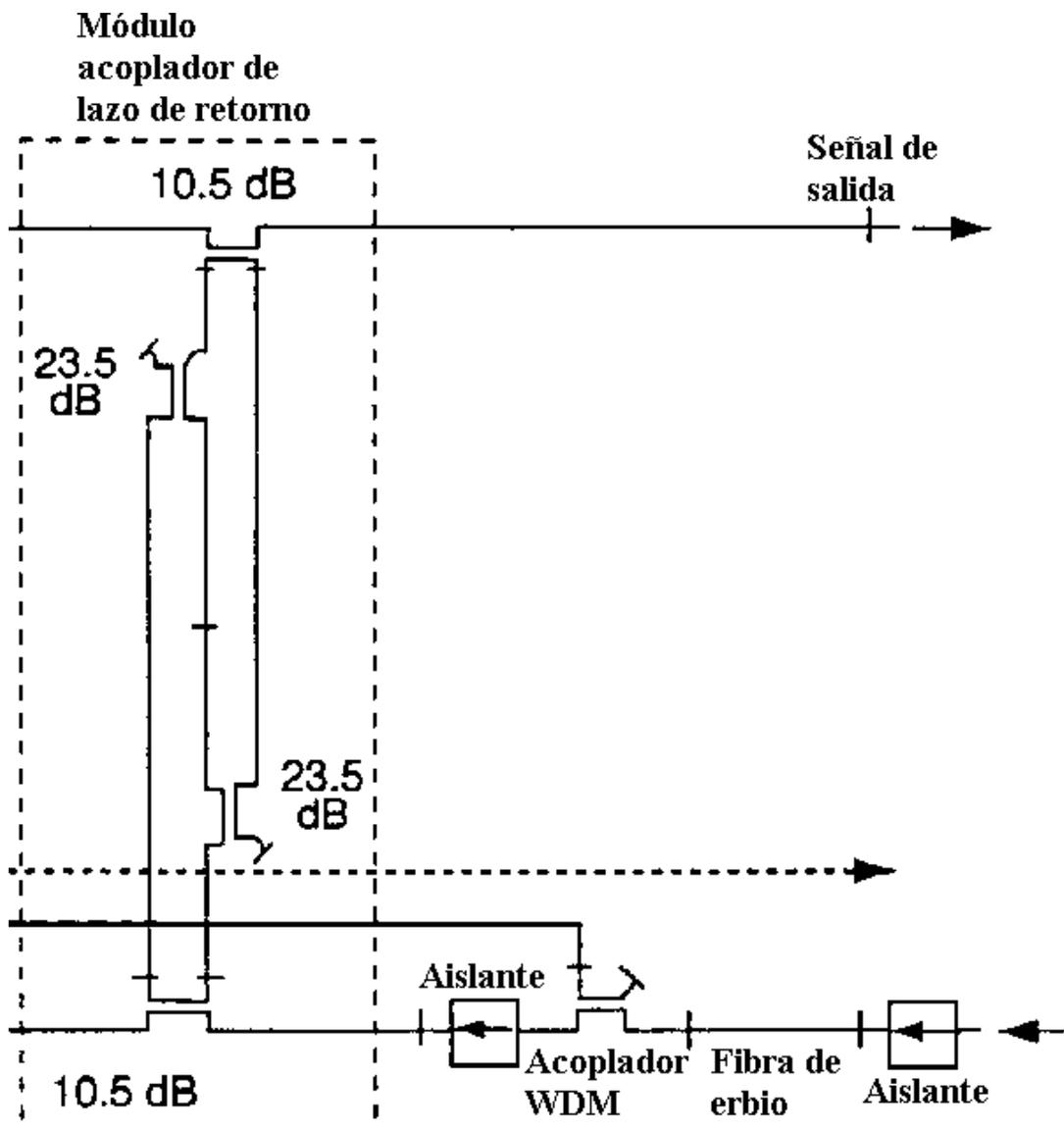


Figura 10.9b. Arquitectura del par amplificador – Módulo acoplador de lazo de retorno

10.2.4.2.1. Fibra dopada por erbio (EDF).

EDF es una fibra monomodo basada en silicio, de 10 a 40 metros de longitud. Cuando se bombardea con luz en la banda de 1465 a 1495 nm, la EDF proporciona amplificación para la señal óptica con una longitud de onda entre 1554 y 1561 nm. En el proceso de amplificación, la EDF también genera ruido por emisión espontánea amplificada (ASE) sobre la banda comprendida entre 1520 a 1570 nm. Cada amplificador agrega este ruido sucesivamente a la señal a medida que pasa a través del sistema.

Acoplador multiplexor por división en longitud de onda (WDM).

El acoplador WDM tiene tres puertos designados bomba, señal y común; y se utiliza para:

- Dirigir la señal amplificada (y el ruido ASE) desde la fibra dopada por erbio en el aislamiento (a través del camino).
- Dirigir la potencia desde la bomba láser hacia la fibra dopada por erbio.

La unidad acopla la energía de la banda 1465-1495 nm con la señal de la banda 1554-1561 nm en la EDF. También proporciona una pérdida baja para la señal en el camino de transmisión al mismo tiempo que provee una pérdida alta en el camino de bombeo.

10.2.4.2.2. Aislador óptico.

Es un aislador pasivo de dos puertos que proporciona una pérdida óptica baja en la dirección de propagación de la señal, y una pérdida alta en la dirección opuesta. El aislador previene la acumulación de ASE y limita la posibilidad de efectos resonantes en el sistema.

10.2.4.2.3. Unidad de bombeo láser.

La unidad de bombeo láser consiste en lo siguiente:

- El controlador/manejador de bomba, el cual obtiene potencia de una línea de corriente constante proporcionada por el equipo de alimentación de potencia, provee protección de sobretensión (que pueden ser provocadas por ruptura de cable) así como corriente para los láseres. Un circuito de control utiliza un fotodiodo en un lazo de control para monitorear la potencia de salida de la bomba láser y ajusta la corriente de la misma para mantener una potencia de salida constante sobre la vida útil del sistema.
- Filtros/aisladores de bomba previenen que señales de luz perdidas (nominalmente 1558 nm) se reflejen en la terminación de la fibra y se propaguen de vuelta hacia el amplificador.
- Un acoplador óptico de 3 dB combina y divide la potencia desde dos bombas proporcionando redundancia para dos amplificadores.

La naturaleza auto reguladora de los amplificadores ópticos soporta la configuración redundante de las bombas cuando ambas se encuentran activas simultáneamente. Si una falla, la otra proporciona potencia a cada amplificador, aunque a 3 dB menos. Esto resulta en una reducción en ganancia, y por lo tanto en la potencia de salida de los dos amplificadores afectados en la repetidora. Ya que una cadena de amplificación óptica es auto regulada, un incremento en la ganancia en las siguientes repetidoras compensa automáticamente la baja en ganancia y en potencia de salida de la repetidora previa.

10.2.4.2.4. Módulo acoplador de lazo de retorno.

La operación y el mantenimiento de un sistema de cable requiere que se pueda identificar y localizar fallas desde las estaciones terminales. Para este propósito se utiliza el reflectómetro óptico en dominio del tiempo coherente (COTDR) en la estación terminal y el módulo acoplador de lazo de retorno (LCM) en cada par amplificador en las repetidoras.

El LCM utiliza cuatro acopladores ópticos para proveer dos conexiones ópticas entre un par de líneas, designadas el lazo de retorno de pérdida alta (HLLB) y el camino de reflectómetro en dominio del tiempo (OTDR). La ubicación y conectividad de los acopladores se muestran en la figura 10.9b. La funcionalidad del camino óptico se muestra en la figura 10.10, para señales que provienen desde y se dirigen hacia uno de los terminales. (Los mismos caminos son provistos para las señales que vienen desde y se retornan hacia el terminal en el otro extremo del sistema).

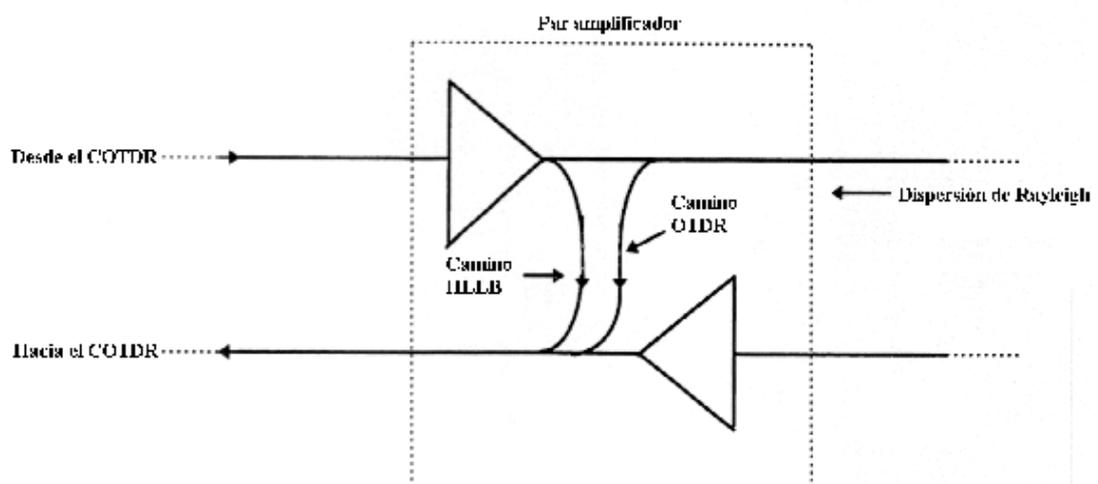


Figura 10.10. Caminos de acoplador de lazo de retorno desde/hacia una dirección en cada par amplificador

Tanto el camino HLLB como el OTDR son utilizados por el COTDR para localizar fallas en la línea óptica. Cuando el COTDR es usado, su señal transmitida reemplaza a la señal de tráfico en el sistema. La dispersión de Rayleigh, en respuesta a la señal del COTDR, retorna vía el camino OTDR hacia el receptor del COTDR. El retorno desde diferentes tramos de transmisión se distingue por la diferencia en los retardos.

10.2.4.3. Características de operación de los EDFA.

Las características de operación de los EDFA son más simples que aquellas de los amplificadores electrónicos convencionales o repetidoras regenerativas. El amplificador básico utiliza una bomba contra propagación y un multiplexor por división de longitud de onda para bombear una EDF. Las pruebas demuestran que el bombeo contra propagación resulta en un ruido menor debido a ASE.

10.2.4.3.1. Compresión de ganancia: Control de nivel en sistemas de amplificación.

A niveles de potencia de entrada bajos, las características de ganancia y de figura de ruido de un amplificador típico son constantes. La longitud de la EDF y el nivel de bombeo determinan las características de ganancia de la repetidora. A medida que la potencia de entrada se incrementa, la potencia de salida del amplificador eventualmente comienza a saturarse y la ganancia del amplificador cae. La ganancia es aproximadamente unitaria cuando la potencia de entrada se incrementa, como se muestra en la figura.

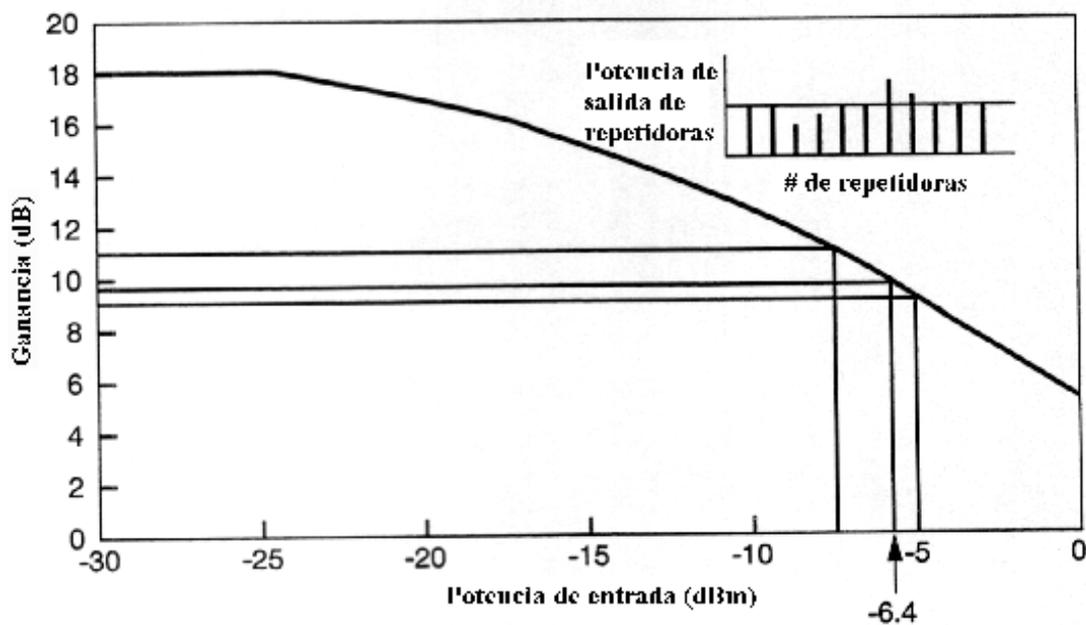


Figura 10.11. Ganancia típica versus potencia de entrada para los EDFA

Ya que la operación del amplificador óptico con compresión de ganancia no resulta en distorsión de la señal, es posible utilizar la compresión de ganancia de los amplificadores ópticos para regular pasivamente los niveles de potencia de la señal a lo largo de la línea de transmisión.

La característica de compresión de ganancia de los amplificadores ópticos los hace ideales para las aplicaciones en los sistemas de transmisión debido a que el nivel de potencia de la señal a lo largo de una cadena de amplificadores es auto limitado y auto corregido. Este ajuste automático del nivel de potencia de señal trabaja de la siguiente manera:

- La ganancia del amplificador se incrementa si el nivel de la señal a la entrada del amplificador decae debido a:
 - Un bombeo degradado en el amplificador previo.
 - Envejecimiento del componente.
 - Un empalme degradado.
 - Una reparación.

Como resultado, el nivel de potencia de entrada en el siguiente amplificador del sistema se incrementa, en comparación a los niveles de potencia que habrían existido sin el incremento en

ganancia. Este proceso continúa tanto como se necesite en los siguientes tramos para restaurar la señal a su nivel de equilibrio.

- Si el nivel de potencia de la señal a la entrada del amplificador es mayor al nivel de equilibrio, la ganancia del amplificador se comprime aún más. Por lo tanto, el nivel de potencia de la señal a la entrada del siguiente amplificador será menor de lo que habría sido sin la compresión de ganancia. Este proceso continúa en los tramos siguientes según se necesite para restaurar el nivel de equilibrio de la señal como se describió en el caso previo.
- En la ausencia de una señal óptica, la mayoría de los amplificadores estarán en su estado de ganancia nominal. El ruido por emisión espontánea acumulada después de los primeros amplificadores llegará hasta la potencia de salida nominal, y todos, con excepción de los primeros amplificadores serán saturados. Por lo tanto, con la conmutación repentina de una señal óptica, la ganancia no saturada más alta mostrada por el amplificador no causará un transiente óptico de alta potencia.

Si un amplificador EDF en una repetidora experimenta una pérdida completa de potencia de bombeo, la pérdida de inserción de la repetidora podría exceder los 20 dB. La transmisión sería alterada gravemente, sin embargo, el sistema supervisor continuaría operando y podría localizar la repetidora con las bombas defectuosas.

10.2.4.3.2. Auto filtrado en sistemas de amplificación.

El auto filtrado caracteriza el espectro de ganancia de los amplificadores ópticos en cascada, ya que el pico de la ganancia de señal versus la longitud de onda se ubica alrededor de los 1558 nm. La operación alrededor de los 1558 nm en un sistema en cascada reduce el ruido pasabanda (al filtrar el ruido ASE fuera de banda) y maximiza la ganancia de la señal. Esto reduce el ancho de banda del ruido ASE.

10.2.4.4. Especificaciones eléctricas.

La tabla 10.10 resume las características eléctricas básicas de la repetidora.

Característica	Especificación	Notas
Voltaje máximo	8000 V	
Corriente máxima	1.632 A	
Resistencia	< 500 Ω	I < 0.02 A por par amplificador
Impedancia a baja frecuencia	< 2.5 Ω	4 \leq F \leq 30 Hz por par amplificador
Capacidad de corriente de sobretensión	\pm 188 A, < 1 ms	

Tabla 10.10. Características eléctricas básicas de la repetidora

10.2.4.4.1. Alimentación de las repetidoras.

Las repetidoras son alimentadas en serie por una corriente directa (dc) sobre el cable desde los terminales. Cada repetidora contiene una fuente de poder interna para cada par amplificador. Las fuentes de poder de par amplificador son conectadas en serie.

La repetidora opera a una corriente de línea de 0.92 A. Debido al arreglo de alimentación en serie, la caída de voltaje por repetidora es una función del número de pares amplificadores, como se muestra en la tabla 10.11.

Número de pares amplificadores	Caída de voltaje de repetidora nominal para 0.92 A
2	16.0 V

Tabla 10.11. Caída máxima de voltaje en la repetidora

10.2.4.4.2. Protección de sobretensión.

La repetidora no será dañada en el peor de los casos por la corriente de sobretensión (188 A por menos de 1 ms). La corriente de sobretensión máxima corresponde a una falla en una sección del cable de operaciones especiales operando con un voltaje de 7500 V. El cable SPA tiene una impedancia dinámica de 40 Ω aproximadamente, la cual es menor que en cualquier otro tipo de cable.

10.2.4.5. Especificaciones mecánicas.

Las especificaciones mecánicas más importantes de la repetidora se resumen en la tabla 10.12.

Característica	Valor nominal	Notas
Longitud total	498 cm	Incluye limitador de curvatura
Diámetro (mayor)	33 cm	
Grosor	2 cm	
Profundidad de diseño	7500 m	
Presión	76.6 Mpa	
Carga hidrostática	82.6 Mpa	
Peso aproximado:		
Cuerpo con conos	225 kg	En aire
Acoplador tipo 11	75 kg	En aire

Tabla 10.12. Especificaciones mecánicas de las repetidoras

El diseño mecánico de la repetidora incorpora los siguientes elementos básicos como se muestra en la figura 10.12.

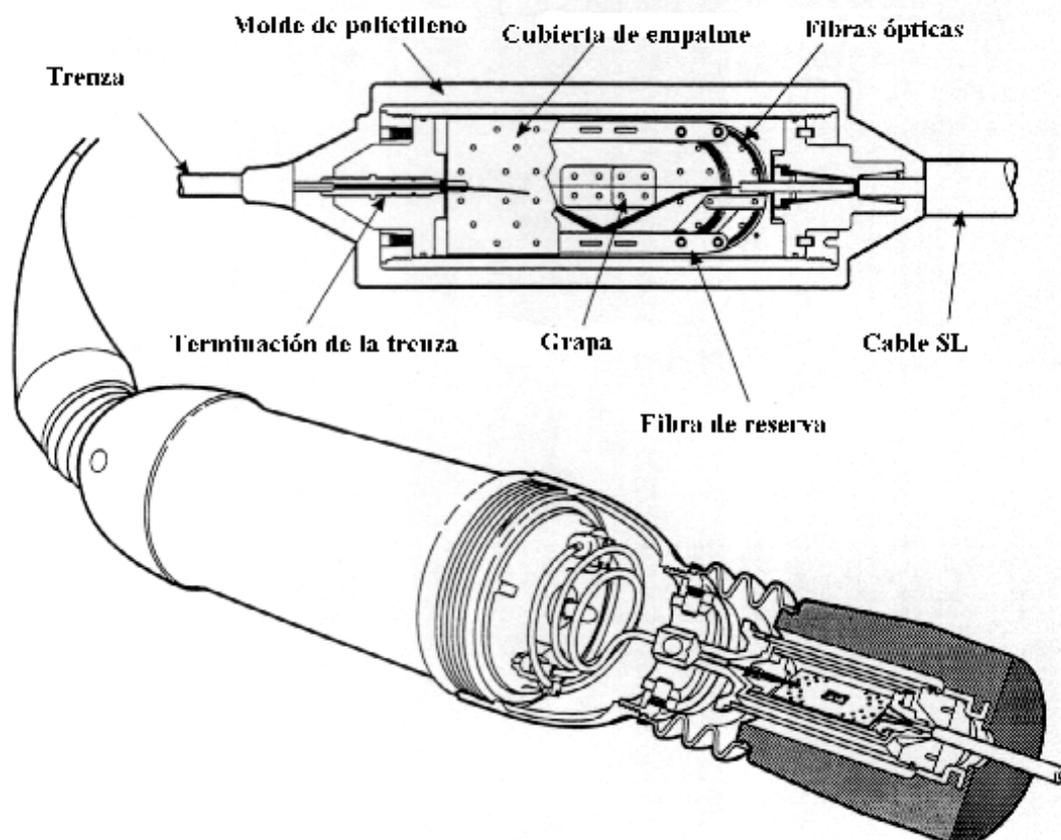


Figura 10.12. Elementos del diseño mecánico de la repetidora

- Recipiente a alta presión – protege los componentes eléctrico/ópticos del ambiente oceánico hostil.
- Conos – proporciona la conexión de alta fortaleza entre la cámara a alta presión y el hardware acoplador.
- Hardware acoplador – proporciona conexiones en línea hacia el cable submarino.

10.2.4.6. Características ambientales.

La repetidora opera dentro de los límites ambientales especificados en la tabla 10.13.

Parámetro	Límites	Notas
Choques	50 g	6 ms de duración, cualquier eje
Pruebas de vibración:		Cualquier eje
Desplazamiento sinusoidal, 5-11 Hz	0.5 pulgadas, p-p	0.1 octava/min
Vibración sinusoidal, 11-100 Hz	3 g	0.1 octava/min
Vibración sinusoidal, 100-500 Hz	3 g	0.25 octava/min
Vibración sinusoidal, 500-2000 Hz	1 g	0.25 octava/min
Temperaturas:		
Almacenamiento a largo plazo	0 °C a 30 °C	Se debe evitar los ciclos térmicos innecesarios.
Almacenamiento y manejo a corto plazo	-20 °C a 40 °C	
Operación (energizada)	0 °C a 30 °C	
Máxima profundidad	6000 m	Sólo en mar calmado
Presión máxima	60.3 Mpa	

Tabla 10.13. Características ambientales de las repetidoras

10.3. Protección del equipo sumergido.

10.3.1. Panel de protección por tierra oceánica (OGPP) y neutralizador de inducción de línea de potencia (PLINB).

El OGPP provee aislamiento entre la tierra oceánica y la tierra de la estación para reducir la susceptibilidad del sistema contra la interferencia de línea de potencia y rayos. En este panel de protección, hay dos buses en paralelo, tierra oceánica y tierra de la estación, y dos protectores, P1 y P2. El cable de tierra oceánica se conecta al bus de tierra oceánica. El protector P1 es conectado entre los dos buses paralelos y el protector P2 se ubica entre el blindaje del cable de tierra oceánica y el bus de tierra de la estación. El voltaje de ruptura máximo de los protectores es de 600 V. Un conmutador en el panel permite que las dos tierras sean conectadas para eliminar diferencias de voltaje cuando se necesite servicio.

El PLINB minimiza el voltaje inducido en los cables por fuentes de potencia externas. Algunas instalaciones de alimentación de potencia tienen cables extremadamente largos entre la estación terminal y el lecho de tierra oceánica. Los campos electromagnéticos generados por cables comerciales cercanos inducirán voltajes de corriente alterna en la alimentación de alto voltaje, así como en los blindajes asociados con esta alimentación. Los blindajes proporcionan baja atenuación a campos electromagnéticos a 50 o 60 Hz.

Debido a que el voltaje se induce igualmente en la alimentación de alto voltaje y en la alimentación de tierra marina, el voltaje de modo común alrededor del lazo conductor es aproximadamente cero. El voltaje inducido en las líneas de alimentación de potencia es proporcional a la amplitud de la corriente en las líneas de potencia comerciales cercanas. Cuando este voltaje excede el voltaje de ruptura de los protectores de tierra oceánica, estos se activan y cortocircuitan el voltaje inducido en el cable de alimentación de tierra marina. El voltaje ac inducido remanente en el cable de alto voltaje produce una corriente ac alta en la primera repetidora. Por lo tanto es importante reducir los voltajes de línea inducidos a valores que sean mucho menores que el voltaje de ruptura de los protectores de tierra oceánica en el equipo de alimentación de potencia. Esto es especialmente recomendable cuando la ruta de cable terrestre es mayor a 5 km o está adyacente a fuentes de ruido electromagnético como líneas de potencia, transmisores, etc.

10.3.2. Lecho de tierra oceánica.

Existen varios tipos de sistemas de tierra para el sistema de cable submarino. Las condiciones del sitio, resistividad del suelo y espacio disponible determinan que sistema es utilizado. A continuación se describen dos de estos sistemas.

10.3.2.1. Electrodo de barra.

En este sistema un arreglo de electrodos de barra se instala como lecho de tierra. El número de electrodos instalados depende de la resistividad del suelo y la ubicación es determinada por el espacio disponible. Normalmente se posicionan en un arreglo geométrico con buena separación de cualquier fundición de concreto o de metal. Cada electrodo se instala verticalmente en un agujero de aproximadamente 3 metros y medio de profundidad, como se ilustra en la figura 10.13. Las colas de los electrodos, protegidas en conductos, son enterradas en zanjas y se dirigen hacia una boca de acceso donde se unen al cable de tierra con una caja de terminación de entradas múltiples. Un cable de tierra

de cuatro núcleos conecta el lecho de tierra con la caja de terminación de tierra oceánica en la estación terminal (Figura 10.14).

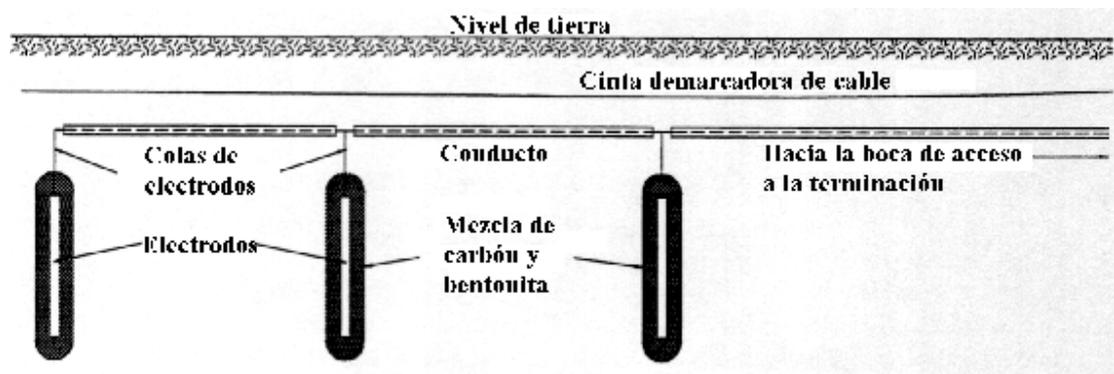


Figura 10.13. Arreglo de electrodos de tierra

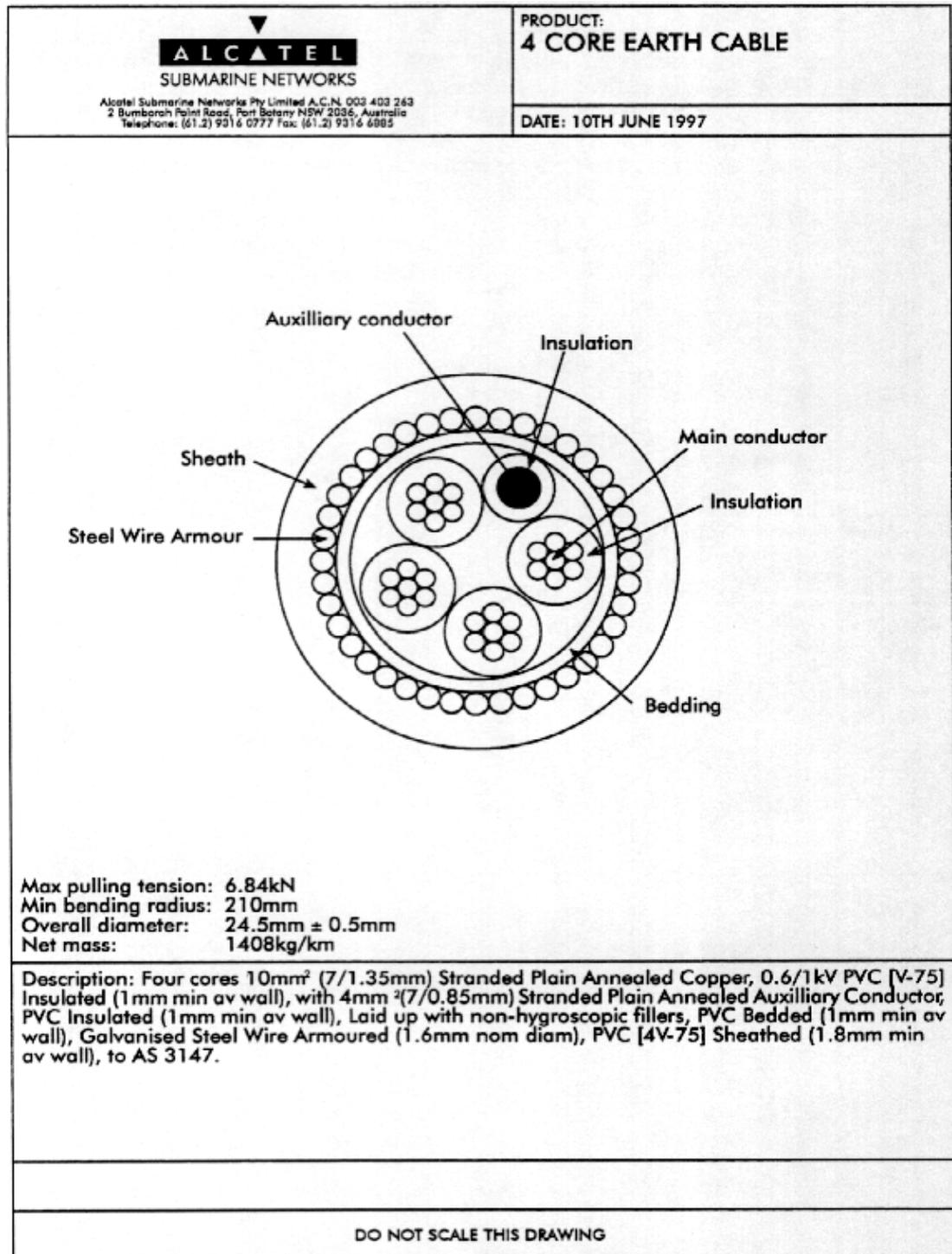


Figura 10.14. Descripción del cable de tierra de cuatro núcleos

10.3.2.2. Placa de playa.

Una placa es enterrada en la arena de la playa de tal manera que se encuentre muy por debajo del nivel de las aguas. La placa consiste en un disco de acero grande el cual está recubierto de gránulos de carbón. El disco está provisto con una cola de 50 metros de cable de tierra la cual termina en su parte central. Una pesada abrazadera asegura el cable a la placa y previene que la tensión del cable sea transmitida a la terminación. La cola de la placa, protegida en un conducto, es enterrada en una zanja y se dirige hacia una boca de acceso donde se une con el cable de tierra. Un cable de tierra de dos núcleos conecta a la placa con la caja de terminación de tierra oceánica en la estación terminal (Figuras 10.15 y 10.16).

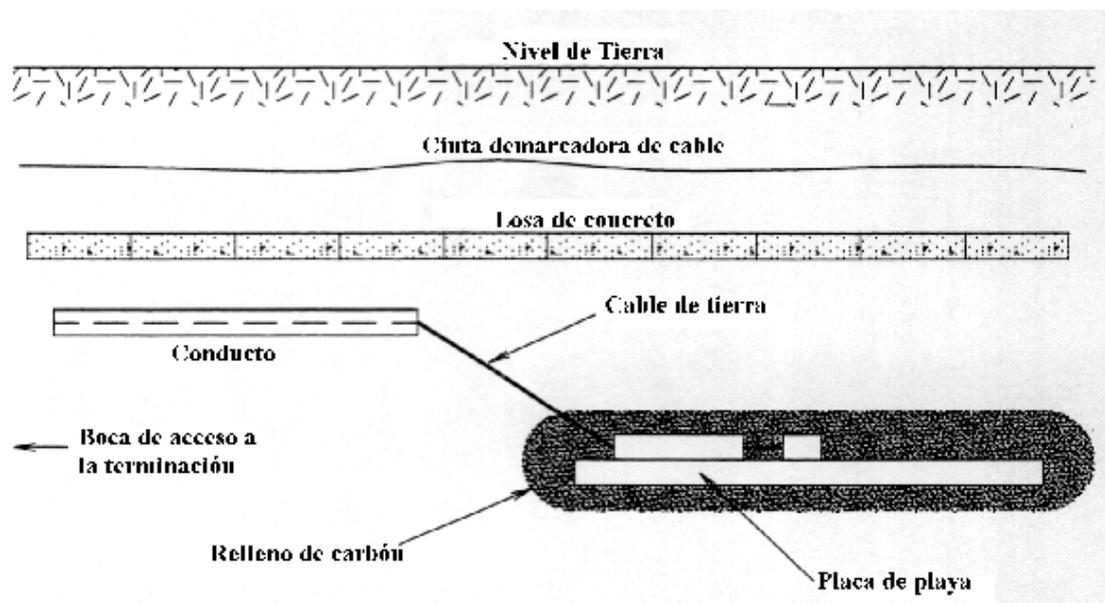


Figura 10.15. Arreglo del sistema de placa de playa

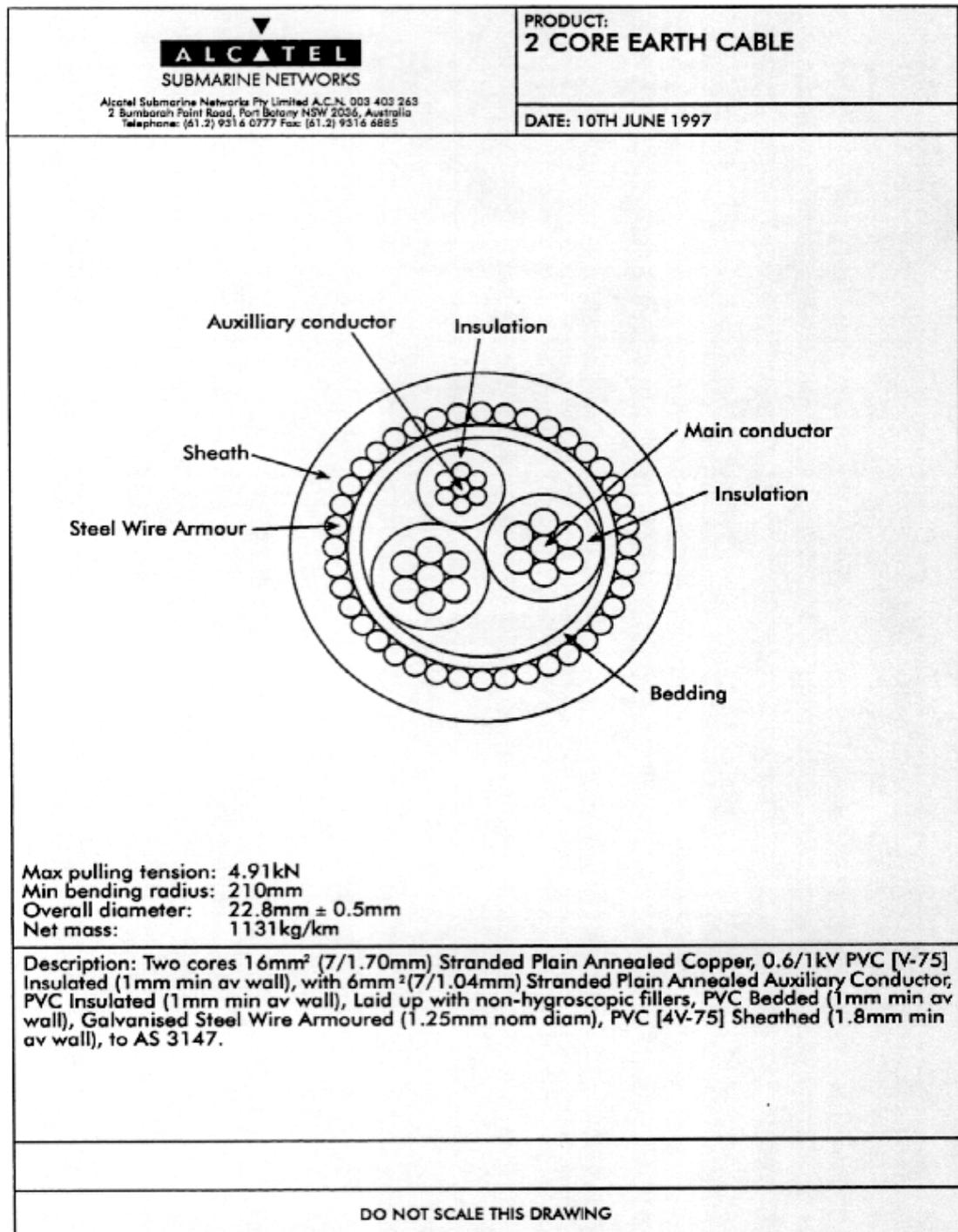


Figura 10.16. Especificaciones del cable de tierra de dos núcleos

10.4. Localización de fallas.

Una función vital del sistema de cable submarino es la detección y localización de fallas que puedan ocurrir en la planta submarina, la cual incluye las repetidoras, unidades de bifurcación y cable. Las fallas en la planta submarina se clasifican en dos categorías: ópticas y eléctricas. Las herramientas y técnicas para localizarlas son diferentes.

Con excepción del OTDR convencional, el cual puede ser utilizado para observar las fibras de la sección de tierra, la detección de fallas ópticas y las herramientas de localización sólo pueden ser utilizadas cuando el sistema está energizado. Algunas otras técnicas sólo se utilizan cuando el sistema no está energizado. Estas técnicas incluyen las mediciones para la localización de fallas resistivas y capacitivas en dc y baja frecuencia. Otras técnicas de localización de fallas eléctricas pueden ser utilizadas mientras el sistema está energizado.

10.4.1. Localización de fallas ópticas.

Las herramientas principales para la detección y localización de fallas ópticas son el OTDR convencional y el COTDR (Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo coherente). Estas técnicas aprovechan la dispersión de Rayleigh para obtener una imagen de la pérdida versus la distancia a lo largo de la fibra óptica.

10.4.1.1. OTDR convencional.

Esta prueba consiste en enviar pulsos de luz repetitivos en un extremo de la fibra. Esta luz es dispersada continuamente a lo largo de la fibra y retorna al equipo de prueba. Debido a que la velocidad de la luz en la fibra de vidrio es constante, el tiempo de retorno es convertido en distancia de tal manera que el OTDR produce un trazo pérdida versus distancia. Estos trazos se muestran en un display o pueden ser impresos o grabados para propósitos de análisis y comparación.

La precisión de la ubicación de una anomalía en el trazo (por ejemplo, un empalme o una ruptura) depende de algunos factores, pero en particular de la duración de los pulsos transmitidos. La distancia en la fibra que el OTDR puede ver es limitada por las consideraciones de señal a ruido. La potencia de la señal se puede incrementar alargando la duración de los pulsos de luz lanzados, pero a expensas de la reducción de precisión.

Un OTDR convencional no puede ver a través de los amplificadores ópticos en las repetidoras submarinas debido a los aisladores ópticos que estos contienen. Sin embargo, un OTDR convencional es efectivo al evaluar instalaciones de cable terrestre e identificando fallas ópticas en el cable que se encuentra entre el terminal y la primera repetidora. También es utilizado en las embarcaciones para identificar y ubicar las fallas ópticas en una sección de cable recuperado.

10.4.1.2. OTDR coherente (COTDR).

El COTDR envía una señal especial de monitoreo en la fibra saliente de un par, y recupera la señal que retorna por la fibra entrante del mismo par. La luz dispersada del tramo saliente entre las repetidoras es acoplada a la línea entrante que retorna al terminal vía el camino OTDR en cada par amplificador. El COTDR hace uso de los caminos HLLB y OTDR en los pares amplificadores. El camino OTDR proporciona una ruta de retorno para la luz reflejada (dispersión de Rayleigh) desde las fibras salientes que siguen cada amplificador transmitiendo en la misma dirección que la señal enviada por el COTDR.

Debido a que las señales del COTDR reemplazan a la señal de tráfico regular, la línea debe estar fuera de servicio cuando se utiliza el COTDR. Pero si existe una falla en la línea, ya está fuera de servicio. En la figura se ilustra una configuración para la medición de una línea con el COTDR.

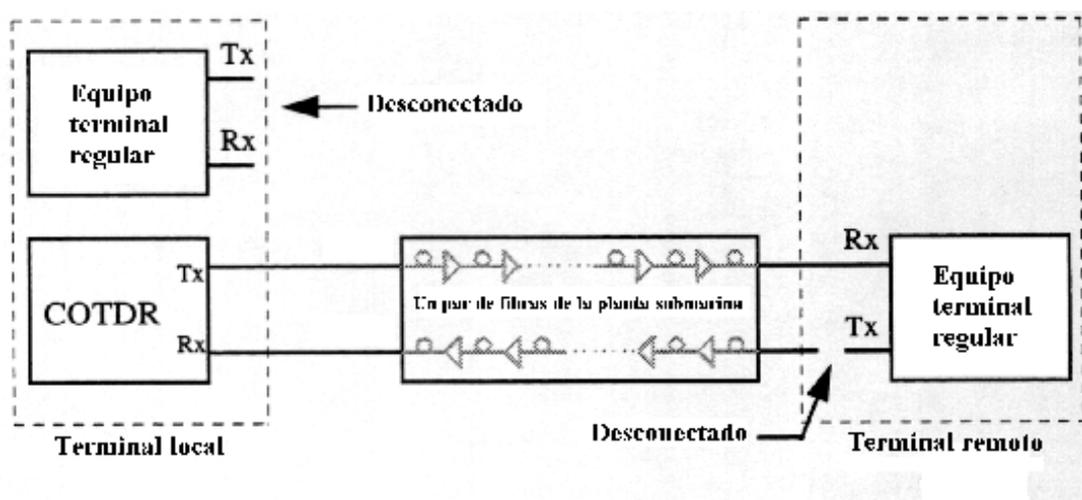


Figura 10.17. Configuración para la medición de una línea fuera de servicio usando el COTDR

Sin embargo, la configuración preferida, cuando se dispone de un COTDR en los dos extremos de una línea, se ilustra en la figura 10.18. Las ventajas de esta configuración son:

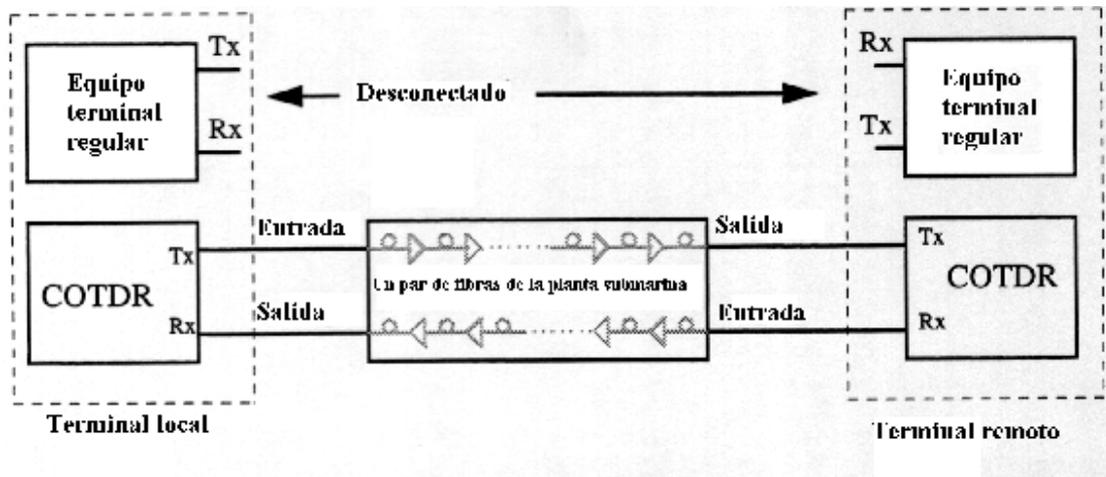


Figura 10.18. Configuración preferida para la medición de una línea utilizando el COTDR en ambos extremos

- Las fibras en ambas direcciones de transmisión pueden ser medidas y observadas al mismo tiempo.
- La presencia de señales de entrada de extremo lejano disminuye el ruido ASE en el extremo cercano en varios dB, permitiendo una claridad particular en la pantalla del COTDR.

La figura 10.19 muestra una variación de la configuración del COTDR en donde las fibras pueden ser enlazadas en el terminal remoto para permitir la observación de las dos fibras en tándem. Esta configuración también sirve para convertir una línea entrante del par de fibra en una línea saliente que pueda ser vista por el COTDR. Por supuesto, ambas líneas deben estar fuera de servicio para que esta configuración pueda ser utilizada.

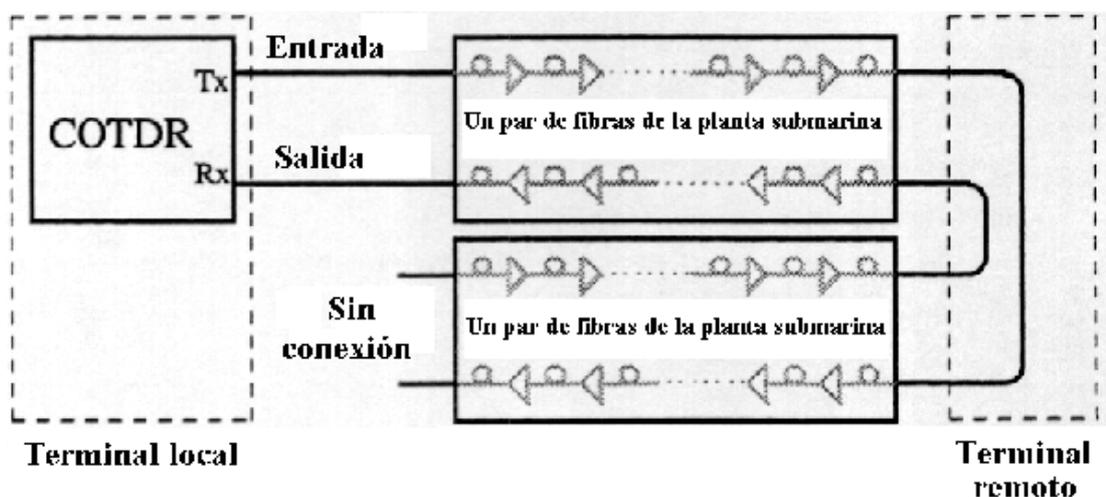


Figura 10.19. Configuración para la medición de dos pares en tándem utilizando el COTDR

La precisión de la distancia de localización de fallas en un tramo de fibra desde el display del COTDR depende de tres factores:

- La selección del índice de refracción de grupo (una medida de la velocidad de la luz en el sistema submarino).
- El ancho de pulso seleccionado por el operador para la medición.
- La interpretación del trazo por el operador.

Un valor de 1.4701 es recomendable para el índice de refracción de grupo.

Los anchos de pulso están disponibles en 3, 10, 30 y 100 μs , correspondientes a distancias de 300 metros, 1 km, 3 km y 10 km, respectivamente. Pero mientras más ancho sea el pulso, menor será el tiempo requerido para obtener la misma claridad de la señal recibida en la pantalla del COTDR.

Una falla de fibra puede ser de dos tipos, reflectiva o absorbente. La figura 10.20 ilustra de manera ampliada las diferentes características si los dos tipos de falla son vistos en el trazo del COTDR. Con una falla reflexiva, la falla se ubica en el inicio de la elevación. La ubicación de una falla absorbente puede ser determinada identificando donde en trazo disminuye en 1.5 dB, luego se retrocede una distancia igual a la resolución correspondiente al ancho de pulso que está siendo utilizado para la medición. Por ejemplo, en la figura, el ancho de pulso es de 3 μs , correspondiente a una distancia de resolución de 300 metros.

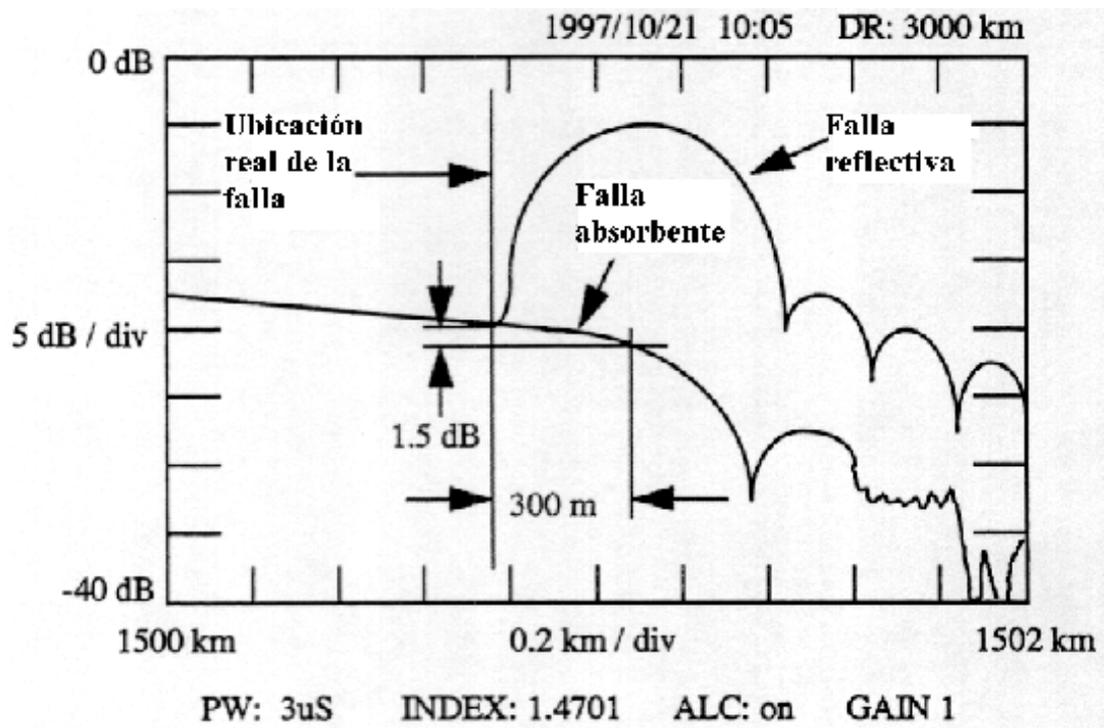


Figura 10.20. Apariencia de fallas reflectivas y absorbentes en los trazos del COTDR

10.4.1.2.1. Trazos ideales del COTDR bajo condiciones libre de falla y falla simple.

La figura 10.21 muestra tres tramos continuos en un sistema y bajo ellos el trazo ideal del COTDR correspondiente a una condición libre de falla. Las elevaciones corresponden a los caminos HLLB en los pares amplificadores. El nivel de ruido puede ser mayor o menor que el mostrado. En el modo de monitoreo del COTDR, en donde el promedio de retornos se realiza por pocos segundos, es más alto que el mostrado.

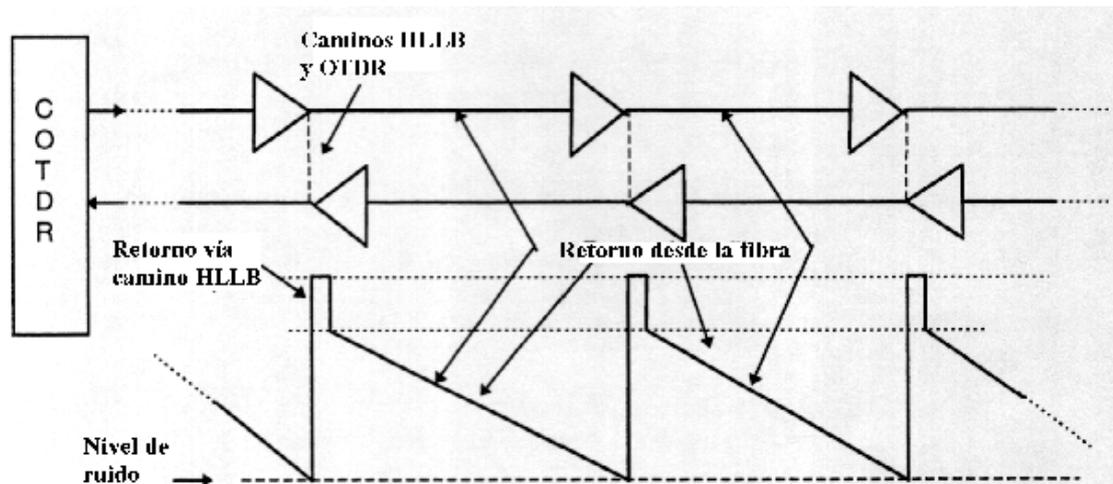


Figura 10.21. Trazo idealizado del COTDR para una porción de un sistema nominal libre de fallas

10.4.1.2.2. Pérdida agregada en tramos de fibra.

La clave para interpretar los trazos del COTDR bajo una condición de falla es conocer el efecto que una falla pueda tener en la ganancia de los amplificadores en la vecindad de la falla. Primero considere una pérdida agregada en un punto de la fibra. La figura 10.22 muestra ese caso en un tramo saliente (desde el punto de vista del COTDR). La caída en el trazo del tramo que contiene la pérdida agregada es redondeada debido al ancho de pulso finito de la señal del COTDR.

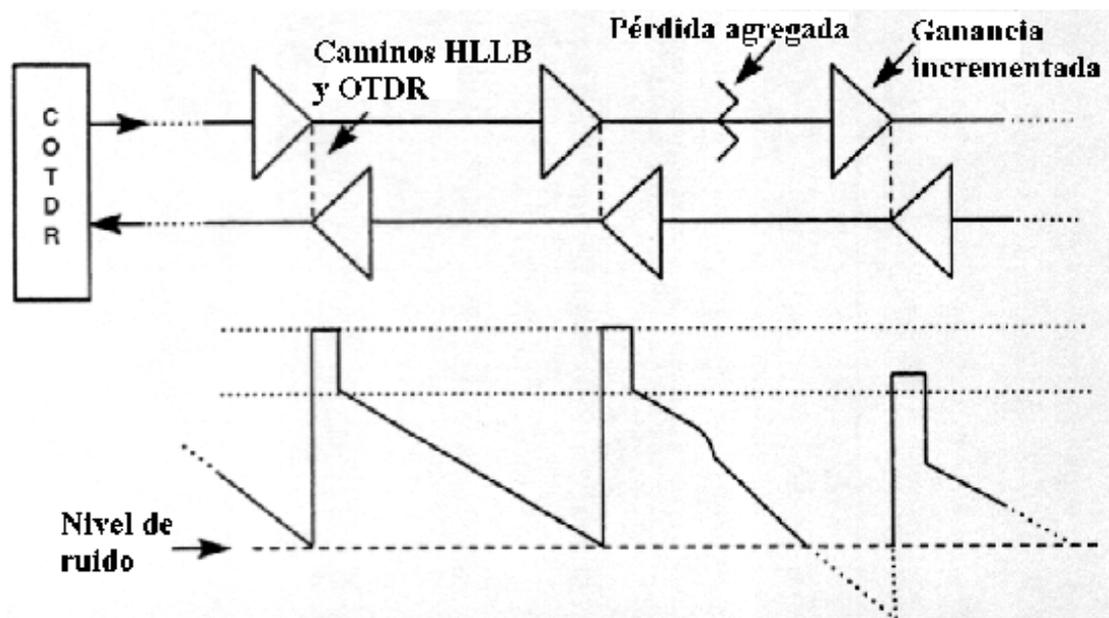


Figura 10.22. Trazo idealizado del COTDR con pérdida agregada en un tramo de fibra saliente

Cuando la pérdida agregada está en una fibra entrante, el trazo ideal es como se muestra en la figura 10.23. Tal pérdida causa que los amplificadores adyacentes incrementen su ganancia. Como resultado, los trazos del COTDR para unos cuantos tramos justo antes del que contiene la pérdida agregada, se elevarán sobre sus posiciones libres de falla.

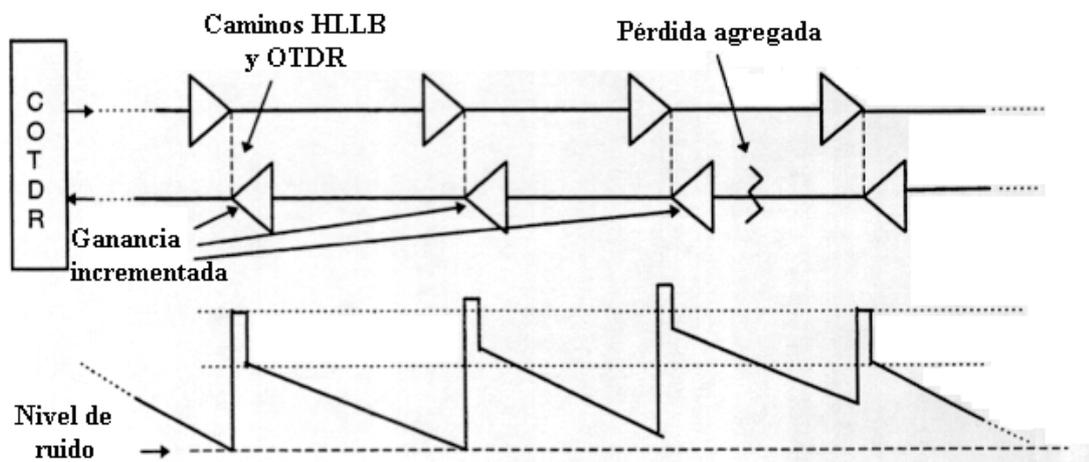


Figura 10.23. Trazo idealizado del COTDR con pérdida agregada en un tramo de fibra entrante

10.4.2. Localización de fallas eléctricas.

Las técnicas para la detección y localización de fallas eléctricas submarinas son:

- Electrodo a baja frecuencia, utilizando la capacidad del equipo de alimentación de potencia acoplado con equipo de detección especial.
- Mediciones de resistencia y capacitancia a baja corriente dc y a baja frecuencia, utilizando equipos de prueba especializados.
- Mediciones de voltaje y corriente utilizando los equipos de alimentación de potencia.

10.4.2.1. Electrodo

Esta técnica consiste en la aplicación y en la detección de un tono de baja frecuencia, típicamente 25 Hz, que es aplicado al conductor de potencia del cable. En la mayoría de los casos, este tono es aplicado modulando en amplitud el voltaje DC, aplicado al cable en la estación terminal. El

camino de retorno para la señal del electrodo es el océano. Los campos eléctricos y magnéticos producidos por esta señal se extienden radialmente desde el cable por una distancia considerable en el medio que lo rodea, ya sea suelo o mar. Se puede utilizar detectores eléctricos o magnéticos (sondas). Un decremento brusco en la intensidad de la señal detectada revela la ubicación de la falla. La intensidad de la señal se atenúa con la distancia a lo largo del cable, aunque no exista falla.

10.4.2.2. Mediciones a baja corriente.

Se dividen en dos categorías:

- Resistencia
- Capacitancia

El acceso al conductor de potencia para las mediciones de resistencia y capacitancia a baja corriente es sólo permitido cuando el equipo de alimentación de potencia está apagado.

10.4.2.2.1. Mediciones de resistencia.

Si el cable ha sido partido en el sitio de la falla y el conductor de potencia expuesto al agua de mar, entonces se puede realizar una medición de resistencia a baja corriente entre el conductor de potencia en la estación terminal y tierra. El conocimiento de la resistencia por unidad de longitud del cable y la característica voltaje versus corriente de la potencia de la repetidora pueden ser utilizados para estimar la distancia a la falla.

10.4.2.2.2. Mediciones de capacitancia.

Bajo la circunstancia extremadamente rara de que el conductor de potencia sea de un cable partido, esto es, no expuesto al agua de mar, la capacitancia entre el conductor de potencia y la terminal puede ser medida. El conocimiento de la capacitancia por unidad de longitud del cable y la capacitancia entre el cable de poder y la cubierta de las repetidoras puede ser utilizado para estimar la distancia a la falla.

10.5. Equipo de alimentación de potencia (PFE)

10.5.1. Características del equipo.

El equipo de alimentación de potencia proporciona potencia DC estable a las repetidoras sumergibles a través de la caja de terminación de cables (CTB). Se encuentra instalado en la estación terminal en el sistema de cable submarino.

La potencia DC normalmente es suministrada desde ambas estaciones. Incluso si el PFE en una estación llegara a fallar, el otro equipo automáticamente toma toda la carga y continúa suministrando potencia al equipo sumergido.

La caja de terminación de cables separa/combina una fibra óptica de/con un cable de alimentación de potencia hacia el equipo de alimentación de alto voltaje.

10.5.2. Configuración de bastidores del equipo.

El equipo consiste de los bastidores PR, PM, LT, TL, SW y de la caja de terminación de cables.

En las siguientes tablas se muestra la configuración de cada tipo de PFE y las configuraciones de cada bastidor.

Tipo de PFE	PR	PM	LT	TL	SW	CTB
500 V	1	1	1	1	1	1
1500V	1	1	1	1	1	1
3500/4000 V	2	1	1	1	1	1

Tabla 10.14. Configuración del tipo de PFE

Nombre del equipo	Cantidad	Nota
CONV	4	Máximo
COM	1	
FFTU	1	Fijo

Tabla 10.15. Configuración del bastidor PR

Nombre del equipo	Cantidad	Nota
METER & ALM	1	
OPERATION	1	
ALM DET	1	
C/V SENS	1	
FFTU	1	Fijo

Tabla 10.16. Configuración del bastidor PM

Nombre del equipo	Cantidad	Nota
LOAD TRF	1	
RECORDER	1	
FFTU	1	Fijo

Tabla 10.17. Configuración del bastidor LT

Nombre del equipo	Cantidad	Nota
TEST LOAD	1	
CONT & PU	1	
FAN	2	
FFTU	1	Fijo

Tabla 10.18. Configuración del bastidor TL

Nombre del equipo	Cantidad	Nota
SW METER	1	
EARTH TST	1	
TRM	1	Fijo
SW	1	
DISCHARGE	1	
RESISTOR	1	
RETURN	1	
FFTU	1	Fijo

Tabla 10.19. Configuración del bastidor SW

Nombre del equipo	Cantidad
CTB	1

Tabla 10.20. Configuración de la CTB

10.5.3. Datos técnicos.

Requerimientos de potencia

DC -48 V \pm 10 %

AC 110 V / 120 V / 220 V \pm 10 %

10.5.4. Consumo de potencia de estación terminal.

Estación terminal	Vmax/Iout	Consumo de potencia (-48 V)							Consumo de potencia AC
		PR	PM	LT	TL	SW	CTB	Total	
Esmeraldas	-500 V/0.92 A	21 A	8 A	4 A	10 A	3 A	0.1 A	46.1 A	0.5 A (220 V)
Pto. Bolívar	-500 V/0.92 A	21 A	8 A	4 A	10 A	3 A	0.1 A	46.1 A	0.5 A (220 V)

Tabla 10.21. Consumo de potencia de la estación terminal

10.5.5. Características de voltaje/corriente de la estación terminal.

Estación terminal	Vmax/Iout	Vdroop	Rs	Vsd	VLIM
Esmeraldas	-500 V/0.92 A	-(700 V+5%/-0%)	20 kW \pm 5 %	-900 V \pm 5 %	\leq 2000 V
Pto. Bolívar	-500 V/0.92 A	-(700 V+5%/-0%)	20 kW \pm 5 %	-900 V \pm 5 %	\leq 2000 V

Tabla 10.22. Características de voltaje/corriente de la estación terminal.

10.5.6. Condiciones ambientales.

10.5.6.1. Condición operativa garantizada.

Temperatura: +10 a +40 °C

Humedad relativa: hasta 85 %

10.5.6.2. Condición operativa.

Temperatura: +3 a +50 °C

Humedad relativa hasta 90 %

CAPÍTULO 11

ASPECTOS LEGALES

En los actuales momentos el Sistema Nacional de Telecomunicaciones se encuentra manejado exclusivamente por el Estado, con la ayuda del CONATEL, SENATEL Y SUPTTEL dándole la exclusividad de operación a empresas como Pacifictel y Andinatel que son parte del Estado y son las únicas legalmente encargadas de explotar servicios de telecomunicaciones.

Esperando que con el transcurrir de los años y de acuerdo a la tendencia mundial se libere el mercado y se permita incorporar nuevos operadores al sistema, presentamos un análisis de todas las reglas y procedimientos, las normas técnicas y tarifarias con las que presumimos debería cumplir una empresa de servicio de portadores de telecomunicaciones en nuestro país tomando como referencia el reglamento para la prestación de servicios portadores a través de la resolución 84-20-CONATEL-96 que dice:

En uso de las atribuciones que le confiere el artículo 10 de la "Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones" promulgada según Registro Oficial 770 del 30 de Agosto de 1995, en concordancia con los artículos 53, 54 y 55 de la citada Ley, del artículo 8 de la "Ley Especial de Telecomunicaciones" publicada en el Registro Oficial 996 del 10 de Agosto de 1992 y el artículo 25 del "Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones y a la Ley Reformatoria a la Ley Especial de Telecomunicaciones" promulgado según Registro Oficial 832 del 29 de Noviembre de 1995, el que resuelve expedir el Reglamento para la prestación de servicios portadores.

Art. 53.- Régimen de exclusividad.- EMETEL S.A. o las compañías resultantes de su escisión están autorizadas para explotar en régimen de exclusividad temporal y regulada dentro de la región concesionada, todos los servicios de telefonía local, nacional e internacional, servicio de portador incluyendo el arrendamiento de líneas y circuitos, alámbricos e inalámbricos, en la forma y por el tiempo determinado en la presente Ley.

Art. 54.- Período de exclusividad.- El régimen de exclusividad regulada en el ámbito local, nacional e internacional tendrá una duración de sesenta meses, contados a partir de la venta de las acciones de la compañía anónima, de acuerdo a la presente Ley.

Cumplido el plazo antes establecido, el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) autorizará que otros operadores exploten, en régimen de competencia, servicios equivalentes a los mencionados en el artículo 53 de esta Ley Reformada.

Art. 55.- Régimen de competencia.- Los servicios finales y portadores de telecomunicaciones que no se prestan en régimen de exclusividad serán explotados en régimen de competencia, sin exclusividad para ningún operador, a partir de que el operador adquiriera el 35% de las acciones en las compañías resultantes de la escisión de EMETEL.

11.1. Disposiciones generales

Los servicios portadores de telecomunicaciones son aquellos que proporcionan a terceros la capacidad necesaria para la transmisión de señales entre puntos de terminación de red especificados, los cuales pueden ser suministrados a través de redes conmutadas o no conmutadas.

La explotación de servicios portadores, requiere de una concesión otorgada por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (la Secretaría), previa autorización del Consejo Nacional de Telecomunicaciones (el CONATEL).

11.2. Concesiones

La Secretaría, luego del período de exclusividad regulada definida en la Ley, podrá otorgar concesiones para explotar sistemas de telecomunicaciones destinados a la prestación de servicios portadores a cualquier persona natural o jurídica que compruebe poseer capacidad técnica legal y económica adecuada para explotar la concesión que solicita.

En ningún caso la Secretaría podrá otorgar concesiones de servicios portadores a Estados extranjeros o a personas naturales o jurídicas no domiciliadas en Ecuador.

La duración de las concesiones de servicios portadores no podrá ser mayor de quince (15) años, renovable por igual período a solicitud escrita de concesionario con 2 (dos) años de anticipación a la fecha de vencimiento, siempre y cuando el solicitante haya dado fiel cumplimiento a las obligaciones que le impone la concesión y a las disposiciones legales correspondientes.

La persona natural o jurídica interesada en obtener una concesión de servicios portadores después de concluido el período de exclusividad regulada al cual se refiere la Ley Reformatoria de la Ley Especial de Telecomunicaciones, deberá presentar a la Secretaría una solicitud acompañando los antecedentes legales, económicos y técnicos que se detallan en el presente Reglamento.

La solicitud de concesión deberá incluir, tratándose de una persona natural, la identificación del solicitante, domicilio y los antecedentes que demuestren su capacidad técnica legal y económica para explotar el sistema de telecomunicaciones mediante el cual prestaría los servicios portadores motivo de la solicitud de concesión.

Las personas jurídicas deberán incluir los antecedentes legales de constitución de la sociedad, capital suscrito, capital pagado y plazos para completar el saldo del capital suscrito, si lo hubiera. Asimismo deberán indicar el nombre del representante legal y demás antecedentes que demuestren la capacidad técnica, legal y económica de la sociedad para explotar el sistema de telecomunicaciones que utilizarían para prestar los servicios portadores motivo de la solicitud de concesión.

La solicitud de concesión deberá especificar como mínimo:

- Descripción de cada servicio portador a ser ofrecido, precisando los puntos de terminación de red, con especificaciones completas de las características técnicas y operacionales;
- Se indicará, para cada servicio, las normas de calidad a ser garantizadas;
- Se indicará, para cada servicio, la estructura tarifaria a aplicarse;
- Area de cobertura solicitada de la concesión;
- Duración solicitada de la concesión (menor a 15 años).
- Cronograma de actividades hasta la fecha de inicio de prestación del servicio;
- Descripción del sistema de telecomunicaciones a explotar;
- Medidas previstas que permiten asegurar que el sistema de telecomunicaciones se ajustará a las normativas técnicas aplicables, referidas en el presente Reglamento;
- Inversión inicial programada, ampliaciones futuras del sistema y nuevas inversiones previstas; y,
- En caso de requerirse la construcción de obras: programas de ejecución de las mismas, pruebas de aceptación de equipos y sistema y de puesta en servicio de las instalaciones, indicando específicamente fechas previstas para la iniciación y conclusión de las obras.

11.3. Documentación

Para obtener la autorización para la explotación de sistemas de comunicaciones, el solicitante deberá presentar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones los siguientes requisitos, de conformidad con los reglamentos y normas técnicas pertinentes:

11.3.1. Solicitud dirigida a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones

En la que se manifieste que el solicitante conoce y se somete a las disposiciones establecidas en el Reglamento para la explotación de los sistemas publicados por el Conatel.

11.3.2. Información técnica

- a) Descripción general del proyecto técnico. Se describirá el proyecto, con sus principales características, fases de desarrollo, tecnología a utilizarse, planes de expansión, etc.
- b) Descripción del servicio que se ofrece, como operación, qué facilidades tendrán los usuarios, etc.
- c) Perfil de usuarios del servicio e incorporación sistemática anual. Se caracterizará a los usuarios potenciales del servicio y se estimará la cantidad de usuarios que se tendría año por año.
- d) Participación en el mercado potencial, considerando incidencia de la competencia. Se informará sobre el mercado total en el área de cobertura y la participación de la operadora en dicho mercado.

11.3.3. Información económica

- a) Plan de inversiones a ejecutarse durante el periodo de autorización de explotación. La operadora deberá señalar en forma precisa el monto de las inversiones que realizará para implementar sus servicios (calendario de inversiones anuales) diferenciándolas de acuerdo al objeto principal, ejemplo: terrenos, construcciones, equipos, instalaciones, etc.
- b) Depreciación de equipos. En concordancia con el ítem anterior, deberán señalarse el sistema y criterios para depreciar bienes y/o equipos que formen parte de las inversiones (% de depreciación, vida útil, valor residual).
- c) Costos fijos y variables durante el periodo de autorización de explotación. La empresa concesionaria deberá incluir en el estudio económico costos relativos a la explotación del servicio, clasificándolos en fijos y variables. Su cuantificación deberá ser anual y abarcar todo el periodo de autorización de explotación (cinco años). Debe ponerse especial atención en los costos de administración, costos operativos y de mantenimiento, publicidad, financieros, etc.
- d) Procedimientos bases de cálculos tarifarios. De conformidad con el reglamento, la empresa deberá presentar al nivel de propuesta la metodología y bases de cálculos para establecer las tarifas a los usuarios. Las magnitudes de los principales ítems que conformen la estructura tarifaria deben justificarse totalmente. Se indicarán además los valores máximos y mínimos que cobraría a sus usuarios, expresados en US dólares.

- e) Ingresos brutos por venta de servicios durante el periodo de autorización. En correspondencia con el ítem anterior, el valor bruto de las ventas se obtendrá a partir de las tarifas que consten en estos esquemas y el volumen de los servicios ofrecidos. Los valores serán anuales y corresponderán a los cinco años de autorización de explotación.
- f) Adicionales. Documentación no prevista o complementaria a la solicitada y que contribuya a mejorar la comprensión de los aspectos económico-financiero de la actividad.

11.3.4. Documentos legales

- a) Estatutos y nombramientos debidamente legalizados del representante legal, para personas jurídicas.
- b) Copia de la cédula de ciudadanía y del certificado de votación. En el caso de personas jurídicas, copia de la cédula de ciudadanía y certificado de votación del representante legal.
- c) Certificado de cumplimiento de obligaciones otorgado por la Superintendencia de Compañías.
- d) Registro único de Contribuyente para personas naturales o jurídicas que tengan obligación legal de obtener el R.U.C.
- e) Certificado otorgado por el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas en el que el solicitante no registre ningún antecedente personal que obstaculice el trámite para obtener la autorización de uso de frecuencias.

11.3.5. Informática

- a) Toda la documentación referente a la solicitud debe presentarse en hojas foliadas y rubricadas por el solicitante.
- b) Las solicitudes y documentación respectivas deberán presentarse personalmente en la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones, la cual extenderán un recibo en el que constará el número de trámite y fecha de ingreso.
- c) Previa a la suscripción del contrato de autorización para la explotación del sistema deberá entregar garantía bancaria o póliza de seguro incondicional irrevocable, de cobro inmediato a nombre de la

Secretaría nacional de Telecomunicaciones por el valor de quinientos (500) salarios mínimos vitales del trabajador en general (SMVTG) para garantizar el fiel cumplimiento del contrato.

De conformidad con el Reglamento se debe incluir la siguiente información:

- Ubicación de las estaciones
 - Características técnicas de los equipos
 - Características de los enlaces ópticos que requiera para la gestión del sistema.
- a) En caso de requerirse estaciones repetidoras, para la suscripción del contrato, deberá adjuntarse copia(s) del contrato(s) de arrendamiento o títulos de propiedad del terreno(s) donde se ha previsto instalar la(s) repetidora(s), indicando dimensiones.
- b) Otros que la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones solicitare por escrito. No se aceptarán las solicitudes o documentación enviadas por correo.

CAPÍTULO 12

INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

12.1. Instalación

El plan de instalación se encuentra dividido en tres etapas:

- Plan de instalación de la fibra óptica
- Plan de instalación de los equipos de campo
- Plan de instalación de los equipos en la central.

El plan de instalación de la Fibra Óptica.

Dividida en la instalación en las torres eléctricas de INECEL y el tramo que va enterrado.

- Si nos referimos a la instalación del cable por medio de las torres de INECEL, lo realizará personal de la misma entidad como parte del convenio que se suscribirá con ellos, se les proveerá de cables y materiales necesarios para que puedan llevar a cabo dicha instalación, el cable deberá ser instalado en el cable de tierra del Sistema Eléctrico interconectado.
- En cuanto al tramo que va enterrado, los trabajos se los realizará por contrataciones locales (personal de región cercana a la instalación), previo un permiso obtenido en las Prefecturas provinciales.

El plan de Instalación de Equipos de Campo.

Que corresponden a las repetidoras que irán instaladas en las centrales locales y deberán tener la misma protección que se les dará a los equipos ubicados en las centrales de tránsito.

En el plan de instalación de los Equipos de la Central.

Se lo hará en un sitio donde se encuentran localizadas las centrales telefónicas de tránsito, se instalará los equipos ADM puesto que usualmente es donde llegan las interfaces eléctricas y donde deben llegar las interfaces ópticas y las mismas que disponen de la seguridad necesaria para su instalación como el de sistemas de energía, ya sea que esta provenga de una red de distribución pública o de generadores propios de EMETEL.

- La energía eléctrica puede hacerse con un voltaje nominal de $208 \pm 5\%V$ entre fases o monofásica con voltaje nominal de $120 \pm 5\%v$, con una frecuencia de 60 ± 5 Hz.
- Los equipos de transmisión operarán con un voltaje nominal de $48 \text{ VCD} \pm 10\%$.
- Los rectificadores requeridos deberán tener un ruido psfométrico menor que 5V y ondulación menor que 400mV P-P.
- Funcionar con un factor de potencia superior a 0.85 para todos los valores de carga hasta el 100% de su capacidad nominal.
- Se utilizarán ventiladores para proteger de explosiones de gas, cuando se recarguen las baterías, que funcionan de una manera automática cuando el rectificador recarga las baterías.
- Para el cableado, cada alambre será identificado con un número, colocado sobre la etiqueta fijada en los extremos del alambre.
- Se protegerán barras de conexión, tornillos, tuercas de fijación contra oxidación.
- Se instalarán más sistemas de acondicionamiento ambiental en caso de que los equipos así lo requieran.

12.2. Mantenimiento

Para el mantenimiento, se elaborará un sistema de gestión de fallas de tal manera que se prevenga y corrija cualquier anomalía que se detecte en la red con la finalidad de optimizar la misma y proveer al usuario de un mejor servicio.

12.2.1. Definición de mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo consiste en efectuar un cierto número de operaciones de manera de minimizar el riesgo de falla de un enlace.

Estas operaciones pueden ser periódicas o puestas en funcionamiento por el sistema de supervigilancia de los equipos.

12.2.2. Definición de mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo consiste en efectuar una cantidad mínima de operaciones como forma de corregir un estado de defecto en los plazos más breves.

Estas operaciones son puestas en marcha por el sistema de supervigilancia de los equipos, ellas consisten en reemplazar las tarjetas diagnosticadas con defecto.

12.2.3. Definición del nivel técnico del operario que realiza el mantenimiento

Es imperativo que los técnicos que aseguran el mantenimiento de los equipos sean expertos en las técnicas de red y hayan tomado conocimientos de las informaciones que tratan de las tarjetas utilizadas.

Sistema de Gestión de Red y Elementos.

- El sistema de gestión de Red y Elementos deben soportar la instalación y puesta en servicio, actividades de establecimiento de servicios de transporte, monitoreo de la red, recuperación de la red, análisis de comportamiento y mantenimiento del equipo de red en las redes SDH, dando así flexibilidad para soluciones de red y cubriendo todas las aplicaciones de rutas nacionales e internacionales STM-16 hasta los sistemas de acceso para servicios del usuario final.
- Este sistema es la clave para poder explotar plenamente las posibilidades ofrecidas por las soluciones de red de transporte SDH, proporcionando funciones de gestión de red y elementos para todos los elementos de red.
- El operador puede utilizar el sistema para configurar, poner la red en servicio y establecer un servicio de transporte. De esta manera se posibilita la apreciación de la calidad del servicio suministrado por la red y poder iniciar un mantenimiento preventivo.
- Este sistema se puede dividir en un subsistema de gestión de red y de gestión de elementos, de tal manera que se puede configurar la red y servicio de transporte, visualización de circuitos de alarma, control de mediciones de comportamiento de circuitos.
- Las funciones de reserva, soportan la administración del usuario. Las funciones de seguridad del sistema puede selectivamente (de día o de noche), limitar el acceso de usuario y a los dominios de la red.

Sistemas de Alarmas (Mantenimiento Preventivo)

- Todas las alarmas generadas por falla del cable y alarmas generadas por el equipo múltiplex serán generadas por el equipo múltiplex serán indicadas en una NMS (Network Management System).
- Las alarmas serán filtradas a través de un proceso de reducción de alarmas, diseñado para mostrar solamente la causa de múltiples señales de alarma para prevenir una sobrecarga de información al operador.

- Los estados de alarma de las condiciones del cable de fibra óptica incluirían indicaciones del umbral de una gestión de desempeño (suministra y monitores datos de mantenimiento, calculados por multiplex ADD DROP SDH) y una presentación de detección de fallas según las normas de la UIT-T en un nivel apropiado de multiplex involucrado. Las alarmas generadas dentro del terminal multiplex serán identificadas al nivel de tarjeta cuando sea posible.
- El acceso al NMS será controlado a través de un login y una contraseña (password) independientemente de la ubicación del operador.

Mantenimiento Correctivo.

- El mantenimiento correctivo se lo realizará cambiando las partes que se detecte posibles fallas.
- Se realizará un reporte estadístico de todas las fallas que se presentan indicando el tiempo de horas-hombre requerido para repararlas y los recursos que se utilizarán.
- La cantidad requerida de repuestos se calculará basándose en la proporción de fallas del sistema a través de la experiencia del fabricante para los sistemas de transmisión, gestión de la red y equipos de energía si es que se suministraren, se toma un valor del 5% para repuestos refiriéndose al conjunto de repuestos para todos los sistemas involucrados, incluido el cable de fibra óptica.

12.3. Suministro de energía

- La energía eléctrica puede hacerse con un voltaje nominal de $208 \pm 5\%V$ entre fases o monofásica con voltaje nominal de $120 \pm 5\%v$, con una frecuencia de $60 \pm 5Hz$.
- Los equipos de transmisión operarán con un voltaje nominal de $48 VCD \pm 10\%$.
- Los rectificadores requeridos deberán tener un ruido psfométrico menor que 5V y ondulación menor que 400mV P-P.
- Los rectificadores permitirán alimentar a todo el equipo pertinente con una corriente continua de -48VCD.
- En los rectificadores se limitará su corriente al 10% de su capacidad nominal, en modalidad automática o manual.

- Funcionar con un factor de potencia superior a 0.85 para todos los valores de carga hasta el 100% de su capacidad nominal.
- El lugar donde se instalarán los equipos, deberá tener la suficiente capacidad, de lo contrario se proveerá de los siguientes equipos:

Tableros de distribución de baja tensión

Rectificadores

Baterías

Convertidores

- Recargar las baterías al 100% en un tiempo de 15 a 20 horas, durante el período de mayor tráfico, al mismo tiempo que alimentar a la central y más equipos conexos.
- Se dispondrá de equipos que permitan:

Cambio a funcionamiento automático

Ajuste en los voltajes y límites de corriente

Auto - protección

- El cambio de funcionamiento carga a flotante se realizará en forma manual o automática. El cambio automático de funcionamiento dependerá del voltaje de carga o tiempo que deberá ser hasta un máximo de 12 horas.
- Cuando un rectificador sufra una avería, este será puesto fuera de servicio, emitirá una alarma y pasará sus funciones a otros rectificadores en forma automática. La alarma será visual y sonora.
- El sistema total de rectificadores deberá dimensionarse con redundancia tipo n+1, es decir, en la hora plena de carga de la central podrá tenerse una unidad completa fuera de servicio sin que ello obligue a suplir energía desde las baterías.
- El control de las baterías deberá hacerse de igual forma a las que se usan en equipos para equipos de telecomunicaciones, con una vida útil mínima de 15 años.

- Se calculará la capacidad de las baterías en amperio - hora de manera que se pueda alimentar a los equipos de transmisión y anexos durante ocho horas, con la capacidad máxima de tráfico y sin contribución de otras fuentes de alimentación.
- Las baterías se cargarán en seco, siendo necesaria una ligera carga de igualación para que esté en condiciones de trabajo. Se indicará el tiempo máximo que las baterías podrán mantenerse sin uso.
- Antes de poner en servicio las baterías, se ejecutarán dos ciclos de carga y descargas y si la batería no entrega más del 85% de su capacidad será rechazada.
- Los aparatos tales como barras de conexión, tornillos, tuercas de fijación, deberán estar contra la oxidación.
- Se controlará que los equipos sean capaces de funcionar sin aire acondicionado durante un período continuo de 24 horas, con un mínimo de 60 horas al año.
- Si se notare el requerimiento de más acondicionadores, se deberá disponer su colocación inmediata.

CAPÍTULO 13

ANÁLISIS DE COSTOS

13.1. Análisis económico

Para el análisis económico del proyecto se ha considerado los costos de los equipos a utilizarse, y el costo de instalación de toda la red propuesta.

a) RED COSTERA:

EQUIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	TOTAL COSTO INSTALACION	TOTAL USD \$
MUX ADM	5	200.000	1'000.000	10.000	1'010.000
REPETIDOR	9	50.000	450.000	45.000	495.000
CAJAS DE EMPALME	4	350	1.400	140	1.540
CONECTORES	22	10	220	22	242
FIBRA MONOMODO (km)	886,1	4	3.544	354	3.898
ACCESORIOS					10.000
			1'455.164	55.516	1'520.680

Tabla 13.1. Descripción de los costos de la Red Costera

a) RED SUBMARINA:

EQUIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	TOTAL COSTO INSTALACION	TOTAL USD \$
MUX ADM	0	-	-	-	
REPETIDOR	7	60.000	420.000	84.000	504.000
ACOPLADOR	14	350	4.900	980	5.880
CONECTORES	4	10	40	20	60
FIBRA MONOMODO (km)	680	10	6.800	680	7.480
ACCESORIOS					200.000
			827.100	85.680	717.420

Tabla 13.2. Descripción de los costos de la Red Marina

Costo Total de la Red Costera	\$ 1'520.680,=
Costo Total de la Red submarina	\$ <u>717.420,=</u>
Costo Total del Proyecto	\$ 2'238.100,=

13.2. Inversión proyectada

Basándose en los cálculos realizados anteriormente, el costo total del proyecto sería extremadamente elevado por lo cual se plantea realizar el proyecto en dos etapas. La primera sería la red Costera (por postes de alta tensión y por carreteras) y la segunda fase del proyecto sería la red Marina la cual se realizaría máximo seis meses después de la operación de la primera etapa.

La inversión para la fase inicial del proyecto sería entonces de 1'520.000 US\$ la que se analizaría a 36 meses al 90% y el 10% se mantendrá como valor residual de equipos. A esto hay que agregar un rendimiento financiero del 16% anual, es decir:

DESCRIPCION	US\$
Inversión Inicial	1'520.000,=
Amortización 90%	1'368.000,=
Valor mensual (36 meses)	38.000,=
Rendimiento Financiero 16% anual	243.200,=
Rendimiento Financiero Mensual	20.266,=
Total Retorno Mensual	58.266,=

Tabla 13.3. Liquidación del Préstamo Bancario fase inicial

Para la segunda etapa del proyecto se la realiza bajo las mismas bases económicas de la primera parte, es decir:

DESCRIPCION	US\$
Inversión Inicial	717.420,=
Amortización 90%	645.678,=
Valor mensual (36 meses)	17.935,=
Rendimiento Financiero 16% anual	114.787,=
Rendimiento Financiero Mensual	9.565,=
Total Retorno Mensual	27.500,=

Tabla 13.4. Liquidación del Préstamo Bancario fase final

13.3. Clientes previstos

A continuación presentamos la proyección del crecimiento de usuarios en la red. La estimación de usuarios por nodo no sería real ya que la distribución puede variar de acuerdo a las necesidades y ubicación de los mismos, para evitar este problema consideraremos en forma global los circuitos de datos por los cuatro tipos escogidos.

Enlaces	1-3	3-6	6-9	9-12	12-15	Total
Categoría 1	12	17	19	16	16	80
Categoría 2	6	10	9	10	10	45
Categoría 3	8	7	7	7	7	36
Categoría 4		2	2	2	2	8
Total	26	36	37	35	35	169

Tabla 13.5. Enlaces nuevos de cada trimestre

Nota:

- Categoría 1 hasta 200 km.
 Categoría 2 de 200 a 400 km.
 Categoría 3 de 400 a 600 km.
 Categoría 4 mayor de 600 km.

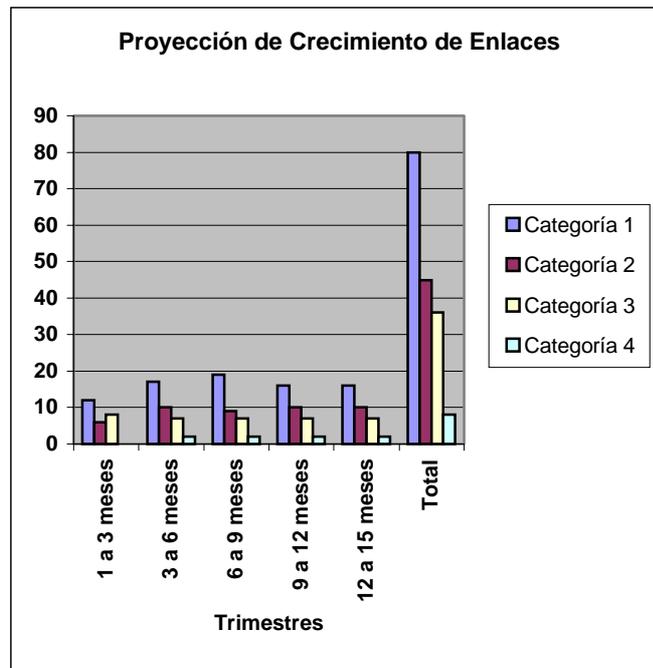


Figura 13.1. Proyección de Crecimiento de enlaces

13.4. Rubros por servicio

Enlaces	Al término 3 meses		Al término 6 meses	
	Usuarios	Valor	Usuarios	Valor
Categoría 1	12	14,400	29	34,800
Categoría 2	6	12,000	16	32,000
Categoría 3	8	24,000	15	45,000
Categoría 4		-	2	8,000
Total	26	50,400	62	119,800

Al término 9 meses		Al término 12 meses		Al término 15 meses	
Usuarios	Valor	Usuarios	Valor	Usuarios	Valor
48	57,600	64	76,800	80	96,000
25	50,000	35	70,000	45	90,000
22	66,000	29	87,000	36	108,000
4	16,000	6	24,000	8	32,000
99	189,600	134	257,800	169	326,000

Tabla 13.6. Valores por recaudación de servicios

CATEGORIA	COSTO US \$
1	1.200
2	2.000
3	3000
4	4000

Tabla 13.7 Rubros mensuales por alquiler de circuitos

NOTAS:

- Sólo se considera enlaces a 64 kbps
- No se toman en cuenta valores por enlaces de última milla

13.5. Gastos de operación

A continuación presentamos un análisis de Gastos de Operación en base al compromiso de que la empresa brinde un soporte y mantenimiento confiable.

DESCRIPCION	GASTOS
Sueldos	4.000
Cargas Sociales	780
Arriendos	1.200
Comunicaciones	300
Seguros	1.500
Viajes	800
Utiles y materiales	100
Publicidad	1.000
Otros	1.000
Amortización	1.500
Total	12.180

Tabla 13.8. Gasto de Operación de la Compañía

13.6. Análisis de utilidad bruta a generarse

	MESES				
	3	6	9	12	15
INGRESOS					
Pensión Mensual	50.400	119.800	189.600	257.800	326.000
<i>Total Ingresos</i>	<i>50.400</i>	<i>119.800</i>	<i>189.600</i>	<i>257.800</i>	<i>326.000</i>
EGRESOS					
Gatos de Operación	12.180	12.180	12.180	12.180	12.180
Amortización	58.266	85.766	85.766	85.766	85.766
<i>Total Egresos</i>	<i>70.406</i>	<i>97.946</i>	<i>97.946</i>	<i>97.946</i>	<i>97.946</i>
FLUJO DE CAJA (GANANCIA)	-20.006	+ 21.864	+ 91.654	+ 159.854	+ 228.054

Tabla 13.9. Estado de Ingresos y gastos

13.7. Análisis costo-beneficio

A continuación presentamos un cuadro comparativo de costos de las diferentes empresas que proveen servicio de portadora en nuestro país y compararemos estos valores con las cifras que plantea nuestro proyecto.

EMPRESA	COSTO US\$
PACIFICTEL	1.000
TELEHOLDING	1.500
NOSOTROS	2.000
TRANSTELEDATOS	2.000
CONECEL	2.400
IMPSAT	3.000

Tabla 13.10. Tabla Comparativa de Costos de Enlaces

Nota:

- Los valores son por enlaces a 64 kbps hasta 400 km. de distancia.

Ahora analizaremos una comparación del servicio de las diferentes empresas del país en comparación con el proyecto que hemos planteado.

EMPRESA	MEDIO DE TRANSMISION	CARACTERÍSTICAS DEL SERVICIO
PACIFICTEL	Redes Telefónicas	Positivo: Más económicas del mercado Negativo: Servicio deficiente y poco confiable
TELEHOLDING	Red privada última milla es Pacifictel	Positivo: Bajo costo Negativo: Usa red de Pacifictel
NOSOTROS	Fibra Óptica	Positivo: Económico, confiable (redundancia) velocidades de transmisión elevadas (155 Mbps), tecnología de fácil multiplexación, gran variedad de anchos de banda. Negativo: Inversión del proyecto es elevada, pero con gran rentabilidad.
TRANSTELEDATOS	Fibra Óptica y Satélite	Positivo: Conocido en el mercado Negativo: Tiempos de respuesta elevados debido al retardo de saltos satelitales.
CONECEL	Microondas	Positivo: Red Nacional Negativo: Se ve afectado por interferencias ambientales. No hay seguridad en la privacidad de los datos.
IMPSAT	Satélite	Positivo: Supera fácilmente la falta de infraestructura. Negativo: Ancho de banda limitado, falta de seguridad, retardo de transmisión.

Tabla 13.11. Tabla Comparativa de Servicios

Como podemos observar nuestro proyecto presta ventajas económicas y tecnológicas que lo harían una de las mejores opciones de comunicaciones en el mercado nacional.

CAPÍTULO 14

APLICACIONES DEL PROYECTO

Este proyecto tiene por objetivo proveer un servicio de portadores a todo el mercado público y privado de las principales provincias de la Costa.

Mediante un estudio de mercado se ha podido determinar que cerca del 54% del mercado a nivel costero se ve afectado en sus comunicaciones porque no tiene un sistema de enlace de datos económico y sobre todo confiable.

El fin de este proyecto es por eso abarcar este mercado insatisfecho con el ánimo de brindar interconexión de Redes Públicas y Privadas para toda la Región.

A través de esta red nosotros podemos tener comunicación de voz, datos, vídeo con una amplia gama de ancho de banda que se ajusten a las demandas y necesidades de los clientes.

Nuestra red proveerá a los clientes:

- Seguridad del medio de transmisión debido a la redundancia del sistema y al servicio de soporte técnico adicional.
- Seguridad en la información debido que para desviarlo o alterarlo se necesita de un bifurcador lo cual requiere un nivel técnico elevado además que si se lograra hacerlo, sería de fácil detección ya que la potencia de recepción se atenuaría por debajo del umbral.

CONCLUSIONES

La unificación de los diferentes niveles jerárquicos de transmisión, la estandarización de los equipos sincrónicos y de sus interfaces, el incremento de la velocidad de transmisión, la posibilidad de obtener mayores velocidades de conmutación, la facilidad para la administración y el control de la red telefónica, la seguridad y confiabilidad de la red y la posibilidad de poder, en el futuro, introducir nuevos servicios, son de manera general, algunas de las ventajas que la migración hacia la jerarquía digital sincrónica ofrece a nuestra red telefónica actual.

Los criterios utilizados en el diseño de la red SDH futura nos permitieron ofrecer una estructura de red con gran capacidad decrecimiento. Así, el diseño que planteamos, está planificado de tal manera que satisfaga suficientemente las demandas de tráfico hasta el año 2010. A más de esto, se le ha adicionado un 20% a su capacidad física de transporte, con el fin de cubrir incrementos de tráfico mayores a los estimados en nuestro proyecto. La red SDH planificada tiene también una capacidad sobrante que aún permite expansión.

Una de las ventajas de la jerarquía SDH es que nos permite manejar flujos de información superiores a los de la jerarquía PDH. Facilita el acceso a una red de servicios integrados que provea a los usuarios de voz datos y vídeo, ya que esto se lo hace más fácilmente por medio de la Jerarquía Digital Sincrónica.

Se escoge el tipo de tendido, enterrado directo debido a su gran aceptación en proyectos de gran cobertura y también a su costo. Permitirá grandes capacidades de transmisión y puesto que solo se usarán 4 fibras de todos los que conforman el cable, el resto pueden entrar en oferta para utilización por parte de empresas privadas que requieran grandes tasas de transmisión como por ejemplo la televisión por cable.

Además nos permitirá contar con grandes canales de transmisión por algunos años, permitiéndonos prescindir de alguna manera de la comunicación vía satélite. Gracias a los componentes intermedios del enlace, que cuenta con amplificadores que no dependen de la tasa de transmisión como el EDFA usado en nuestro proyecto, el upgrade a velocidades superiores solo tendrá lugar en los puntos terminales.

RECOMENDACIONES

- El análisis de costos presentado en este trabajo trata mas que nada de dar una idea del costo que involucraría el desarrollo de un proyecto de esta envergadura, así como de tarifas adecuadas para la amortización del proyecto.
- Para el cierre del anillo SDH se contaban con múltiples alternativas que satisfacerían esta necesidad. Entre estos contábamos con enlaces satelitales o un enlace F.O terrestre que una otras ciudades importantes del país.
- Para el dimensionamiento del equipo solo se considero el trafico entre las ciudades de interés, puesto que nuestro proyecto tiene posibilidades de conexión con el resto del país, hubiera sido conveniente considerar el tráfico producido por las demás ciudades.
- El tipo de fibra óptica utilizadas en el proyecto permite la utilización de la multiplexación por división de longitud de onda, por lo cual el upgrade del proyecto se realizaría reemplazando los amplificadores ópticos y la interface de los agregados.

ANEXO I

Recomendaciones de la ITU-T

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución N.º 1 de la CMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarifación
Serie E	Red telefónica y RDSI
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión
Serie H	Transmisión de señales no telefónicas
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas y de televisión
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior

Serie M	Mantenimiento: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Equipos terminales y protocolos para los servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Z	Lenguajes de programación

ANEXO II

El siguiente cuadro muestra los valores del tráfico ofrecido en servicio automático y es directamente aplicable a haces de circuitos de plena disponibilidad, así como a haces con una disponibilidad comprendida entre 10 y 50. Conociendo el valor del tráfico ofrecido (A) en erlangs y la disponibilidad (K), puede determinarse, con el cuadro, el número de circuitos necesarios para una probabilidad de pérdida (B) del 2%. Este cuadro comprende grupos de hasta 200 circuitos y disponibilidades de 10, 20, 30, 50 y N circuitos (N circuitos corresponde a la plena disponibilidad). En la figura se muestra el método de utilización del cuadro citado. Cuando los haces de circuitos se dividan en circuitos unidireccionales y bidireccionales, la distribución y el número de circuitos de cada tipo serán objeto de acuerdo entre las administraciones interesadas.

N \ K	10	[K] Disponibilidad	50	N
100	64.0		84.1	88.0
102	65.3		85.9	89.9
104	66.5		87.6	91.9
106	67.8		89.4	93.8
[N]		[A]		
Circuitos		Tráfico ofrecido (erlangs)		
196	125.4		170.4	182.2
198	126.7		172.2	184.2
200	128.0		174.1	186.2

Ejemplo de utilización del cuadro

A pesar de que esta tabla no se la utilizó para nuestro proyecto puesto que es para un grado de servicio de 2%, nos brinda una idea del manejo de este tipo de referencias.

K N		10	20	30	50	N
	A					
100		64,0	76,3	80,4	84,1	88,0
102		65,3	77,9	82,1	85,9	89,9
104		66,5	79,6	83,8	87,6	91,9
106		67,8	81,2	85,5	89,4	93,8
108		69,1	82,8	87,3	91,2	95,7
110		70,4	84,4	89,0	93,0	97,7
112		71,7	86,0	90,7	94,8	99,6
114		72,9	87,6	92,4	96,6	101,6
116		74,2	89,3	94,1	98,3	103,5
118		75,5	90,9	95,8	100,1	105,5
120		76,8	92,5	97,5	101,9	107,4
122		78,1	94,1	99,3	103,7	109,4
124		79,3	95,7	101,0	105,5	111,3
126		80,6	97,3	102,7	107,3	113,3
128		81,6	99,0	104,4	109,1	115,2
130		83,2	100,6	106,1	110,9	117,2
142		90,8	110,3	116,5	121,7	128,9
144		92,1	111,9	118,2	123,5	130,9
146		93,4	113,5	119,9	125,3	132,9
148		94,7	115,1	121,6	127,1	134,8
150		96,0	116,7	123,4	128,9	136,8
152					130,7	138,8
154		98,5	120,0		132,5	140,7
156		99,8	121,6	128,5	134,3	142,7
158		101,1	123,2	130,3	136,1	144,7
160		102,4	124,8	132,0	137,9	146,6
180		115,2	140,9	149,2	155,9	166,4
182		116,4	142,5	151,0	157,7	168,3
184		117,7	144,1	152,7	159,6	170,3
186		119,0	145,7	154,4	161,4	172,3
188		120,3	147,3	156,2	163,2	174,3
190		121,6	148,9	157,9	165,0	176,3
192		122,8	150,6	159,6	166,8	178,2
194		124,1	152,2	161,3	168,6	180,2
196		125,4	153,8	163,1	170,4	182,2

ANEXO III

SUELOS

Suelos Aluviales.

Los suelos poco hidromórficos son muy fértiles con múltiples posibilidades agrícolas. Los suelos de carácter ándico se encuentran sobre relieves ondulados del piedemonte oriental; son de origen volcánico y constituyen el potencial agrícola de la Región Amazónica. Los suelos saturados de agua salina se encuentran en las zonas litorales y marinas (manglares salitrales).

Suelos sobre proyecciones volcánicas.

Se sitúan en la Sierra, están formados sobre depósitos de lapillis y cenizas que se transforman, según el clima, en arcilla o alófono. Los suelos arenosos se localizan alrededor de volcanes más recientes o en zonas secas. Los suelos francos, son ricos en materia orgánica y nutrientes, siendo los más fértiles del Callejón Interandino. Los suelos alofánicos se sitúan en lugares donde el frío y las fuertes pendientes, limitan su utilización. Los alofánicos muy húmedos corresponden a zonas muy lluviosas; su fertilidad es baja y la utilización agropecuaria muy problemática.

Suelos sobre materiales antiguos.

La influencia del clima, sobre estos materiales, es determinante, pues favorece la presencia de montmorillotina o caolinita.

Suelos con Momtmorillonita.

Los vertisoles son suelos muy plásticos cuando están húmedos y muy duros, y fisurados cuando están secos. Los planosoles ocupan ciertos lugares planos, se caracterizan por su horizonte superior arenoso o limoso sobre una capa de arcilla. Los suelos sin características vérticas, se presentan en zonas húmedas y son más o menos ricos, según el gradiente de precipitación. Los molisoles se sitúan en las partes altas de la cordillera costanera, donde la humedad favorece la acumulación de

materia orgánica. Los suelos rejuvenecidos por erosión, poco profundos, se sitúan sobre mesas de areniscas fuertemente disectadas.

Suelos con Caolinita.

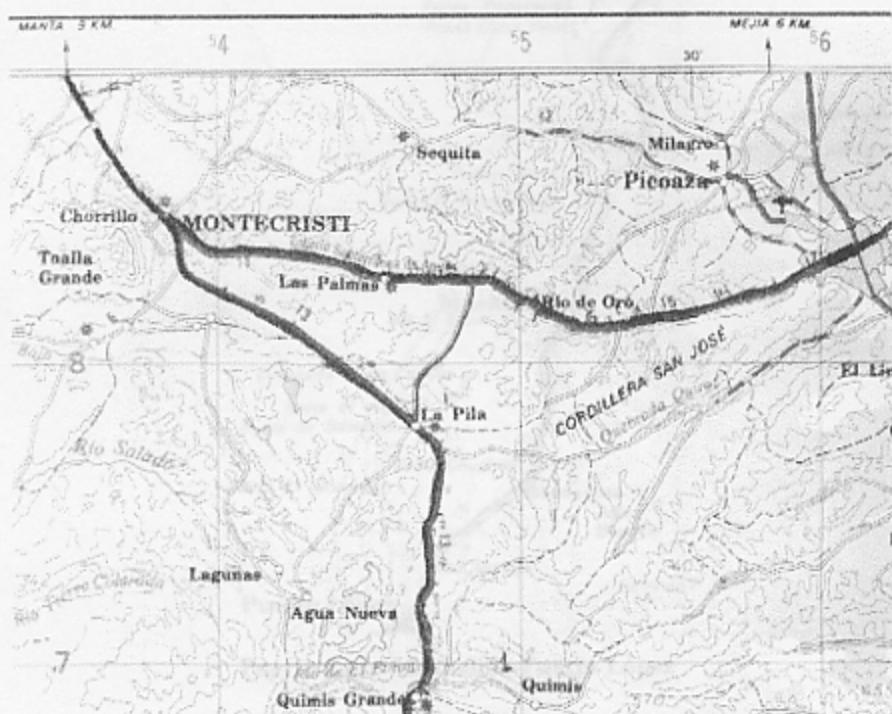
Son generalmente muy pobres y compactos. Los más ricos en nutrientes están en contacto con las regiones menos húmedas.

Suelos Minerales.

Corresponden a afloramientos rocosos situados sobre lavas recientes de las islas Galápagos, sobre las cimas de los Andes o en áreas completamente erosionadas de zonas secas.

ANEXO 4

ENLACE TERRESTRE



Portoviejo-Manta-Quimis Grande



Quimis Grande-Jipijapa-Puerto Cayo



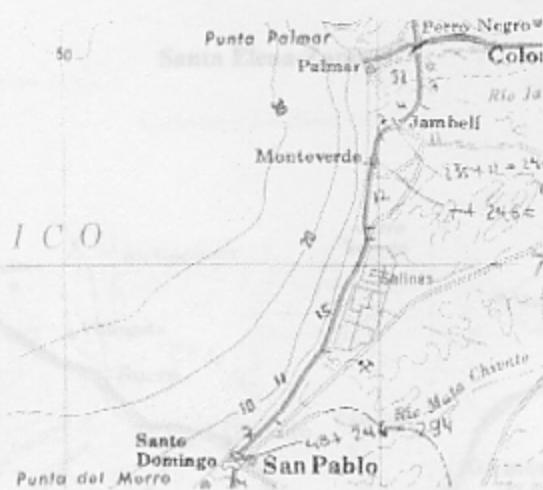
Puerto Cayo-Machalilla-Puerto López



Puerto López-San José



La Curia-Manglaralto-El Perro Negro



El Perro Negro-San Pablo



San Pablo-Salinas-La Libertad-Santa Elena



Santa Elena-Zapotal



Buenos Aires-Progreso-Cerecita



Consuelo-Guayaquil



Guayaquil-Kilómetro 26



Kilómetro 26-Coop. Primero de Mayo



Coop. Primero de Mayo-Puerto Inca



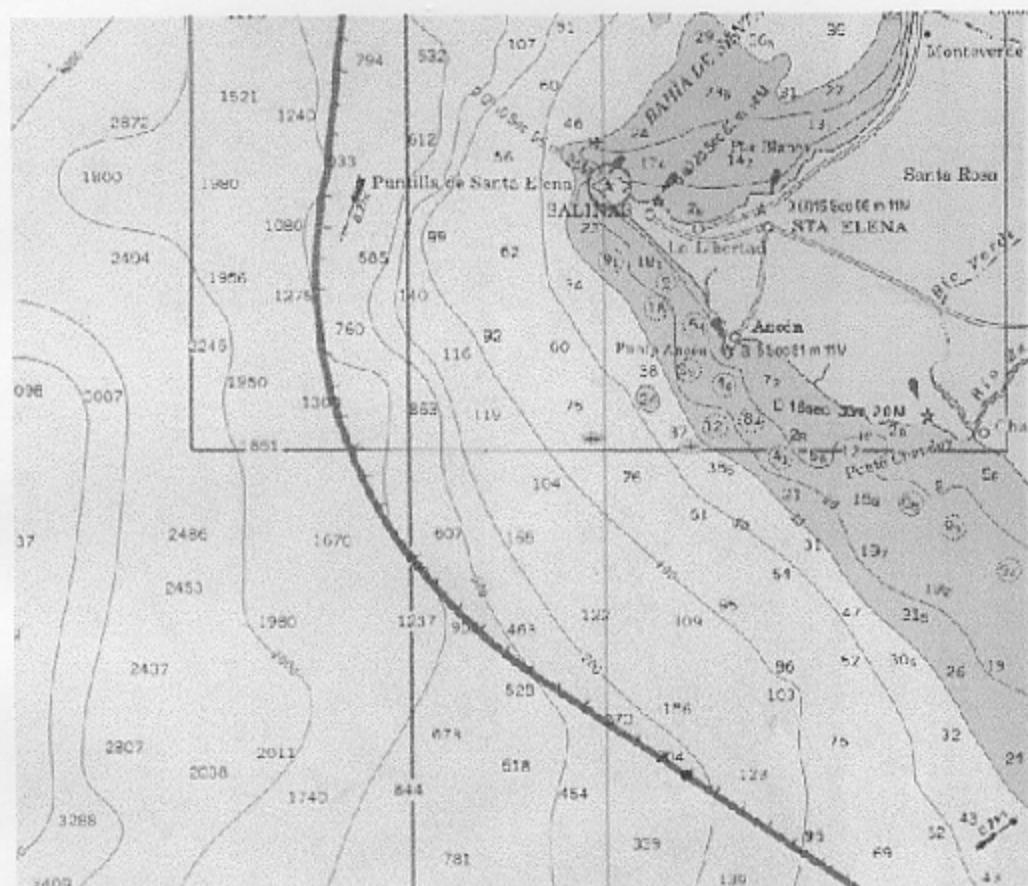
Puerto Inca-Naranjal-El Aromo



El Aromo-Buena Vista



Buena Vista-Río Bonito



Costas de Guayas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Pan-Americam System Manual, TYCO Submarine System, Sept. 1998.
- Equipamiento de Línea Sincrónico, ITALTEL, 1998.
- Multiplexor Sincrónico STM-4 / STM16 de inserción / extracción, Alcatel, 1997.
- Recomendaciones de la CCITT, 1998.
- Mapas del Instituto Geográfico Militar, 1994.
- Carta Marítima del Instituto Oceanográfico de la Armada, 1993
- Ley de Correos, Telecomunicaciones, Radiodifusión y Televisión, TOMO II, Nov. 98.
- Páginas web:
 - Alcatel (www.alcatel.com)
 - Lucent (www.lucent.com)
 - Pirelli (www.pirelli.com)