

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
ESCUELA UNIVERSITARIA DE TELECOMUNICACION



TRABAJO FIN DE CARRERA

RED DE TRANSMISION DE DATOS A ALTA
VELOCIDAD PARA LA CIUDAD DE LAS PALMAS

ESPECIALIDAD	Equipos Electrónicos
AUTOR	Pedro Díaz Cabrera
TUTOR	Sebastian Suárez Gil
FECHA	Abril 1995

CALIFICACION

Quiero expresar mi especial agradecimiento al Encargado de Transmisión sobre fibra óptica de la Central de Alcantara (Madrid), al Servicio de Control Ibermic de la Central de Gran Vía (Madrid), y al Departamento de Ingeniería de la Central de Rios Rosa (Madrid) por su inestimable colaboración.

TOMO I

**** **INDICE** ****

TOMO I

1.- Introducción.	Pag. 1
2.- Justificación del proyecto.	Pag. 5
2.1.- Introducción	Pag. 6
2.2.- ¿Por qué la elección de la fibra óptica?	Pag. 7
3.- Descripción general de un sistema de fibra óptica.	Pag. 13
3.1.- Introducción	Pag. 14
3.2.- Configuración de un terminal óptico	Pag. 16
3.2.1.- Parte transmisora	Pag. 16
3.2.2.- Parte receptora	Pag. 17
3.2.3.- Parte común	Pag. 17
3.3.- Equipo transmisor	Pag. 18
3.3.1.- Codificador	Pag. 18
3.3.2.- Transmisor óptico	Pag. 19
3.4.- Equipo receptor	Pag. 22
3.4.1.- Receptor óptico	Pag. 22
3.4.2.- Decodificador	Pag. 24
3.5.- Repetidor intermedio	Pag. 26
4.- Descripción del sistema objeto de este proyecto	Pag. 28
4.1.- General	Pag. 29

5.- Diagrama de bloques del sistema	Pag. 32
5.1.- Estructura general del anillo de fibra óptica en el Termino Municipal de las Palmas de Gran Canaria	Pag. 33
5.2.- Conexión de los ETLO de cada Zona al anillo de fibra óptica	Pag. 34
5.3.- Diagrama de bloques en la Central de Altavista	Pag. 35
6.- Balance de potencia del sistema	Pag. 36
6.1.- Introducción	Pag. 37
6.2.- Balance de potencia del sistema	Pag. 39
6.3.- Factores que determinan el balance de potencia	Pag. 41
6.4.- Diseño del sistema	Pag. 42
6.4.1.- Longitud de onda	Pag. 42
6.4.2.- Led o Laser	Pag. 43
6.4.3.- Fibra	Pag. 44
6.4.4.- Fotodetectores	Pag. 44
6.5.- Diseño global de un sistema	Pag. 46
7.- Descripción preliminar de los equipos	Pag. 48
7.1.- Equipos utilizados	Pag. 49
7.1.1.- Equipos de Alcatel utilizados	Pag. 49
7.1.2.- Otros equipos utilizados	Pag. 50
7.1.3.- Equipos de otros fabricantes	Pag. 50
7.1.3.1.- Ericsson	Pag. 50
7.1.3.1.- ATT	Pag. 50
8.- Sistema multiplex 2/34 Mbit/s y equipo de línea 34 Mbit/s fibra óptica TXFD-103E-1 MD	Pag. 51
8.1.- Parte preliminar. Descripción general del sistema	Pag. 52
8.1.1.- Introducción	Pag. 53

8.1.1.1.- Funciones principales del sistema TXFD-103E	Pag. 53
8.1.1.2.- Funciones secundarias	Pag. 56
8.1.2.- Composición del equipo	Pag. 57
8.1.3.- Descripción general de funcionamiento del MULDEX	Pag. 61
8.1.4.- Configuración mecánica	Pag. 63
8.1.4.1.- Portador	Pag. 63
8.1.4.2.- Dimensiones	Pag. 63
8.1.4.2.1.- Bastidor	Pag. 63
8.1.4.2.2.- Armazones	Pag. 63
8.1.4.3.- Regenerador terminal de línea	Pag. 65
8.1.4.3.1.- Armazón regenerador terminal de línea	Pag. 65
8.1.4.3.2.- Unidad regenerador terminal de línea	Pag. 65
8.2.- Equipo multiplex digital 2/34 Mbit/s Parte primera - Descripción general	Pag. 69
8.2.1.- Descripción general de funcionamiento	Pag. 70
8.3.- Equipo multiplex digital 2/34 Mbit/s Parte segunda - Descripción detallada	Pag. 73
8.3.1.- Armazón multiplex 2/8/34 MAT 32-34-621XX	Pag. 74
8.3.1.1.- Generalidades	Pag. 74
8.3.1.2.- Equipabilidad	Pag. 74
8.3.1.3.- Descripción física	Pag. 75
8.3.2.- Descripción del MUX 2/8 Mbit/s (MUT-3208-621AB)	Pag. 77
8.3.2.1.- Generalidades	Pag. 77
8.3.2.2.- Interfaz de los afluentes	Pag. 79
8.3.2.3.- Recepción	Pag. 79
8.3.2.4.- Interfaz de la señal multiplex	Pag. 79
8.3.2.4.1.- Transmisión	Pag. 79

8.3.2.4.2.- Recepción	Pag. 79
8.3.2.5.- Multiplexación	Pag. 80
8.3.2.5.1.- Regeneración del reloj numérico de los afluentes	Pag. 80
8.3.2.5.2.- Codificador HDB3-binario	Pag. 80
8.3.2.5.3.- Memoria tampón y justificación	Pag. 80
8.3.2.5.4.- Módulo de base de tiempo	Pag. 81
8.3.2.5.5.- Módulo de multiplexaje	Pag. 81
8.3.2.5.6.- Módulo de tratamiento de la paridad	Pag. 81
8.3.2.5.7.- Codificador binario-HDB3	Pag. 82
8.3.2.5.8.- Reloj	Pag. 82
8.3.2.6.- Demultiplexación	Pag. 82
8.3.2.6.1.- Decodificador	Pag. 82
8.3.2.6.2.- Memoria tampón y justificación	Pag. 83
8.3.2.6.3.- Base de tiempos	Pag. 83
8.3.2.6.4.- Demultiplexor	Pag. 83
8.3.2.6.5.- Tratamiento de la paridad	Pag. 83
8.3.2.6.6.- Decodificador HDB3-binario	Pag. 83
8.3.2.6.7.- Bus informático	Pag. 84
8.3.2.7.- Bucles	Pag. 84
8.3.2.8.- Alarmas	Pag. 84
8.3.3.- Descripción del MUX 8/34 Mbit/s MUT-3034-620	Pag. 85
8.3.3.1.- Generalidades	Pag. 85
8.3.3.2.- Interfaz de los afluentes	Pag. 85
8.3.3.2.1.- Transmisión	Pag. 85
8.3.3.2.2.- Recepción	Pag. 86
8.3.3.3.- Interfaz de la señal multiplex	Pag. 86
8.3.3.3.1.- Transmisión	Pag. 86
8.3.3.4.- Multiplexación	Pag. 86
8.3.3.4.1.- Regeneración del reloj numérico de los afluentes	Pag. 86

8.3.3.4.2.- Codificador HDB3-binario	Pag. 87
8.3.3.4.3.- Memoria tampón y justificación	Pag. 87
8.3.3.4.4.- Módulo de base de tiempo	Pag. 87
8.3.3.4.4.- Módulo de multiplexaje	Pag. 88
8.3.3.4.6.- Módulo de tratamiento de la paridad	Pag. 88
8.3.3.4.7.- Codificador binario-HDB3	Pag. 88
8.3.3.4.8.- Reloj	Pag. 88
8.3.3.4.9.- Módulo de justificación	Pag. 88
8.3.3.5.- Demultiplexación	Pag. 89
8.3.3.5.1.- Decodificador	Pag. 89
8.3.3.5.2.- Memoria tampón y justificación	Pag. 89
8.3.3.5.3.- Base de tiempos	Pag. 89
8.3.3.5.4.- Demultiplexor	Pag. 89
8.3.3.5.5.- Tratamiento de la paridad	Pag. 90
8.3.3.5.6.- Decodificador HDB3-binario	Pag. 90
8.3.3.5.7.- Bus informático	Pag. 90
8.3.3.6.- Alarmas	Pag. 91
8.3.4.- Unidad convertidora MUT-3501-622AA	Pag. 91
8.4.- Equipo multiplex digital 2/34 Mbit/s Parte tercera - Resumen datos técnicos	Pag. 93
8.4.1.- Características técnicas del MUX 2/34 Mbit/s	Pag. 94
8.4.1.1.- Características eléctricas del MUX 2/34 Mbit/s	Pag. 94
8.4.1.1.1.- Consideraciones generales	Pag. 94
8.4.1.1.2.- Velocidades binarias	Pag. 94
8.4.1.1.3.- Estructura de la trama de la señal multiplex de 34.368 Mbit/s	Pag. 94
8.4.1.1.4.- Método de multiplexación	Pag. 96
8.4.1.1.5.- Interfaces digitales	Pag. 96
8.4.1.2.- Alimentación	Pag. 97

8.4.1.3.- Bucles	Pag. 97
8.4.1.4.- Alarmas	Pag. 97
8.4.1.5.- Características mecánicas	Pag. 98
8.4.2.- Características técnicas de la unidad convertidora centralizada MUT-3501-622AA	Pag. 99
8.4.2.1.-Características eléctricas	Pag. 99
8.4.2.1.1.- Entrada	Pag. 99
8.4.2.1.2.- Salida	Pag. 99
8.4.2.1.3.- Protecciones	Pag.100
8.4.2.1.4.- Alarmas	Pag.100
8.4.2.2.- Características mecánicas	Pag.100
8.5.- Equipo de línea por fibra óptica a 34 Mbit/s. Descripción del equipo	Pag.101
8.5.1.- Descripción de funcionamiento	Pag.102
8.5.2.- Arquitectura del equipo terminal de línea óptica	Pag.105
8.5.3.- Circuitos ópticos	Pag.109
8.5.4.- Canal interno de servicio	Pag.112
8.5.4.1.- Circuitos de supervisión	Pag.113
8.5.4.2.- Circuito de ordenes	Pag.113
8.5.4.3.- Canales de datos	Pag.114
8.5.5.- Sistema de supervisión	Pag.114
8.6.- Equipo de línea por fibra óptica a 34 Mbit/s. Resumen de datos técnicos	Pag.118
8.6.1.- Características técnicas del sistema	Pag.119
8.6.1.1.- Interfaz de línea	Pag.119
8.6.1.2.- Interfaz eléctrica	Pag.119
8.6.1.3.- Interfaz terminal portátil	Pag.119
8.6.1.4.- Alimentación	Pag.120
8.6.1.5.- Circuitos de ordenes	Pag.120
8.6.1.6.- Interfaz del sistema de supervisión	Pag.120
8.6.1.6.1.- Interfaz serie (Term. portátil)	Pag.120

8.6.1.6.2.- Interfaz de supervisión	Pag.122
8.6.1.6.3.- Interfaz de comando externos	Pag.124
8.6.1.6.4.- Interfaz MUX	Pag.125
8.6.2.- Características técnicas de la unidad convertidora MUT-3501-621AA	Pag.126
8.6.2.1.- Características de entrada	Pag.126
8.6.2.2.- Características de salida	Pag.126
8.6.2.3.- Características adicionales	Pag.126
8.6.2.4.- Alarmas	Pag.127
8.6.2.5.- Condiciones ambientales	Pag.127
8.7.- Supervisión	Pag.128
8.7.1.- Supervisión	Pag.129
8.7.1.1.- Definiciones	Pag.129
8.7.1.2.- Descripción general	Pag.132
8.7.1.2.1.- Prestaciones	Pag.132
8.7.1.2.2.- El canal de telesupervisión	Pag.135
8.7.2.- Comunicación entre terminal óptico y terminal hombre-maquina	Pag.142
8.7.2.1.- General	Pag.142
8.7.2.2.- Características del interfaz	Pag.142
 9.- Equipo multiplex digital de 2/8/34 Mbit/s V.85 MBT-1234-620XX	 Pag.144
9.1.- Descripción general	Pag.145
9.1.1.- Introducción	Pag.145
9.1.2.- Alimentación	Pag.147
9.1.3.- Alarmas	Pag.147
9.1.4.- Configuración mecánica	Pag.148
9.1.4.1.- General	Pag.148
9.1.4.2.- Dimensiones	Pag.148
9.2.- Descripción detallada	Pag.150
9.2.1.- Bastidor multiplex digital de	

2/8/34 Mbit/s MBT-1234-620ZZ	Pag.150
9.2.1.1.- Configuración MUX 2/8 Mbit/s	Pag.151
9.2.1.1.1.- Transmisión	Pag.151
9.2.1.1.2.- Recepción	Pag.153
9.2.1.1.3.- Alarmas	Pag.154
9.2.1.1.4.- Alimentación	Pag.155
9.2.1.2.- Configuración MUX 8/34 Mbit/s	Pag.156
9.2.1.2.1.- Transmisión	Pag.156
9.2.1.2.2.- Recepción	Pag.158
9.2.1.2.3.- Alarmas	Pag.159
9.2.1.2.4.- Alimentación	Pag.160
9.2.1.3.- Configuración MUX 2/34 Mbit/s	Pag.160
9.2.1.3.1.- Transmisión y recepción	Pag.160
9.3.- Resumen datos técnicos	Pag.162
9.3.1.- Armazón de multiplex 2/8 Mbit/s MAT-1234-620AA	Pag.162
9.3.1.1.- General	Pag.162
9.3.1.2.- Datos técnicos de la unidad multiplex 2/8 Mbit/s MUT-1208-621A	Pag.162
9.3.2.- Armazón de multiplex 8/34 Mbit/s MAT-1234-620BA	Pag.167
9.3.2.1.- Datos técnicos de la unidad MUT 8/34 Mbit/s MUT-1034-620A	Pag.167
9.3.3.- Armazón de multiplex 2/34 MAT-1234-620CA	Pag.172
9.3.3.1.- Datos técnicos de la unidad MUT-1208-621A	Pag.172
9.3.3.2.- Datos técnicos de la unidad MUT-1034-620A	Pag.174
10.- Equipo multiplex digital de 34/140 Mbit/s MBT-1140-622XX	Pag.176
10.1.- Introducción	Pag.177
10.2.- Alimentación	Pag.177
10.3.- Alarmas	Pag.178

10.4.- Unidad multiplex 34/140 Mbit/s MUT-1140-620AA	Pag.178
11.- Equipo terminal de línea óptica a 140 Mbit/s	Pag.181
11.1.- Introducción	Pag.182
11.2.- Funcionamiento	Pag.184
11.2.1.- Regenerador terminal de línea	Pag.184
11.2.2.- Regenerador intermedio	Pag.185
11.2.3.- Canal multiplex de servicio	Pag.188
11.2.4.- Supervisión	Pag.189
11.2.5.- Protección	Pag.189
12.- Sistema de línea por fibra óptica 4x140 Mbit/s TXFD-105E/2-MD2 (FL 5401)	Pag.190
12.1.- Descripción general	Pag.191
12.1.1.- Función principal del ETLO 4x140 Mbit/s	Pag.191
12.1.1.1.- Funciones de transmisión bidireccional	Pag.191
12.1.1.2.- Funciones de supervisión y mantenimiento	Pag.191
12.1.2.- Localización del ETLO 4x140 Mbit/s en el sistema de transmisión	Pag.193
12.1.3.- Equipos asociados	Pag.194
12.2.- Descripción funcional	Pag.194
12.2.1.- Teoría de funcionamiento del ETLO	Pag.194
12.2.1.1.- Transmisión bidireccional	Pag.195
12.2.1.2.- Operación	Pag.196
12.2.2.- Usos particulares del equipo	Pag.199
12.3.- Características generales	Pag.200
12.3.1.- Características eléctricas	Pag.200
12.3.2.- Características ópticas	Pag.201

13.- Cable de fibra óptica	Pag.203
13.1.- Introducción	Pag.204
13.2.- Constitución general	Pag.204
13.3.- Materiales	Pag.206
13.3.1.- Fibras ópticas	Pag.206
13.3.2.- Protecciones de las fibras ópticas	Pag.206
13.3.2.1.- Primera protección	Pag.206
13.3.2.2.- Segunda protección (tubo)	Pag.207
13.3.3.- Elementos de relleno	Pag.207
13.3.4.- Compuesto de relleno	Pag.207
13.3.5.- Cinta de envoltura del núcleo	Pag.208
13.3.6.- Elemento de refuerzo	Pag.208
13.3.7.- Ligaduras	Pag.208
13.3.8.- Cubierta	Pag.208
13.3.8.1.- Cables monofibra y bifibra	Pag.208
13.3.8.2.- Cables multifibra	Pag.208
13.3.9.- Hilo de rasgado	Pag.209
13.4.- Manufactura	Pag.209
13.4.1.- Protecciones de las fibras ópticas	Pag.209
13.4.2.- Elemento de refuerzo	Pag.210
13.4.3.- Compuesto de relleno en núcleo	Pag.212
13.4.4.- Envoltura del núcleo	Pag.213
13.4.5.- Ligaduras	Pag.213
13.4.6.- Cubierta	Pag.213
13.4.7.- Identificación de las fibras y tubos	Pag.215
13.4.7.1.- Identificación de las fibras	Pag.215
13.4.7.2.- Identificación de los tubos	Pag.215
13.5.- Fiabilidad	Pag.215
13.6.- Código de colores para fibras	Pag.216
13.6.1.- Cables con una fibra por tubo	Pag.216

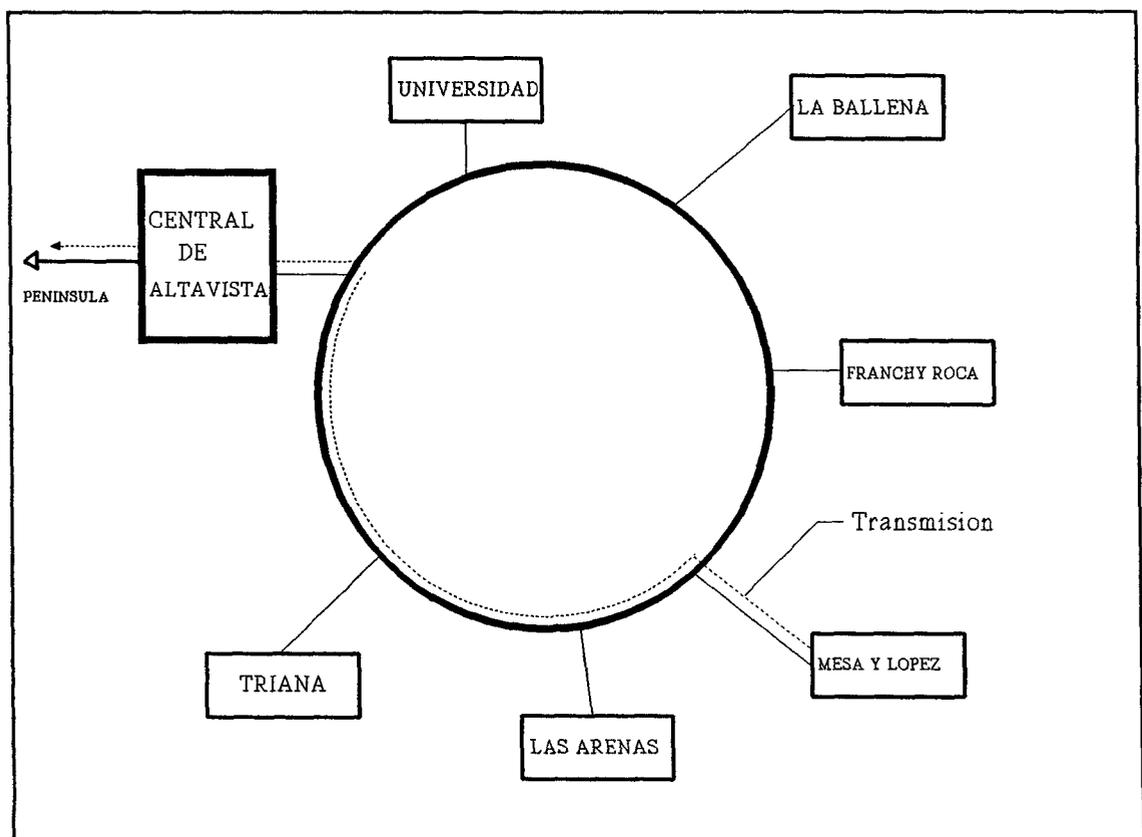
13.6.2.- Cables con dos fibras por tubo	Pag.216
13.6.3.- Cables con cuatro fibras por tubo	Pag.216
13.6.4.- Cables con ocho fibras por tubo	Pag.217
13.7.- Código de colores para tubos activos	Pag.218
13.7.1.- Cables con ocho tubos	Pag.218
13.7.2.- Cables con doce tubos	Pag.218
13.7.3.- Cables con 16 tubos	Pag.219
13.8.- Estructura básica de cables con distintas cubiertas	Pag.220
13.8.1.- Cubierta PEAP	Pag.220
13.8.2.- Cubierta PESP	Pag.220
13.8.3.- Cubierta PKP	Pag.221
13.8.4.- Cubierta PKPESP	Pag.221
14.- Armario de repartición para 16 fibras ópticas	Pag.222
14.1.- Constitución general	Pag.223
15.- Mini-Link Mk II	Pag.227
15.1.- General	Pag.228
15.2.- Funcionamiento	Pag.231

1.- INTRODUCCION

1.1.- INTRODUCCION

Este proyecto consiste en un sistema de transmisión de datos a alta velocidad a través de enlaces punto a punto de fibra óptica. Está basado en una estructura de anillo IBERMIC que enlazará las principales zonas potenciales de transmisión de datos de la ciudad de Las Palmas, con la central de Altavista (T.S.A.), para desde aquí unirla a través de otro enlace punto a punto a sus centros de cálculos (principalmente situados en Madrid). Los enlaces serán punto a punto entre la central de Altavista y las zonas donde se instalen equipos terminales de línea.

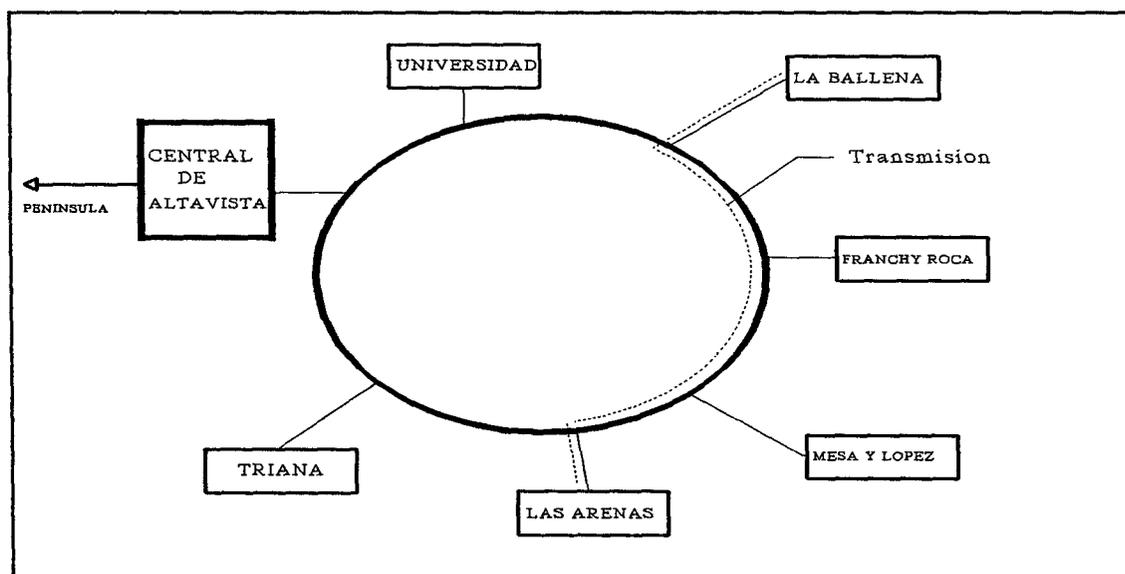
En el dibujo 1, podemos ver la estructura general de la conexión de las distintas zonas.



DIBUJO 1

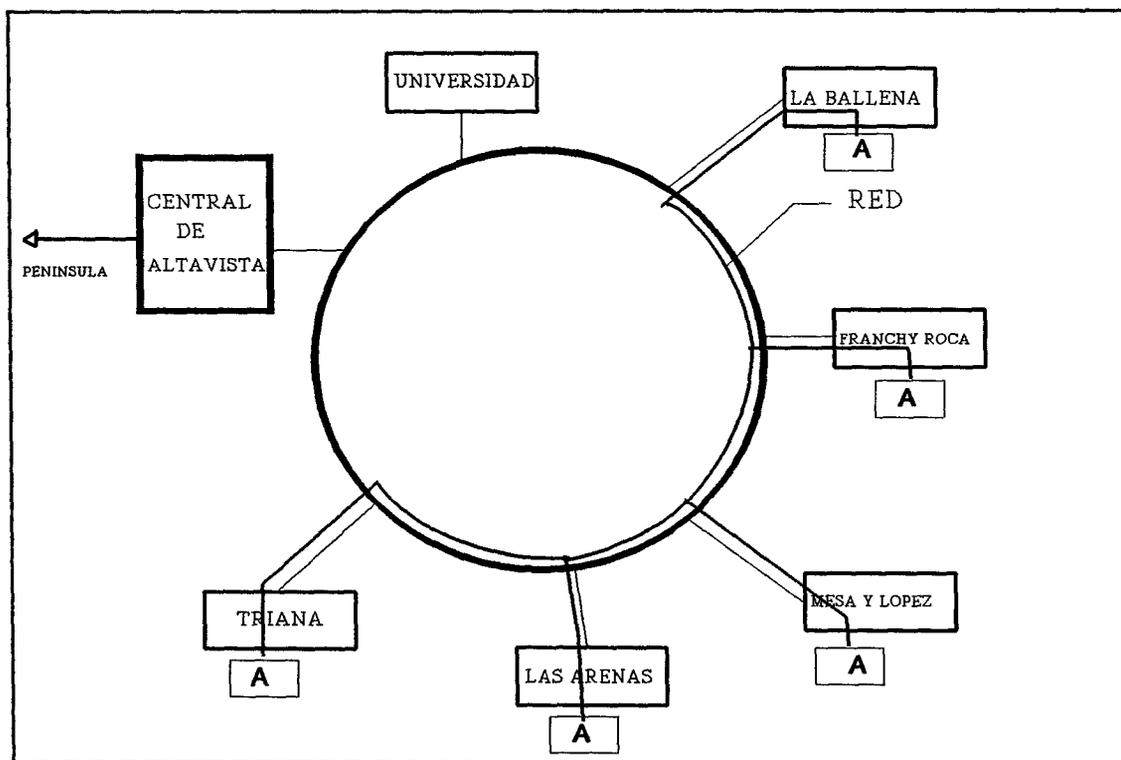
Las zonas que se han encontrado más importantes en la generación de datos (y por lo tanto en la necesidad de transmitirlos), y que en principio se conectarán al anillo (pudiéndose en un futuro sumarse otras zonas con solo conectarse al anillo a través de un enlace) son: Zona del centro comercial de la Ballena, Zona comercial de la calle Triana, Zona de la calle Franchy Roca, Zona del centro comercial de las Arenas, Zona de la Avda. Mesa y Lopez, y Zona de la Universidad de las Palmas.

Aunque en principio la principal función de los enlaces que forman el anillo de fibra óptica será la de cursar tráfico de datos entre una Zona Y la central de Altavista, y de aquí a su centro de cálculo (que casi siempre se encontrará en la península), también puede existir la opción de poder cursar tráfico entre dos Zonas a través de un enlace punto a punto sin tener que realizar tránsito en la central de Altavista [DIBUJO 2].



DIBUJO 2

Otra opción sería tomar del cable de 16 fibras óptica una de ellas y utilizarla para realizar una red de área local para el curso de tráfico entre varias empresas, sucursales, etc, de una misma índole, y situadas en distintas Zonas [A]. Para crear esta red local haría falta dotar en cada zona de elementos de control implícitos en toda L.A.N.(local area network), por medio del cual, y con el consiguiente protocolo de comunicaciones, poderse comunicar entre las distintas entidades de la red de área local [DIBUJO 3].



DIBUJO 3

Esta última opción no entra dentro del estudio de este proyecto ya que creo que la mayoría de las empresas ya disponen de una LAN que abastece sus necesidades de intercambio de información entre sus distintos departamentos o entidades.

2.- JUSTIFICACION DEL PROYECTO

2.1.- INTRODUCCION

Con este proyecto de comunicación de datos a través de fibra óptica a alta velocidad, se pretende cubrir unas necesidades de comunicación de altas prestaciones, tanto técnica como de fiabilidad y seguridad; que están necesitando los grandes núcleos comerciales o centros donde necesiten transmitir volúmenes importantes de información de una manera constante y a una velocidad apreciable.

Entiendo yo, que la ciudad de Las Palmas, como otras muchas ciudades, tiene la necesidad de una red de transmisión de datos con mejores prestaciones que las existentes actualmente.

Una gran ventaja de este proyecto, es que utiliza enlaces de fibra óptica, y pensando que este va a ser uno de los medio de enlace más utilizado para el transporte de información en el futuro, tenemos la seguridad de que aunque se consiga que los equipos terminales de línea transmitan a más velocidad, la fibra óptica podrá absorber esta evolución sin mayor problema.

Se utiliza una estructura de anillo IBERMIC para que exista la máxima compatibilidad con los equipos de Telefónica, y también por la alta velocidad que pueden ir los datos por esta red.

2.2.- ¿POR QUE LA ELECCION DE LA FIBRA OPTICA?

Desde comienzos de los años setenta se viene observando la aparición de un nuevo medio de transmisión de la información, de un nuevo portador, la fibra óptica, que actualmente esta alcanzando elevadas cotas en su utilización.

Las razones de la utilización de un conductor de luz son de diverso tipo: técnico-económicas, estratégicas, etc. Analicemos alguna de ellas.

La necesidad de incrementar el rendimiento de la planta de un sistema de telecomunicaciones constituye la motivación que induce al empleo de medios de cada vez mayor capacidad. Así es cómo surgieron los sistemas de multiplexación de la información, con el requerimiento de ampliar el ancho de banda de transmisión conforme crece el número de canales a transmitir.

En MDF (multiplex por división de frecuencia) se ha llegado en el sistema de 60 MHz a transmitir 10.800 canales telefónicos de forma simultánea a través de cable coaxial. En MDT(multiplex por división en el tiempo) la relación ancho de banda/número de canales es más pobre, pero como contrapartida se añaden todas las ventajas de la transmisión digital. La capacidad máxima real en MDT está en el sistema de 560 Mbps con sus 7.860 canales telefónicos.

En la transmisión de estos sistemas de gran capacidad siempre se ha visto como imprescindible el cable coaxial, cuyo coste crece rápidamente con el ancho de banda de la señal que debe conducir. Por otra parte, la necesidad de utilizar instrumentos encargado de la regeneración de las señales, contribuyen al encarecimiento del sistema. De lo que se deduce que es necesario conseguir la mayor longitud posible entre regeneradores.

La aparición del LASER hizo pensar en la posibilidad de su empleo como portador de información, con una capacidad de canales inimaginable, y un gran alcance entre puntos de repetición.

La confirmación de la posibilidad de emplear la luz láser como agente portador de información, llegó con la aparición, en 1968, de un vehículo capaz de conducir a través de él, con una razonable atenuación, las mencionadas radiaciones; osea el portador óptico o fibra óptica. La consecuencia inmediata de estos desarrollos está en la disponibilidad, por parte de los medios técnicos, de dispositivos a través de los cuales puede llevarse una comunicación más lejos, y con menos puntos de regeneración de las señales respecto a los procedimientos tradicionales de transmisión por cable, pudiendo, además conducir la misma, o mayor, capacidad de información que éstos.

Por otra parte, el precio global de los componentes (fibra, dispositivos emisores y receptores) muy altos hasta

hace poco, han sufrido un abaratamiento con la utilización masiva de los mismos, de forma que hoy en día los sistemas de transmisión que utilizan fibra óptica no sólo pueden competir, sino que mejoran en ciertos conceptos a los sistemas convencionales de capacidad equivalente.

Además hay que tener en cuenta que las cotas de duración previstas para los recursos actuales de cierto materiales (cobre, en este caso), y que no superan en mucho el año 2000 con el ritmo actual de uso, unido a la abundancia del material básico para la fabricación de las fibras ópticas, sílice, se comprende que las expectativas de investigación se hayan volcado sobre el nuevo portador de información.

Si a las cualidades ya enumeradas de las fibras ópticas se añaden sus prácticamente nulos envejecimiento y ausencia de corrosión, y la inmunidad de la transmisión en ambientes hostiles (radiación electromagnética, o nucleares, por ejemplo), puede comprenderse su enorme interés en ciertas aplicaciones diferentes de la telecomunicación, como industriales, militares, etc.

Según lo enunciado podemos resumir las particularidades de los sistemas de fibra óptica :

. Gran anchura de banda:

El ancho de banda establece el límite de respuesta a la señal de mayor frecuencia a transmitir en una transmisión

analógica, mientras que la dispersión o el ensanchamiento de un impulso óptico que se ocasiona en la fibra, limita la velocidad de transmisión en una transmisión digital sin regeneración, para una longitud determinada. Valores de dispersión comprendidos entre algunas decenas de nanosegundo por kilometro hasta pocos picosegundos por kilometro son posibles, correspondientes a anchos de banda comprendidos entre algunos cientos de MHz por kilometro hasta algunas decenas de GHz por Kilómetro.

- . Atenuación independiente de la velocidad de transmisión.

Debido al orden de magnitud de las frecuencias ópticas (entre 10^{14} y 10^{15} Hz) el ancho de banda de la señal es despreciable, por lo que la fibra presenta la misma atenuación para la banda espectral transmitida.

- . Inmunidad a interferencias y ruidos.

Debido a que los materiales de la fibra son dieléctricos y sus dimensiones mucho más pequeñas que las ondas del espectro radiofrecuencia, las fibras no detectan tales radiaciones, es decir son inmunes a las interferencias electromagnéticas. Además la propia estructura de guía-onda no permite el acoplamiento óptico exterior, asegurando la no interferencia óptica entre fibras paralelas.

- . Difícil de interceptar.

No existe ningún fenómeno inductivo de la luz en el material que le sirve de guía o exterior a él, por lo que la señal transmitida en su interior es imposible de ser interceptada.

. Reducido tamaño.

Una fibra típica tiene un diámetro de 125 micrometro (núcleo + envoltura). Esto las hace particularmente útiles en equipos (ordenadores) y lugares donde el tamaño sea un factor importante.

. Bajo peso.

Teniendo en cuenta que un vidrio de sílice tiene una densidad de alrededor de 2,5 gr/c.c. y su reducido tamaño, da como resultado una disminución de peso de un orden de magnitud si se compara con un conductor de cobre, de diámetro usuales 0,6 mm y 0,9 mm.

Por tanto, allí donde la disminución de peso constituya una ventaja la fibra óptica será el candidato preferido.

. Escasa influencia a factores ambientales.

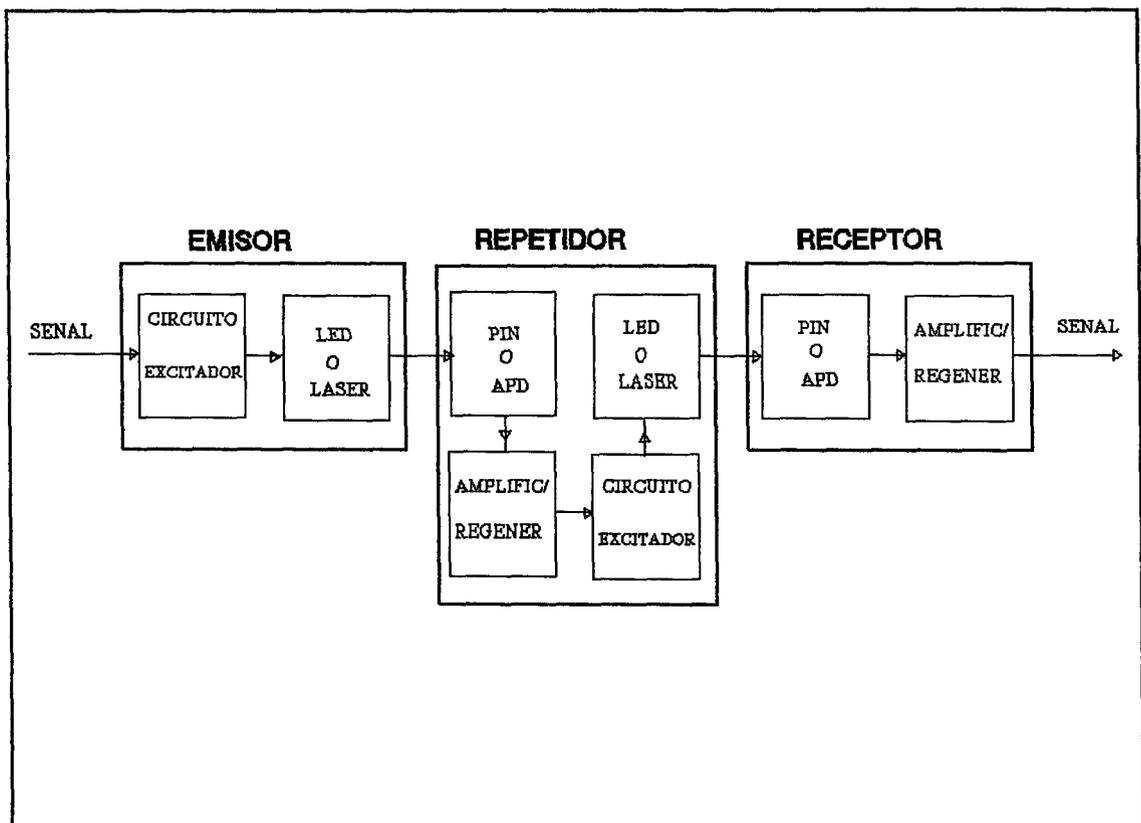
Los materiales que constituyen las fibras ópticas conservan sus propiedades de transmisión en un amplio margen de condiciones físicas adversas. Al ser el punto de fusión de los cristales de sílice mayor de 600°C permite extender el rango de temperatura de operación de las fibras entre -55

a 125°C. El límite a este rango vendrá impuesto por las condiciones de temperatura del material de protección de la fibra.

**3.- DESCRIPCION GENERAL DE UN
SISTEMA DE FIBRA OPTICA**

3.1.- INTRODUCCION

Antes de realizar una explicación general del sistema de transmisión que se pretende analizar en este proyecto vamos a dar una pequeña introducción a una serie de elementos constitutivos de todo sistema de comunicaciones a través de fibra óptica. En el dibujo 4 podemos ver un esquema general de una sistema de transmisión a través de fibra óptica.



DIBUJO 4

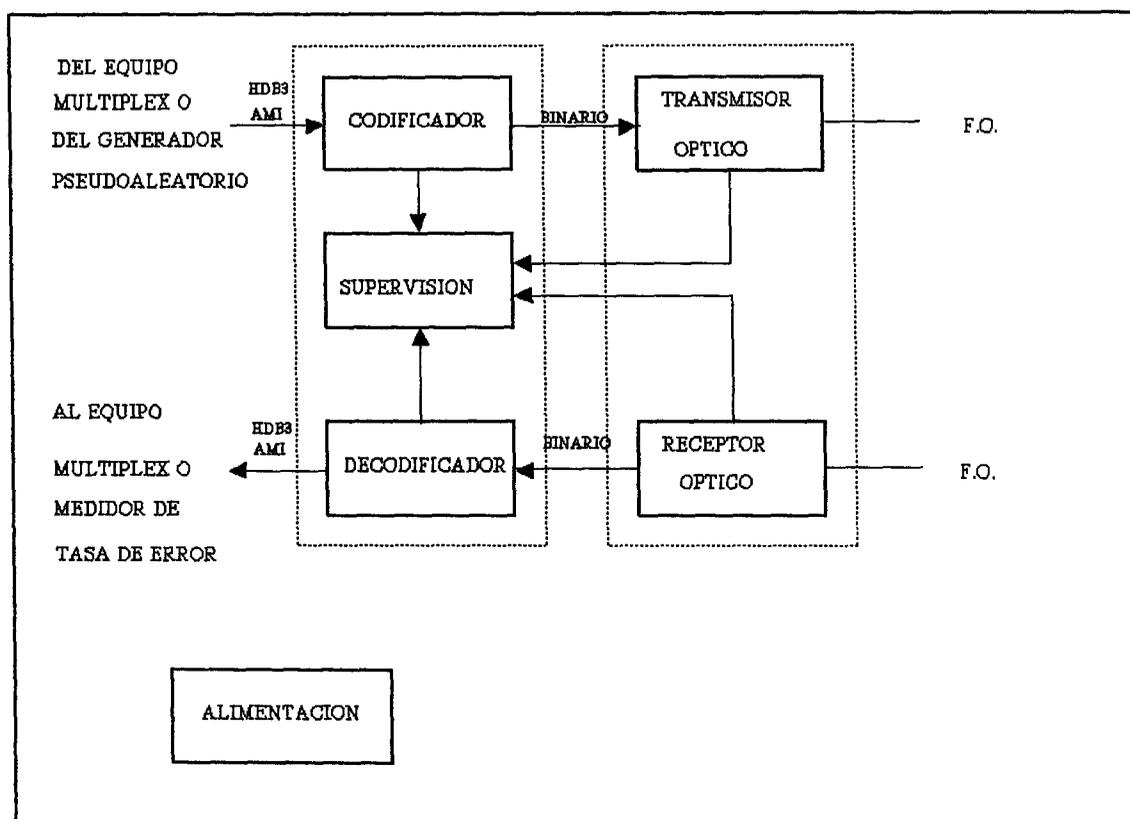
Un sistema de línea de transmisión por fibra óptica permite las transmisiones de señales digitales correspondientes a la jerarquía plesiocronas de 2, 8, 34, 140, 565, 1200 Mbit/s.

Conviene distinguir dos tipos de equipos de línea: los equipos terminales o terminales ópticos y los repetidores. Un terminal óptico consta de la parte transmisora que convierte las señales eléctricas en señales ópticas que se acoplan a la fibra óptica, y de la parte receptora que convierte las señales óptica procedentes de la fibra en señales eléctricas.

El repetidor sirve para regenerar los impulsos de la luz atenuados y distorsionados como consecuencia de las pérdidas y dispersión de la fibra. En los repetidores se puede incluir una unidad de detección de errores, que, en su caso, permite la supervisión del repetidor desde un terminal óptico.

3.2.- CONFIGURACION DE UN TERMINAL OPTICO

En el dibujo 5 se muestra la configuración general de un terminal óptico donde se incluyen todos sus bloques básicos.



DIBUJO 5: CONFIGURACION DE UN TERMINAL OPTICO

3.2.1.- PARTE TRANSMISORA

Esta compuesta de:

- Unidad codificadora que se encarga de convertir las señales ternarias HDB3 o AMI procedentes del equipo múltiple en otra señal binaria pura y pseudoaleatoria y cuya frecuencia va ser la de operación del sistema.

- Transmisor óptico que se encarga de convertir las señales binarias pseudoaleatoria en señales ópticas.

3.2.2.- PARTE RECEPTORA

Compuesta de:

- Receptor óptico que convierte las señales binarias ópticas procedentes de la línea en señales binarias eléctricas.
- Decodificador que convierte el código pseudoaleatorio binario a señales ternarias AMI o HDB3 con destino al equipo múltiples PCM.

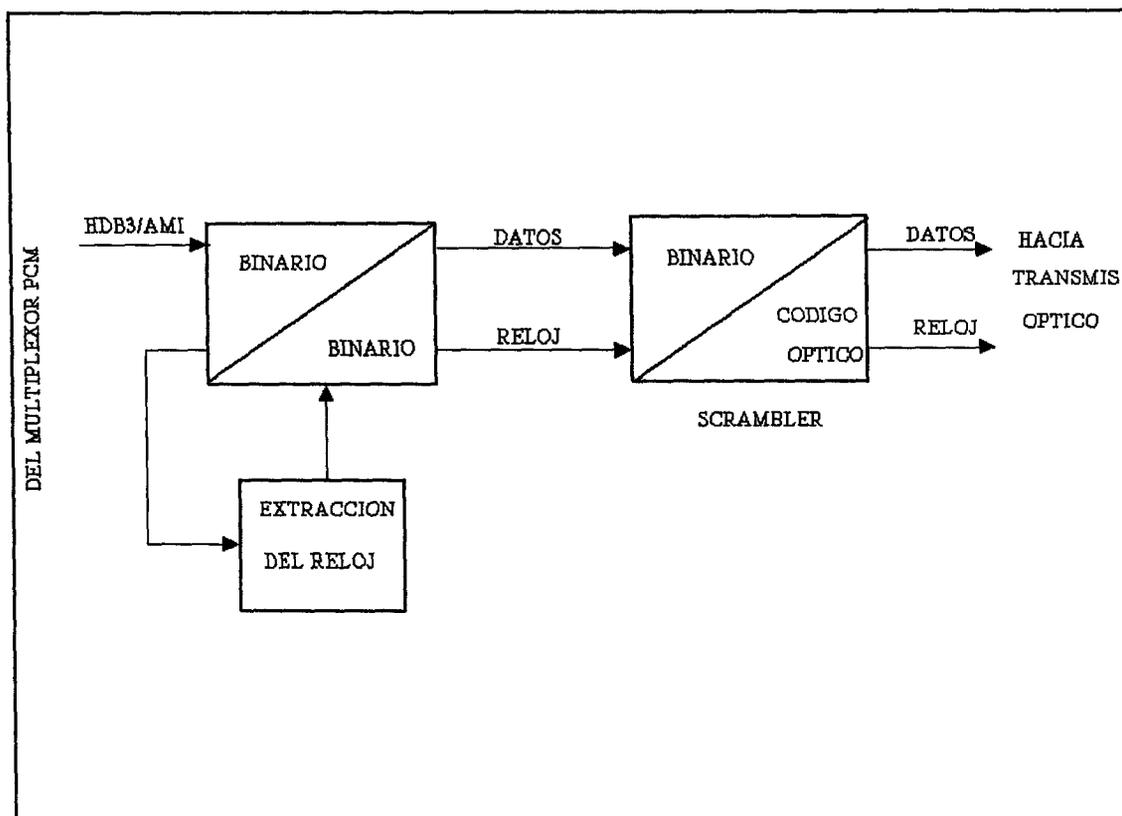
3.2.3.- PARTE COMUN

Compuesta de:

- Unidad de supervisión del equipo terminal y de los repetidores auxiliares, caso de que éstos se equipen en la ruta.
- Unidad de alimentación de corriente continua para alimentar al equipo terminal.
- Unidad de Telealimentación, caso que fuera necesario telealimentar los repetidores auxiliares desde el equipo terminal.

3.3.- EQUIPO TRANSMISOR

3.3.1.- CODIFICADOR [DIBUJO 6]



DIBUJO 6 : CODIFICADOR

Consta fundamentalmente de las siguientes partes:

- Codificador HDB3 o AMI a binario

Consiste en una placa que convierte las señales eléctricas binarias, procedentes del equipo MUX PCM, en señales eléctricas binarias a la velocidad correspondiente del sistema. También realiza la extracción del reloj a dicha velocidad.

- Scrambler

Consiste en una placa que convierte las señales eléctricas binarias en un código binario pseudoaleatorio que proporciona la misma probabilidad de "1" y "0" independientemente de la señal de entrada. Esta función se realiza mediante un circuito "scrambler" con un número de etapas que depende de la velocidad de la señal a transmitir.

En la señal binaria pseudoaleatoria se introduce un código redundante nB , $(n+1)B$, p.e. $2B$, $3B$ o adición de un bit de paridad cada 16 bit de información que permite la detección de errores en repetidores y terminales. Como consecuencia del código redundante se aumenta la velocidad de transmisión en línea.

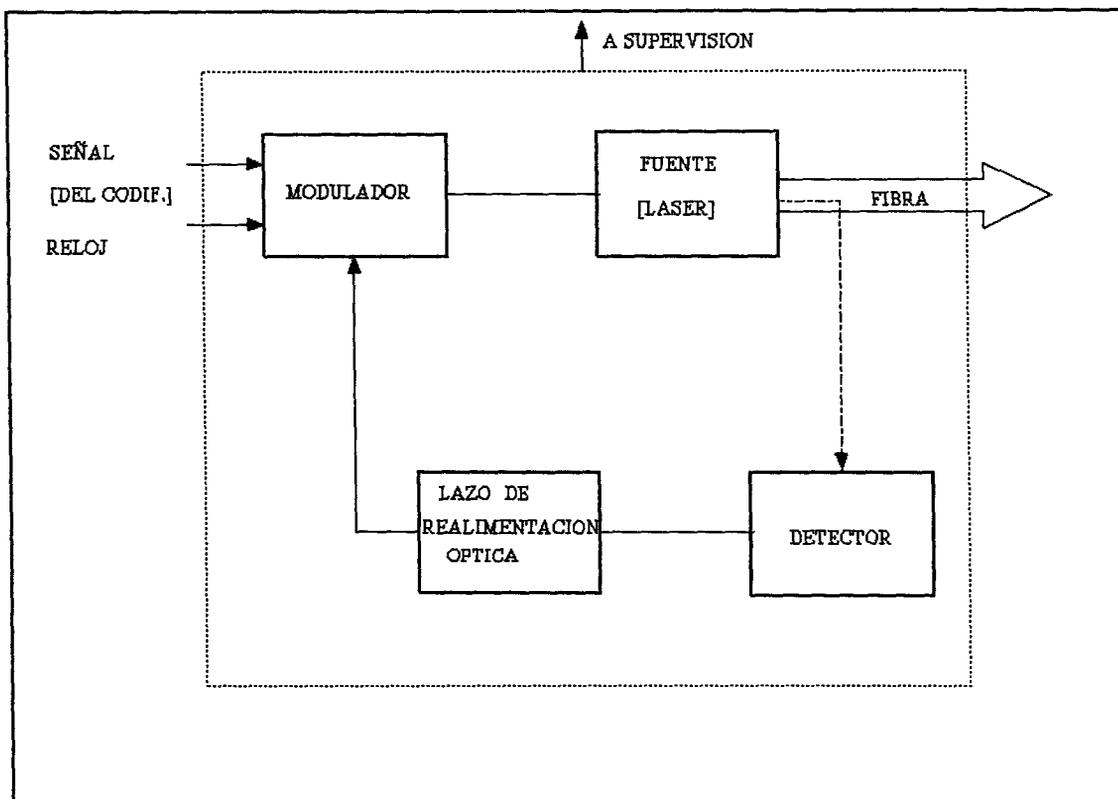
3.3.2.- TRANSMISOR OPTICO [DIBUJO 7]

Consiste en una placa que convierte las señales binarias pseudoaleatorias en señales ópticas de la misma frecuencia.

Cuando la fuente de la luz es un diodo láser, el transmisor consta básicamente de dos circuitos: el de polarización y el modulador.

El circuito de polarización sirve para mantener el diodo láser continuamente excitado a una corriente próxima a la corriente umbral correspondiente a la temperatura de

trabajo. Esto se realiza con un circuito de control con realimentación óptica o monitoreando la temperatura del diodo emisor.



DIBUJO 7: TRANSMISOR OPTICO

El modulador proporciona los impulsos eléctricos que se suman a la corriente de polarización. El valor de pico de la intensidad (polarización más modulación) se debe mantener siempre por debajo del valor de la intensidad máxima permitida por el componente.

El formato de los datos (RZ y NRZ) e incluso la duración de los impulsos en el caso de RZ se fija en el circuito del modulador.

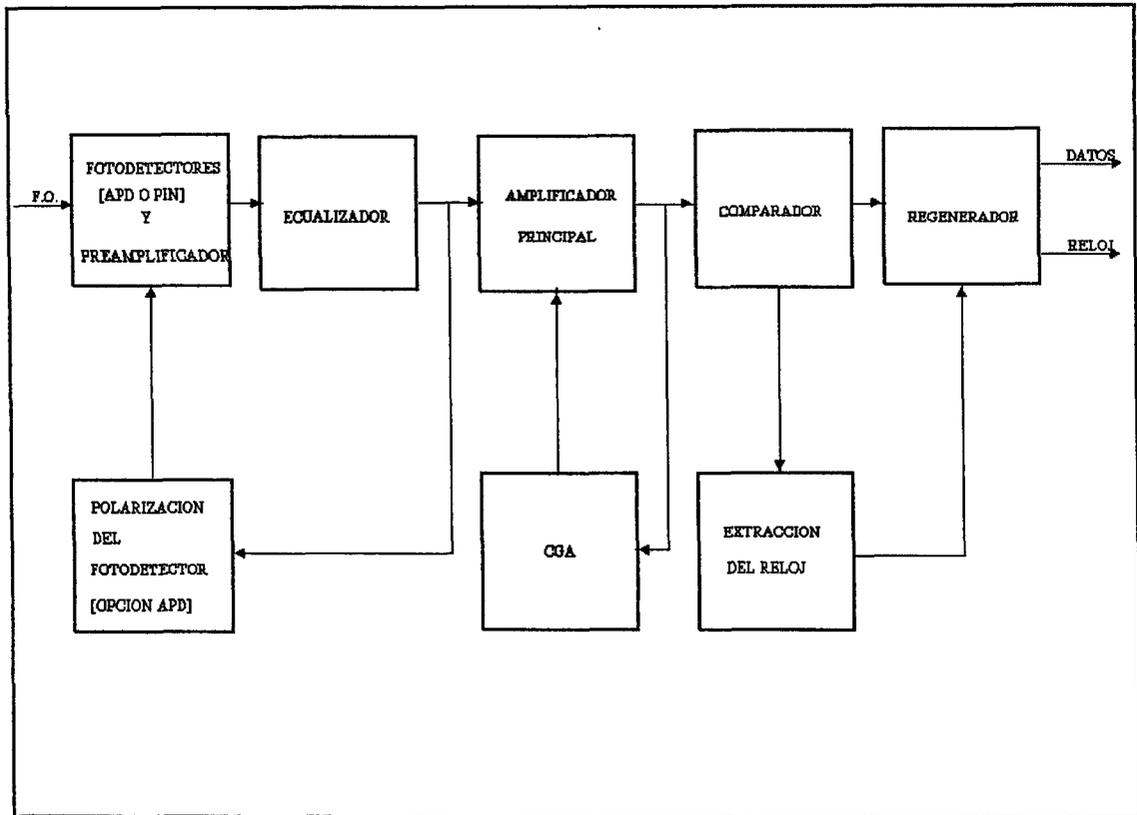
El transmisor proporciona una señal binaria que tiene una potencia media constante.

Para aumentar la vida del láser se suele disminuir la potencia de pico, mediante la corriente de modulación, o el ciclo de trabajo, reduciendo la anchura del impulso; en ambos casos se reduce la potencia media del láser.

El circuito del transmisor de un diodo led es más sensible ya que es menos sensible a las variaciones de temperatura.

3.4.- EQUIPO RECEPTOR

3.4.1.- RECEPTOR OPTICO [DIBUJO 8]



DIBUJO 8: RECEPTOR OPTICO

El receptor óptico convierte las señales binarias ópticas que proceden de la línea, en señales binarias eléctricas y consta de los siguientes circuitos:

- Circuito de polarización

Si el fotodiodo utilizado es APD se necesitan tensiones de polarización altas, entre 200-400 voltios y también un circuito de control de la polarización para mantener el fotodiodo trabajando en las condiciones óptimas

de sensibilidad y de manera que tenga un cierto margen dinámico que permita un funcionamiento correcto ante un exceso de potencia luminosa.

La alta tensión de polarización se consigue a partir de la tensión de alimentación, mediante un convertidor DC/DC. Dicho convertidor va instalado en la unidad de alimentación.

Los fotodiodos PIN se polarizan a tensiones bajas entre 5-15 voltios y no llevan generalmente circuitos de control.

- Preamplificador

Consiste en una etapa amplificadora de transimpedancia o de alta impedancia de muy bajo ruido.

- Ecuilizador

Es un filtro y sirve para ecualizar la banda de la señal que se estrecha a consecuencia del circuito RC que forma la capacidad del fotodiodo y la alta impedancia de entrada del preamplificador.

- Amplificador principal con control de ganancia automático

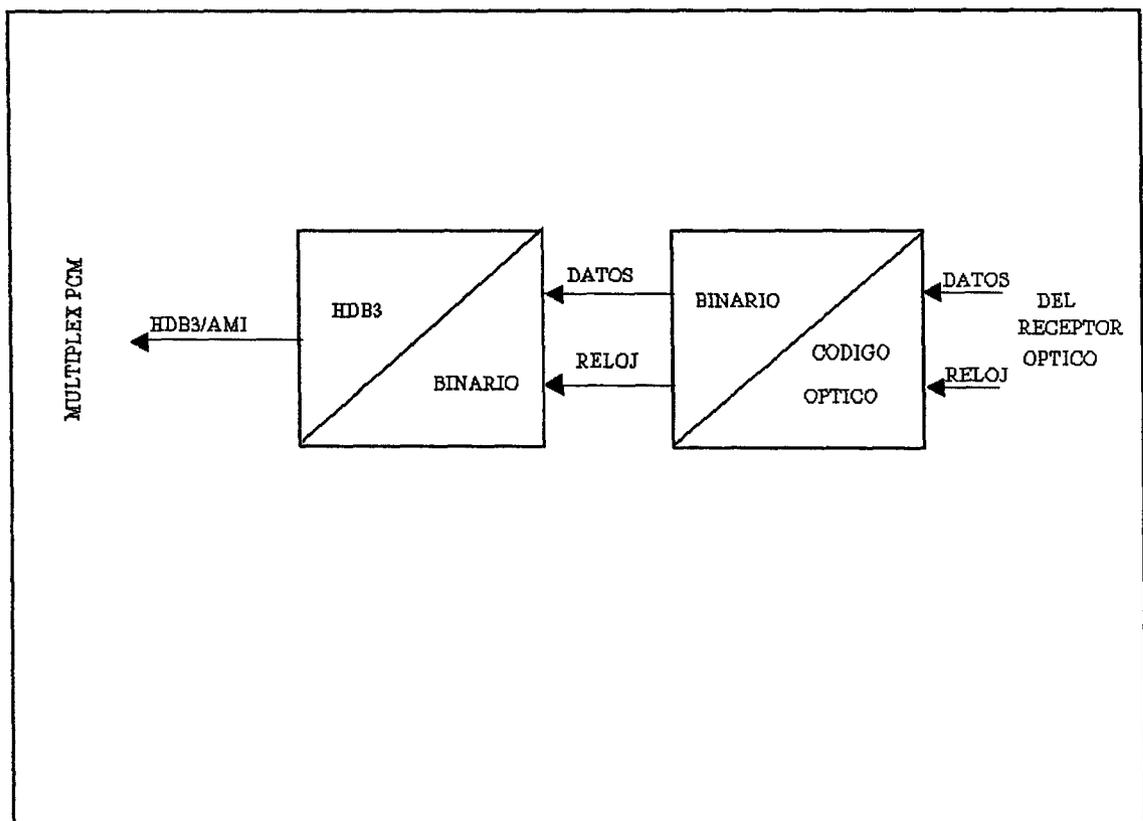
Proporciona una señal eléctrica amplificada y de amplitud constante dentro del margen dinámico del sistema.

- Circuito de extracción de reloj y regenerador

El reloj se extrae a partir de la señal amplificada, a la frecuencia correspondiente a la velocidad de línea (mayor que la de información). Con dicha señal de reloj se regenera la señal binaria que tiene los niveles lógicos correspondientes a la tecnología empleada.

3.4.2.- DECODIFICADOR [DIBUJO 9]

Se encarga de entregar al equipo múltiple una señal en código AMI o HDB3 de acuerdo con las normas del CCITT.



DIBUJO 9: DECODIFICADOR

- Decodificador binario / HDB3 o AMI

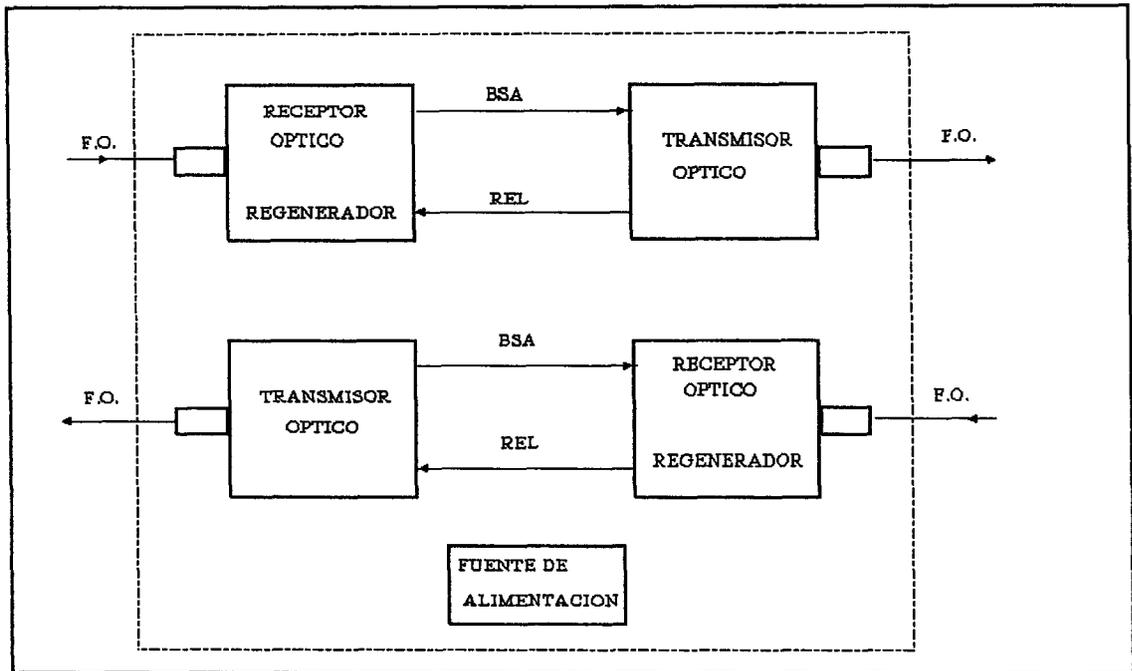
En esta placa se encuentra el circuito detector de

errores, basado en los fallos o violación de los códigos no redundante y la decodificación de la señal pseudoaleatoria a binaria simple.

En esta etapa también se realiza la decodificación eléctrica a señal ternaria, que es el proceso inverso al realizado en la parte transmisor, produciéndose las señales de entrada al equipo MUX PCM.

3.5.- REPETIDOR INTERMEDIO

Un repetidor intermedio, como vemos en dibujo 10, consta de dos repetidores unidireccionales que se encargan de regenerar la señal óptica en ambas direcciones de transmisión y en cada tramo de repetición.



DIBUJO 10: DIAGRAMA DEL REPETIDOR OPTICO INTERMEDIO

Ambas direcciones de repetición son idénticas y cada una de ellas consta de las siguientes partes:

- Receptor óptico equipado con un fotodetector más el preamplificador y regenerador.
- Transmisor óptico equipado con un circuito modulador y la fuente de luz.

Un repetidor tiene las partes del equipo terminal

excepto los circuitos codificadores y decodificadores.

El repetidor puede ser alimentado local o remotamente. En este último caso se realiza por medio de conductores metálicos desde una unidad de telealimentación instalada en el equipo terminal.

También puede disponer de un sistema de supervisión de la tasa de error, en cuyo caso, envía mediante hilos metálicos a los terminales para su monitorización.

4.- DESCRIPCION DEL SISTEMA
OBJETO DE ESTE PROYECTO

4.1.- GENERAL

Con este proyecto de comunicación de datos a alta velocidad a través de fibra óptica se intenta mostrar una posible solución a la falta de sistemas de comunicación de datos a alta velocidad con márgenes de seguridad y fiabilidad superiores a los que se están dando hoy en día, entre los centros que lo requieran (Bancos, Centros Comerciales, etc) y sus centros de cálculo que por lo general suelen estar en Madrid.

Para ello se montará una red en anillo (estructura similar a el anillo de IBERMIC), que en principio constará de 8 equipos terminales (siendo el máximo 32 equipos terminales) situados en zonas estratégicas donde existe un gran potencial de almacenaje y transmisión de datos :

- Zona Avda. Mesa y Lopez (dos)
- Zona comercial de Triana (dos)
- Zona del centro comercial de la Ballena (uno)
- Zona del centro Comercial de Las Arenas (uno)
- Zona calle Franchy Roca (uno)
- Zona de la Universidad de Las Palmas (uno)

La conexión entre el equipo terminal del cliente y la central de telefónica será un enlace punto a punto a través de fibra óptica monomodo que trabajara a 1310 nm y sin la necesidad de repetidores entre el cliente y la central de Altavista. La central telefónica a la que se conectan todos

los cliente es la de Altavista, ya que es esta la que tiene enlaces de fibra óptica directos con la península.

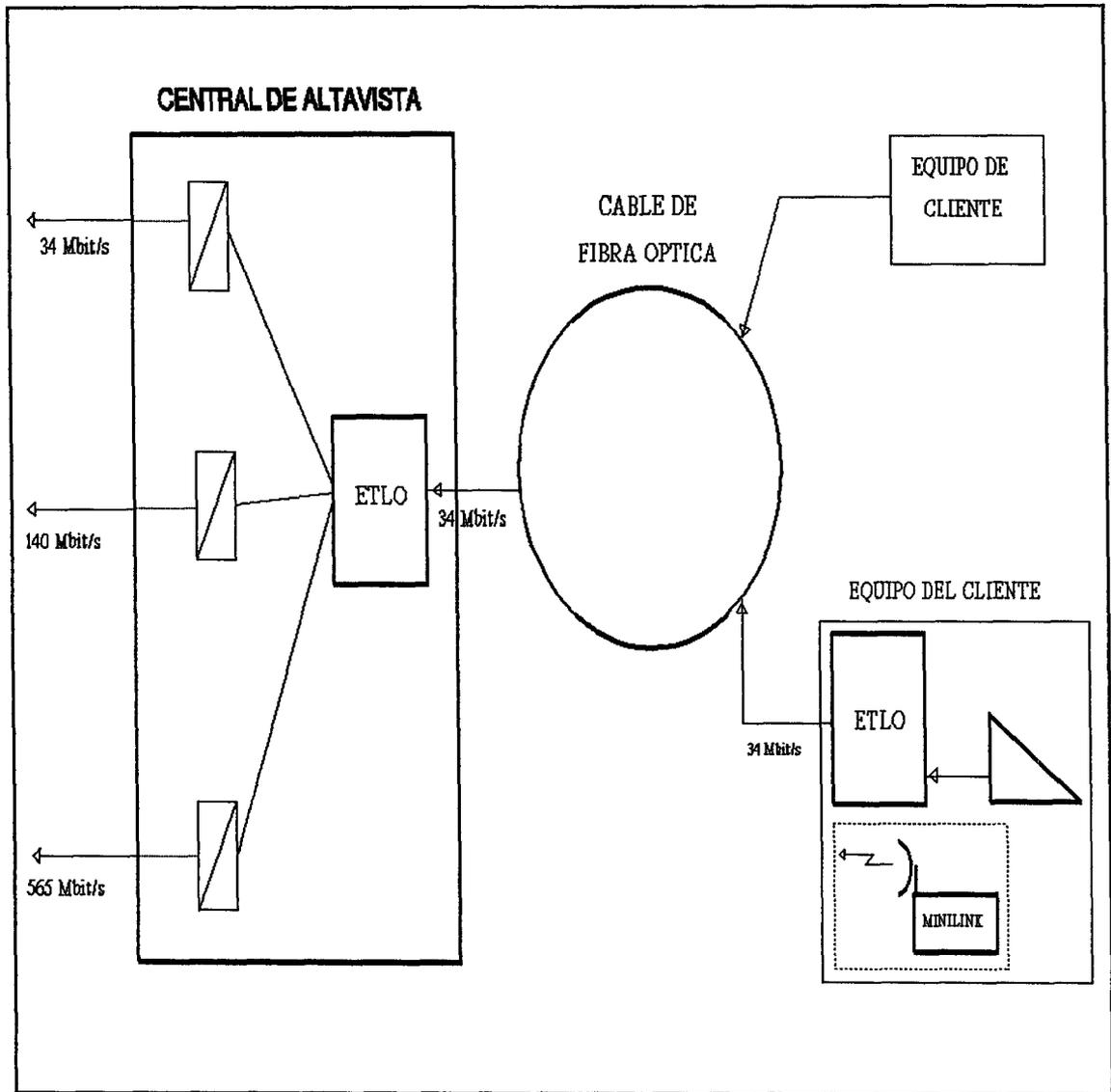
El mantenimiento de este sistema es mínimo debido a la alta fiabilidad de los equipos terminales de línea como a al fibra óptica en si.

El equipo terminal de línea óptica, que está en cada zona, tiene 16 entrada a 2 Mbit/s (donde se conectarán uno o varios cliente), y sale a 34 Mbit/s sobre fibra óptica hasta la central de telefónica de Altavista y en ella se configurará a la velocidad requerida por el cliente (34, 140, 565 Mbit/s) para tansmitirlo hasta su centro de cálculo.

Como medida de seguridad, a cada conexión entre cliente y cetral de Altavista le podemos añadir medidas extraordinaria de seguridad, a requerimiento del cliente:

- El equipo terminal de fibra óptica del cliente está preparado para funcionar con dos fibra ópticas (1+1), utilizando siempre una hasta que en un momento dado se produzca alta tasa de error conmutando automáticamente a la otra.
- Podemos también añadirle un equipo de radioenlace (MINILINK) entre el cliente y la central de telefónica como medida añadida de seguridad, por si por algún motivo (escavaciones, etc) se rompe el cable de fibra óptica.

En el dibujo 11 podemos ver un esquema general de este sistema de transmisión de datos:



DIBUJO 11: DIAGRAMA GENERAL

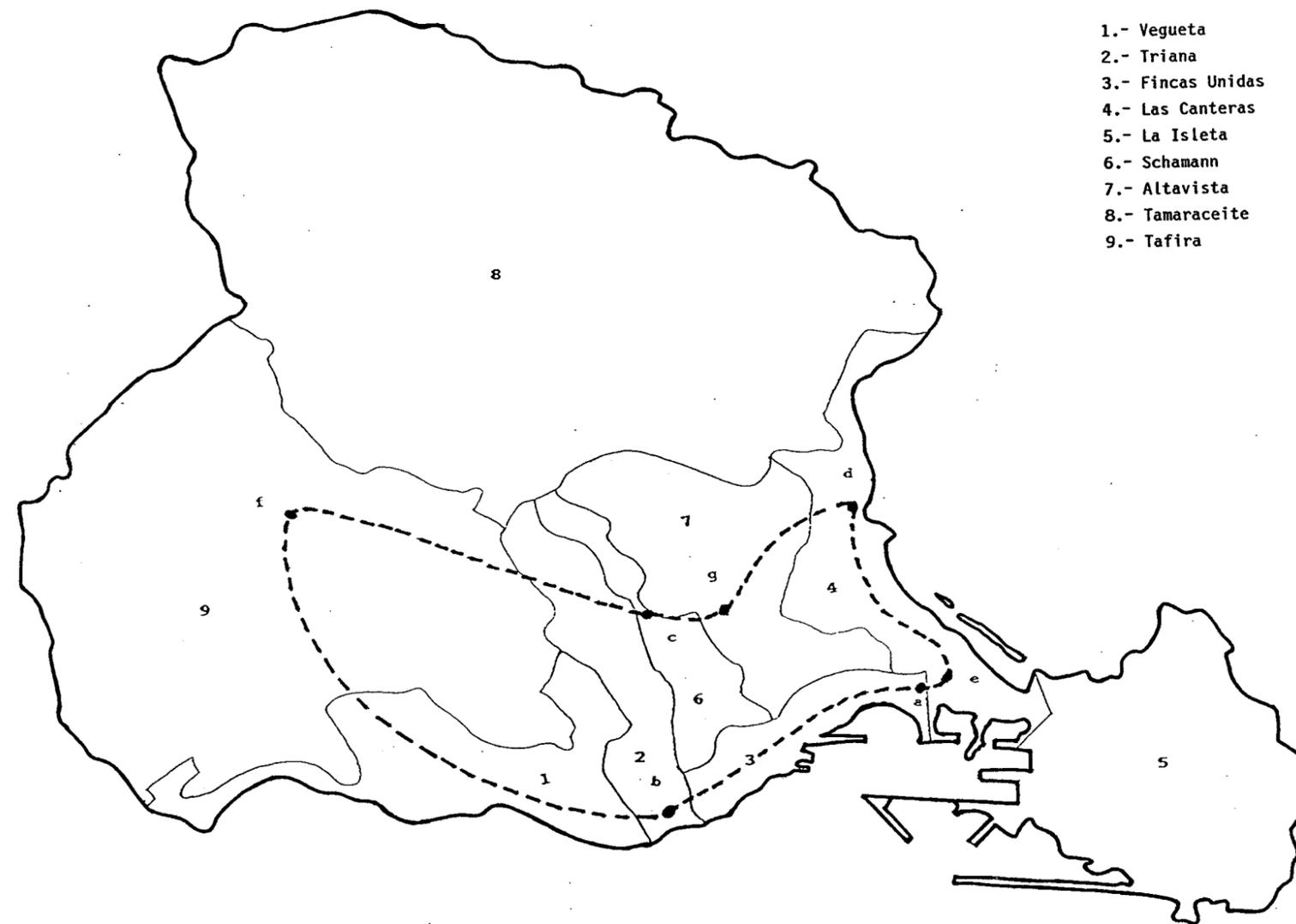
5.- DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA

5.1.- ESTRUCTURA GENERAL DEL ANILLO DE FIBRA OPTICA EN EL TERMINO MUNICIPAL DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

En el siguiente plano podemos ver los distintos distritos que conforman el termino municipal de Las Palmas de Gran Canaria: Vegueta, Triana, Fincas Unidas, Las Canteras, La Isleta, Schaman, Altavista, Tamaraceite y Tafira. En este plano se ha querido representar donde estarían geográficamente las Zonas (Zona Avda. Mesa y López, Zona comercial de Triana, Zona del Centro Comercial de la Ballena, Zona del Centro Comercial de las Arenas, Zona de la calle Franchy Roca, y Zona de la Universidad de Las Palmas) que se han considerado más importantes para el almacenaje y transmisión de datos y que formarán parte del anillo de fibra óptica (este esta indicado en el plano como una línea discontinua uniendo la distintas Zonas representadas con a, b, c, d, e, f, g.

DISTRITOS DEL TERMINO MUNICIPAL
DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

- 1.- Vegueta
- 2.- Triana
- 3.- Fincas Unidas
- 4.- Las Canteras
- 5.- La Isleta
- 6.- Schamann
- 7.- Altavista
- 8.- Tamaraceite
- 9.- Tafira

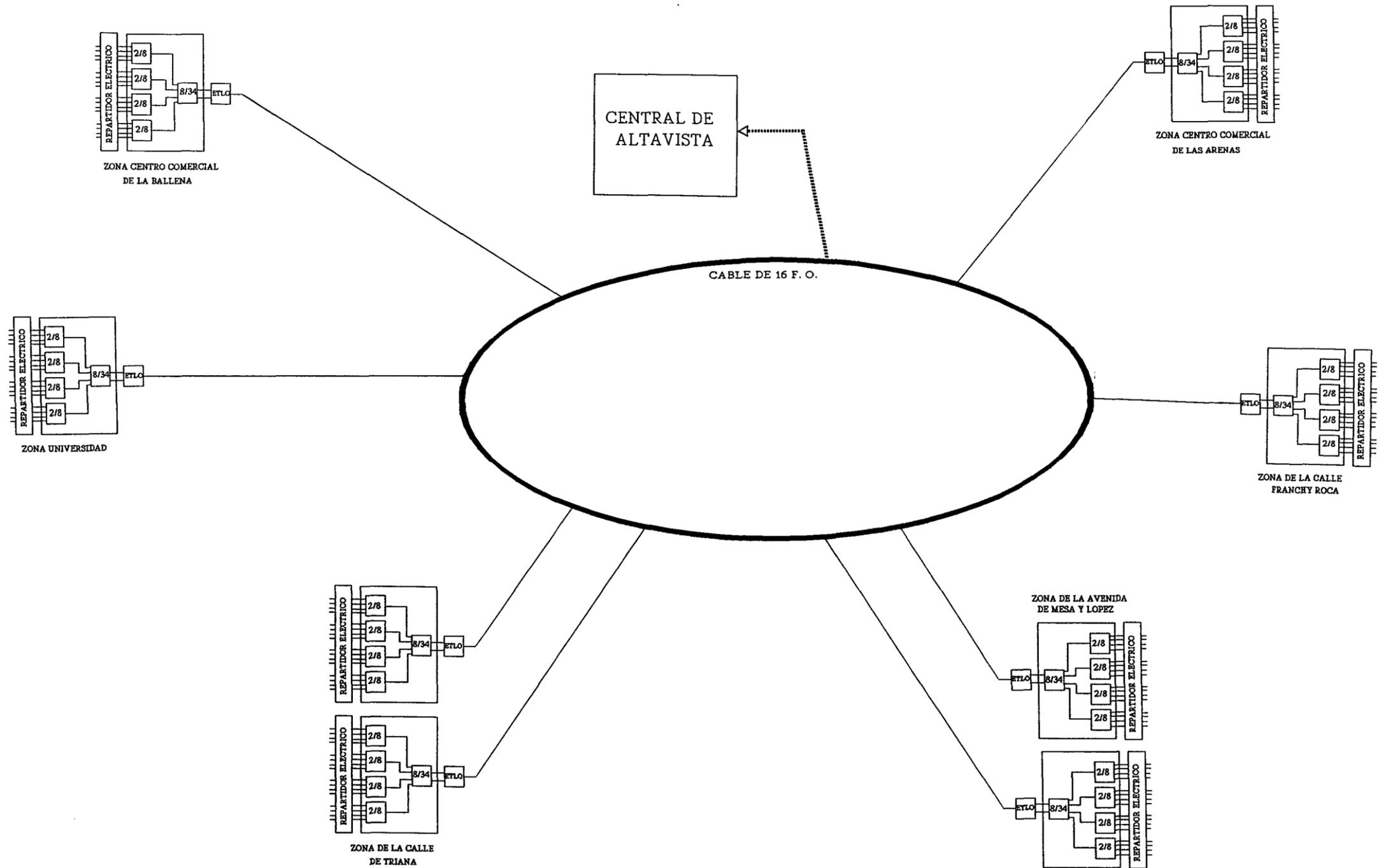


- a.- Zona Avda. Mesa y Lopez
- b.- Zona Comercial de Triana
- c.- Zona del Centro Comercial de la Ballena
- d.- Zona del Centro Comercial de Las Arenas
- e.- Zona de la calle Franchy Roca
- f.- Zona de la Universidad de Las Palmas
- g.- Central de Altavista

ANILLO DE F.O. EN LAS PALMAS
PEDRO DIAZ CABRERA
JUNIO - 1994

5.2.- CONEXION DE LOS ETLO DE CADA ZONA AL ANILLO DE FIBRA OPTICA

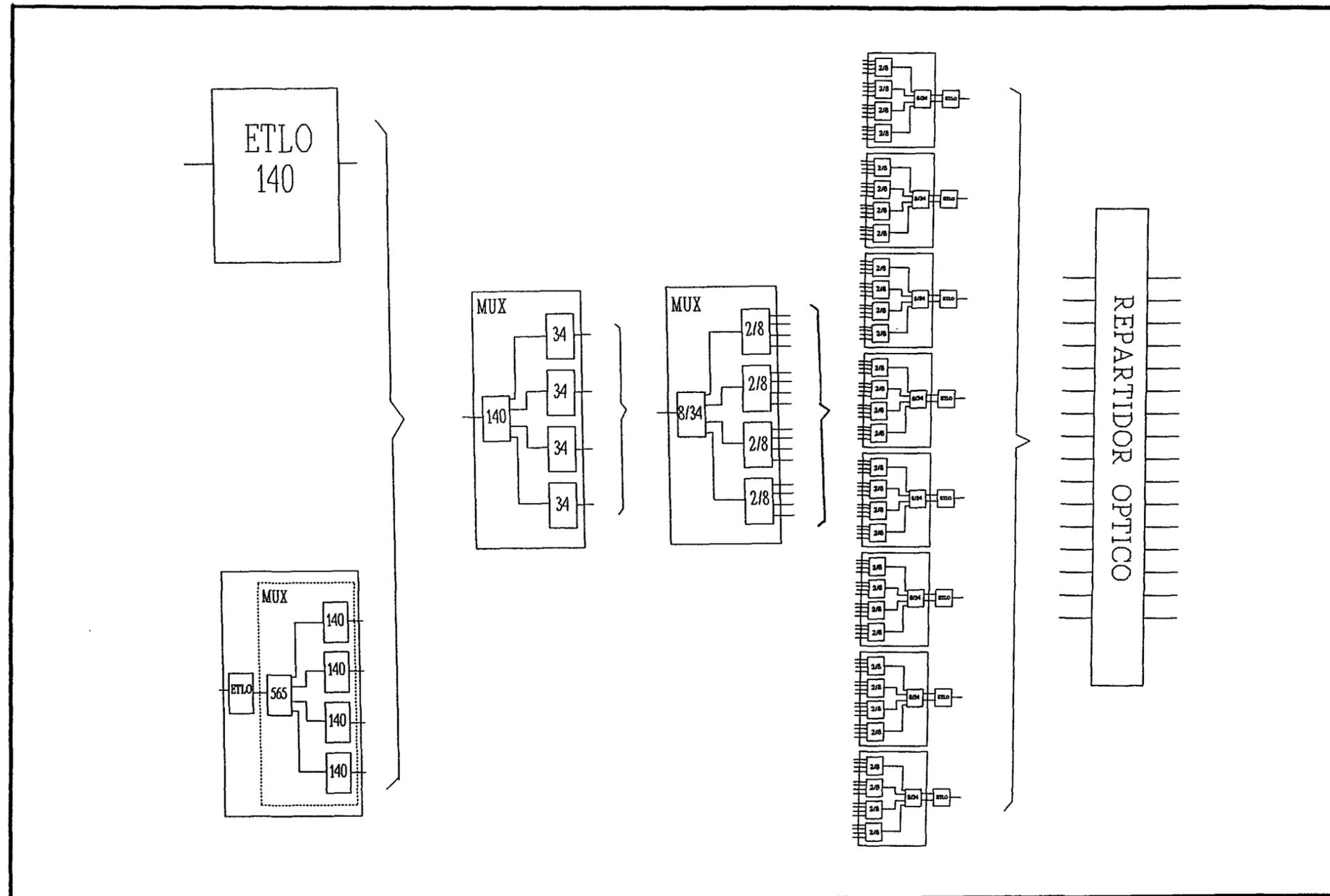
En el siguiente plano se representa el anillo (cable de 16 fibras óptica monomodos), de el cual cuelgan los distintos equipos terminales de línea óptica (ETLO) de cada zona, observando que en algunas zonas (Zona de la calle de Triana y Zona de la Avda. de Mesa y López) hay dos ETLO, debido esto a que se ha considerado que en estas zonas existe mayor número de establecimientos comerciales, y por lo tanto mayor necesidad de transmisión de datos. También cuelga de este anillo la Central de Altavista que es hacia donde se dirige todo el tráfico generado por las distintas Zonas. En la Central de Altavista el enlace de fibra óptica a 34 Mbit/s que llega desde cualquier cliente se demultiplexa y vuelve a multiplexarse para salir hacia el Centro de Cálculo respectivo a una velocidad igual o mayor (según especifique el cliente) que puede ser: 34, 140 ó 565 Mbit/s.



ESTRUCTURA GENERAL DEL ANILLO
PEDRO DIAZ CABRERA
OCTUBRE - 1994

5.3.- DIAGRAMA DE BLOQUES EN LA CENTRAL DE ALTAVISTA

En el siguiente plano podemos ver un esquema de la Central de Altavista y de como se trataría en ella la señal que le llega transmitida desde cualquier Zona. La señal entra en la Central a través de un repartidor y de allí se lleva hacia un ETLO enfrentado con el que tiene cualquier cliente. Aquí la señal se transforma en eléctrica y se demultiplexa hasta conseguir tramas de 2 Mbit/s, volviéndose a multiplexar hasta conseguir la velocidad de transmisión requerida por el cliente para que salga hacia su Centro de Cálculo.



CENTRAL DE ALTAVISTA

CENTRAL DE ALTAVISTA
PEDRO DIAZ CABRERA
OCTUBRE - 1994

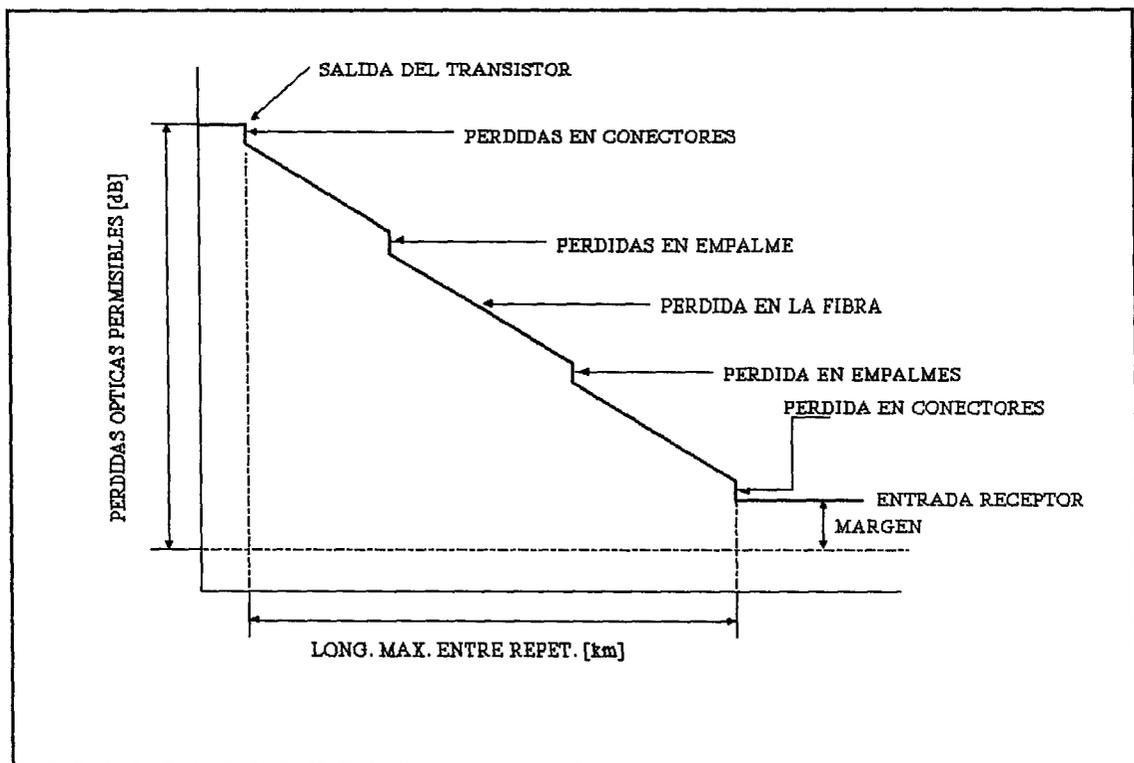
6.- BALANCE DE POTENCIA DEL SISTEMA

6.1.- INTRODUCCION

Cuando se acomete el diseño de un sistema concreto, el diseñador aborda la solución del problema teniendo en cuenta los siguientes datos de partida:

- El nivel de salida del transmisor óptico.
- La longitud del enlace.
- Tolerancias de deterioro de la señal (relación señal/ruido o tasa de error).

En el dibujo 12 se representa una gráfica que incluye todas las fuente de pérdidas que se han de tener en cuenta para la planificación de un sistema.



DIBUJO 12: DIAGRAMA DE NIVELES DE UN SISTEMA DE TX OPTICA

Cuando la señal de salida del transmisor óptico ya esta acoplada a la fibra es cuando surge la primera atenuación debida a las pérdidas de inserción provocadas por el conector del transmisor. Adicionalmente a estas pérdidas habrá que sumar las pérdidas en la fibra más las pérdidas en los empalmes. Finalmente la señal sufrirá atenuación debida al conector del equipo receptor.

En este sistema no habrá perdidas debidas a los empalmes, ya que no será necesaria su utilización.

Como es lógico el nivel de la señal óptica a la entrada del equipo receptor habrá de ser mayor o igual que la sensibilidad del receptor.

A todas las fuentes de pérdidas comentadas se añade una cantidad que constituye el margen de seguridad del sistema que suele ser del orden de 6 dB. Su misión es asegurar un funcionamiento satisfactorio del sistema durante su vida operacional.

6.2.- BALANCE DE POTENCIA DEL SISTEMA

Al análisis de todas las fuentes de pérdidas, potencia disponible, sensibilidad del receptor y margen de seguridad del sistema operados de forma conveniente se conoce como el cálculo de balance de potencia del sistema.

El margen de potencia luminosa disponible en un sistema de transmisión por fibra óptica es la diferencia entre la potencia media que sale del transmisor (P_s) y la sensibilidad del receptor (P_r).

Este margen de potencia del sistema deberá ser menor o igual que la suma de todas las pérdidas del vano de repetición. Estas pérdidas serán debidas a la fibra, conectores y empalmes (L) más el margen de seguridad del sistema (M).

De forma que para una operación correcta del sistema a planificar, el balance de potencia debe cumplir la condición:

$$P_s - P_r = L + M$$

En los casos que se requiera, es necesario considerar el penalty por dispersión, que de una forma simple se evalúa como el Penalty P (dB) correspondiente a la anchura del impulso detectado con relación al período de la señal de acuerdo con el dibujo 13. La anchura del impulso detectado T , considerando una relación lineal entre la anchura de los

impulsos y la dispersión de la fibra, es:

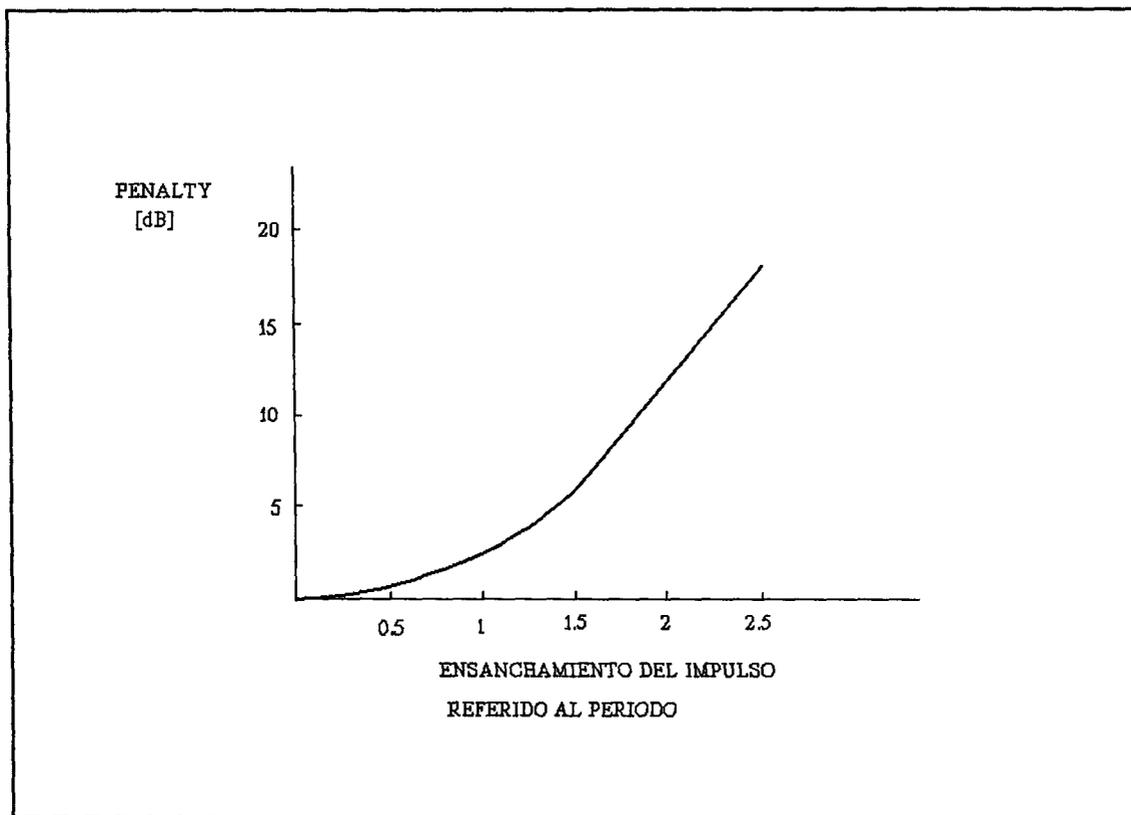
$$T = T_0 + d \times L$$

Siendo:

T_0 la anchura de los impulsos luminosos en el transmisor
(ns)

d es la dispersión de la fibra (ns/Km)

L es la longitud del vano (1 Km)



DIBUJO 13: PENALTY POR DISPERSION

6.3.- FACTORES QUE DETERMINAN EL BALANCE DE POTENCIA

Conviene recordar que los factores de los que dependen las magnitudes que entran en juego en el balance de potencia, son las siguientes:

- Tipo de fibra: multimodo y monomodo.
- Tipo de fuente: láser y led.
- Tipo de fotodetector: APD, PIN
- Longitud de onda: 850 nm (1ª ventana) y 1300/1500 nm (2ªventana).

Y cada magnitud depende de los parámetros que se indican en la figura con una X.

	TIPO DE FIBRA	TIPO DE FUENTE	TIPO DE DETECTOR	LONGITUD DE ONDA	VELOCIDAD
POTENCIA TX Po [dBm]	X	X			
SENSIBILIDAD RX S [dBm]			X	X	X
PENALTY DISPERSION P [dB]	X	X			X
PERDIDAS	CONECTORES C [dB]	X			
	ATENUACION A [dB/Km]	X		X	
	EMPALMES E [dB]	X			

FACTORES QUE DETERMINAN EL BALANCE DE POTENCIA

6.4.- DISEÑO DEL SISTEMA

Cuando se aborda el diseño de un sistema de transmisión por fibra se ha de tener en cuenta:

6.4.1.- LONGITUD DE ONDA

Los componentes comerciales disponibles permiten dos regiones de onda: la región de onda corta, que se extiende desde los 800 a los 900 nm (ventana de 850 nm), y la región de onda larga, que se extiende desde los 1200 a los 1600 nm (ventana de 1300 y 1550 nm). Aunque los primeros sistemas de fibra óptica se han desarrollado utilizando la ventana de 850 nm, actualmente se están utilizando las ventanas de 1300 y 1550 nm ya que ofrecen numerosas ventajas. Una de ellas es su atenuación. El valor típico de la atenuación a 850 nm es de 3 dB/Km mientras que a 1300 nm la atenuación es de 0,6 dB/Km y aún menor a 1550 nm. Otra ventaja es la dispersión del material, que se hace cero en las proximidades de 1300 nm mientras que a 850 nm es de 100 ps/Kmnm.

Ambas ventajas, menor atenuación y menor dispersión son razones para la elección de 1300.

Actualmente ya hay láseres que operan a 1300 y 1550 nm y por supuesto para 850 nm.

Las razones que inclinarán la decisión a favor de unos

o otros serán puramente económicas. Tanto las fuentes como los detectores para 1ª ventana son 2 veces más baratos que para 2ª ventana. Aunque esta diferencia se está reduciendo rápidamente.

6.4.2.- LED O LASER

De nuevo la economía puede ser un factor importante a la hora de la elección.

Los LED para segunda ventana son más caros que los de primera ventana. Sus características son:

- . Alta fiabilidad
- . Fácil integración en el sistema
- . Ancho de banda de 200 MHz
- . Dispersión cromática típica de 40 nm
- . Bajo ruido modal

Los diodos LASER son más caros. Sus características son:

- . Gran ancho de banda (del orden de GHz)
- . Alta eficiencia de acoplamiento
- . Baja dispersión cromática (típica 3nm)
- . Ruido modal mayor que el LED
- . Fiabilidad menor que el LED
- . Mayor dificultad de implementación que los LED

La elección entre LED y LASER vendrá impuesta por la longitud del vano del sistema y por el ancho de banda necesario.

6.4.3.- FIBRA

El tipo de fibra tiene una gran influencia en la dispersión modal y en el ancho de banda del enlace.

Los tres tipos de fibras difieren entre sí en cuanto a su ancho de banda, apertura numérica, diámetro del núcleo y eficiencia de acoplamiento a las fuentes.

Así pues la elección de uno o otro tipo de fibra será un compromiso entre el precio del sistema, ancho de banda y margen de potencia disponible (eficiencia de acoplamiento).

6.4.4.- FOTODETECTOR

Los tres tipos de detectores a emplear en un equipo receptor son el fotodiodo PIN, el APD, y el PIN-FET.

Las prestaciones del PIN son: buena linealidad, gran ancho de banda y buena estabilidad de temperatura. Sin embargo ofrece baja sensibilidad (para 100 Mbit/s y una relación S/R de 10^{-9} se requiere una potencia óptica de -42 dBm)

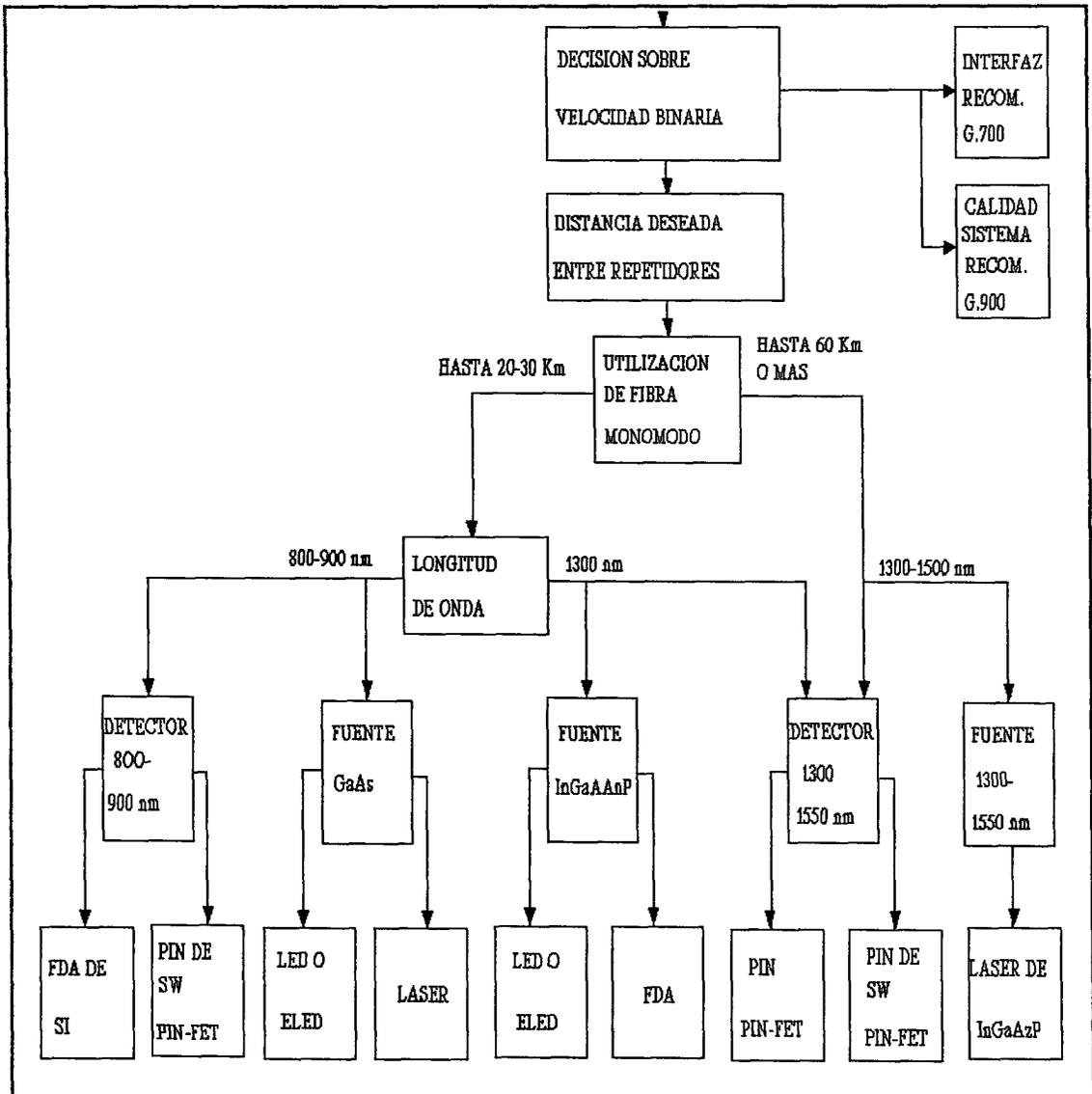
El APD presenta peor linealidad y estabilidad que el

PIN, pero sin embargo tiene mayor sensibilidad (-50 dBm para el caso anterior). Requiere además alto voltaje de polarización (de 200 a 300 voltios).

El dispositivo integrado PIN-FET combina las ventajas de una buena sensibilidad y una estabilidad razonable sin el inconveniente de grandes voltajes de polarización.

6.5.- DISEÑO GLOBAL DE UN SISTEMA

En el dibujo 14 puede verse algunos de los parámetros fundamentales sobre los cuales hay que tomar una decisión antes de pasar a la determinación de características detalladas del sistema.



DIBUJO 14

El proceso de diseño suele ser un proceso iterativo que implica un tratamiento continuo de los datos de diseño, tratamiento que se repite hasta que se obtienen una

configuración óptima del sistema. Como punto de partida se acostumbra a decidir primero la velocidad binaria que ha de utilizarse. Esta decisión se basará en los factores económicos y operacionales. La velocidad binaria, una vez decidida, proporciona automáticamente datos sobre los interfaces preferidos recomendados por el CCITT y la calidad de funcionamiento del sistema.

En este sistema no es necesario la utilización de regeneradores, por lo tanto se toma la opción de 60 Km o más, y así ya tenemos que tipo de fuente y detector elegir.

7.- DESCRIPCION PRELIMINAR DE LOS EQUIPOS

7.1.- EQUIPOS UTILIZADOS

Se puede utilizar equipos de distintas compañías especializadas en transmisión de datos a alta velocidad como son: Alcatel, Ericsson y ATT.

Debido a que actualmente la mayoría de los equipos que se utilizan para este tipo de transmisión a alta velocidad son de Alcatel, ofreciendo una buena respuesta a la relación fiabilidad/rentabilidad a lo largo de años de puesta en servicio, y a que también tiene equipos que trabajen sobre fibra óptica cuyas especificaciones se adecuan más a lo que yo necesitaba, sobre todo un equipo compacto que consta de :E.T.L.O. (equipo terminal de línea óptica) + MUX/DEMUX; que trabaja a 34 Mbit/s sobre fibra óptica, con 16 entrada a 2 Mbit/s, no encontrando uno parecido en las demás compañías; yo me he decantado por utilizar sus equipos.

De todas formas también realizaremos un estudio ,menos detallado, de los equipo similares que utilizan tanto Ericsson como ATT.

7.1.1.- EQUIPOS DE ALCATEL UTILIZADOS

- ETLO 34 Mbit/s + MUX/DEMUX
- MUX 2/8/34 Mbit/s
- MUX 34/140 Mbit/s
- ETLO 140 Mbit/s
- ETLO 565 Mbit/s + MUX

7.1.2.- OTROS EQUIPOS UTILIZADOS

- Cable de 16 fibras ópticas
- Fibra óptica monomodo
- Armario de repartición para 16 fibras ópticas
- Equipo de radioenlace (MINILINK)

7.1.3.- EQUIPOS DE OTROS FABRICANTES

7.1.3.1.- Ericsson

- MUX 2/8/34/140 Mbit/s
- ETLO 140 Mbit/s
- ETLO 565 Mbit/s + MUX

7.1.3.2.- ATT

- MUX 34/140 Mbit/s
- ETLO 140 Mbit/s
- ETLO 565 Mbit/s + MUX

**8.- SISTEMA MULTIPLEX 2/34 Mbit/s
Y EQUIPO DE LINEA 34 Mbit/s
FIBRA OPTICA
TXFD-103E-1 MD
(FL3101)**

[ALCATEL]

8.1.- PARTE PRELIMINAR. DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA.

8.1.1.- INTRODUCCION

8.1.1.1.- FUNCIONES PRINCIPALES DEL SISTEMA TXFD-103E

La función principal del sistema (TXFD-103E) es transmitir señales digitales plesiócronicas de 34 Mbit/s, a través de fibras ópticas, procedentes de la multiplexación de 16 afluentes de 2 Mbit/s [figura 13].

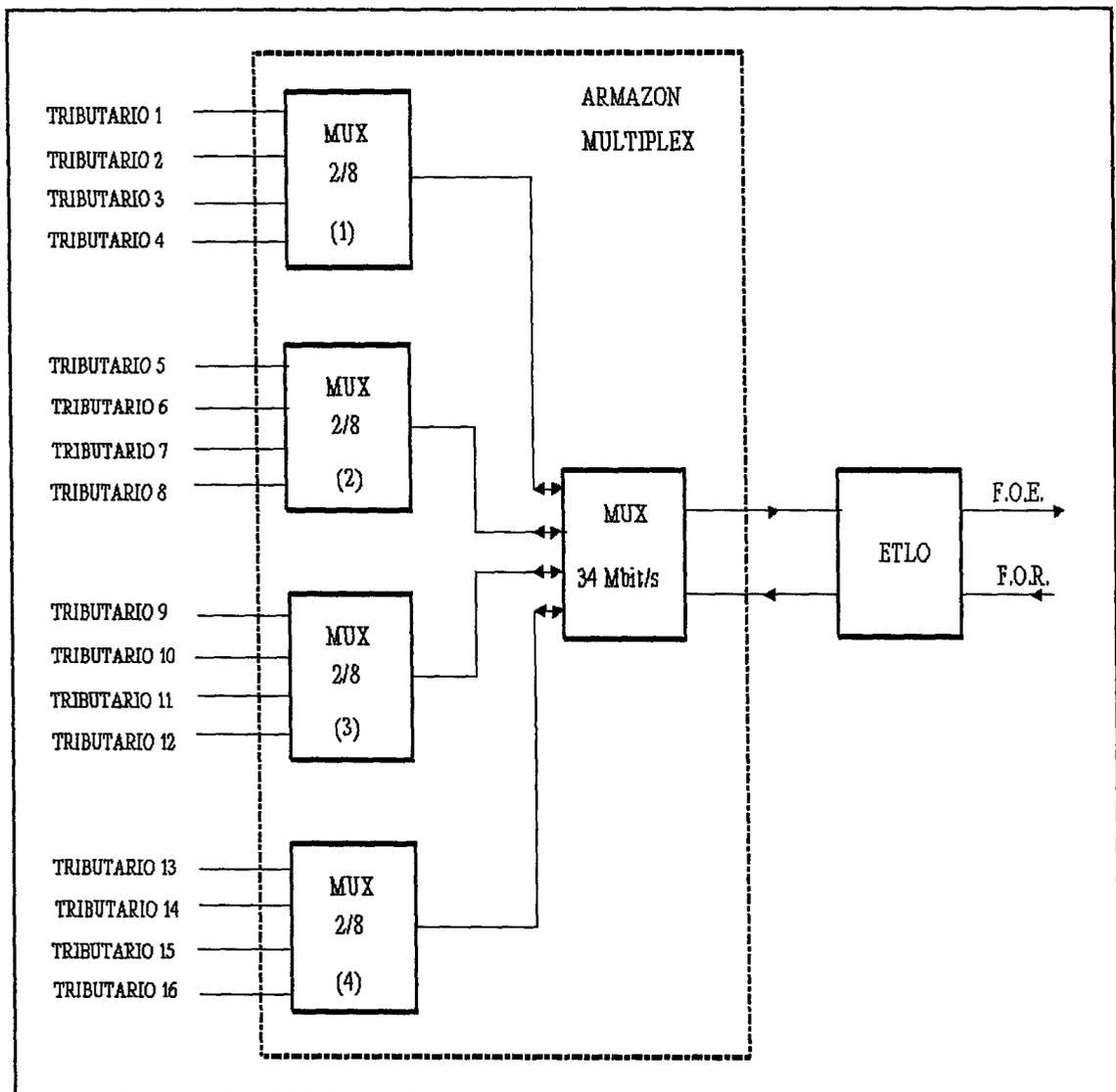


FIGURA 15

El sistema es bidireccional y compatible con cualquier equipo que genere señales a las velocidades reseñadas en código HDB3 según la recomendación del CCITT G.703.

Esta compuesto por una unidad ETLO (simple o con duplicidad óptica 1+1) o dos ETLO simples con una unidad de conmutación automática APL, a nivel de señal HDB3, más el equipo MULDEX. Este, en su máximo equipado, está compuesto por cuatro unidades que realizan la multiplexación de cuatro afluentes a 2 Mbit/s en una señal de 8 Mbit/s y una unidad que equipa los circuitos necesarios para la multiplexación de cuatro afluentes de 8 Mbit/s en una señal multiplex de 34 Mbit/s, así como la demultiplexación de la señal MUX recibida en los cuatro afluentes que lo constituyen. La multiplexación es en el tiempo, entrelazando ciclicamente los afluentes por orden de numeración y justificación positiva.

Las cuatro unidades MUX 2/8 no tienen interfaz HDB3 en el lado de 8 Mbit/s realizándose la unión en esta velocidad, a través del cableado de armazón, por lo que no se tiene acceso a la jerarquía de 8 Mbit/s.

Este sistema tiene la posibilidad de realizar bucles a dos Mbit/s hacia el lado de alta velocidad.

TIPO DE ENLACE

Este equipo se puede utilizar, tanto en rutas de larga

distancia como enlaces de corto alcance, para conexiones entre centrales telefónicas o enlaces de redes privadas.

Está especialmente indicado en rutas con elevado nivel de ruido electromagnético (Redes ferroviarias, distribución de energía eléctrica, etc).

Tipo de fibra : Monomodo
 multimodo (opcional)
 longitud de onda : 1310 nm

ALCANCES ORIENTATIVOS

Los alcances típicos sobre una fibra monomodo, se reflejan en la tabla siguiente:

F.O.	LONGITUD DE ONDA (nm)	LASER	RECEP	ATENUACION ADMISIBLE VANO TIPICO (Km)	
MONO.	1310	BH (baja pot)	PIN-FET	23 dB	45 Km
MONO.	1310	BH (alta pot)	PIN-FET	35 dB	70 Km

8.1.1.2.- FUNCIONES SECUNDARIAS

. Alimentación

- Centralizada: mediante utilización de convertidores de +/- 5V en el bastidor.

- Descentralizada: (Simple o duplicada) mediante utilización de convertidores incorporados en la propia unidad de línea, y una unidad convertidora en el armazón del MUX para alimentación del mismo.

. Supervisión local y remota

La calidad del enlace se comprueba continuamente sin perturbar el tráfico normal de datos. La información de supervisión está accesible en cada estación permitiendo la identificación y localización de fallos mediante un terminal portátil (HAND HELD) así como un análisis de errores siguiendo la recomendación G.821 del CCITT.

. Posibilidad de interfaz Q2

El equipamiento del interfaz normalizado Q2 en el sistema permite la integración del mismo dentro de un sistema de gestión de red.

. Canales de datos y circuito de ordenes.

Disponibilidad de canales de ordenes y datos de usuarios, separados del tráfico principal pero transmitidos por la misma fibra.

El circuito de ordenes puede admitir llamada selectiva mediante el terminal portátil.

. Protección (1+1) del enlace óptico.

Se dispone de una versión del ETLO que incluye un sistema de protección por redundancia óptica tipo APS 1+1, con dos módulos ópticos Tx/Rx. La conmutación se puede efectuar tanto manual como automáticamente.

8.1.2.- COMPOSICION DEL EQUIPO

El equipo MULDEX de 34 Mbit/s por fibra óptica diseñado según la práctica T9 de Alcatel NV está compuesto por los siguientes códigos:

Bastidores:

- Bastidor con capacidad máxima de 8 armazones: MBT-3260-300VA
- Bastidor con capacidad máxima de 7 armazones: MBT-3220-300VA
- Bastidor con capacidad máxima de 5 armazones: MBT-3180-

300VA

Armazones:

- Armazón de alimentación para columna : MAT-9501-620 VA
- Armazón de repetidor terminal : MAT-3530-660 VA
- Armazón multiplex 2/8/34 Mbit/s : MAT-3234-621 XX

Unidades:

- Unidad convertidora de alimentación : MUT-9501-621 AA
(MUT-3501-621AA)
- Unidad convertidora de alimentación (MUX): MUT-3501-62 AA
- Unidad multiplex 2/8 Mbit/s : MUT-3208-621 AB
- Unidad multiplex 8/34 Mbit/s : MUT-3034-620 AB
- Unidad de equipo terminal de línea óptica MUT-3530-661 xx

Donde xx se sustituyen por letras de acuerdo con un criterio de codificación que tiene en cuenta los posibles equipados y facilidades de la unidad:

- a) Tipo de láser que se desea utilizar, alta o baja potencia óptica.
- b) Tipo de fibra que se va a utilizar con la unidad, monomodo o multimodo.
- c) Incorporación de canales de datos de usuario, circuito de ordenes de F.V. y supervisión de la línea óptica.

El conjunto de estas posibilidades determina la primera letra del código. La segunda letra se elige atendiendo a las siguientes características de la unidad.

- d) Duplicidad de emisores y receptores ópticos, para conformar una redundancia óptica de 1+1 ó no.
- e) Tipo de interfaz de tráfico, a elegir entre códigos HDB3 o binario.
- f) Tipo de alimentación utilizada, a elegir entre alimentación centralizada o descentralizada.

Una vez decididos cada uno de los puntos anteriores, la tabla siguiente determinan completamente el código de la unidad incluyendo las letras pertinentes.

ASIGNACION 1ª LETRA

OPCIONES	A B C D E F G H I J
LASER ALTA POTENCIA (+)	+ - + - + + - + - +
LASER BAJA POTENCIA (-)	
FIBRA MONOMODO (+)	- - + + + - - + + +
FIBRA MULTIMODO (-)	
DATOS + CIRCUITO ORD.+ SUPERVISIO LINEA SI (+) / NO (-)	+ + + + + - - - - -

ASIGNACION 2ª LETRA

OPCIONES	A B C D E F G H
SIN REDUNDANCIA OPTICA (+)	+ - + - + - + -
CON REDUNDANCIA OPTICA (-)	
CON INTEFAZ HDB3 (+)	+ + - - + + - -
CON INTERFAZ BINARIO (-)	
ALIMEN. CENTRALIZADA (-)	+ + + + - - - -
ALIMEN. DESCENTRALIZADA (-)	

8.1.3.- DESCRIPCION GENERAL DE FUNCIONAMIENTO DEL MULDEX

El equipo MULDEX compacto de 34 Mbit/s 2x16, se compone, en su versión básica, de cuatro placas multiplex de 2/8 Mbit/s (MUT-3208-621AB), más otra unidad de 8/34 Mbit/s (MUT-3034-620AB), todas ellas alojadas en el mismo armazón, y un equipo terminal de línea óptica constituido por una unidad MUT-3530-661xx, conectados entre sí del cableado de bastidor.

Versiones con redundancia óptica 1+1, así como redundancia a nivel de señal HDB3, mediante una unidad de conmutación APS, son también equipados posibles.

El esquema de bloques puede verse en la figura 15 anterior.

La unidad multiplex, incorpora los circuitos necesarios para la multiplexación de dieciséis afluentes de 2,048 Mbit/s en una señal multiplex de 34,368 Mbit/s, así la demultiplexación de la señal multiplex recibida, en los dieciséis afluentes que la constituyen.

El E.T.L.O., en su parte de emisión, recibe la señal multiplex de 34 Mbit/s procedente del MULDEX en código HDB3. Estas señales atacan a un circuito V.L.S.I. multifunción, donde la señal pasa a código binario, es aleatorizada y trasladada a código de línea CMI, para constituir la señal de ataque al circuito emisor. Este contiene un diodo LASER (de alta o baja potencia) que realiza la conversión electro-

óptica de la señal, para su transmisión por fibra óptica.

En la vía de recepción, la señal óptica procedente de la línea se convierte en el módulo receptor, en señal eléctrica, mediante un dispositivo APD. Esta señal entra en el VLSI mencionado anteriormente, donde sufre el proceso inverso para salir a la parte de recepción del multiplex.

La supervisión se realiza dentro de tráfico, sin precisar pares metálicos ni fibras auxiliares, mediante un canal de servicio.

Las tensiones de alimentación pueden generarse internamente al sistema a partir de una tensión de batería de 48/60V o bien utilizar fuentes de $\pm 5V_{cc}$ externos al mismo.

Este equipo aprovecha las mejoras inherentes a la fibra óptica, como son:

- Baja atenuación
- Pérdidas independientes de la velocidad de transmisión
- Inmunidad ante interferencias electromagnéticas
- Aislamiento de la diafonía
- Tamaño reducido y bajo peso.

8.1.4.- CONFIGURACION MECANICA

8.1.4.1.- PORTADOR

Fibra óptica multimodo de índice gradual con una relación de dimensiones núcleo/envoltura de 50/125 ó fibra monomodo según las recomendaciones G.651 y G.652 del CCITT optimizadas ambas para transmitir una longitud de onda de 1310 ó 1550 nm.

8.1.4.2.- DIMENSIONES

8.1.4.2.1.- Bastidor

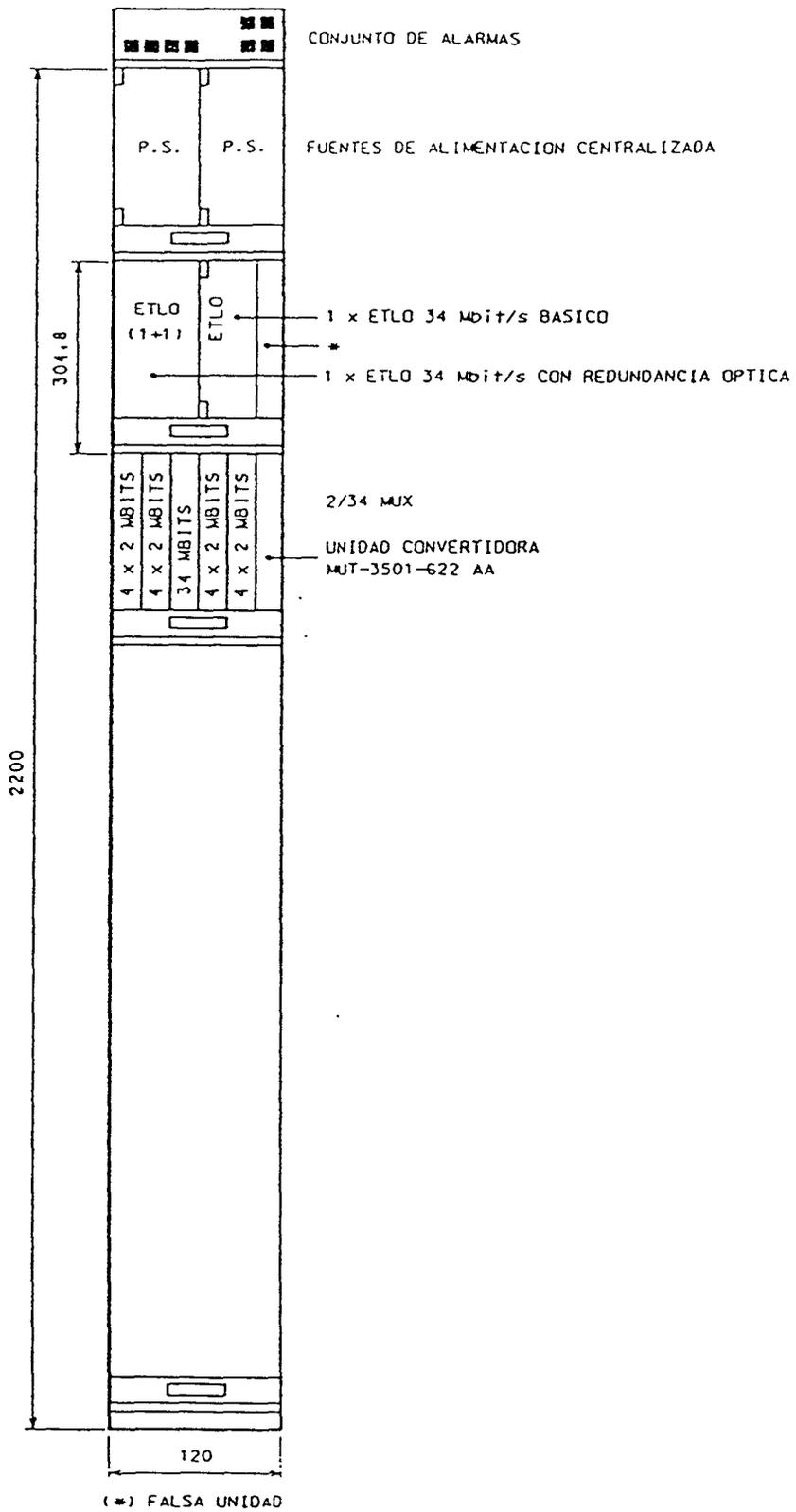
Las dimensiones de la columna son:

- Altura : 2600, 2200 ó 1800 mm
- Anchura : 120 mm
- Profundidad : 260 mm

8.1.4.2.2.- Armazones

Los armazones son autónomos en práctica de equipo T9, con posibilidad de utilizar alimentación descentralizada. Las dimensiones de los armazones son las siguientes:

- Altura : 304,9 mm
- anchura nominal : 120 mm
- Anchura máx. equipada : 42 x 2,54 mm



CONFIGURACION TIPICA EN BASTIDOR DE 2200 mm DE ALTURA

8.1.4.3.- REGENERADOR TERMINAL DE LINEA

8.1.4.3.1.- Armazón regenerador terminal de línea

El armazón regenerador terminal de línea 34 Mbit/s MAT-3530-661 se configura sobre un único armazón preequipado básico MAT-3530-66VX, que está construido en práctica de equipo vertical T9 versión cableado exterior, con una altura de 304,8 mm. Pueden incorporar dos terminales 34 Mbit/s. Los armazones se insertan en el bastidor cuando se instalan y se aseguran en su posición mediante un tornillo especial de cabeza ranurada, situado en su parte inferior.

Se obtiene un sistema compacto MULDEX 16 x 2 Mbit/s asociado al armazón terminal de línea básica MAT-3530-661XX un armazón multiplex 2/34 Mbit/s MAT-3224-620 (304,8 mm de altura) montado en el mismo bastidor.

8.1.4.3.2.- Unidad regenerador terminal de línea

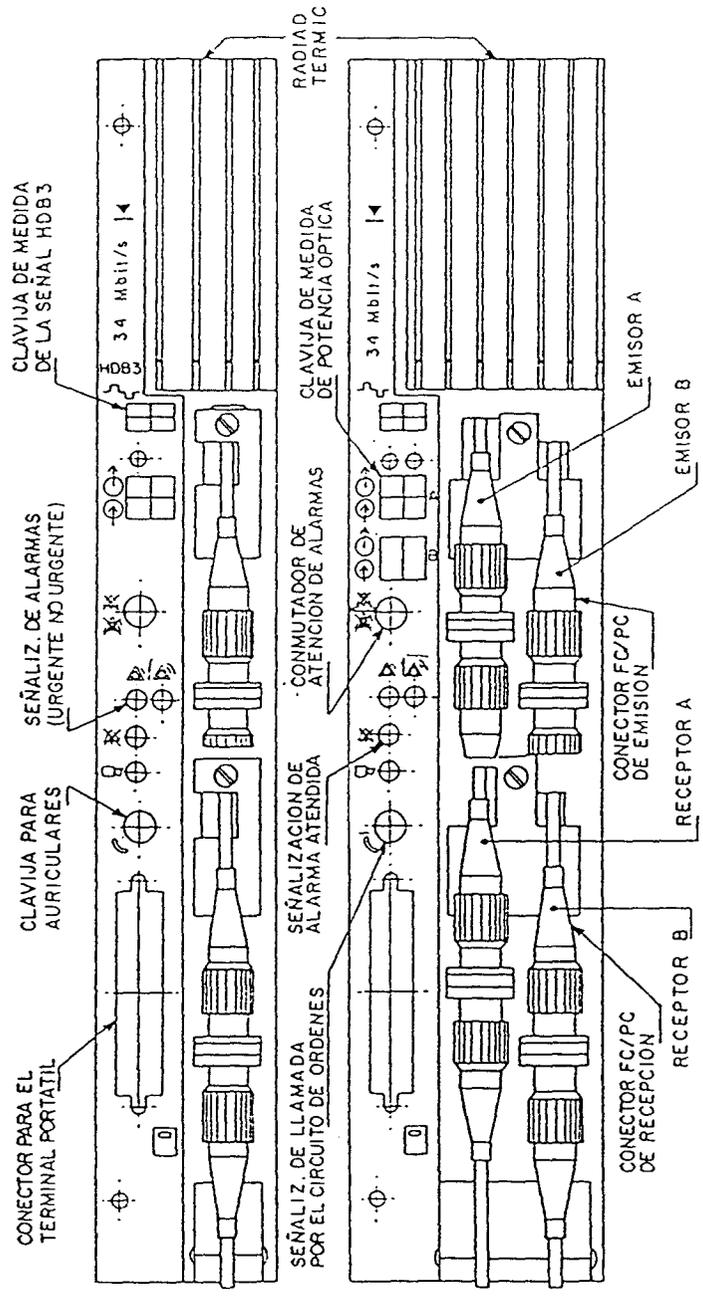
La unidad enchufable regenerador terminal de línea MUT-3530-661XX ETL 34 Mbit/s forman el sistema optoelectrónico integrado.

El sistema compacto Muldex 4 x 2 Mbit/s se obtiene asociado a la unidad terminal de 34 Mbit/s el armazón Multiplex.

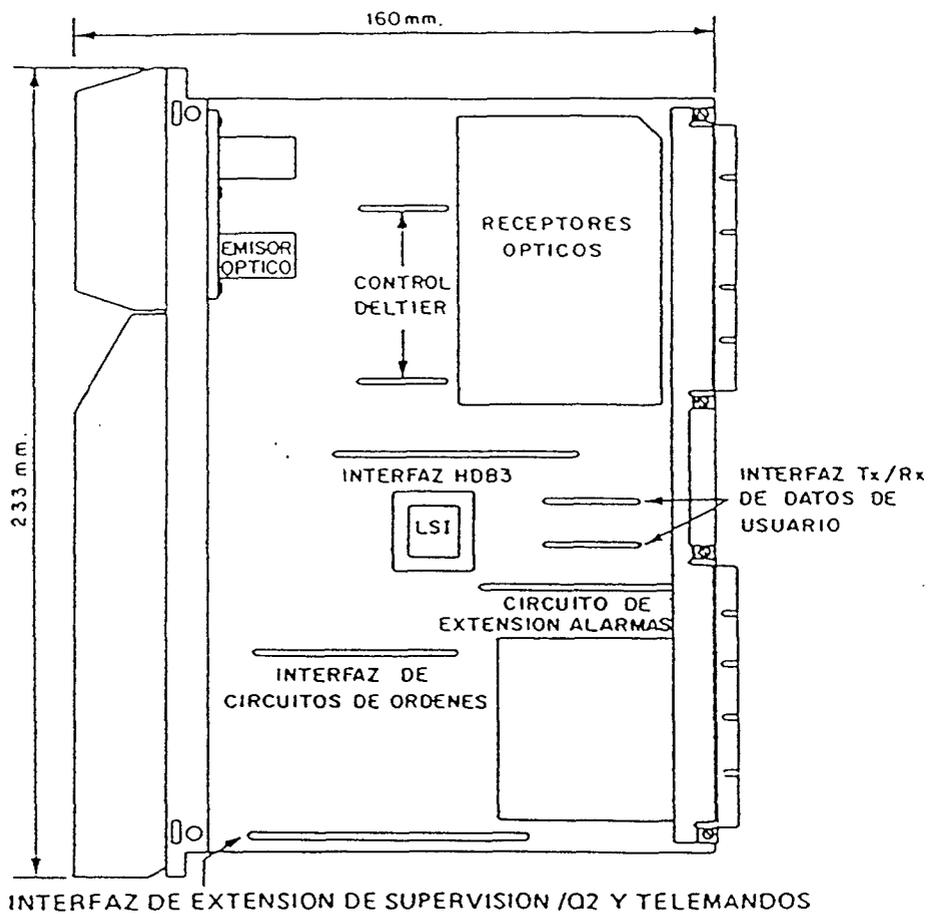
Las unidades están construidas sobre una placa base de circuito impreso en tecnología multicapa de tamaño único

normalizado (doble Eurocard). Fabricada en estratificado de fibra de vidrio autoextinguible, equipa componentes de montaje superficial en ambas caras.

La unidad incorpora el sistema integrado de supervisión y alarmas. Los circuitos opcionales de ordenes, están formados por diferentes módulos fácilmente accesibles.



UNIDAD REGENERADOR TERMINAL DE LINEA 34 Mbit/s
MUT-3530-661XX



CONFIGURACION UNIDAD REGENERADOR TERMINAL DE LINEA 34 Mbit/s
MUT-3530-661XX

8.2.- EQUIPO MULTIPLEX DIGITAL 2/34 Mbit/s

PARTE PRIMERA - DESCRIPCION GENERAL

8.2.1.- DESCRIPCION GENERAL DE FUNCIONAMIENTO

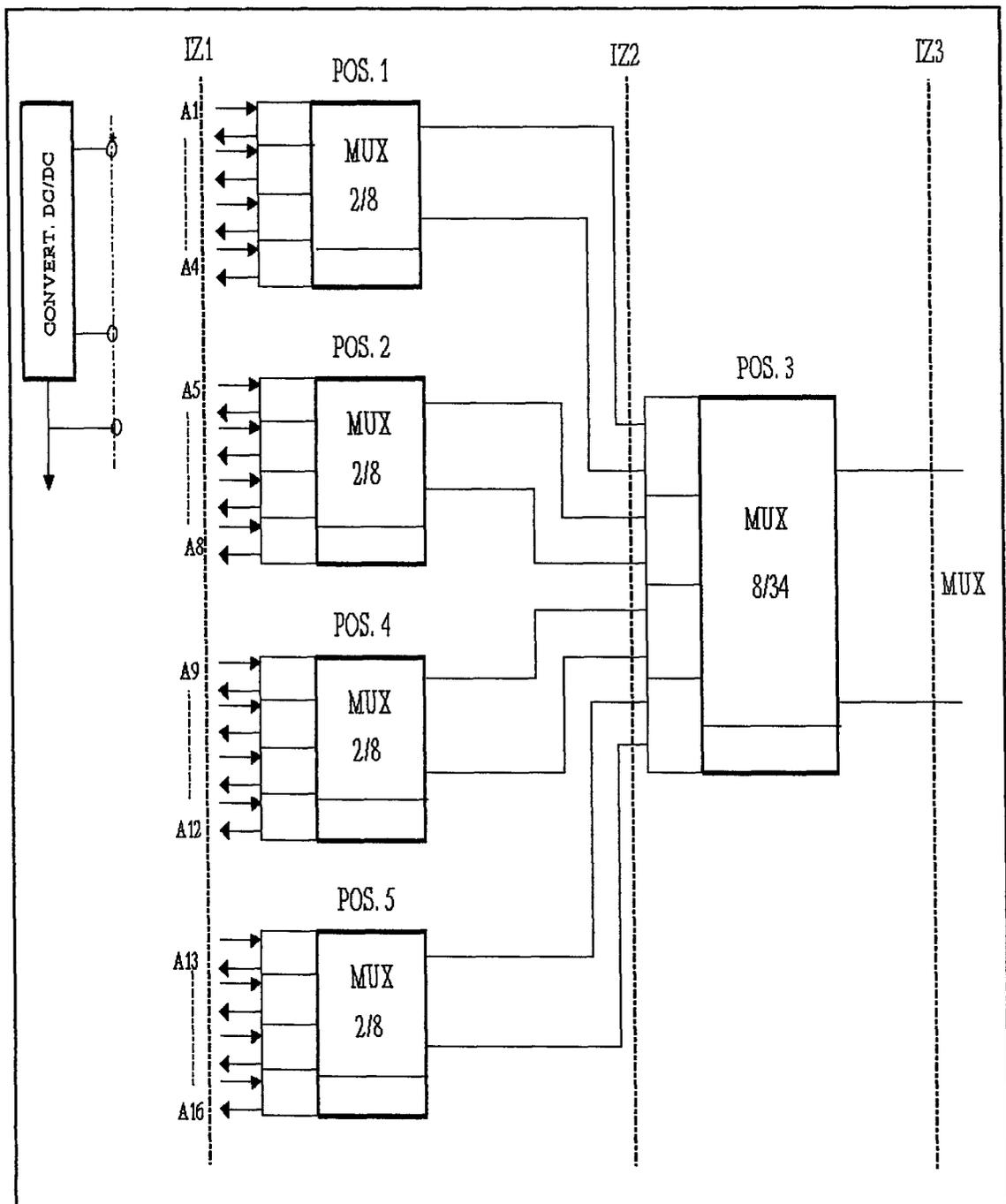
Este equipo multiplex, está compuesto por las siguientes unidades, multiplex 2/8 [MUT-3208-621AB], multiplex 8/34 [MUT-3034-620AB], alojados en el armazón MAT-3234-621VA. Este armazón, en el caso de alimentación descentralizada puede incorporar una unidad convertidora de alimentación [MUT-3501-622 AA].

Este equipo realiza el multiplexaje de 16 afluentes de 2.048 Kbit/s para formar la señal multiplex de 34.368 Kbit/s y viceversa, la demultiplexación de la señal de 34.368 Kbit/s para la extracción de los 16 afluentes que lo forman.

El sistema 2/34 Mbit/s se hace multiplexando a una jerarquía intermedia, es decir, se toman cuatro afluentes de 2.048 Kbit/s y se multiplexan en una señal de 8.448 Kbit/s. A su vez, cuatro señales de 8.448 Kbit/s se multiplexan en otra de 34.368 Kbit/s. Esto mismo pero a la inversa se hace en la demultiplexación. Se utilizan, por consiguiente, en el máximo equipado, cuatro unidades multiplex 2/8 (que en éste equipo no incorporan interfaz HDB3 en 8 Mbit/s) y una unidad multiplex 8/34, comunicándose las entradas/salidas de 8 Mbit/s, a través del cableado (backpanel) del armazón en el que van alojadas, no existiendo acceso a esta jerarquía.

Como particularidad del sistema, pueden realizarse bucles a nivel de 2 Mbit/s hacia el lado de alta velocidad, enviando señal SIA, a la salida del tributario de 2 Mbit/s.

El diagrama de bloque lo podemos ver en el dibujo 16:



DIBUJO 16: DIAGRAMA DE BLOQUES MULTIPLEX 2/34 Mbit/s

El sistema está construido conforme a la práctica T9 de Alcatel. Las tarjetas de circuito impreso están hechas en tamaño doble eurocard en el que las entradas y salidas se

hacen a través de dos conectores de 96 pines.

En dichos conectores existen unos pines distribuidos en dos "ventanas" V1 y V2, por donde se accede a las entradas y salidas de las señales de afluente y multiplex.

8.3.- EQUIPO MULTIPLEX DIGITAL 2/34 Mbit/s

PARTE SEGUNDA - DESCRIPCION DETALLADA

8.3.1.- ARMAZON MULTIPLEX 2/8/34 MAT 32-34-621XX

8.3.1.1.- GENERALIDADES

El armazón M.A.T. 3234-621XX es capaz de albergar hasta seis tarjetas con una gran versatilidad para obtener diferentes equipos.

8.3.1.2.- EQUIPABILIDAD

Puede albergar hasta cinco unidades de multiplex. Dichas unidades se han de situar en las posiciones 1, 2, 3, 4 y 5. La posición 6 queda reservada para la unidad convertidora de alimentación, caso de alimentación descentralizada.

En el sistema 16x2 se multiplexan 16 señales de 208 Kbit/s obteniendo la señal multiplex de 34368 Kbit/s. En la posiciones 1, 2, 4 y 5 van alojadas las unidades MUT 3208-621AB, y en la posición 3 se equipa la unidad MUT 3034-620AB, y en la posición 3 se equipa la unidad MUT 3034-620AB.

Si se desea puede subequiparse el armazón suprimiendo alguna unidad MUT-3208-621AB de las posiciones 1, 2, 4 ó 5. En la posición 6 se aloja la unidad convertidora MUT 3501-622AA.

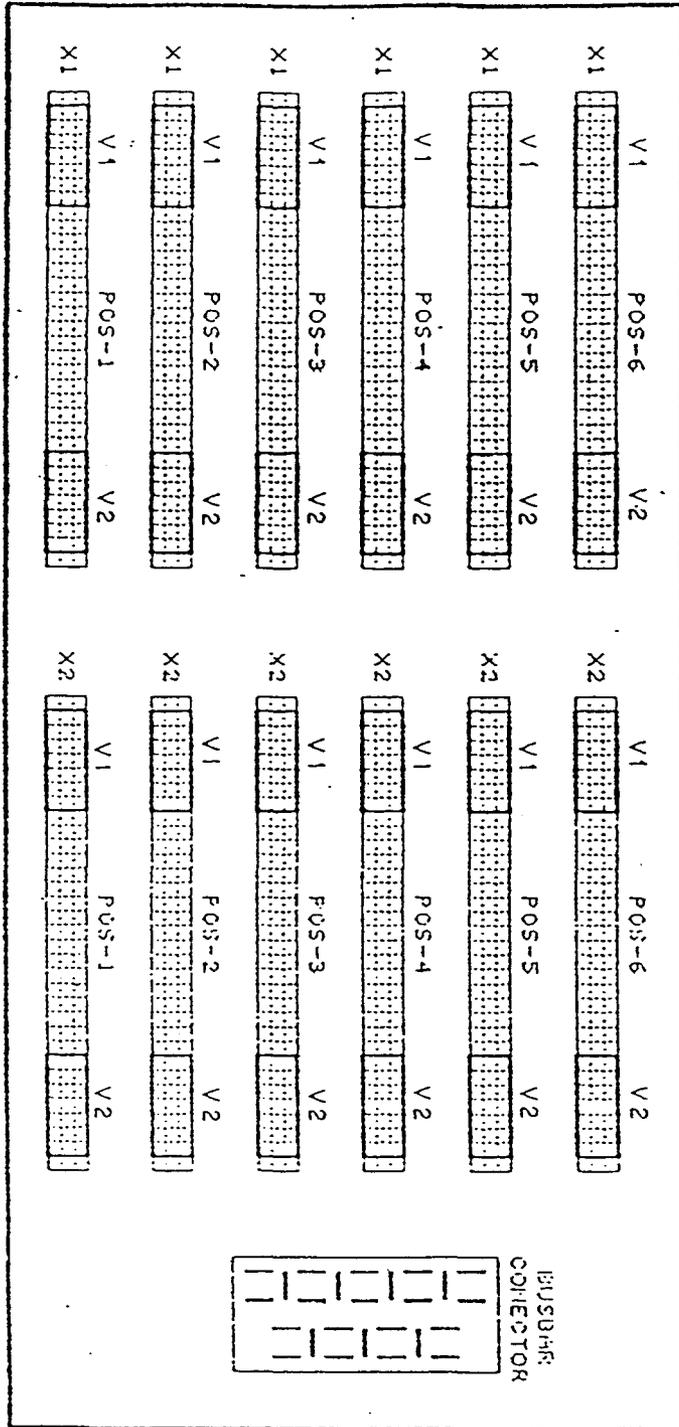
8.3.1.3.- DESCRIPCION FISICA

Cada posición de unidad de PIA posee dos conectores hembras de 96 pines. En estos conectores existen unas "ventanas" de donde salen y entran todas las señales exteriores al armazón como pueden ser señales de afluentes en HDB3, señales multiplex en HDB3, etc.

Los pines reservados a ventana son :

2a	2b	2c	25a	25b	25b
3a	3b	3c	26a	26b	26c
4a	4b	4c	27a	27b	27c
5a	5b	5c	28a	28b	28c
6a	6b	6c	29a	29b	29c
7a	7b	7c	30a	30b	30c
8a	8b	8c	31a	31b	31c

Existen además un conector de 25 contactos al que van las extensiones de alarma y alimentación (busbar).



8.3.2.- DESCRIPCION DEL MUX 2/8 Mbit/s (MUT-3208-621AB)

8.3.2.1.- GENERALIDADES

Se distinguen los siguientes bloques en esta unidad:

- Interfaz de los afluentes (2.048 Kbit/s)
- Interfaz de salida multiplex (8.048 Kbit/s). Este interfaz sólo existe en el grupo AA.
- Multiplexación
- Demultiplexación
- Bus informático
- Bucles

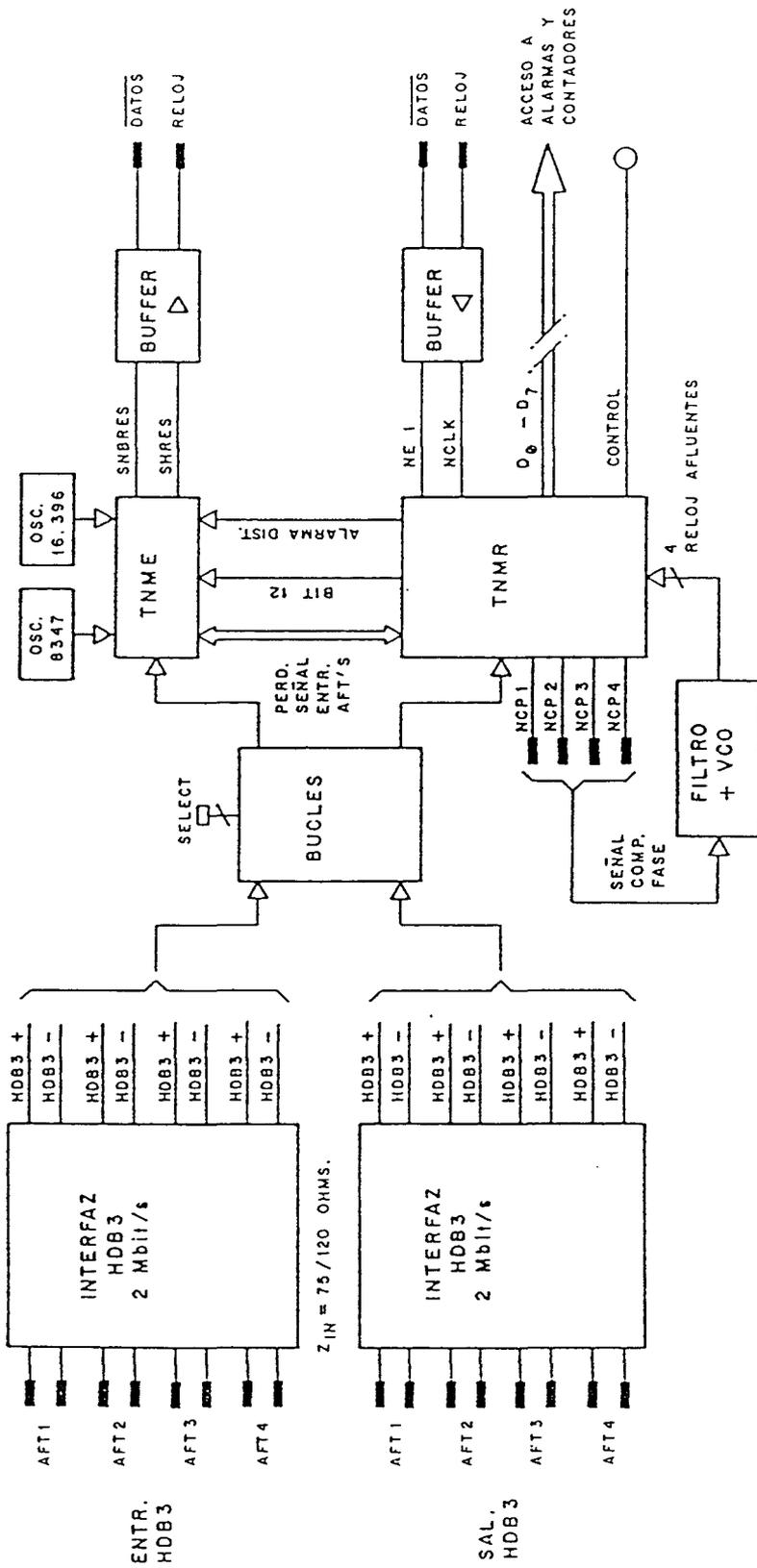


DIAGRAMA DE BLOQUES DEL MUX 2/8 Mbit/s

8.3.2.2.- INTERFAZ DE LOS AFLUENTES

La señal de afluente 1 codificada en HDB3 entra en el interfaz y salen las señales HDB3+ y HDB3- negadas.

Estas señales atacan ya al circuito integrado encargado de la multiplexación (TNME).

La señal de temporización la extrae internamente el circuito (TNME).

8.3.2.3.- RECEPCION

El circuito encargado de la demultiplexación (TNRM), proporciona las señales recuperadas de los cuatro afluentes en HDB3+ y HDB3-, que entran en el interfaz y a la salida tenemos ya la señal en HDB3 adaptada a la línea.

8.3.2.4.- INTERFAZ DE LA SEÑAL MULTIPLEX

8.3.2.4.1.- Transmisión

El circuito TNME suministra dos señales en HDB3+ y HDB3- correspondientes a la rama de 8.448 Kbit/s, y se consigue a la salida del interfaz la señal multiplex en HDB3.

8.3.2.4.2.- Recepción

La parte de recepción de 8.448 Kbit/s en HDB3 es

convertida en dos señales HDB3+ y HDB3- invertidas.

Se extraen las señales HDB3+* y HDB3-* que son las señales HDB3+ y HDB3- invertidas.

La extracción del reloj de los datos la realiza otro módulo. En dicho módulo se extrae también una señal a partir de HDB3+* la cual suministra pulsos periódicos cuando vienen datos a 8.448 Kbit/s, y una señal a nivel alto cuando hay pérdida de señal de entrada multiplex.

8.3.2.5.- MULTIPLEXACION

8.3.2.5.1.- Regeneración del reloj numérico de los afluentes

Mediante las marcas obtenidas por las señales de entrada HDB3+* y HDB3-*, es puesto en fase con los datos de un reloj externo mediante un circuito secuencial regenerándose el reloj de datos.

Este módulo existe para cada uno de los afluentes.

8.3.2.5.2.- Codificador HDB3-binario

Este módulo tiene la misión de la codificación de la señal HDB3+* en binario.

8.3.2.5.3.- Memoria tampón y justificación

Esta memoria posee una capacidad de 10 elementos binarios, lo cual asegura que no se pierda ningún dato de

los afluentes. Puesto que la frecuencia de la señal multiplex es mayor que cuatro veces la señal de afluente y a pesar de que contiene un mayor número de bit que el conjunto de los cuatro afluentes, como son la señal de alineación de trama, bits de servicio, bit de alarma en multiplex distantes (bit 11) y bit de uso nacional (bit 12) y bits de control de justificación, es necesario introducir un número de bits en cada trama que no contienen información para dar tiempo a que la memoria tampón de afluente tome nuevos datos y no quede vacía en algún momento.

Existe para cada afluente.

8.3.2.5.4.- Módulo de base de tiempo

Por división de tiempo de la señal de reloj, la base de tiempo elabora todas las señales necesarias para la creación de la trama de 8.448 Kbit/s.

8.3.2.5.5.- Módulo de multiplexaje

Este módulo multiplexa los cuatro afluentes así como introduce la palabra de alineación de trama, bit de alarma distante, los controles de justificación, así como el bit 12 de la trama.

8.3.2.5.6.- Módulo de tratamiento de la paridad

Realiza un cálculo de la paridad entre todos los bit que componen la trama.

8.3.2.5.7.- Codificador binario-HDB3

A partir de la señal multiplex en binario, elabora la señal HDB3+ y HDB3- necesaria para que mediante un interface obtener la señal HDB3.

8.3.2.5.8.- Reloj

La señal necesaria para la construcción de la trama es dada por el reloj que entra, el cual internamente se divide por dos para obtener los 8.448 Kbit/s necesarios para obtener la frecuencia de trama.

8.3.2.5.9.- Módulo de justificación

Este módulo es el encargado de decidir cuando es necesaria la justificación en la trama, y en que afluente.

8.3.2.6.- DEMULTIPLEXACION

De la demultiplexación de la señal multiplex de 8.448 Kbit/s en cuatro señales de afluente de 2.048 Kbit/s se encarga el circuito integrado TNMR.

8.3.2.6.1.- Decodificador

Está encargado de la decodificación de binario a HDB3+ y HDB3-.

Existe para cada uno de los afluentes.

8.3.2.6.2.- Memoria tampón y de justificación

En la memoria tampón se almacenan los datos binarios de cada afluente procedentes de la demultiplexación de la señal de 8.448 Kbit/s en donde se eliminan los posibles bit de justificación.

Existe para cada uno de los afluentes.

8.3.2.6.3.- Base de tiempos

Genera todas las señales de reloj y sincronismo para recuperar la trama y recuperar los afluentes.

8.3.2.6.4.- Demultiplexor

Demultiplexa la señal de 8.448 Kbit/s en cuatro señales de afluentes. Detecta además la palabra de alineación de trama, así como el bit 11 y el bit 12 de la trama.

8.3.2.6.5.- Tratamiento de la paridad

Selecciona la información a mandar en el bit 12. Calcula además la paridad y los errores de la paridad comparando la que obtiene con respecto al bit 12 recibido.

8.3.2.6.6.- Decodificador HDB3-binario

La información recibida de la señal multiplex de 8.448

Kbit/s en HDB3+ y HDB3- es decodificada en binario por este módulo.

8.3.2.6.7.- Bus informático

Se encarga del almacenamiento en 8 registros internos de diferentes alarmas, como pérdida de señal de entrada de afluentes, pérdida de señal de entrada multiplex, posee contadores de error de paridad en la trama, contadores de pérdida de la trama, así como la configuración de la unidad, esto es, si se esta utilizando como 2/8 Mbit/s ó 8/34 Mbit/s, en sus versiones normales u optimizadas. El acceso a estos registros se realiza a través de un bus de 8 bit, seleccionando el registro mediante tres líneas de dirección, disponiendo además de señales de chip select, read y write para control.

8.3.2.7.- BUCLES

Esta unidad posibilita la realización de bucles a nivel de afluente de 2.048 Kbit/s. Estos bucles se realizan independientemente a través del registro informático.

8.3.2.8.- ALARMAS

Las alarmas de la unidad son leídas a través del bus informático por una unidad de supervisión.

8.3.3.- DESCRIPCION DEL MUX 8/34 Mbit/s MUT-3034-620

8.3.3.1.- GENERALIDADES

La unidad MUT-3034-620XX equipa los circuitos necesarios para la multiplexación de cuatro afluentes 8.448 Kbit/s en una señal multiplex de 34.368 Kbit/s así como la demultiplexación de la señal mux. recibida en los cuatro afluentes que la constituyen. La multiplexación es en el tiempo, entrelazando cíclicamente los afluentes por orden de numeración y justificación positiva.

Se distinguen claramente los siguientes bloques en esta unidad:

- Interfaz de los afluentes (8 Kbit/s)
- Interfaz de salida multiplex (34 Kbit/s)
- Multiplexación
- Demultiplexación
- Bus informático

8.3.3.2.- INTERFAZ DE LOS AFLUENTES

(únicamente en grupo AA)

8.3.3.2.1.- Transmisión

La señal del afluente codificada en HDB3 entra en el interfaz y salen las señales HDB3+ y HDB3- negadas.

Estas señales atacan ya al circuito encargado de la

multiplexación (TNME).

La señal de temporización la extrae internamente el circuito (TNME).

8.3.3.2.2.- Recepción

El circuito encargado de la demultiplexación (TNMR) proporciona las señales recuperadas de los cuatro afluentes en HDB3+ y HDB3- que entran en el interfaz y a la salida tenemos ya la señal en HDB3 adaptada a la línea.

8.3.3.3.- INTERFAZ DE LA SEÑAL MULTIPLEX

8.3.3.3.1.- Transmisión

El circuito TNME suministra dos señales en HDB3+ y HDB3- correspondientes a la trama de 34.368 Kbit/s.

Se extraen las señales HDB3+* y HDB3-*.

La extracción del reloj de los datos se realiza en otro módulo, compuesto básicamente por un circuito resonante.

8.3.3.4.- MULTIPLEXACION

8.3.3.4.1.- Regeneración del reloj numérico de los afluentes

Mediante las marcas obtenidas por las señales de entrada HDB3+* y HDB3-*, es puesto en fase con los datos de un reloj externo mediante un circuito secuencial regenerándose el reloj de datos.

Este módulo existe para cada uno de los afluentes.

8.3.3.4.2.- Codificador HDB3-binario

Este módulo tiene la misión de la codificación de la señal HDB3+* y HDB3-* en binario.

8.3.3.4.3.- Memoria tampón y justificación

Esta memoria posee una capacidad de 10 elementos binarios, lo cual asegura que no se pierda ningún dato de los afluentes. Puesto que la frecuencia de la señal multiplex es mayor que cuatro veces la señal de afluente y a pesar de que contiene un mayor número de bit que el conjunto de los cuatro afluentes, como son la señal de alineación de trama, bit de servicio de bit de alarma en multiplex distante (bit 11) y bit de uso nacional (bit 12) y bits de control de justificación, es necesario introducir un número de bits en cada trama que no contienen información para dar tiempo a que la memoria tampón de afluente tome nuevos datos y no quede vacía en algún momento. Existe para cada afluente.

8.3.3.4.4.- Módulo de base de tiempo

Por división de la señal de reloj, la base de tiempo elabora todas las señales necesarias para la creación de la trama de 34.368 Kbit/s.

8.3.3.4.5.- Módulo de multiplexaje

Este módulo multiplexa los cuatro afluentes así como introduce la palabra de alineación de trama. bit de alarma distante, los controles de justificación, así como el bit 12 de la trama.

8.3.3.4.6.- Módulo de tratamiento de la paridad

Realiza un cálculo de la paridad entre todos los bit que componen la trama.

8.3.3.4.7.- Codificador binario-HDB3

A partir de la señal multiplex en binario, elabora la señal HDB3+ y HDB3- necesaria para que mediante un interface obtener la señal HDB3.

8.3.3.4.8.- Reloj

La señal necesaria para la construcción de la trama es dada por un reloj entrante.

8.3.3.4.9.- Módulo de justificación

Este módulo es el encargado de decidir cuando es necesaria la justificación en la trama, y en que afluente.

8.3.3.5.- DEMULTIPLEXACION

De la demultiplexación de la señal multiplex de 34.368 Kbit/s en cuatro señales de afluente de 8.448 Kbit/s se encarga el circuito integrado TNMR.

8.3.3.5.1.- Decodificador

Está encargado de la decodificación de binario a HDB3+ y HDB3-. Existe para cada uno de los afluentes.

8.3.3.5.2.- Memoria tampón y de justificación

En la memoria tampón se almacenan los datos binarios de cada afluente procedentes de la demultiplexación de la señal de 34.368 Kbit/s en donde se eliminan los posibles bit de justificación.

Existe para cada uno de los afluentes.

8.3.3.5.3.- Base de tiempo

Genera todas las señales de reloj y sincronismo para recuperar la trama y recuperar los afluentes.

8.3.3.5.4.- Demultiplexor

Demultiplexa la señal de 34.368 Kbit/s en cuatro señales de afluentes. Detecta además la palabra de alineación de trama, así como el bit 11 y el bit 12 de la

trama.

8.3.3.5.5.- Tratamiento de la paridad

Selecciona la información a mandar en el bit 12. Calcula además la paridad y los errores de la paridad comparando la que obtiene con respecto al bit 12 recibido.

8.3.3.5.6.- Decodificador HDB3-binario

La información recibida de la señal multiplex de 34.368 Kbit/s en HDB3+ y HDB3- es decodificada en binario por este módulo.

8.3.3.5.7.- Bus informático

Se encarga del almacenamiento en 8 registros internos de diferentes alarmas, con pérdida de señal de entrada de afluentes, pérdida de señal de entrada multiplex, posee contadores de error de paridad en la trama, contadores de pérdida de la trama, así como la configuración de la unidad, esto es, si se está utilizando como 2/8 Mbit/s ó un 8/34 Mbit/s en sus versiones normales u optimizadas. El acceso a estos registros se realiza a través de un bus de 8 bit, seleccionando el registro mediante tres líneas de dirección, disponiendo además de señales de chip select, read y write para control.

8.3.3.6.- ALARMAS

Las alarmas de la unidad son leídas a través del bus informático por una unidad de supervisión.

8.3.4.- UNIDAD CONVERTIDORA MUT-3501-622AA

Esta unidad se utiliza en caso de alimentación centralizada al sistema. Ha sido diseñada para entrada de batería de -48 y -60 voltios nominales, suministrando a su salida una tensión de 5 voltios con una corriente nominal de 2A., manteniendo su regulación desde el 30% de la carga nominal.

La transferencia de potencia desde la entrada a la salida se realiza mediante un convertidor directo, con aislamiento galvánico y tecnología MOS. El control de la unidad se consigue mediante la modulación en modo corriente de los pulsos de la puerta del transistor de conmutación, a una frecuencia de 200 KHz.

Se generan alarmas por alta y baja tensión, estando la fuente de alimentación protegida contra sobretensiones, sobrecargas y cortocircuitos a la salida, así como contra inversión de polaridad a la entrada.

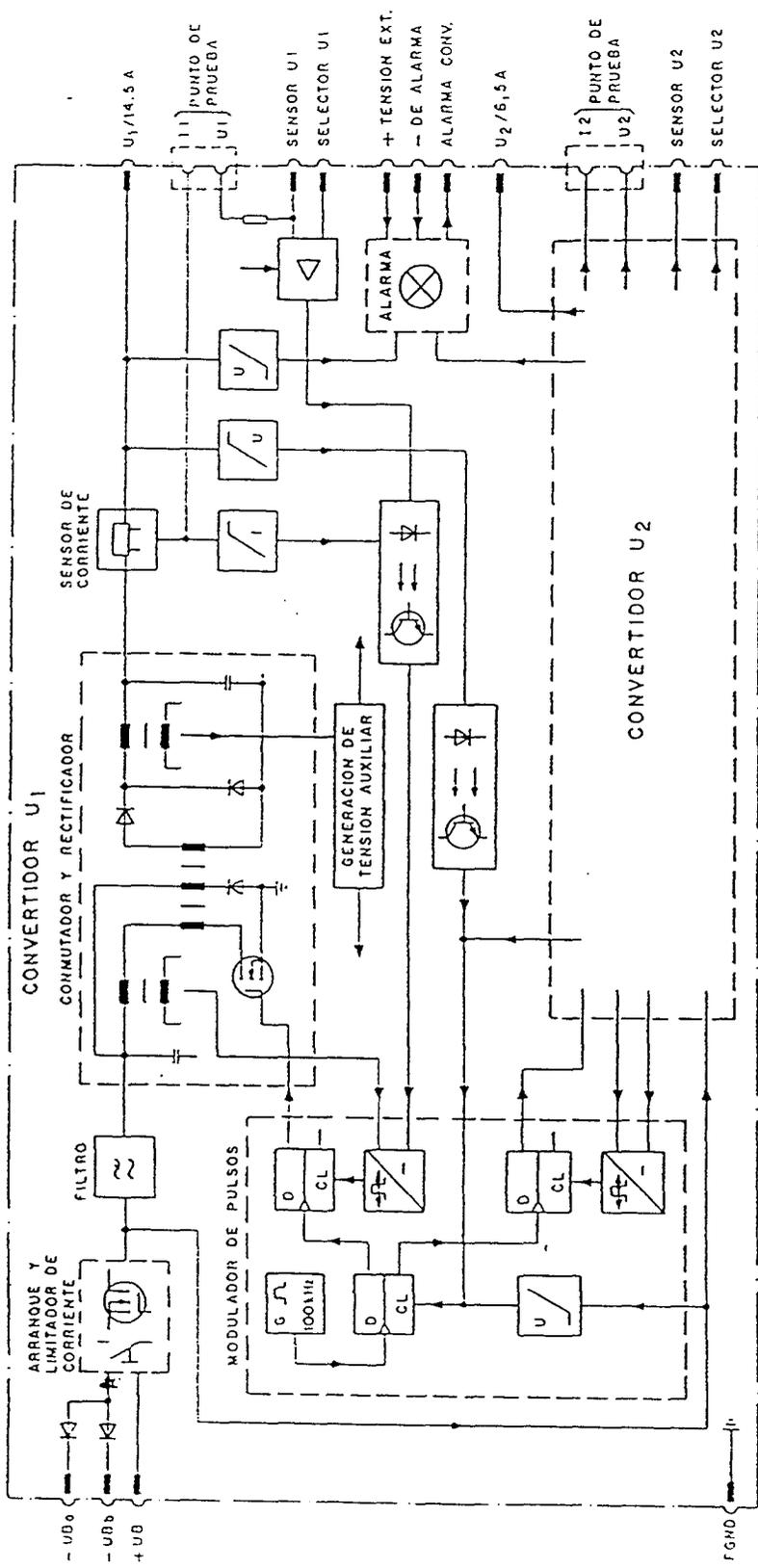


DIAGRAMA DE BLOQUES

8.4.- EQUIPO MULTIPLEX DIGITAL 2/34 Mbit/s
PARTE TERCERA - RESUMEN DATOS TECNICOS

8.4.1.- CARACTERISTICAS TECNICAS DEL MUX 2/34 Mbit/s

8.4.1.1.- CARACTERISTICAS ELECTRICAS DEL MUX 2/34 Mbit/s

8.4.1.1.1.- Consideraciones generales

El sistema cumple con las recomendaciones G.703 y G.742 del CCITT libro rojo.

8.4.1.1.2.- Velocidades binarias

Velocidad binaria nominal de la señal multiplex

34.368 kbit/s

Tolerancia de la velocidad binaria de la señal multiplex

± 20 ppm

Velocidad binaria nominal de las señales de los afluentes

2.048 kbit/s

Tolerancia de la veloc. binaria de las señales de afluentes

± 50 ppm

8.4.1.1.3.- Estructura de trama de la señal multiplex de

34.368 Mbit/s

Esta estructura de la trama está de acuerdo con la recomendación G.751 del CCITT.

Velocidad binaria de los afluentes : 2.048 kbit/s

Número de afluentes : 16

ESTRUCTURA:

Plan de numeración de los bits.

	GRUPO I
Señal de alineación de trama (1111010000)	1 a 10
Indicación de alarma destinada al equipo multiplex digital distante	11
Bit reservado para uso nacional	12
Bits de los afluentes	13 a 384
	GRUPO II
Bits C de control de justificación	1 a 4
Bits de los afluentes	5 a 384
	GRUPO III
Bits C de control de justificación	1 a 4
Bits de los afluentes	5 a 384
	GRUPO IV
Bits C de control de justificación	1 a 4
Bits justificables (de los afluentes)	5 a 8
Bits de los afluentes	9 a 384
Longitud de la trama	1.536 bits
Bits por afluente	378 bits
Velocidad máx. de justificación por afluente	22.375 bit/s
Relación nominal de justificación	0,436

8.4.1.1.4.- Método de multiplexación

Por entrelazado cíclico de los bits, según el orden de numeración de los afluentes y con justificación positiva.

8.4.1.1.5.- Interfaces digitales

INTERFAZ DE 2.048 kbit/s

Especificación de los accesos de salida del interfaz:

- Forma del impulso (forma nominal): Todas las marcas de una señal útil se adjuntan a la plantilla de la figura 15/G703 del CCITT independientemente de su signo.
- Par(es) en cada sentido de transmisión : par coaxial / par pantalla.
- Impedancia de carga para prueba : 75 Ohm / 120 Ohm resistiva.
- Tensión de resta de una marca (impulso) : 2,37 V (75 Ohm) / 3 V (120 Ohm).
- Tensión de cresta de un espacio (ausencia de impulso):
 $0 \pm 0,237$ V (75 Ohm) / $0 \pm 0,3$ V (120 Ohm)
- Anchura nominal del impulso: 244 ns.
- Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto medio de la anchura del impulso: De 0,95 a 1,05
- Relación entre la anchura de los impulsos positivos y la de los negativos en los puntos de semi-amplitud nominal:
De 0,95 a 1,05

INTERFAZ DE 34.368 kbit/s

Especificación de los accesos de salida del interfaz:

- Forma del impulso (forma nominal): Todas las marcas de una señal útil se adjuntan a la plantilla de la figura 17/G703 del CCITT independientemente de su signo.
- Par(es) en cada sentido de transmisión: par coaxial
- Impedancia de carga para prueba: 75 Ohm resistiva.
- Tensión de cresta de una marca : 1 V
- Tensión de cresta de un espacio (impulso): $0 \pm 0,1$ V
- Anchura nominal del impulso: 14,55
- Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto medio de la anchura del impulso: De 0,95 a 1,05
- Relación entre la anchura de los impulsos positivos y la de los negativos en los puntos de semi-amplitud nominal: De 0,95 a 1,05

8.4.1.2.- ALIMENTACION

El multiplex se alimenta a una tensión de $5 \text{ V} \pm 5\%$

8.4.1.3.- BUCLES

El multiplex 2/34 Mbit/s puede realizar automáticamente, bucles a nivel de 2 Mbit/s en cualesquiera de los dieciséis tributarios, de manera que en la señal multiplex enviada por "salida mux" está la información

íntegra del afluente recibido que se ha bucleado.

En caso de realizar bucle, se envía SIA a la salida de tributario de 2 Mbit/s.

8.4.1.4.- ALARMAS

El sistema detecta las siguientes condiciones de avería:

- PSEi = Pérdida de señal afluentes de 34.368 kbit/s
- PSEM = Pérdida de señal de entrada MUX 34.368 kbit/s
- PAT = Pérdida alineación de trama 34.368 kbit/s

Se reportan los siguientes estados:

- SIAM = SIA en señal MUX de 34.368 kbit/s
- SIA = SIA en jerarquía de 8.448 kbit/s
- ALD = Indicación distante de alarma 34.368 kbit/s
- ALDI = Indicación distante de alarma en jerarquía
8.448 kbit/s

8.4.1.5.- CARACTERISTICAS MECANICA

El multiplex digital 2/34 Mbit/s está montado sobre placas rectangulares de circuito impreso en tamaño doble eurocard en el que las comunicaciones se realizan por dos conectores de 96 pines.

En dichos conectores existen unos pines distribuidos en dos "ventanas" V1 y V2 por donde se accede a las entradas y salidas de las señales de afluente y multiplex.

Dimensiones:

- Longitud : 233,35 mm
- Anchura : 160,02 mm
- Altura máx. cara soldadura : 2 mm
- Espacio que ocupa en armazón : 20 mm

8.4.2.- CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA UNIDAD CONVERTIDORA CENTRALIZADA MUT-3501-622AA

8.4.2.1.- CARACTERISTICAS ELECTRICAS

8.4.2.1.1.- Entrada

Tensión de entrada desde -40,5 hasta 72 V (-48/-60 V nominales de batería +20% -15%).

8.4.2.1.2.- Salida

- $V_{nominal}$ = + 5 V
- Tolerancia = \pm 2,5 %
- $I_{m\acute{a}x}$ = 2 A
- $I_{m\acute{i}n}$ = 100 mV_{pp}

8.4.2.1.3.- Protecciones

- Protección contra sobretensiones de salida con inhibición del convertidor cuando la salida alcanza un valor de $6 \pm 0,3$ V.
- Protección contra sobrecorrientes por encima del 20 % de la nominal y contra cortocircuitos, con recuperación automática.
- Protección contra inversión de polaridad a la entrada.
- Fusible de entrada contra fallos catastróficos.

8.4.2.1.4.- Alarmas

La alarma se generará por baja tensión de salida, actuando cuando esta caiga a un valor de $4,5 \pm 0,25$ V. La salida de alarma consistirá en un colector abierto, dando tierra en condiciones normales de funcionamiento y alta impedancia en condiciones de fallo.

8.4.2.2.- CARACTERISTICAS MECANICAS

El convertidor será alojado como unidad enchufable, constituido por una placa impresa de 1,6 mm con dos caras de cobre de 70 u (cotas máximas + 160,02 mm x 233,35 mm), dos conectores H. DIN 41612 de 96 terminales y una placa frontal de 17,78 mm (7 módulos), de acuerdo con la práctica de equipo T9.

8.5.- EQUIPO DE LINEA POR FIBRA OPTICA A 34 Mbit/s

DESCRIPCION DEL EQUIPO

8.5.1.- DESCRIPCION DE FUNCIONAMIENTO

La nueva familia de ETLO de 34 Mbit/s de Alcatel ha sido diseñada para satisfacer los requisitos más exigentes en cuanto a calidad, servicio, redundancia y modularidad, con el máximo nivel de integración en una sola placa. Flexibilidad y fiabilidad se han combinado con una amplia gama de opciones para ayudar a los diseñadores de sistemas a conseguir una solución óptima en cada aplicación.

La unidad ETLO proporciona en una sola placa de circuito impreso las características requeridas y contiene su propia fuente de alimentación. Los conectores ópticos se montan en el frontal de cada unidad: dos conectores para la unidad básica y cuatro cuando se requieran protección mediante redundancia óptica. El resto de conectores, jacks e indicadores se equipan también en dicho frontal. La transmisión se puede realizar mediante fibras monomodos o multimodo, ofreciéndose a los usuarios un amplio margen de potencias.

El equipo terminal de línea se conecta típicamente en una configuración punto a punto para formar una SDL (sección digital de línea), siendo posible también conectar varias SDL en serie. En este caso todas las estaciones pueden ser supervisadas desde cualquiera de ellas [Dibujo 17].

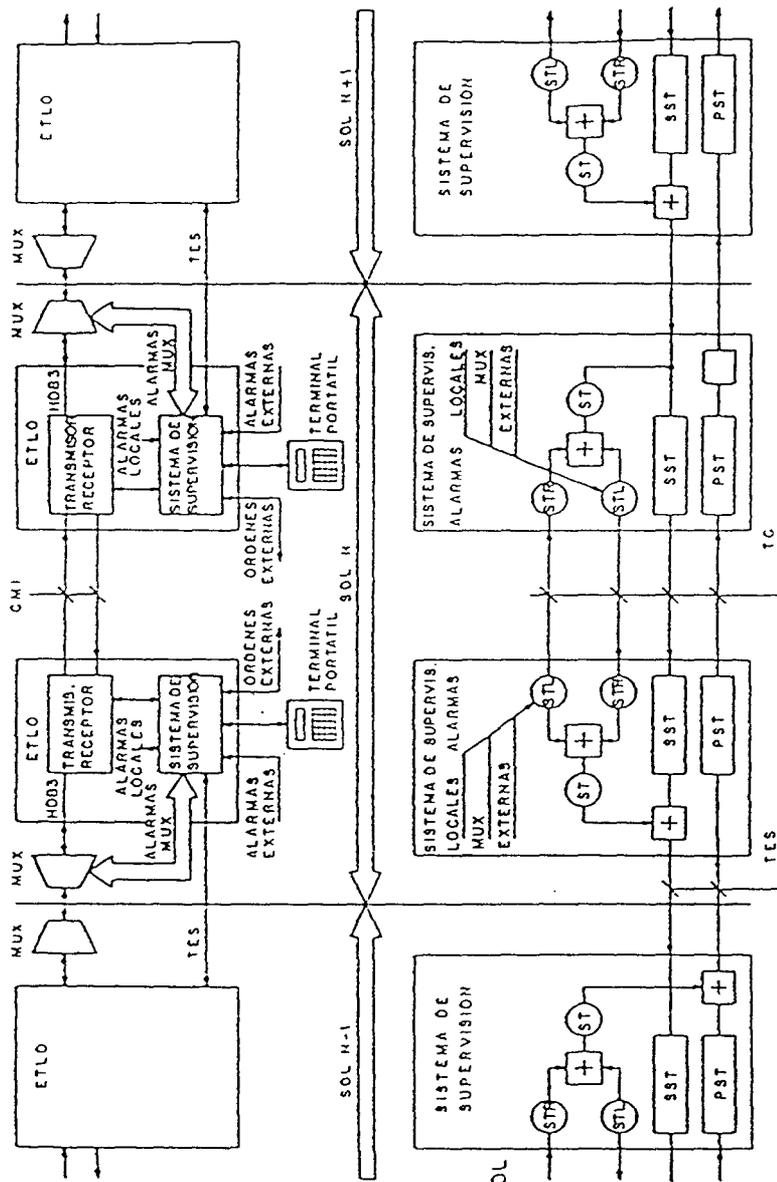
Los sistemas disponen de un canal interno de servicio entre equipos terminales. Este canal de servicio se

transmite y recibe por las mismas fibras que transportan las señales de tráfico de 34 Mbit/s, pero está protegido respecto de los fallos en el canal de transmisión principal.

El canal interno de servicio incluye, además del canal de supervisión, un circuito de órdenes para comunicación vocal entre terminales y dos canales de datos a disposición de los usuarios para sus propias aplicaciones, (como redes de ordenadores o supervisión remota). Tales facilidades coexisten con la vía principal de tráfico, que proporciona 480 canales a las velocidades de transmisión de 34 Mbit/s, respectivamente.

Se incorpora además un interfaz Q2, definido en la recomendación G.771 del CCITT, para ejercer supervisión remota desde una estación central principal, conforme a los últimos conceptos de gestión de red.

El diseño mecánico responde a la práctica de equipo T9 de Alcatel, utilizada normalmente en los equipos de transmisión por línea, multiplexación y supervisión de red.



INDICACIONES :

- PST - ALMACENAMIENTO PREVIO DE ESTADOS DE SDL
- SST - ALMACENAMIENTO POSTERIOR DE ESTADOS SOL
- ST - ESTADO DE SOL
- STL - ESTADO LOCAL
- STR - ESTADO REMOTO
- TC - SUBCANAL DE SUPERVISION
- TES - SUBCANAL DE EXTENSION DE SUPERVISION

CONFIGURACION DE SDL Y TRAYECTOS DE LA SUPERVISION

DIBUJO 17

8.5.2.- ARQUITECTURA DEL EQUIPO TERMINAL DE LINEA OPTICA

Las principales funciones realizadas por el equipo de línea son:

- interfaz eléctrico.
- Codificación/decodificación de línea.
- Interfaz óptico.
- Supervisión del sistema: detección de alarmas, control de configuración, etc.
- Comunicación con equipo terminal distante por medio del canal interno de servicio
- Fuente de alimentación descentralizada.
- Redundancia óptica.

El tráfico entre equipos terminales se protege opcionalmente mediante una redundancia óptica duplicándose en la misma placa base el número de módulos ópticos, en este caso, la anchura de la placa pasa de los 14 módulos estándar a 21 módulos. Ambos emisores transmiten simultáneamente por los dos caminos ópticos que existen entre los terminales. En el lado de recepción, se mide la tasa de errores de bit (TEB) de la fibra de servicio (activa), y si ésta excede de 10^{-3} se selecciona la que se mantenía en reserva.

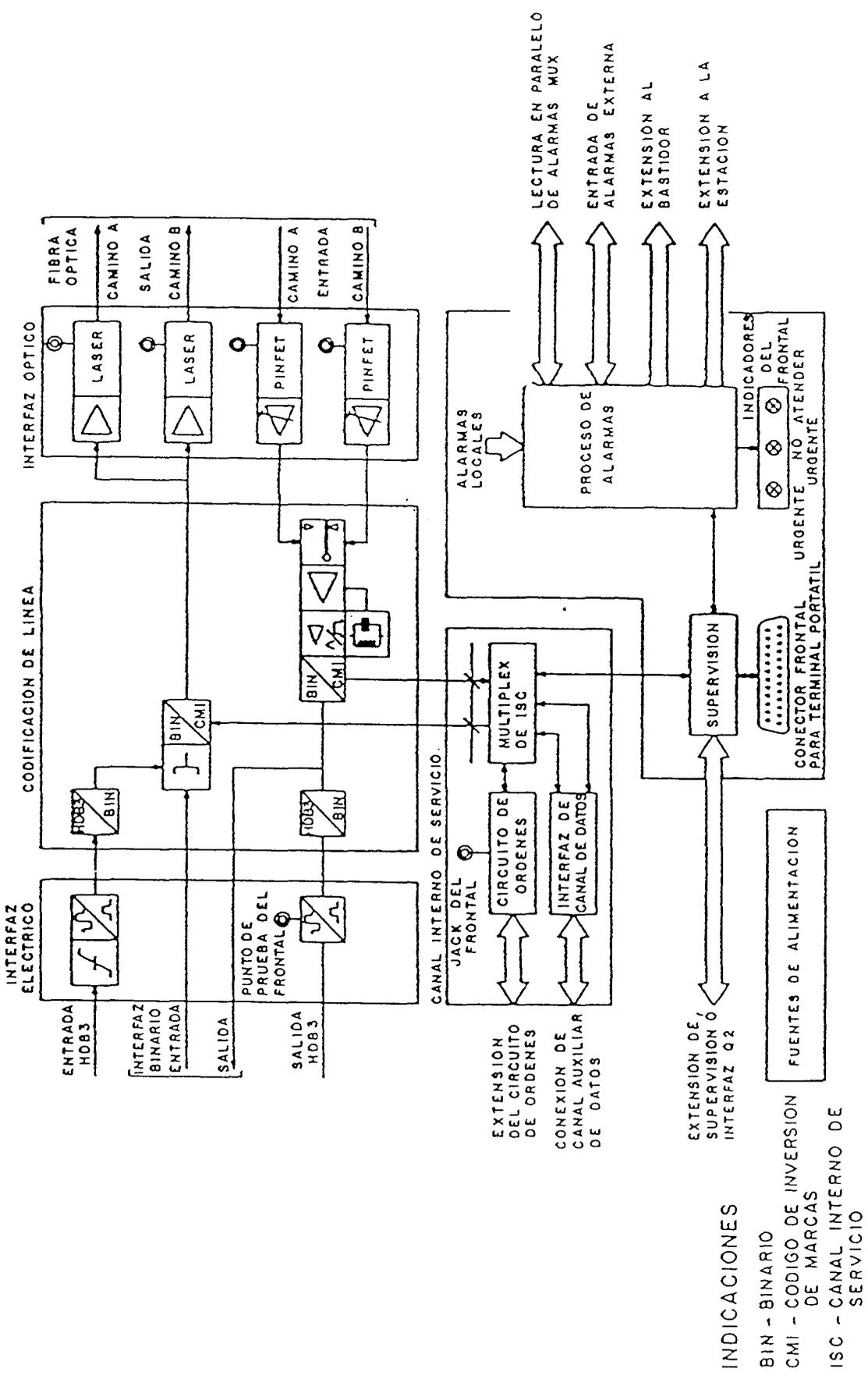


DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN ETLO.

******* FIGURA PAGINA 64 *******

El diseño de la placa base responde a la modularidad del sistema, reservando zonas específicas de la misma para las distintas funciones.

La placa madre - un circuito impreso multicapa según el estándar Eurocard doble (233,35 mm x 160 mm) - puede sustentar varias placas hijas que aportan las siguientes facilidades:

- Circuito de órdenes para comunicación vocal durante el mantenimiento.
- Interfaces de accesos para los canales de datos de usuario.
- Interfaz de supervisión Q2 del CCITT.
- Módulos híbridos que toman la alimentación descentralizada, directamente desde el suministro principal de 48 V CC.
- Extensión de alarmas.
- Interfaces de acceso de la señal HDB3.
- Control de la célula Peltier de refrigeración incluida en los láseres de alta potencia.

La señal eléctrica codificada en HDB3 que entra en el equipo se convierte a señal binaria NRZ (sin retorno a cero), y posteriormente al código de línea CMI (código de inversión de marca), que permite detectar los errores de transmisión y garantiza un número igual de niveles 1 y 0. Las conversiones de código se realizan mediante un circuito VLSI específico que también genera el canal interno de

servicio.

En el lado de recepción, el VLSI realiza las operaciones inversas, demultiplexando el canal interno de servicio y haciendo las conversiones de código necesarias. Otras funciones de este dispositivo son la detección de errores de la señal HDB3 entrante y el cálculo de la TEB en recepción, enviando los siguientes mensajes al microprocesador de supervisión del sistema:

- Fallo en la señal HDB3 entrante.
- Detección de señal indicadora de alarma (SIA) en la señal HDB3.
- TEB mayor de 10^{-6}
- TEB mayor de 10^{-3}

Otros circuitos incluidos en el dispositivo VLSI realizan funciones auxiliares como la supervisión del microprocesador, conexión de bucles de prueba en el interfaz eléctrico, conmutación de las salidas de los módulos ópticos de recepción (en el caso de haber redundancia óptica), e inserción de la SIA en ambos extremos de la línea cuando ello se requiera.

8.5.3.- CIRCUITOS OPTICOS

El módulo emisor utiliza un diodo láser montado en un encapsulado hermético de 14 terminales, que está alimentado por dos corrientes:

- Corriente de modulación suministrada por un amplificador acoplado en alterna a la salida de tráfico del circuito VLSI donde se genera los datos a ser transmitidos.
- Corriente de polarización que asegura un máximo rendimiento en la conversión corriente-luz del láser.

La potencia óptica emitida por el sistema se mantiene en un nivel constante debido al uso de un circuito de realimentación que controla la corriente de polarización.

Pueden utilizarse láseres de alta o de baja potencia, que respectivamente suministran potencias ópticas teóricas de 1mW y 0,1 mW.

Cuando se utiliza un láser de alta potencia, el módulo óptico contiene un sensor de temperatura y un refrigerador para mantener una temperatura interior estable de 25°C. El funcionamiento del láser se supervisa con respecto al valor de su corriente de polarización, generándose una alarma si se aumenta excesivamente su valor nominal.

El módulo emisor incorpora los siguientes circuitos de seguridad que protegen al personal de peligrosas radiaciones

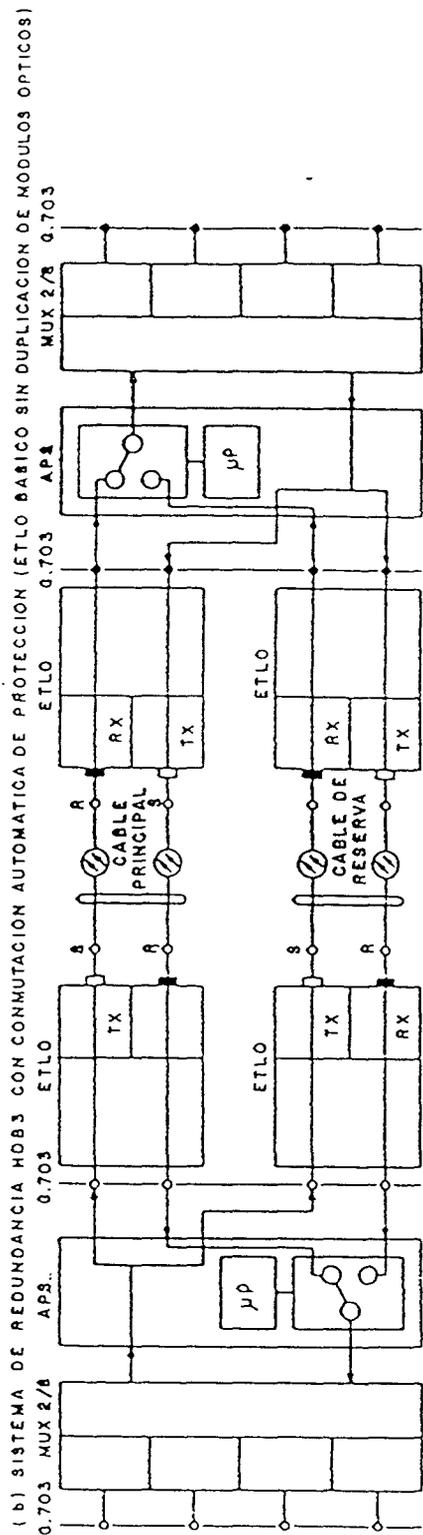
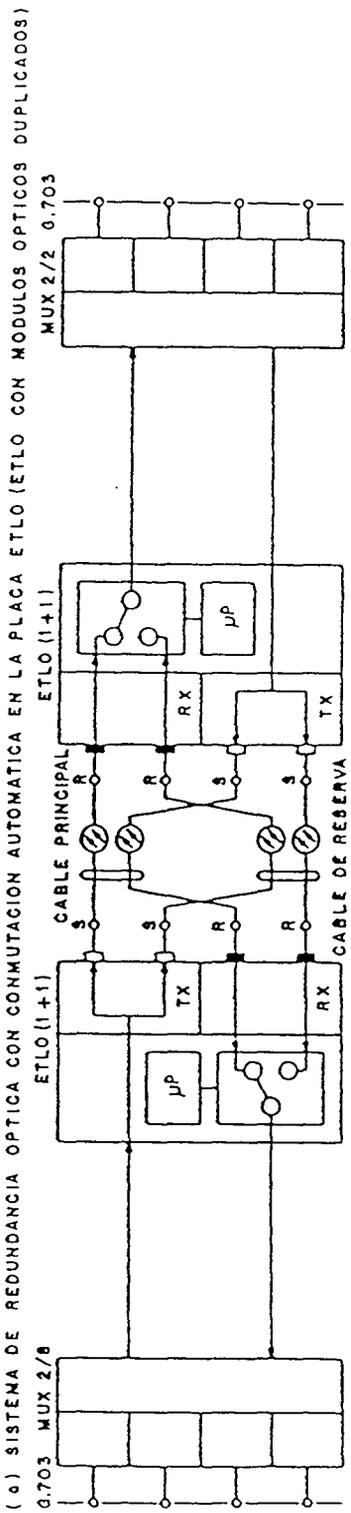
del láser al abrir el módulo para el mantenimiento:

- Limitador de la potencia emitida.
- Corte automático del láser si no entra señal óptica en el receptor, este circuito puede ser inhibido.

El módulo receptor consiste en un conversor optoelectrónico seguido de un amplificador dotado de control automático de ganancia. Después de ser filtrada, la salida del amplificador se lleva a un comparador donde se convierte en señal digital.

El conversor optoelectrónico se aloja en un encapsulado hermético de 14 terminales, junto con un amplificador FET de transimpedancia. El filtrado y limitación de la banda se realiza mediante un circuito híbrido diseñado para funcionamiento a 34 Mbit/s.

La redundancia óptica se consigue transmitiendo simultáneamente por dos caminos ópticos y seleccionando en la recepción la salida de uno de los dos receptores ópticos, conectados a los respectivos caminos, según la TEB detectada. El control de la redundancia puede ser manual o automática, accionándose la conmutación automática de un receptor a otro cuando la TEB recibida es mayor de 10^{-3} , siempre que el nivel de señal entrante en el receptor en reserva supere al umbral de sensibilidad.



- INDICACIONES
- APS - CONMUTADOR AUTOMATICO DE PROTECCION
 - RX - RECEPTOR
 - TX - TRANSMISOR
 - µP - MICROPROCESADOR

CONFIGURACIONES DE REDUNDANCIA

La conmutación manual se inicia localmente mediante una orden emitida por el terminal portátil, o a distancia por medio de un subcanal de supervisión. Si la orden es local, la conmutación tiene lugar con independencia de los niveles de señal óptica en los enlaces activo y en reserva. Sin embargo, cuando la orden se recibe desde un terminal remoto, antes de autorizar la conmutación se analiza el nivel de señal óptica en el receptor en reserva impidiéndose la conmutación si este nivel es bajo. En uno y otro caso, el camino óptico activo se indica por un LED en el frontal del ETLO.

8.5.4.- CANAL INTERNO DE SERVICIO

Se forma por multiplexación en el tiempo de cuatro subcanales de servicio, asignados a: supervisión de línea, circuito de órdenes y dos canales de datos.

El canal interno de servicio se inserta en la señal de tráfico codificada en CMI utilizando una técnica de violación periódica de ese código. Esta violación de código se realiza de acuerdo con diferentes patrones específicos para evitar la aparición de disparidades en la señal de línea y, por lo tanto de componentes de baja frecuencia en el espectro de la envolvente de la señal óptica.

Un muldex interno crea la estructura de trama a partir de los bit asignados a cada subcanal. Las diferentes señales

de reloj que éstos necesitan se obtienen por divisiones de frecuencia de la señal de reloj del canal de tráfico.

El alineamiento automático de trama se controla mediante un protocolo interactivo sostenido entre los dos circuitos VLSI incluidos en los equipos de línea que forman la SDL.

Las velocidades típicas de los subcanales de servicio en un ETLO de 34 Mbit/s son: 64 kbit/s para el circuito de órdenes, 32 kbit/s para supervisión, y 64 y 16 Kbit/s para los canales de datos del usuario.

8.5.4.1.- CIRCUITOS DE SUPERVISION

El subcanal de supervisión se utiliza para intercambiar señales de datos entre los microprocesadores de los ETLO local y distante. La supervisión remota, indicación de alarmas y control de la redundancia se realizan por tal medio. Dado que la velocidad de la información transmitida por el subcanal de supervisión es inferior a la velocidad binaria propia de este subcanal, se realiza un sobremuestreo que proporciona una protección adicional frente a errores en la línea.

8.5.4.2.- CIRCUITO DE ORDENES

La señal digital del circuito de órdenes está generada en una placa hija opcional que incluye un codec de

modulación delta y un amplificador de audio. Normalmente se accede al canal del circuito de órdenes enchufando un microteléfono en un jack situado en el frotal del ETLO. Se puede hacer llamadas selectivas y de conferencia mediante el uso del terminal portátil sin degradación de la calidad de la señal de datos principal.

8.5.4.3.- CANALES DE DATOS

Los subcanales de datos de usuario se asignan a usos específicos , dependiendo de la aplicación. Los interfaces para estos subcanales cumplen la recomendación V.11 del CCITT, siendo accesibles por un conector en la parte trasera. Pueden funcionar en modo síncrono a las velocidades binarias inferiores.

8.5.5.- SISTEMA DE SUPERVISION

El sistema de supervisión permite:

- Visualizar y notificar las alarmas locales, remotas y externas de cada equipo terminal.
- Enviar órdenes a cualquier ETLO y recibir las correspondientes respuestas.
- Conectar son un centro de supervisión o un sistema de gestión de red.

El ETLO incluye un circuito gobernado por un

microprocesador que realiza la supervisión del mismo y controla dos subcanales de supervisión remotas, uno hacia el ETLO distante de la misma SDL, y otro hacia el ETLO perteneciente a la SDL adyacente [Dibujo 17 anterior].

Cada equipo terminal detecta sus propias alarmas internas y puede recoger dos alarmas externas, así como las de un equipo multiplex asociado opcionalmente a él y genera una señal de información del estado local, que se envía al terminal distante como señal de indicación del estado remoto. Cada ETLO combina las indicaciones de estado local y remoto en una única señal de estado de la SDL. Cuando se conectan varias SDL en cascada, toda la información de estados de cada una se pasa al ETLO siguiente, donde se almacena junto con la indicación de su posición relativa

Los ciclos de supervisión se inician periódicamente. La información de estados incluida en cada ETLO se actualiza a la vez que se transmite las correspondientes órdenes entre los ETLO, así como las respuestas que hubiera. Las órdenes y las respuestas se pueden generar internamente, en cuyo caso se ejecutan dentro del ETLO. No obstante, si la generación es externa, el ETLO actúa como un medio de transmisión transparente entre los terminales involucrados.

El sistema de supervisión dispone de los interfaces siguientes:

- Interfaz interno para la detección de las alarmas locales.

- Interfaz paralelo para recogida de las alarmas del multiplex asociado.
- Interfaz para órdenes/respuestas externas.
- Interfaz para el terminal portátil.

Las ordenes internas se pueden utilizar para determinar el estado de cualquier ETLO, y controlar a distancia ciertas funciones como realización de bucles de prueba y conmutación manual entre las partes redundantes de un ETLO perteneciente a cualquier SDL.

Las órdenes externas permiten explorar y controlar a distancia el estado de dispositivos remotos, suponiendo que su interfaz sea inteligible para el ETLO. Ejemplo de tales dispositivos son los sensores de temperatura y los detectores de irrupción (robo).

El terminal portátil se emplea para:

- Fijar la configuración del ETLO.
- Explorar el estado global de cada SDL.
- Identificar las alarmas del ETLO local y el remoto.
- Conocer y controlar a distancia el estado de los conmutadores de la redundancia, los bucles de prueba, los dispositivos externos y atender llamadas a través del circuito de órdenes.

Los subcanales de extensión para supervisión remota del primero y último ETLO de una ruta permiten que el

sistema se conecte a un centro de supervisión o sistema de gestión de red mediante el interfaz Q2. Dicho centro puede realizar las mismas funciones que el terminal portátil.

8.6.- EQUIPO DE LINEA POR FIBRA OPTICA A 34 Mbit/s
RESUMEN DE DATOS TECNICOS

8.6.1.- CARACTERISTICAS TECNICAS DEL SISTEMA

8.6.1.1.- INTERFAZ DE LINEA

- Tipo de fibra : SM/MM según CCITT G.652/G.651
- Longitud de onda (nm) : 1300/1550
- Código : CMI
- Velocidad de transmisión : 34.268 Kbit/s
- Conector óptico : FC - PC

8.6.1.2.- INTERFAZ ELECTRICA

- Velocidad de transmisión : 34.368 KHz
- Tolerancia de frecuencia : 20×10^{-6}
- Impedancia : 75 Ohm
- Nivel de HDB3 : Según Rec. CCITT G.703
- Nivel binario : Digital NRZ con datos y reloj
- Máximo nivel de entrada : Según recomendación CCITT G.823
- Máximo nivel de salida : Según recomendación CCITT G.823
- Función de transferencia : Según recomendación CCITT G.823
- Máximo nivel de salida : Según recomendación CCITT G.823
(sin entrada)

8.6.1.3.- INTERFAZ TERMINAL PORTATIL

- Velocidad : 2400 baudios
- Protocolo : Asíncrono
- Interfaz eléctrico : V.28
- Conector : DB-25 Hembra

8.6.1.4.- ALIMENTACION

- Centralizada : +5 y -5 VCC \pm 5%
- Descentralizada : -48/-60 VCC (-40,5 a -72 V)
- Consumo típico :
 - . Unidad básica (baja potencia) : < 7W
 - . Unidad redundante (baja potencia) : < 9W
 - . Opción de láser de alta potencia : < 3W
 - . Opción de canales de datos : < 1,3W

8.6.1.5.- CIRCUITO DE ORDENES

- Banda de frecuencia : 300-3400 Hz
- Prolongación : 4 hilos (4H)
- Impedancia terminales en extensión a 4 hilos : 600 Ohm simétricos
- Frecuencia de muestreo : 32 ó 64 KHz
- Nivel nominal de emisión : -15 dBV (4H)
- Pérdidas de inserción : 0 dB
- Señalización : Mediante terminal portátil

8.6.1.6.- INTERFACES DEL SISTEMA DE SUPERVISION

8.6.1.6.1.- Interfaz serie (Terminal portátil)

Accesible en el conector frotal X6 de la unidad.

Características del interfaz:

- Velocidad : 1200 baudios
- Protocolo : Asíncrono
- Standar eléctrico : V.24 / V.28
- Conector : ISO 2110, 25 pines
- Asignación de pines :

Circuito	Pin
103	2
104	3
102	7
101	1
105	4
106	5
107	6
108/2	20
109	8
+5V	9

- Alimentación : Local por pilas o a través del pin 9 del conector ($5V \pm 0,5V$, consumo $< 60 \text{ mA}$)
- Información intercalada por los circuito 103 y 104 :
 - 1 start + 8 datos + 1 stop (paridad ignorada)
- Display de presentación (mínimo): 16 caracteres x 2 líneas
- Teclado (mínimo):
 - Letras : A - Z (mayúscula o minúscula)
 - Cifras : 0 - 9
 - Control : "CR" (carriage return)
 - "BS" (back space)

- Caracteres enviados por el sistema ETLO que debe interpretar el TM:

nueva línea : CR + LF (line feed)

cursor a la izquierda : BS

indicación acústica-bell : BEL

8.6.1.6.2.- Interfaz de supervisión

Este interfaz está accesible en el conector trasero X2 de la unidad. Internamente se puede configurar en dos modalidades diferentes:

a) Interfaz de extensión de supervisión

La finalidad de este interfaz es unir dos secciones digitales de línea a efectos de supervisión de red.

Características del interfaz:

- Interfaz eléctrico : RS-485 EIA
- Enlace punto a punto : 4 hilos (2 Tx + 2 Rx)
- Transmisión : Asíncrono
- Velocidad : 2400 Bds \pm 1%
- Código de línea : NRZ
- Protocolo : star-stop, asíncrono
- Estructura de carácter:

1 bit de Star + 8 bits de Datos + 1 bit de Stop
(paridad ignorada)

b) Interfaz Q2

La finalidad de este interfaz es conectar el sistema de supervisión con un sistema de Gestión de Red.

Características del interfaz:

. Capa física

- Configuración de bus serie : 4 (2 Tx + 2 Rx)
- Interfaz eléctrico : RS-485 EIA
- Carga máxima : 32 elementos
- Transmisión : síncrona
- Velocidad : 19,2 Kbit/s \pm 1%
- Código de línea : NRZ
- Tiempo de desconexión : < 1ms

. Capa de enlace de datos

- Protocolo : síncrono HDLC
- Estructura de trama HDLC : ISO 3309
 - Flag de apertura/cierre : 01111110
 - Campo de dirección : 1 octeto
 - Campo de control : 1 octeto
 - Campo de información : 256 octetos (máx)
 - Verificación de trama : 2 octetos (CRC)

- Procedimiento HDLC

. Tramas comando soportadas:

- I : Información
- SNRM : Establecer modo de respuesta normal
- DISC : Desconexión

. Tramas respuestas soportadas:

- I : Información
- FRMR : Trama rechazada
- UA : Confirmación no numerada
- DM : Modo desconexión

. Modos:

- Modo operacional : NRM (modo de respuesta normal)
- Modo no-operacional: NDM (modo de desconexión normal)

- Clase de procedimiento : UNC ISO 7809
Clase modo respuesta normal operación desequilibrada
- Tamaño de ventana : 1
- Tiempo de respuesta : < 10 ms

8.6.1.6.3.- Interfaz de comando externos

. Características del interfaz:

- Interfaz eléctrico : RS-485 EIA
- Enlace punto a punto : 4 hilo (2 Tx + 2 Rx)
- Transmisión : Asíncrona
- Velocidad : 2400 Bds \pm 1%
- Código de línea : NRZ

. Estructura de la información:

- Protocolo : Start-Stop, asíncrono
- Estructura de carácter:
1 bit de Start + 8 bits de Datos + 1 bit de Stop
(paridad ignorada)

- Tamaño del mensaje : 15 caracteres (máximo)
- Fin de mensaje : carácter CR

8.6.1.6.4.- Interfaz MUX

El interfaz MUX permite comunicarse con una unidad multiplex 2/8 Mbit/s o con una unidad multiplex 2/34 Mbit/s

Características del interfaz:

- Bus informático : Es un bus de 8 bits (D0-D7) de entrada/salida. Lee en ocho registros internos, las alarmas y status del MUX y escribe la configuración de la unidad (bucles en afluentes).
- Direccionamiento: consta de tres líneas de dirección (A00, A01 y A02) para acceder a los diferentes registros.
- Señales de control:
 - . Señal L : Selecciona modo lectura (pulso de nivel alto)
 - . Señal K : Selecciona modo de escritura (p. nivel alto)
- Líneas de selección :
 - . Selecciona la tarjeta de la unidad 2/8 Mbit/s.
 - . Selecciona secuencialmente las 5 tarjetas de la unidad 2/34 Mbit/s

8.6.2.- CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA UNIDAD CONVERTIDORA MUT-3501-621 AA (MUT-9501-621 AA)

8.6.2.1.- CARACTERISTICAS DE ENTRADA

- Suministro de tensión : 48/60 VCC (GND polo +)
- Margen de tensión : De 38,4 V a 75 V CC
- Eficiencia (carga de 105 W) : > 80 %
- Realimentación de ruido sobre batería : De acuerdo con la CEPT-t/TR02-02
- Corriente de establecimiento: (A 60V de tensión de entr.) De acuerdo con la CEPT-t/TR02-02

8.6.2.2.- CARACTERISTICAS DE SALIDA

- Tensión de salida U1 : 5,1 V conmutable a 5,6 V
U2 : 5,1 V conmutable a 5,6 V
- Corriente de salida I1 : 4,5 A nóm ± 3% / 1,4A...4,5A
I2 : 6,5 A nóm ± 3% / 0,6A...6,5A
- Corriente máxima I1 : 16,7 A máx
- Corriente máxima I2 : 7,5 A máx
- Protección de sobretensiones : < 6,8 (no más de 2 seg.)
- Alarma de baja tensión U1 : < que 94-86% del valor nominal
U2 : < que 94-86% del valor nominal
- Rizado y ruido a plena carga : 50 mVpp (medido en osciloscopio terminado en 50 Ohms con ancho de banda > 20 MHz)

8.6.2.3.- CARACTERISTICAS ADICIONALES

- Compatibilidad electromagnética : De acuerdo con la CEPT-

T/TR02-02

- Radiación electromagnética de campo : < -30 dBm
- Ruido acústico : < 30 dBA medido a una distancia de 1 m

8.6.2.4.- ALARMAS

- Tensión auxiliar : 10,5 v ... 75 V (externa)
- Alarma visual interna : LED rojo (se actúa por baja tensión o por sobretensión)
- Alarma externa : Por contacto de relés, 1 x 2 vías

8.6.2.5.- CONDICIONES AMBIENTALES

a) Operación

Temperatura ambiente : de 10 a 40 °C (pleno rendimiento)

Humedad relativa : 5 a 95 %

b) Transporte

Temperatura ambiente : de -40 a +70 °C

Humedad relativa : 5 a 100 %

c) Almacenaje

Temperatura ambiente : de -10 a +50 °C

Humedad relativa : 5 a 80 %

8.7.- SUPERVISION DEL EQUIPO TERMINAL DE LINEA OPTICO

8.7.1.- SUPERVISION

8.7.1.1.- DEFINICIONES

ETLO : EQUIPO TERMINAL DE LINEA OPTICO

Equipo terminal de línea que transforma señales digitales eléctricas (en código binario o HDB3) en señales aptas para ser transmitidas por fibras ópticas y viceversa.

SDL : SECCION DE LINEA DIGITAL

Conjunto formado por dos terminales de línea ópticos enlazados por fibra óptica [dibujo 18].

CS: CANAL DE SERVICIO

Canal utilizado para proporcionar diversos servicios (supervisión, control, datos, voz,...) entre los dos ETLO de una SDL, independientemente del tráfico principal pero utilizando la misma fibra óptica para su transmisión.

CT : CANAL DE TELESUPERVISION

Canal que utiliza una parte de la capacidad del canal de servicio para intercambiar información y control entre los dos ETLO de una SDL.

IPT : INTERFAZ DE PROPAGACION DE LA TELESUPERVISION

Canal utilizado para intercambiar información de supervisión y control entre dos secciones de línea digitales adyacentes, conectado entre dos ETLO espalda-espalda.

STL : ESTADO LOCAL

Se define localmente y consiste en un conjunto de información que describe el estado del terminal local y que se envía al terminal distante por el canal de telesupervisión.

STR : ESTADO REMOTO

Es el estado local del terminal distante que recibe por el canal de telesupervisión.

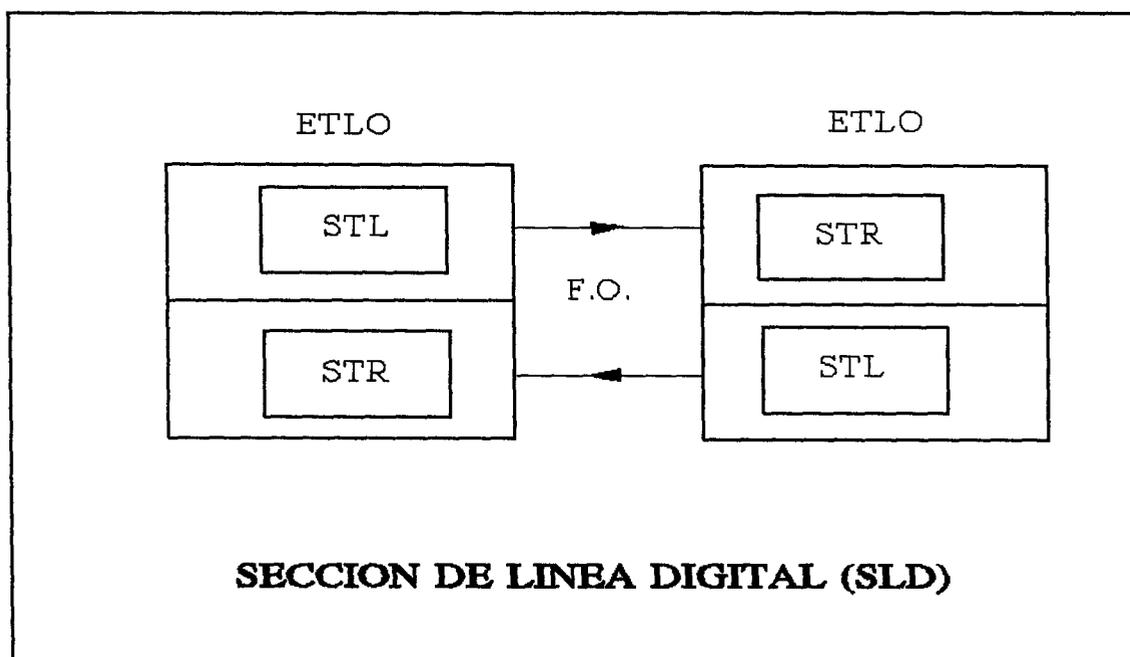


FIGURA 18

ST : ESTADO DE LA SECCION DE LINEA DIGITAL

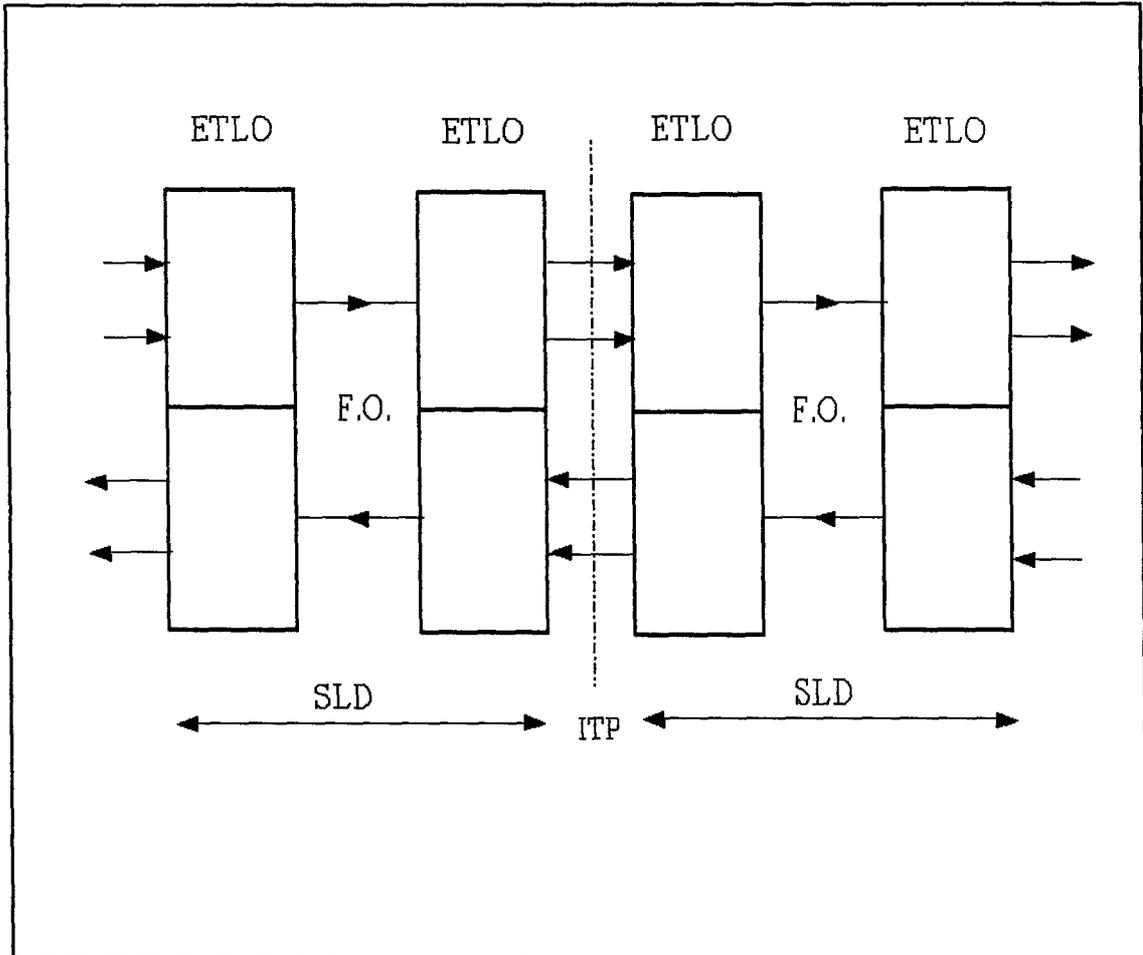
Se define localmente en cada extremo a partir de STL y STR. Consiste en un conjunto de información que describe el estado de la sección, vista desde dicho extremo, y que es reportable por los interfaces teleinformáticos y/o de propagación de la supervisión.

ST ± N : ESTADO DE LA SECCION N-PRECEDENTE(-) N-SIGUIENTE(-)

Dos o más secciones contiguas pueden supervisarse simultáneamente conectado sus interfaces de prolongación de supervisión [dibujo 19]

Para un observador situado en un terminal cualquiera, la sección local es, por definición la constituida por su terminal y el distante enlazados por fibra óptica, y su estado se denomina ST.

Las secciones precedentes y siguientes son las que, con respecto al observador que desde su terminal mira hacia el distante, queda a su espalda y a su frente respectivamente, y sus estados se denominan ST ± n, siendo N la distancia en secciones al observador y correspondiendo los signos - y + a las secciones precedentes y siguientes respectivamente.



DIBUJO 19: DOS SECCIONES DE LÍNEA DIGITALES SUPERVISADAS EN CASCADA

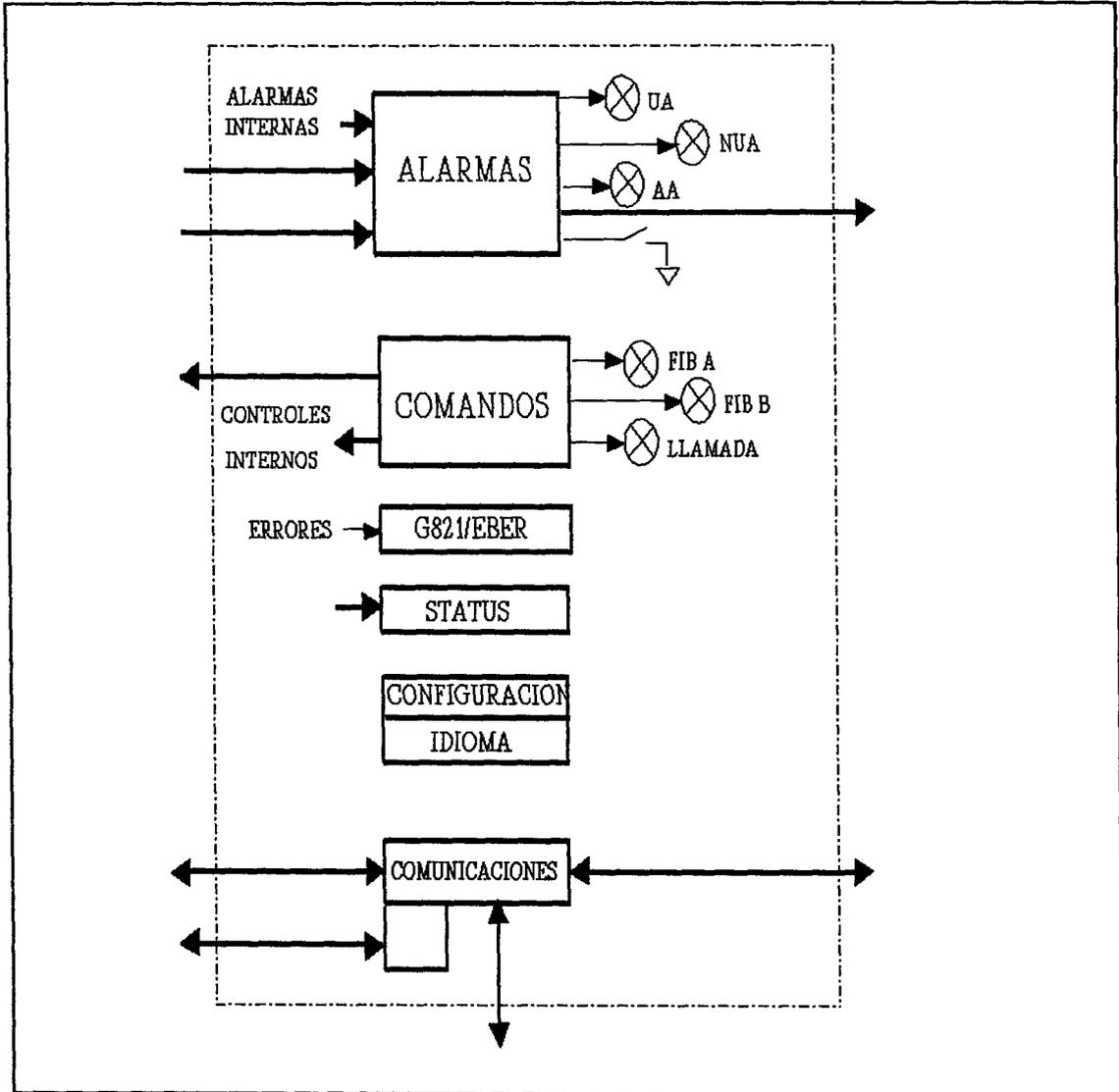
CABECERA DE TELESUPERVISION

Es todo terminal que no tenga sección precedente.

8.7.1.2.- DESCRIPCION GENERAL

8.7.1.2.1.- Prestaciones

En el dibujo 20 se muestra un diagrama funcional de las tareas que realiza el sistema de supervisión:



DIBUJO 20: DIAGRAMA FUNCIONAL DE SUPERVISION

a) Alarmas

- Lectura de alarmas

- . Interna del propio ETLO
- . Externa del usuario
- . Del MUX asociado

- Síntesis y presentación de alarmas

- . Gestión de los indicadores ópticos de Alarma urgente, no urgente y atendida del frontal de la unidad.
- . Gestión de la llave de atención/inhibición de alarm

- . Extensiones de alarmas

b) Comandos

- Manejo de comandos

- . De sistema, ejecutados en el terminal óptico (llamado por el circuito de órdenes, conmutación de fibra, bucle HDB3, etc)
- . De bucle en los tributarios del MUX asociado.
- . De usuario, externos al sistema.

- Señalizaciones asociadas

- . Indicadores del estado de la fibra
- . Indicador de llamada por el circuito de órdenes.

c) Status

- Elaboración de las distintas informaciones del terminal que no son alarmas.

d) Supervisión de la calidad del enlace

- Report de los parámetros G.821
- Evaluación de tasa de error EBER
- Y en caso de sistemas redundantes:
 - . Nº de conmutac. de fibra producidas en modo auto
 - . Porcentaje de utilización de las fibras

e) Configuración

- Opciones de sistemas programables SW a través del terminal de supervisión local, mantenidas en memoria virtual.

f) Protección óptica 1 + 1 (opcional)

g) Comunicaciones

- Interfaz para supervisión local
 - . Interfaz V24/RS-232 para supervisión local del usuario a través de un terminal portátil.
 - . Lenguaje de presentación de los mensajes y opciones programables (entre tres).
- Canal de telesupervisión

Incorporado en el canal de servicio transmitido por la propia fibra óptica, intercambia información de supervisión entre los dos terminales de la misma sección.
- Prolongación de la supervisión

Permite intercambiar información de supervisión entre las distintas secciones de una ruta.
- Interfaz para supervisión centralizada (Q2)

Interfaz alternativo al anterior para controlar la red desde un centro de supervisión central.
- Interfaz para comandos y respuesta externa.

8.7.1.2.2.- El canal de telesupervisión

El canal de telesupervisión tiene asignado una fracción de la capacidad total del canal de servicio.

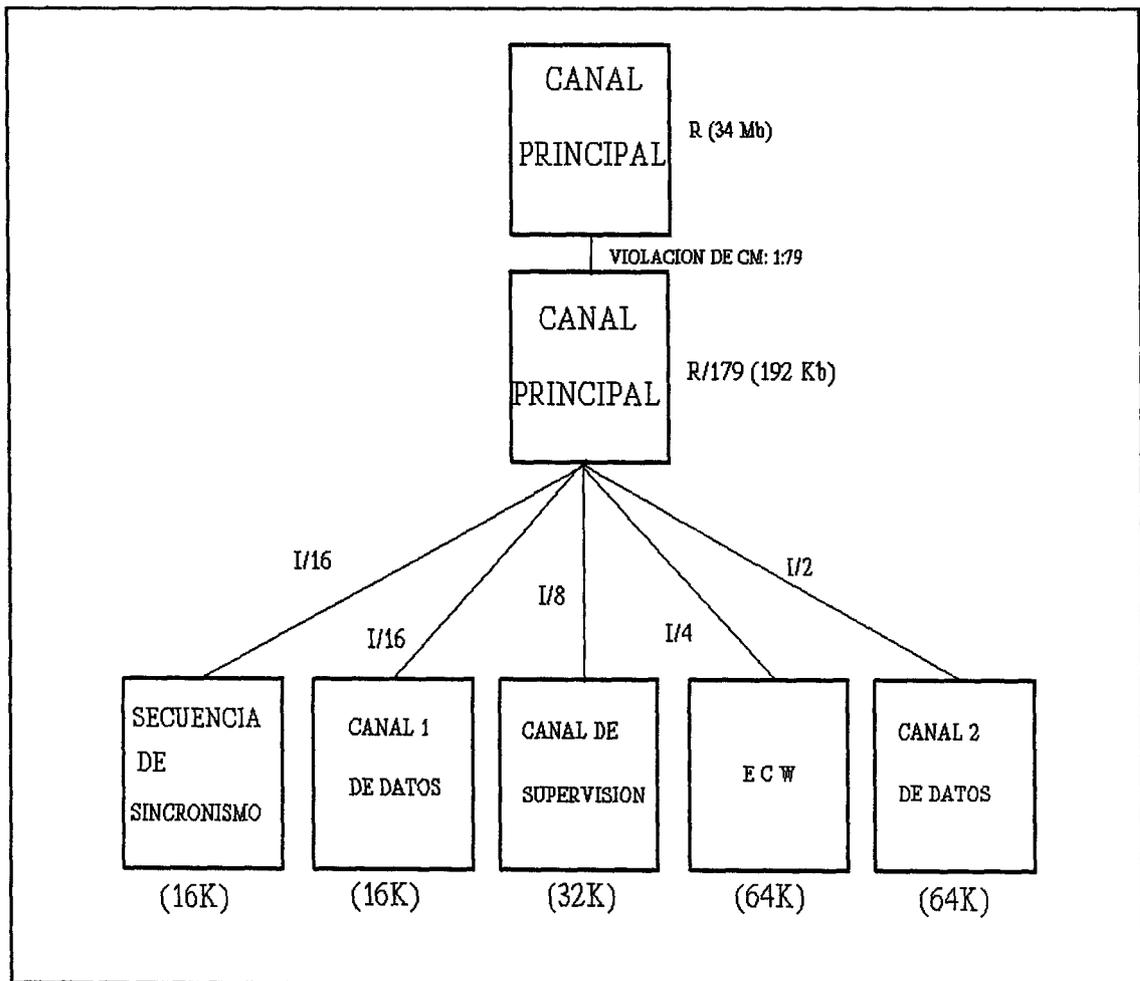
Esta capacidad es en cualquier caso mayor o igual a 16 Kbit/s.

En los siguientes cuadros y figura podemos ver las distribuciones típicas del canal de servicio para las velocidades de 2, 8 y 34 Mbit/s y las capacidades asociadas en cada caso al canal de supervisión.

VELOCIDAD EN LINEA DEL ETLO : 2048 Kbit/s
RITMO DE VIOLACION CMI : 1:16
CANAL DE SERVICIO : 128 Kbit/s
SINCRONIZACION : 8 Kbit/s
CANAL DE DATOS_1 : 8 Kbit/s
CANAL DE SUPERVISION : 16 Kbit/s
CIRCUITO DE ORDENES : 32 Kbit/s
CANAL DE DATOS_2 : 64 Kbit/s

VELOCIDAD EN LINEA DEL ETLO : 8448 Kbit/s
RITMO DE VIOLACION CMI : 1:66
CANAL DE SERVICIO : 128 Kbit/s
SINCRONIZACION : 8 Kbit/s
CANAL DE DATOS_1 : 8 Kbit/s
CANAL DE SUPERVISION : 16 Kbit/s
CIRCUITO DE ORDENES : 32 Kbit/s
CANAL DE DATOS_2 : 64 Kbit/s

VELOCIDAD EN LINEA DEL ETLO : 34368 Kbit/s
RITMO DE VIOLACION CMI : 1:179
CANAL DE SERVICIO : 384 Kbit/s
SINCRONIZACION : 16 Kbit/s
CANAL DE DATOS_1 : 16 Kbit/s
CANAL DE SUPERVISION : 32 Kbit/s
CIRCUITO DE ORDENES : 64 Kbit/s
CANAL DE DATOS_2 : 64 Kbit/s



ESTRUCTURA DEL CANAL DE SERVICIO (PARA 8 Mbit/s)

Este canal soporte dedicado a transportar la información de supervisión entre ETLO es por tanto síncrono con el ritmo de línea (2, 8 ó 34 Mbit/s)

Sin embargo los mensajes de supervisión intercambiados entre los ETLO están estructurado en tramas formadas por caracteres start-stop de una velocidad de 2400 Bds.

La incorporación de esta información asíncrona al canal soporte tiene lugar mediante un mecanismo de sobremuestreo (over-sampling).

Habida cuenta de la relación de velocidad existentes entre el ritmo neto (2400 Bds) de la supervisión y la capacidad (>16 Kbit/s) de su canal soporte cada bit de supervisión se transmite en línea repetido al menos 6 veces.

De esta redundancia se saca provecho en la recepción del canal de supervisión, mediante un muestreo quintuple de los bits recibidos y una decisión por mayoría.

De este modo se consigue la protección de la información de supervisión frente a errores sencillos o dobles de cada grupo de 5 muestras, ya que será preciso que ocurran tres o más errores para incurrir en una detección errónea.

Esta estrategia otorga al canal de supervisión unas características de calidad superiores a las de la propia señal de línea.

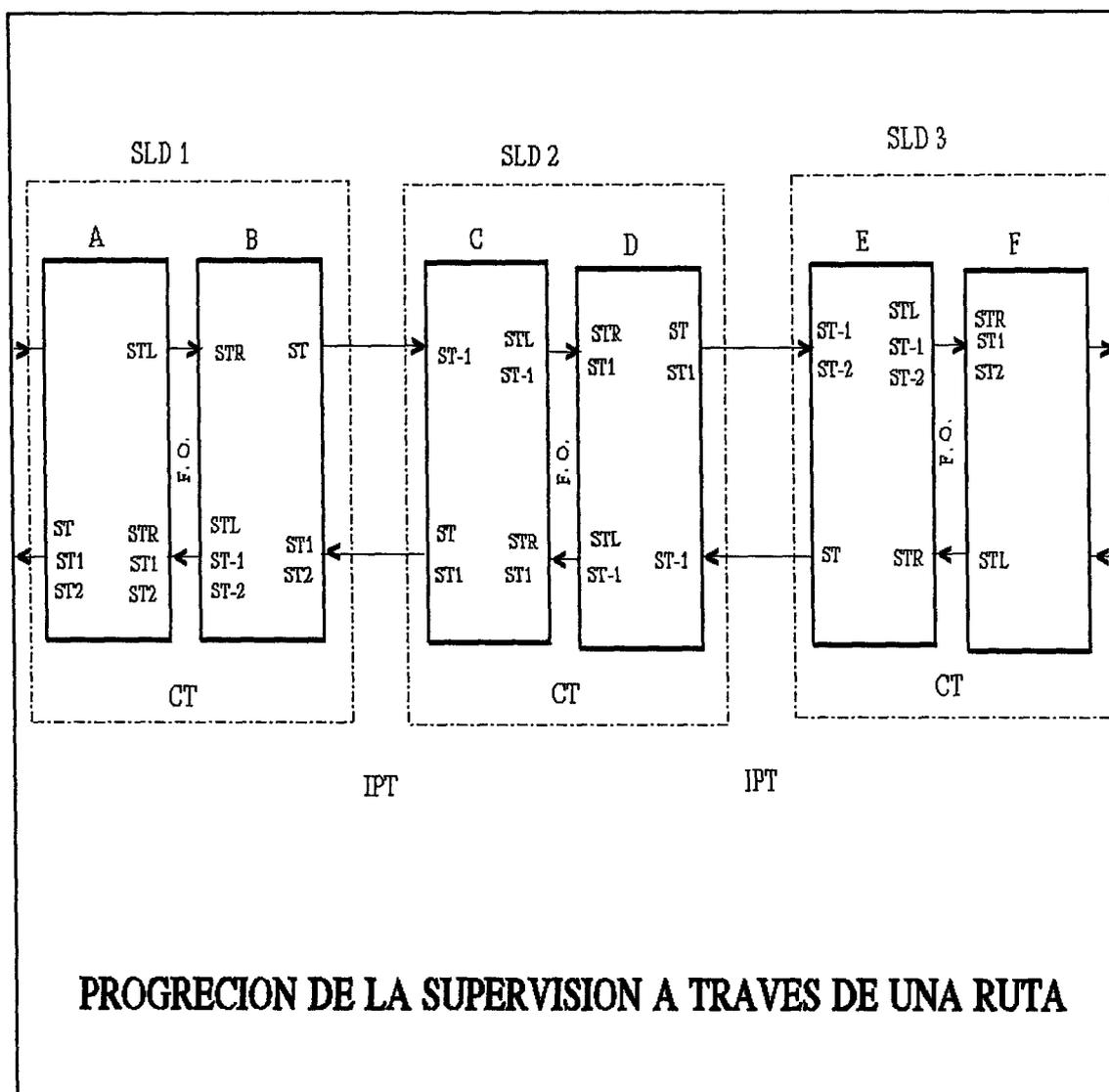
El factor de mejora en la probabilidad de error en el canal de supervisión con respecto al del canal principal depende de las suposiciones que se hagan sobre la ley de distribución de los errores en línea, pero en general se encuentran dentro del siguiente orden de magnitud:

P_ERROR (LINEA)	P_ERROR (CAN_SUP)
1 x E -02	1 x E -05
1 x E -03	1 x E -08
1 x E -03	1 x E -11

8.7.1.2.3.- Flujo de la supervisión

En el caso más sencillo, consiste en un sistema de una sola sección, el funcionamiento de la telesupervisión es el descrito en dibujo 18 anterior: Cada terminal envía su STL y recibe el del distante como STR, y con ambas informaciones genera el estado ST de la sección visto desde su lado.

En el caso más complicado, consistente en una serie de secciones con la telesupervisión en cascada, el funcionamiento es descrito en el dibujo 21 para el caso de tres secciones, que es fácilmente generalizable para cualquier número mayor.



PROGRESION DE LA SUPERVISION A TRAVES DE UNA RUTA

DIBUJO 21

Periódicamente cada cabecera inicia una secuencia enviando su STL por el canal de telesupervisión (CT), que se recibe por el otro terminal de su misma sección como STR.

Sea B este terminal. En B se genera ST a partir de STL y STR y se envía a C por el interfaz de prolongación de telesupervisión (IPT). EL ST de B se interpreta en C como ST-1. Seguidamente C envía su STL seguido de ST-1 a D, que lo interpreta como STR y ST1 respectivamente.

En D se genera ST (a partir de STL y STR) y seguido de ST1 se envía a E que los interpreta como ST-1 y ST-2, y finalmente F genera su ST (a partir de STL y STR) con lo que se completa la secuencia iniciada por A.

Análogamente ocurre con la secuencia iniciada por F.

Se observa que, en condiciones normales, todos los terminales tienen la misma cantidad de información, que corresponde a la generada por todas las secciones.

En condiciones de corte en algún punto, esto es detectado e incorporado al estado del terminal y de la sección, reiniciándose desde él, la secuencia de supervisión, de modo que cada terminal recibe la máxima cantidad de información consistente con el corte.

La estructura única de la información de supervisión contenida en memoria permite su interpretación mediante un algoritmo único. Como además cada terminal posee la información de toda la ruta observable desde él, resulta que el estado de la ruta es observable desde cada terminal empleando unos medios únicos (esto es, que no depende de la posición en la ruta del terminal al que se conectan).

Dicha observación se efectúa a través de interfaces de supervisión.

8.7.2.- COMUNICACION ENTRE TERMINAL OPTICO Y TERMINAL HOMBRE-MAQUINA

8.7.2.1.- GENERAL

El sistema ofrece al operador la posibilidad de conocer el estado de la ruta desde cualquier terminal. Para ello cada ETL incorpora un interfaz de comunicación serie a través del cual el operador puede, conectando un terminal de mano (TM), interrogar al sistema, solicitándole información del estado de la ruta, así como editar comandos para interrogar a los terminales distantes y conocer sus respuestas.

La comunicación entre el terminal óptico y el TM tiene efecto a través de un interfaz asíncrono serie tipo V24/V28.

8.7.2.2.- CARACTERISTICAS DEL INTERFAZ

- Velocidad : 1200 Baudios
- Protocolo : asíncrono
- Standard eléctrico : V.24 / V.28
- Conector : ISO 2110, 25 pines, hembra.
- Asignación de pines :

circuito	pin
103	2
104	3

102	7	
101	1	
105	4	en
106	5	bucle
107	6	en
108/2	20	bucle
109	8	fijado a "on"
+ 5V	9	

- Alimentación : Local por pilas o a través del pin 9 del conector (+5 V, consumo<40 mA)
- Información intercambiada por los circuitos 103 y 104 :
Caracteres ASCII: 1 start + 8 datos +1 stop
(paridad ignorada)
- Display de presentación (mín): 16 caracteres x 2 líneas
- Teclado (mínimo):
Letras : A - Z (mayúsculas o minúsculas)
Cifras : 0 - 9
Control : " CR " (carriage return)
" BS " (back space)
- Caracteres enviados por el sistema ETLO que debe interpretar el TM:
Nueva línea : CR + LF (line feed)
Cursor a la izquierda : BS
Indicación acústica-bell : BELL

**9.- EQUIPO MULTIPLEX DIGITAL
DE 2/8/34 Mbit/s V.85
MBT-1234-620XX**

[ALCATEL]

9.1.- DESCRIPCION GENERAL

9.1.1.- INTRODUCCION

El equipo ha sido desarrollado por Alcatel y cumple las recomendaciones G.703 y G.742 del CCITT para la multiplexación de 2º orden y las recomendaciones G.703 y G.705 del CCITT para la multiplexación de tercer orden.

El equipo multiplex 2/8 contiene los circuitos necesarios para la multiplexación por división de tiempo (MDT) de 4 señales de 2.048 Kbit/s para la formación de la señal compuesta de 8.448 Kbit/s.

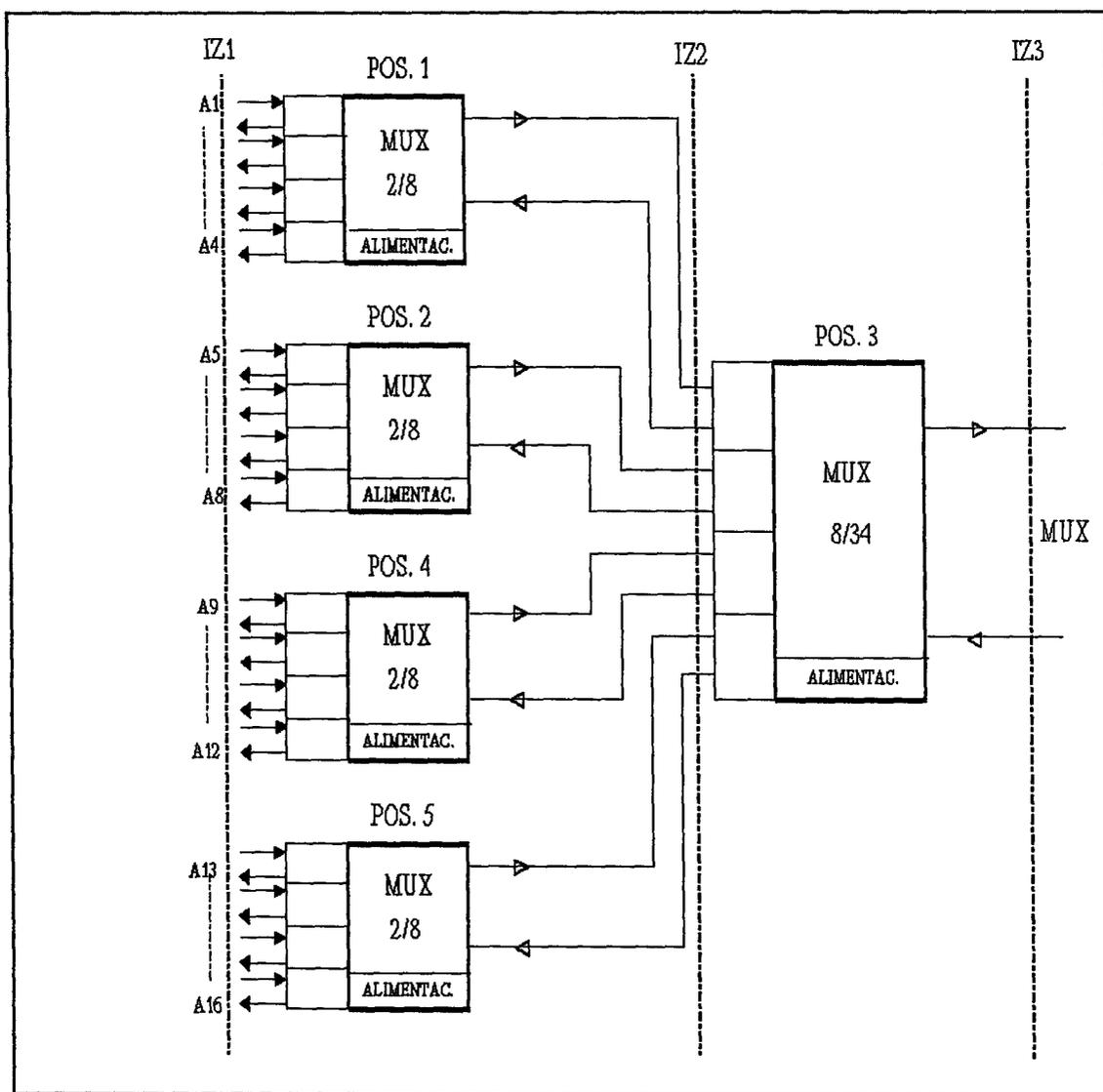
El equipo multiplex 8/34 contiene los circuitos necesarios para la multiplexación por división de tiempo (MDT) de 4 señales de 8.448 Kbit/s para la formación de la señal compuesta de 34.368 Kbit/s.

El equipo multiplex de 2/34 contiene los circuitos necesarios para multiplexar 16 señales de 2.048 Kbits para la formación de la señal compuesta de 34.368 Kbits. Esta multiplexación se realiza en dos partes, primero cada 4 señales de 2.048 Kbits forman una señal de 8.448 Kbits y posteriormente las 4 señales de 8.448 Kbits forman la señal de 34.368 Kbits.

La columna MBT-1234-620X está realizada en técnica V-

85 y equipada hasta un total de dieciséis multiplex de 2/8 Mbit/s ó 16 mux. 8/34 ó 4 mux. 2/34 Mbit/s. Los distintos grupos de bastidores surgen por subequipado en el número de armazones o en el número de multiplex que estos contienen.

Las alarmas están centralizadas en la unidad MUT-1107-623AB. Esta unidad recibe las indicaciones de alarma de los distintos armazones, dando lugar a indicaciones visuales necesarias para el mantenimiento de sistema.



DIBUJO 22: DIAGRAMA DE BLOQUES MULTIPLEX 2/34 Mbit/s

9.1.2.- ALIMENTACION

La alimentación es descentralizada a nivel de unidad, de manera que cada unidad de multiplex tiene su propia fuente de alimentación . Estas unidades son alimentadas a -- 48 V ó -60 V de tensión nominal, a través de pistas del circuito impreso del armazón y que parten del conector del mismo.

9.1.3.- ALARMAS

Las alarmas de los distintos múltiplex se centralizan a nivel de bastidor en la unidad central de alarmas (U.C.A.). Esta se encuentra situada a una altura apropiada para mejor visualización del display de cristal liquido.

En la parte superior se ubican las lámparas de alarma (roja) y de alarma atendida (ámbar) del bastidor, gobernadas por la U.C.A. En esta zona existe un campo de conexiones donde se conectarán las salidas de alarma urgente y no urgente, la entrada a tierra, las salidas de extensión de alarma de sistema y el interfaz teleinformático cuando exista.

La U.C.A. lee las alarmas de los distintos múltiplex y las procesa presentándolas en una pantalla de cristal líquido mediante mensajes.

Estos mensajes dicen el tipo de alarma presentada, el sistema afectado y el nivel donde este sistema se ubica.

La U.C.A. posee también un conector frontal con interfaz RS-232 donde se puede conectar una impresora o pantalla para la recepción mediante mensajes de las alarmas que aparezcan o desaparezcan.

Además de las alarmas de los sistemas, la U.C.A. supervisa los suministros de batería A y B.

9.1.4.- CONFIGURACION MECANICA

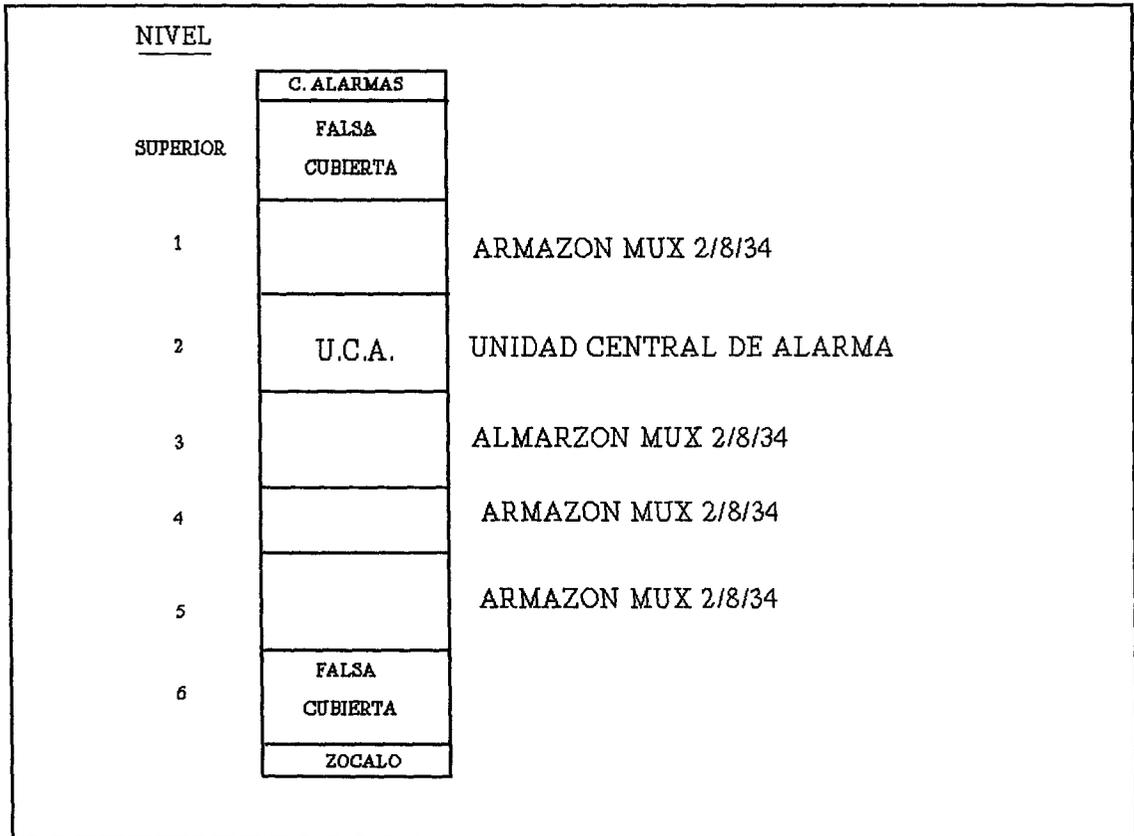
9.1.4.1.- GENERAL

El equipo está diseñado en técnica V-85. El bastidor puede montar hasta un máximo de cuatro armazones enchufables de multiplex.

9.1.4.2.- DIMENSIONES

El bastidor MBT-1234-620X tienen las siguiente dimensiones:

- Altura : 2200 mm (2600 opcional)
- Anchura : 121 mm
- Profundidad : 225 mm



DIBUJO 23: VISTA FRONTAL DEL BASTIDOR MULTIPLEX MBT-1234-620XX

9.2.- DESCRIPCION DETALLADA

9.2.1.- BASTIDOR MULTIPLEX DIGITAL DE 2/8/34 Mbit/s

MBT-1234-620ZZ

El equipo múltiplex contiene los circuitos necesarios para la multiplexación de señales, por el método de entrelazado cíclico de los afluentes por el orden de numeración y justificación positiva. La operación inversa también la realiza el equipo.

El bastidor MBT-1234-620XX está construido según la práctica de equipo V.85 y puede alojar los múltiplex 2/8, 8/34 y 2/34 Mbit/s desarrollados por Alcatel mediante el uso de LSI chip carried.

En la parte superior del bastidor se ubican las lámparas de alarma (roja) y alarma atendida (ambar). En esta zona existe un campo de conexiones donde se conectará las entradas de alimentación de -48 V ó -60 V de tensión nominal, la entrada de tierra del BCF (bastidor cabecera fila), la salida de extensión de alarmas del sistema, el interfaz teleinformático cuando exista y la tensión auxiliar.

La alimentación es descentralizada a nivel de sistema, de manera que cada unidad de multiplex tiene su propia fuente de alimentación.

Las alarmas de los distintos multiplex se centralizan en la unidad central de alarma (U.C.A.). Esta unidad se encuentra situada a una altura apropiada para la mejor visualización del display de cristal líquido.

Los sistemas están desarrollados en base a las siguientes premisa:

- Alimentación : Descentralizada
- Alarmas : Centralizada (Posibilidad de integración en una red de supervisión centralizada)
- MUX 2/8 : Basado en componentes LSI Chip-Carried. Un multiplex por tarjeta. Características según CCITT G.703 y G.742.
- MUX 8/34 : Basado en componentes LSI Chip-Carried. Un multiplex por tarjeta. Características según CCITT G.703 y G.751.
- MUX 2/34 : Basado en los MUX 2/8 y 8/34 anteriores.

El bastidor según especificación de equipado puede contener las siguientes configuraciones multiplex:

9.2.1.1.- CONFIGURACION MUX 2/8 Mbit/s

9.2.1.1.1.- Transmisión

La unidad MUT-1208-621A equipa los siguientes circuitos: Interfaz Tx de los 4 afluentes (2 Mbit/s). Estos reciben la señal digital en código HDB-3. El amplificador de

entrada provee un aislamiento galvánico, iguala la atenuación del cableado de central y divide la señal digital ternaria recibida en dos señales HDB3(+) y HDB3(-) se obtiene el reloj de 2.048 KHz. Estas tres señales atacan al LSI de transmisión.

En el interior del LSI, los datos obtenidos en el decodificador HDB3 se almacenan en una memoria direccionable de 8 bitios. Esta, se direcciona mediante un contador, que divide por ocho el reloj de 2.048 KHz. Este contador, entrega además tres condiciones de fase al comparador de fase de la lógica de justificación.

La lectura de la memoria se hace de nuevo en serie en un múltiplex del reloj a $8.448 \text{ KHz} : 4 = 2.112 \text{ KHz}$. El reloj de lectura es discontinuo, es decir, le faltan impulsos, durante cuyos períodos de tiempo se emite la palabra de alineación de trama, los bitios de servicio y los bitios de control de justificación.

Para coordinar las velocidades de escritura y lectura el reloj de lectura se interrumpe ocasionalmente durante un bitio. El bitio de información perdida de la trama de impulsos, es reemplazado por un bitio que no lleva información real, éste, es el de justificación. La decisión se toma en la lógica de justificación por comparación de fase de las frecuencias de lectura y escritura. Una vez obtenida las cuatro señales de los afluentes sincronizados según el procedimiento anterior, se envían al circuito

multiplexor. Con la ayuda del reloj de 8.448 KHz, las señales son leídas cíclicamente y son combinadas con la palabra de sincronismo, los bitios de servicio y los de control de justificación formando una nueva señal que contiene la información de los cuatro afluentes.

La señal múltiplex está organizada en tramas de 848 bitios, divididas en cuatro bloques. Cada trama tiene al principio de ella, la palabra de sincronismo de trama, compuesta por 10 bitios, y los bitios de servicio, el número 11 para alarma urgente hacia el terminal distante, el número 12 para uso en la red nacional, el equipo Alcatel SESA, lo utiliza para enviar alarmas no urgentes hacia el terminal distante, salvo que este último sea de otro suministrador, en cuyo caso se fijará a "1". La alarma no urgente se produce cuando la palabra de sincronismo de trama recibe con una tasa de error superior a 1×10^{-5} . Al principio de los bloques 2, 3 y 4 están los bitios de control de justificación y después de éstos, en el bloque 4, los bitios de justificación.

La señal binaria de 8.448 Kbit/s se codifica en código HDB3 para ser enviado a la línea o a otro múltiplex de orden jerárquico superior.

9.2.1.1.2.- Recepción

En la vía de recepción, se establece un proceso inverso similar al de la vía de transmisión.

La señal bipolar HDB3 pasa por un amplificador que compensa la atenuación de los cables. Del circuito correspondiente se extrae el reloj básico de la señal, así como las señales binarias, datos+, datos-. Estas tres señales atacan al LSI de recepción. Posteriormente se establece el sincronismo de trama, mediante la identificación de la palabra de sincronismo de trama. Una vez en sincronismo, se demultiplexan los cuatro afluentes. Los errores en la palabra de sincronismo de trama son detectados.

La señal de cada afluente se desincroniza del reloj de 8 Mbits por medio de la eliminación de los bits de justificación de acuerdo con la palabra de control de justificación, al tiempo que sincroniza con los 2.048 Kbits propios del afluente, por medio de un oscilador PLL controlado por la propia señal del afluente. la señal binaria así obtenida se codifica en HDB3 y se envía a la línea o a otro equipo múltiplex de orden jerárquico inferior a través de un circuito de interfaz de 2 Mbit/s, que coge las señales datos+, datos-, y el reloj del LSI y las envía a la línea de acuerdo con la recomendación G.703 del CCITT.

9.2.1.1.3.- Alarmas

Para la supervisión de funciones en el equipo múltiplex los LSI equipan circuitos de alarma apropiados que envían señales a una unidad centralizada a nivel de sistema. Estas señales se procesan en la unidad de alarma de bastidor

que controla las señales de alarma de todo el bastidor y señala el tipo de fallo mediante el display de cristal líquido (LCD) en el que se visualizarán los mensajes, indicando sistema, posición y alarma.

Las alarmas por MUX serán las siguientes:

- ALIM/INT : Fallo suministro potencia o fallo interior de reloj.
- PSE : Afluentes (Pérdida señal de entrada)
- SIA : Afluentes (AIS entrada afluente)
- PSE MUX : (Pérdida señal de entrada)
- PAT : (Pérdida alineación de trama)
- IND BIT 11 : (Indicación alarma distante)
- ErL : Un nivel determinado de errores en PST (Palabra de sincronismo de trama recibida = 1×10^{-5} de tasa de error)
- ErD : Errores en el MUX distante (bit 12 a 0)

9.2.1.1.4.- Alimentación

La alimentación es descentralizada para cada unidad, de forma que cada unidad MUT-1208-621A tiene su propia fuente de alimentación. Estas unidades son alimentadas a -48 V ó -60 V de tensión nominal.

9.2.1.2.- CONFIGURACION MUX 8/34 Mbit/s

9.2.1.2.1.- Transmisión

La unidad MUT-1034-620A equipa los siguientes circuitos: Interfaz Tx de los 4 afluentes (8 Mbit/s). Estos reciben la señal digital en código HDB-3. El amplificador de entrada provee un aislamiento galvánico, iguala la atenuación del cableado de central y divide la señal digital ternaria recibida en dos señales HDB3(+) y HDB3(-) se obtiene el reloj de 8448 KHz. Estas tres señales atacan al LSI de transmisión.

En el interior del LSI, los datos son decodificados en el decodificador HDB3 se almacenan en una memoria direccionable de 8 bitios mediante el reloj extraído del afluente que ataca también, al comparador de fase de la lógica de justificación.

La lectura de la memoria se hace de nuevo en serie en un multiplex del reloj a $34.368 \text{ KHz} : 4 = 8.592 \text{ KHz}$. El reloj de lectura es discontinuo, es decir, le faltan impulsos, durante cuyos períodos de tiempo se emite la palabra de alineación de trama, los bitios de servicio y los bitios de control de justificación.

Para coordinar las velocidades de escritura y lectura el reloj de lectura se interrumpe ocasionalmente durante un bitio. El bitio de información pérdida de la trama de

impulsos, es reemplazado por un bitio que no lleva información real, éste, es el de justificación. La decisión se toma en la lógica de justificación por comparación de fase de las frecuencias del reloj de lectura y del reloj de escritura. Una vez obtenida las cuatro señales de los afluentes sincronizados según el procedimiento anterior, se envían al circuito multiplexor. Con la ayuda del reloj de 34.368 KHz, las señales son leídas cíclicamente y son combinadas con la palabra de sincronismo, los bitios de servicio y los de control de justificación formando una nueva señal que contiene la información de los cuatro afluentes.

La señal múltiplex está organizada en tramas de 1536 bitios, divididas en cuatro bloques. Cada trama tiene al principio de ella, la palabra de sincronismo de trama, compuesta por 10 bitios, y los bitios de servicio, el número 11 para alarma urgente hacia el terminal distante, el número 12 para uso en la red nacional; el equipo Alcatel SESA, lo utiliza para enviar alarmas no urgentes hacia el terminal distante, salvo que este último sea de otro suministrador, en cuyo caso se fijará a "1". La alarma no urgente se produce cuando la palabra de sincronismo de trama recibe con una tasa de error superior a 1×10^{-6} . Al principio de los bloques 2, 3 y 4 están los bitios de control de justificación y después de éstos, en el bloque 4, los bitios de justificación.

La señal así obtenida en HDB3 es enviada por dos vías

HDB3(+) y HDB3(-) junto con el reloj al interfaz mux Tx.

EL interfaz mux TX: Recoge las señales HDB3(+) y HDB3(-) y las envía a la línea como señal HDB3 pura según las características del interfaz.

9.2.1.2.2.- Recepción

En la vía de recepción, se establece un proceso inverso similar al de la vía de transmisión con los circuitos interfaz mux Rx, LSI de recepción e interfaz.

La señal bipolar HDB3 pasa por un amplificador que compensa la atenuación de los cables. Del circuito correspondiente se extrae el reloj básico de la señal, así como las señales binarias, datos HDB3(+), datos HDB3(-). Estas tres señales atacan al LSI de recepción. Posteriormente se establece el sincronismo de trama, mediante la identificación de la palabra de sincronismo de trama. Una vez en sincronismo, se demultiplexan los cuatro afluentes. Los errores en la palabra de sincronismo de trama son detectados.

La señal de cada afluente se desincroniza del reloj de 34 Mbits por medio de la eliminación de los bits de justificación de acuerdo con la palabra de control de justificación, al tiempo que sincroniza con los 8.448 Kbits propios del afluente, por medio de un oscilador PLL controlado por la propia señal del afluente. la señal

binaria así obtenida se codifica en HDB3 y se envía a la línea o a otro equipo múltiplex de orden jerárquico inferior a través de un circuito de interfaz de 8 Mbit/s, que coge las señales HDB3(+), HDB3(-), y el reloj del LSI y las envía a la línea.

9.2.1.2.3.- Alarmas

Para la supervisión de funciones en el equipo múltiplex los LSI equipan circuitos de alarma apropiados que envían señales a una unidad centralizada a nivel de sistema. Estas señales se procesan en la unidad de alarma de bastidor que controla las señales de alarma de todo el bastidor y señaliza el tipo de fallo mediante el display de cristal líquido (LCD) en el que se visualizarán los mensajes, indicando sistema, posición y alarma.

Las alarmas por MUX serán las siguientes:

- ALIM/INT : Fallo suministro potencia o fallo interior de reloj.
- PSE : Afluentes (Pérdida señal de entrada)
- SIA : Afluentes (AIS entrada afluente)
- PSE MUX : (Pérdida señal de entrada)
- SIA MUX : (AIS entrada MUX)
- PAT : (Pérdida alineación de trama)
- IND BIT 11 : (Indicación alarma distante)
- ErL : Un nivel determinado de errores en PST
(Palabra de sincronismo de trama recibida =

1 x 10⁻⁶ de tasa de error)

- ErD : Errores en el MUX distante (bit 12 a 0)

9.2.1.2.4.- Alimentación

La alimentación es descentralizada para cada unidad, de forma que cada unidad MUT-1034-620 tiene su propia fuente de alimentación. Estas unidades son alimentadas a -48 V ó -60 V de tensión nominal.

9.2.1.3.- CONFIGURACION MUX 2/34 Mbit/s

9.2.1.3.1.- Transmisión y recepción

En la parte de transmisión cuatro unidades (MUT-1208-621A) multiplexan cuatro afluentes de 2.048 Kbit/s en una señal de 8.448 Kbit/s cada una, y realizan también la operación inversa.

Las señales de 8.448 Kbit/s procedentes de los MUX 2/8 se conectan a las entradas de afluentes de la unidad MUX 8/34 (MUT-1034-620A) que va alojada dentro del mismo armazón. En la otra dirección, las salidas de afluentes a 8.448 Kbit/s procedentes de la unidad de 8/34, se conectan a las entradas de múltiplex de las unidades de 2/8. Estas conexiones se realizan a través de los conectores superiores de las unidades.

Esta conexión no sale al repartidor sino que se cablea

a nivel de conector del armazón.

La operación inversa también se realiza en esta unidad.

EL múltiplex de 3/34 Mbit/s queda pues formado por cuatro unidades MUT-1208-621A y una unidad MUT-1034-620A, todas ellas con alimentación descentralizada.

9.3.- RESUMEN DATOS TECNICOS

9.3.1.- ARMAZON DE MULTIPLEX 2/8 Mbit/s MAT-1234-620AA

9.3.1.1.- General

La siguiente especificación se refiere al multiplexaje de cuatro afluentes de 2.048 Mbit/s para formar la señal múltiplex de 8.448 Mbit/s y viceversa, la demultiplexación de la señal de 8.448 Mbit/s para la extracción de los cuatro afluentes que la forman.

Los circuitos que forman este sistema están equipados en la unidad MUT-1208.621A.

9.3.1.2.- Datos técnicos de la unidad multiplex 2/8 Mbit MUT-1208-621A

- Consideraciones generales:

El sistema cumple con las recomendaciones G.703 y G.742 del CCITT libro rojo.

- Velocidades binarias:

- . Velocidad binaria .nominal de señal de multiplex : 8.448 Kbit/s
- . Tolerancia de la velocidad binaria de la señal múltiplex : ± 30 ppm

- . Velocidad binaria nominal de la señal de los afluentes
: 2.048 Kbit/s
- . Tolerancia de la velocidad binaria de las señales de los
afluentes : \pm 50 pmm

- Estructura de trama:

En el cuadro I se describen las características de las tramas de la señal múltiplex de segundo orden. Esta estructura de la trama esta de acuerdo con las recomendaciones G.742 del CCITT.

- En el cuadro II se especifican el interfaz de 2.048 Kbit/s

- Interfaz de 8.448 Kbit/s : Especificaciones de los accesos de entrada.

La señal digital aceptada por los accesos de entrada corresponde a la definición del punto precedente con las modificaciones que introduce el cable de interconexión. La atenuación de este cable responde a una ley en raíz de "f" y su atenuación a la frecuencia de 4,2 MHz está comprendida entre 0 y 6 dB.

Especificación de los accesos de salida:

- . Velocidad binaria 8.448 Kbit/s
- . Código HDB3
- . Valores de la especificación en el cuadro III

CUADRO I

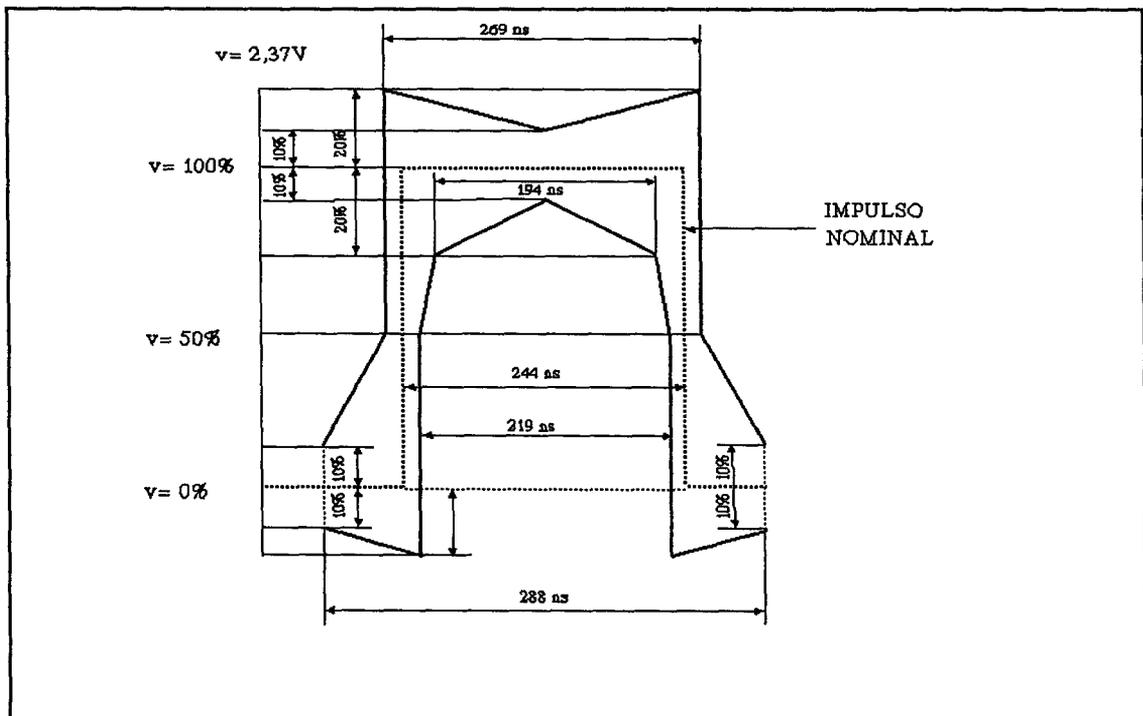
ESTRUCTURA DE TRAMA DE LA SEÑAL MULTIPLEX DE 8.448 Kbit/s

Velocidad binaria de los afluentes	2.048 Kbit/s
Número de afluentes	4
Estructura de la trama	Plan de numeración de los bits
	GRUPO I
Señal de alineación de trama (1111010000)	1 a 10
Indicación de alarma destinada al equipo multiplex digital distante	11
Bit reservado para uso nacional	12
Bits de los afluentes	13 a 212
	GRUPO II
Bits C(j1) de control de justificación	1 a 4
Bits de los afluentes	5 a 212
	GRUPO III
Bits C(j2) de control de justificación	1 a 4
Bits de los afluentes	5 a 212
	GRUPO IV
Bits C(j3) de control de justificación	1 a 4
Bits justificables, provenientes de los afluentes	5 a 8
Bits de los afluentes	9 a 212
Longitud de trama	848 bits
Bits por afluente	206 bits
Velocidad máx de justificación por afluente	9962 bit/s
Relación nominal de justificación	0,424

CUADRO II

ESPECIFICACION DE LOS ACCESOS DE SALIDA DEL INTERFAZ 2

Forma del impulso (forma nominal: rectangular)	Todas las marcas de una señal se ajustan a la plantilla de la figura adjunta.
Par(es) es cada sentido de Tx	Un par coaxial
Impedancia de carga para prueba	75 Ohm resistiva
Tensión de cresta de una marca	2,37 V
Tensión de cresta de un espacio	$0 \pm 0,237$ V
Anchura nominal del impulso	244 ns
Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto medio de la anchura del impulso	De 0,95 a 1,05
Relación entre la anchura de los impulsos positivos y la de los negativos en los puntos de semi-amplitud nominal	De 0,95 a 1,05

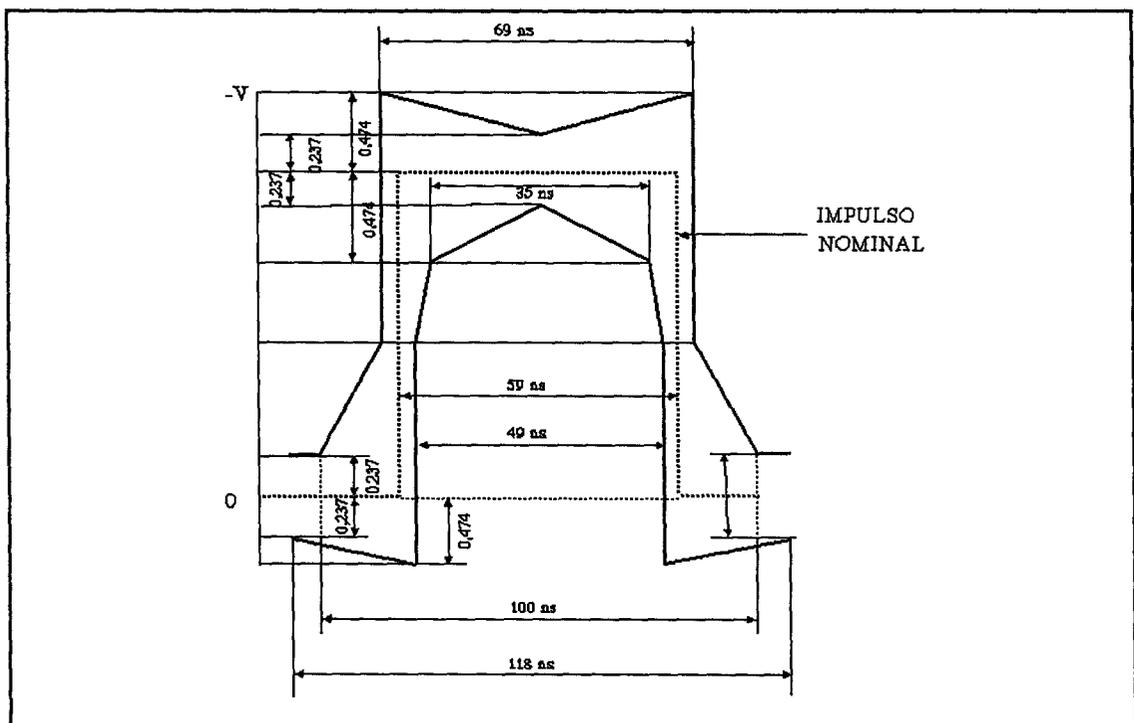


IMPULSO DE SALIDA PARA LA INTERFAZ 2.048 Kbit/s

CUADRO III

ESPECIFICACION DE LOS ACCESOS DE SALIDA DEL INTERFAZ 8

Forma del impulso (forma nominal: rectangular)	Todas las marcas de una señal se ajustan a la plantilla de la figura adjunta.
Par(es) es cada sentido de Tx	Un par coaxial
Impedancia de carga para prueba	75 Ohm resistiva
Tensión de cresta de una marca	2,37 V
Tensión de cresta de un espacio	0 ± 0,237 V
Anchura nominal del impulso	59 ns
Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto medio de la anchura del impulso	De 0,95 a 1,05
Relación entre la anchura de los impulsos positivos y la de los negativos en los puntos de semi-amplitud nominal	De 0,95 a 1,05



IMPULSO DE SALIDA PARA LA INTERFAZ 8.448 Kbit/s

9.3.2.- ARMAZON DE MULTIPLEX 8/34 Mbit/s MAT-1234-620BA

La siguiente especificación se refiere al multiplexaje de cuatro afluentes de 8.448 Mbit/s para formar la señal múltiplex de 34.368 Mbit/s para la extracción de los cuatro afluentes que la forman.

9.3.2.1.- Datos técnicos de la unidad MUX 8/34 Mbit/s MUT-1034-620A

- Consideraciones generales:

El sistema cumple con las recomendaciones G.703 y G.751 del CCITT libro rojo.

- Velocidades binarias:

- . Velocidad binaria nominal de señal de multiplex : 34.368 Kbit/s
- . Tolerancia de la velocidad binaria de la señal múltiplex : ± 20 ppm
- . Velocidad binaria nominal de la señal de los afluentes : 8.448 Kbit/s
- . Tolerancia de la velocidad binaria de las señales de los afluentes : ± 30 ppm

- Estructura de trama:

En el cuadro IV se describen las características de las

tramas de la señal múltiplex de segundo orden.

Esta estructura de la trama esta de acuerdo con las recomendaciones G.742 del CCITT.

- En el cuadro V se especifican el interfaz de 8.448 Kbit/s
- Interfaz de 34.368 Kbit/s : Especificaciones de los accesos de entrada.

La señal digital aceptada por los acceso de entrada corresponde a la definición del punto precedente con las modificaciones que introduce el cable de interconexión. La atenuación de este cable responde a una ley en raíz de "f" y su atenuación a la frecuencia de 17 MHz está comprendida entre 0 y 12 dB.

Especificación de los accesos de salida:

- . Velocidad binaria 34.368 Kbit/s
- . Código HDB3
- . Valores de la especificación en el cuadro VI

CUADRO IV

ESTRUCTURA DE TRAMA DE LA SEÑAL MULTIPLEX DE 34.368 Kbit/s

Velocidad binaria de los afluentes	8.448 Kbit/s
Número de afluentes	4
Estructura de la trama	Plan de numeración de los bits
	GRUPO I
Señal de alineación de trama (1111010000)	1 a 10
Indicación de alarma destinada al equipo múltiplex digital distante	11
Bit reservado para uso nacio	12
Bits de los afluentes	13 a 384
	GRUPO II
Bits C(j1) de control de justificación	1 a 4
Bits de los afluentes	5 a 384
	GRUPO III
Bits C(j2) de control de justificación	1 a 4
Bits de los afluentes	5 a 384
	GRUPO IV
Bits C(j3) de control de justificación	1 a 4
Bits justificables, provenientes de los afluentes	5 a 8
Bits de los afluentes	9 a 384
Longitud de trama	1.536 bits
Bits por afluente	378 bits
Velocidad máx de justificación por afluente	22.375 bit/s
Relación nominal de justificación	0,436

CUADRO V

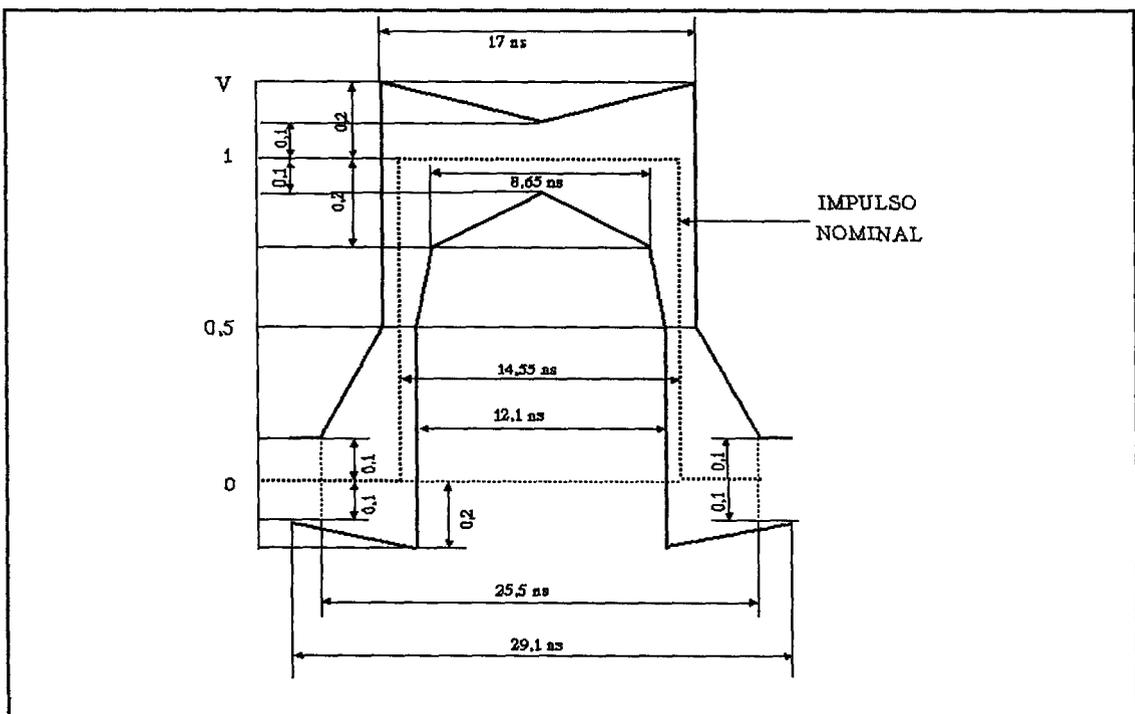
ESPECIFICACION DE LOS ACCESOS DE SALIDA DEL INTERFAZ 8

Forma del impulso (forma nominal: rectangular)	Todas las marcas de una señal se ajustan a la plantilla de la figura anterior.
Par(es) es cada sentido de Tx	Un par coaxial
Impedancia de carga para prueba	75 Ohm resistiva
Tensión de cresta de una marca	2,37 V
Tensión de cresta de un espacio	0 ± 0,237 V
Anchura nominal del impulso	59 ns
Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto medio de la anchura del impulso	De 0,95 a 1,05
Relación entre la anchura de los impulsos positivos y la de los negativos en los puntos de semi-amplitud nominal	De 0,95 a 1,05

CUADRO VI

ESPECIFICACION DE LOS ACCESOS DE SALIDA DEL INTERFAZ 34

Forma del impulso (forma nominal: rectangular)	Todas las marcas de una señal se ajustan a la plantilla de la figura anterior.
Par(es) es cada sentido de Tx	Un par coaxial
Impedancia de carga para prueba	75 Ohm resistiva
Tensión de cresta de una marca	1 V
Tensión de cresta de un espacio	$0 \pm 0,1$ V
Anchura nominal del impulso	14,55 ns
Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto medio de la anchura del impulso	De 0,95 a 1,05
Relación entre la anchura de los impulsos positivos y la de los negativos en los puntos de semi-amplitud nominal	De 0,95 a 1,05



IMPULSO DE SALIDA PARA LA INTERFAZ 34.368 Kbit/s

9.3.3.- ARMAZON DE MULTIPLEX 2/34 Mbit/s MAT-1234-620CA

La siguiente especificación se refiere al multiplexaje de 16 afluentes de 2048 Mbit/s para formar la señal múltiplex de 34368 Mbit/s y viceversa. La demultiplexación de la señal de 34368 Mbit/s para la extracción de los cuatro afluentes que la forman.

9.3.3.1.- Datos técnicos de la unidad MUT-1208-621A

- Frecuencia temporización múltiplex	8448KHz ± 30 ppm
- Número de tributarios	4
- Tipo de multiplexación	Justificación positiva
- Bit por trama	848
- Duración de una trama	100,38µs
- Frecuencia de una trama	9,962KHz
- Bit por afluente	206
- Relación de justificación	0,424
- Control de justificación	3 bit por afluente
- Indicación de justificación	111
- Indicación de no justificación	000
- Decisión de justificación	Por mayoría
- Palabra de alineación de trama	1111010000
- Bit de servicio	Bit 11 = Bit alarma Bit 12 = Bit uso nacional
- Tensión principal nominal	+ 5 V

. Puntos de prueba de las señales de salida

- Impedancia	75 Ohm
- Atenuación aprox. del impulso (2 y 8 Mb/s)	20 veces

. Interfaz de tributario

- Código de transmisión	HDB3
- Velocidad por afluente	2048Kbit/s
- Tolerancia de la velocidad	± 50 ppm
- Impedancia entrada/salida	75 Ohm
- Máx atenuación de línea a 1 MHz	6 dB
- Forma de impulso de salida	Ver dibujo

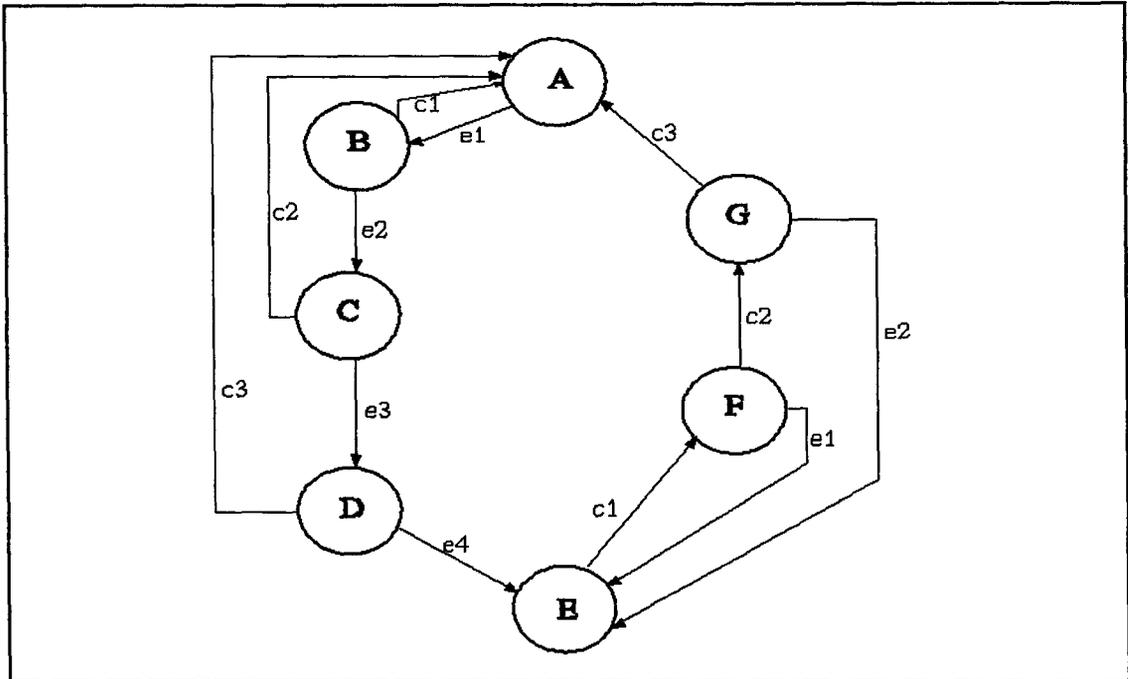
.Interfaz señal múltiplex

- Código de transmisión	HDB3
- Velocidad de la señal mux.	8448Kbit/s
- Tolerancia de la velocidad	± 30 ppm
- Impedancia entrada/salida	75 Ohm
- Máx atenuación de línea a 4,2MHz	6 dB
- Forma del impulso a la salida	Ver dibujo

. Protocolo para la entrada/salida de alineación de trama

Ver el dibujo 24, donde:

- A = En sincronismo
- B, C, D = Estados de prealarma
- E = Fuera de sincronismo
- F, G = Estado de presincronismo
- e = Palabra de alineación de trama errónea
- c = Palabra de alineación de trama correcta



DIBUJO 24: PROTOCOLO PARA LA PERDIDA Y RECUPERACION DE LA ALINEACION DE TRAMA

9.3.3.2.- Datos técnicos de la unidad MUT-1034-620A

- Frecuencia temporización múltiple	34368KHz ± 20 ppm
- Número de tributarios	4
- Tipo de multiplexación	Justificación positiva
- Bit por trama	1536
- Duración de una trama	44,693µs
- Frecuencia de una trama	22,375KHz
- Bit por afluente	378
- Relación de justificación	0,436
- Control de justificación	3 bit por afluente
- Indicación de justificación	111
- Indicación de no justificación	000
- Decisión de justificación	Por mayoría
- Palabra de alineación de trama	1111010000
- Bit de servicio	Bit 11 = Bit alarma Bit 12 = Bit uso nacional
- Tensión principal nominal	+ 5 V

. Puntos de prueba de las señales de salida

- Impedancia	75 Ohm
- Atenuación aprox. del impulso (8448 Mbit/s)	20 veces

- Atenuación aprox. del impulso (34368 Mbit/s) 20 veces

. Interfaz de tributario

- Código de transmisión	HDB3
- Velocidad por afluente	8448Kbit/s
- Tolerancia de la velocidad	± 30 ppm
- Impedancia entrada/salida	75 Ohm
- Máx atenuación de línea a 1 MHz	6 dB
- Forma de impulso de salida	Ver dibujo anterior

. Interfaz señal múltiplex

- Código de transmisión	HDB3
- Velocidad de la señal mux.	34368Kbit/s
- Tolerancia de la velocidad	± 20 ppm
- Impedancia entrada/salida	75 Ohm
- Máx atenuación de línea a 4,2 MHz	12 dB
- Forma del impulso a la salida	Ver dibujo

. Protocolo para la entrada/salida de alineación de trama

- Ver el dibujo 24 anterior.

. Recomendaciones

Para cualquier prueba o característica no especificada anteriormente, el equipo cumple las recomendaciones G.703, G.742 y G.751 del CCITT.

10.- EQUIPO MULTIPLEX DIGITAL

DE 34/140 Mbit/s

MBT-1140-622XX

[ALCATEL]

10.1.- INTRODUCCION

El equipo ha sido desarrollado por Alcatel y cumple las recomendaciones G.703 y G.751 del CCITT.

El múltiplex de 34/140 Mbit/s contiene los circuitos necesarios para la multiplexación por división en el tiempo (MDT) de cuatro señales de 34.368 Kbit/s, utilizando el método de entrelazado cíclico de los bits y técnica de justificación positiva, para la formación de una señal compuesta de velocidad nominal 139.24 Kbit/s [dibujo 25].

10.2.- ALIMENTACION

La alimentación es descentralizada a nivel de unidad, de tal manera que cada unidad de múltiplex tiene su propia fuente de alimentación. Las unidades son alimentadas a -48 V ó -60 V de tensión nominal, a través de las pistas del circuito impreso del armazón, y que parten del conector del mismo. En el nivel superior del batidor existe un campo de conexiones en el que se conectan los -48 V de la tensión auxiliar y las entradas de alimentación.

Tanto la unidad central de alarmas (UCA) como los armazones de MUX se alimentan en paralelo de ambos suministros.

La UCA, al igual que todas las unidades de múltiplex,

lleva incorporada su propia fuente de alimentación desde los 48 Vcc.

10.3.- ALARMAS

Las alarmas de los distintos múltiplex se centraliza a nivel de bastidor en la unidad central de alarma. Esta se encuentra situada a una altura apropiada para la mejor visualización del display de cristal líquido.

La UCA lee las alarmas de los distintos múltiplex y las procesa, presentándolas mediante mensajes en una pantalla de cristal líquido.

Estos mensajes indican el tipo de alarma, el sistema afectado y el nivel, dentro del bastidor, donde se ubica el sistema.

La UCA posee también un conector frontal con interfaz RS-232, donde se puede conectar una impresora o una pantalla para la recepción, mediante mensajes, de las alarmas que aparezcan o desaparezca.

10.4.- UNIDAD MULTIPLEX 34/140 Mbit/s MUT-1140-620AA

La unidad MUT-1140-620AA equipa los circuitos necesarios para reunir cuatro señales digitales plesiócronicas

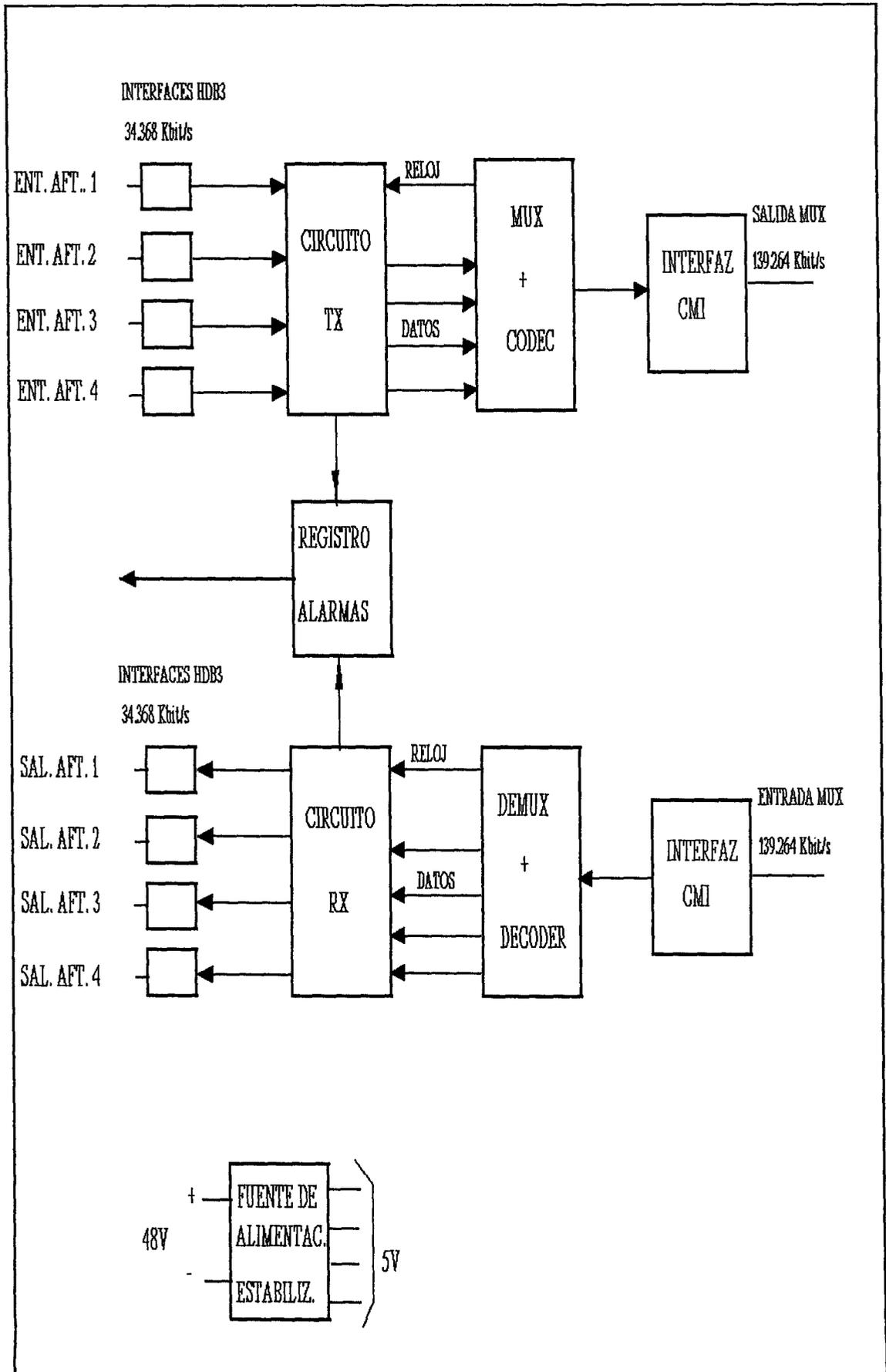
de 34.368 Kbit/s en una señal múltiplex de 139.264 Kbit/s. En el lado de recepción se demultiplexa la señal MUX en los cuatro afluentes que la constituyen.

El método empleado es el de entrelazado cíclico de los bits según el orden de numeración de los afluentes y con justificación positiva para el ajuste de las velocidades de entrada y salida.

El sistema cumple las recomendaciones G.703 y G.751 del CCITT.

La circuitería de la unidad se puede dividir en los siguientes apartados:

- Alimentación
- Interfaces de afluentes
- Interfaz de señal MUX
- MCDD (MUX-CODER-DECODER-DEMUX)
- LSI de transmisión
- LSI de recepción
- Circuitos auxiliares
- Alarmas



DIBUJO 25: DIAGRAMA DE BLOQUES MULTIPLEX 34/140 Mbit/s

11.- EQUIPO TERMINAL DE LINEA

OPTICA A 140 Mbit/s

[ALCATEL]

11.1.- INTRODUCCION

El sistema de transmisión digital a 140 Mbit/s por línea de fibra óptica constituye un enlace bidireccional para transmitir la información de la señal digital de 139,264 Mbit/s producida por el cuarto orden de multiplexación digital, especificado por el CCITT, que equivale a una capacidad de 1920 canales telefónicos.

La línea puede estar formada por una fibra óptica multimodo de índice gradual o una fibra monomodo, optimizadas ambas para una longitud de onda de 1300 nm según las Recomendaciones G.651 y G.652 del CCITT.

El sistema de línea digital por fibra óptica a 140 Mbit/s aprovecha las mejoras inherentes a la fibra:

- Alta capacidad de información debida a su gran anchura de banda.
- Baja atenuación.
- Pérdidas independientes de la velocidad de transmisión.
- Amplia separación entre repetidores.
- Tamaño reducido y bajo peso.
- Inmunidad ante interferencias electromagnéticas.
- Supresión de la diafonía.
- Aislamiento eléctrico transmisor/receptor.
- Dificultad de una detección exterior.

Los interfaces con el equipo múltiplex, cumplen las

condiciones del interfaz a 140 Mbit/s, según Recomendación G.703 del CCITT.

Como medida de seguridad óptica para los operadores, se produce la desconexión automática del láser, cuando hay una interrupción del enlace óptico en cualquier sentido de la transmisión, dentro de una sección de regeneración .

Las tensiones de alimentación se generan internamente en el sistema, tanto en los equipos regeneradores terminales como en los regeneradores intermedios, a partir de una tensión de batería de -48v/60v.

La supervisión se realiza dentro de tráfico, sin precisar pares metálicos ni fibras auxiliares. Se supervisan la tasa de error binario y la existencia o no de señal óptica recibida en cada regenerador. En este sistema tanto la supervisión como el canal de conservación se transmiten por un canal auxiliar de servicio junto con las señales ópticas.

La señal del canal múltiplex de servicio se transmite junto con las señales ópticas. Todos los servicios adicionales, incluido el canal de conservación y el canal de telemetría del circuito de supervisión, se combinan para formar una señal multiplexada de canal de servicio de 48 kBd y modula en cambio de fase (2 DPSK) a una portadora de 192 kbit/s que a su vez modula al 5% en amplitud la señal óptica digital.

11.2. FUNCIONAMIENTO

11.2.1.- REGENERADOR TERMINAL DE LINEA

El equipo regenerador terminal de línea a 140 Mbit/s forma parte del sistema de transmisión digital por línea de fibra óptica a 140 Mbit/s.

En el sentido de emisión, convierte la señal digital codificada en CMI en una señal binaria que es posteriormente aleatorizada y trasladada al código de línea 5B6B. La señal a 167,1168 MBd resultante, modula en amplitud la potencia óptica emitida por un diodo láser emitiendo con una longitud de onda de 1300 nm. La salida óptica, obtenida en un tallo de fibra integrado en el encapsulado del láser, se aplica al núcleo de la fibra óptica, a través de un conector óptico enchufable. La potencia emitida viene controlada mediante una realimentación de una fracción de la misma, obtenida en la cara posterior del láser; esta fracción de potencia se convierte en una señal eléctrica mediante un fotodiodo integrado en el encapsulado del láser. El circuito excitador del láser, compensa las variaciones de temperatura y de corriente umbral.

En el sentido de recepción, un módulo PINFET transforma la señal óptica en una señal eléctrica a 167,1168 MBd. que es regenerada con la señal del reloj extraída y reconvertida en la señal original a 140 Mbit/s, en código CMI. La pérdida de la señal de entrada o la existencia de

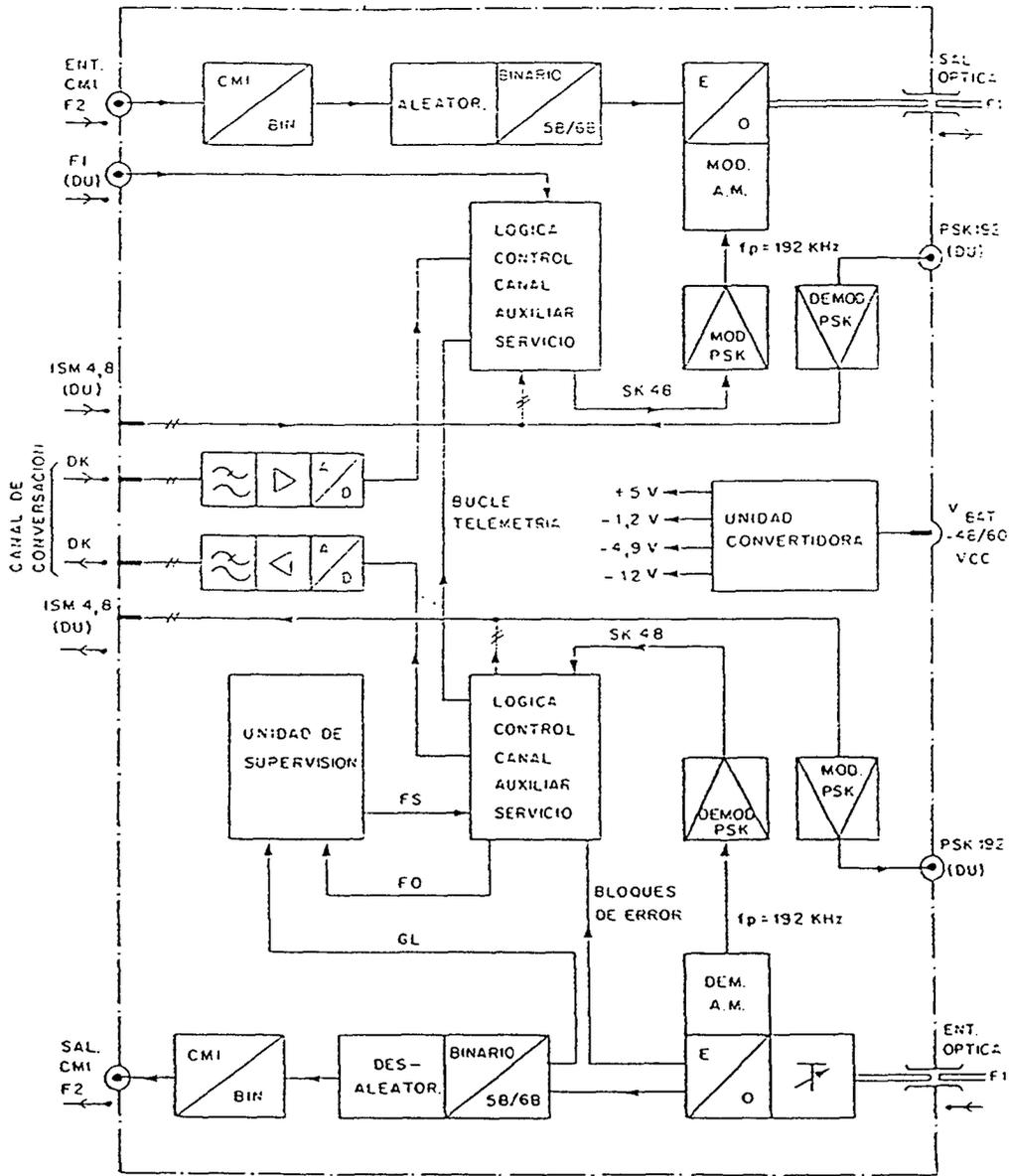
una tasa de error superior a 10^{-3} , da lugar a la inyección de la señal indicadora de alarma (SIA) hacia el equipo múltiplex.

A efectos de la supervisión de una sección digital con regeneradores intermedios, el regenerador terminal de línea tiene tres interfaces con el equipo localizador de fallos, el cual estima el estado de funcionamiento de cada regenerador, la tasa de error en los extremos de la sección digital, así como el estado de actuación del bucle Telemetría.

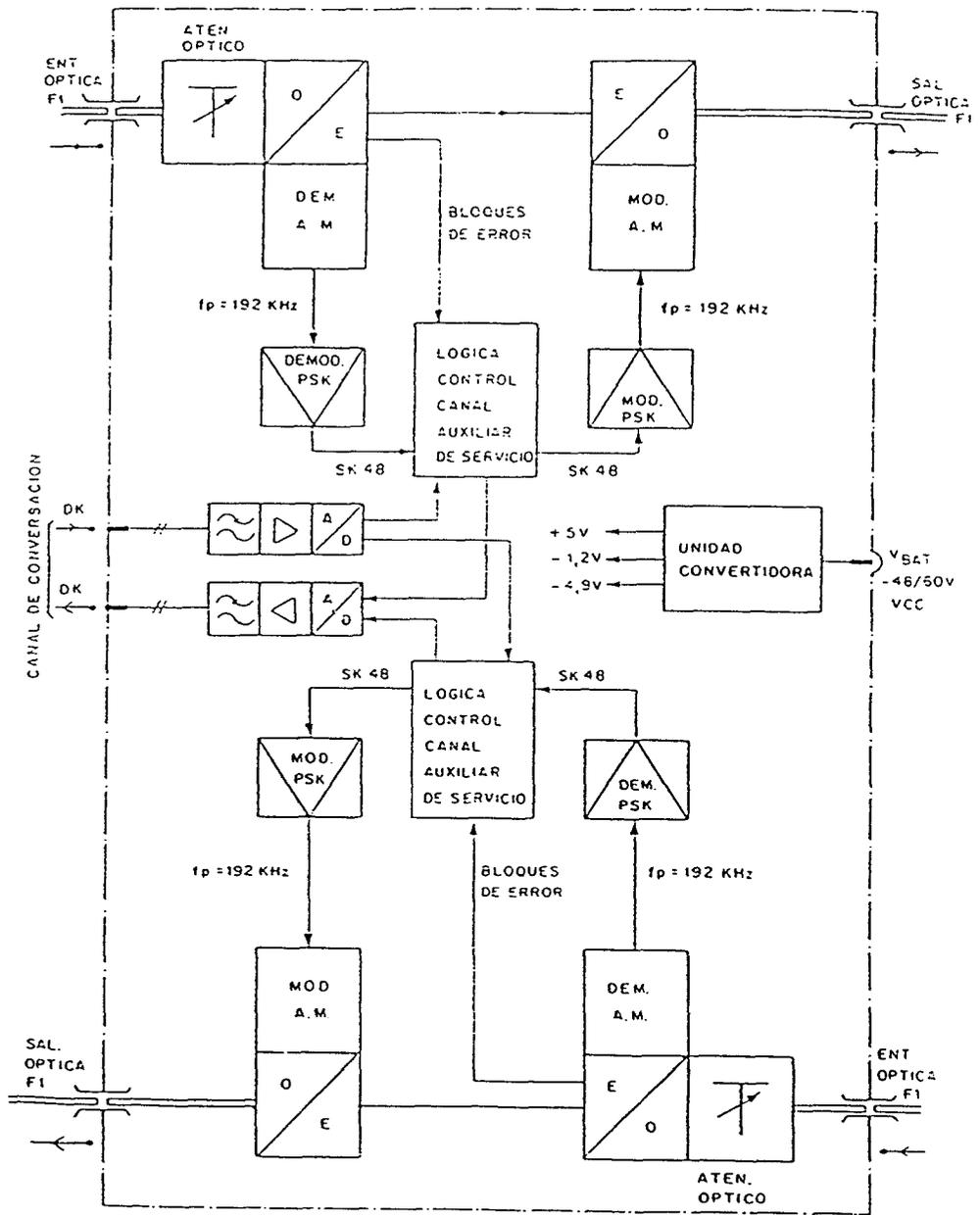
11.2.2.- REGENERADOR INTERMEDIO

El regenerador intermedio del sistema de línea óptica a 140 Mbit/s, se emplaza en aquellos puntos de la sección, donde es necesaria una regeneración de la señal. La señal óptica recibida se lleva mediante un conector enchufable, a un módulo PINFET, que la convierte en una señal eléctrica. Esta señal es regenerada y vuelta a emitir a línea mediante un diodo láser. Las unidades de recepción y emisión son idénticas a las descritas en la parte del terminal óptico. El funcionamiento es igual en ambas vías de transmisión.

Para los efectos de la supervisión, el regenerador genera una señal de telemetría que junto a las señales de telemetría de los regeneradores anteriores, se transmite al terminal óptico distante para su procesado y evaluación.



REGENERADOR TERMINAL OPTICO DE LINEA A 140 Mbit/s



REGENERADOR INTERMEDIO OPTICO DE LINEA A 140 Mbit/s

11.2.3.- CANAL MULTIPLEX DE SERVICIO

En el sistema de línea a 140 Mbit/s por F.O. se usa sistema de telemetría.

En la figura del regenerador terminal el canal de servicio en el regenerador terminal:

La señal digital de entrada a la unidad de emisión óptica se modula en amplitud con una portadora de 192 kHz.

Esta portadora está modulada en 2DPSK con una señal de Telemetría o bien con una señal multiplexada que constituye el canal múltiplex de servicio formado por la señal del circuito de órdenes, la señal de Telemetría de supervisión y otras señales adicionales de datos.

En la figura del regenerador intermedio se muestra el canal multiplex de servicio en el regenerador intermedio, la señal óptica modulada en amplitud se demodula en el receptor óptico de cada regenerador para formar una señal 2 PSK de 192 kHz de portadora. En una etapa de demodulación posterior se transforma en una señal binaria de 48 Kbaud.

En la lógica de control del canal de servicio la señal multiplexada del canal de servicio se desmultiplexa se procesa, se multiplexa, formando de nuevo la señal binaria de 48 kBd.

Esta señal modula en 2 DPSK a una portadora de 192 kHz

que a su vez modula en amplitud a la señal digital de entrada en la unidad de emisión óptica.

11.2.4.- SUPERVISION

El sistema de fibra óptica está dotado de un sistema de supervisión de línea dentro de tráfico que puede medir la tasa de errores binarios así como supervisar el funcionamiento de cada uno de los regeneradores intermedios y terminales (detección de errores en los mismos y presencia o ausencia de la señal óptica entrante) en la línea de transmisión digital cerrada en ambos extremos por regeneradores terminales.

En este sistema es posible medir conjuntamente los dos sentidos de transmisión. Por medio de una orden de control remoto que se programa en la unidad de supervisión y se transmite por el canal de telemetría se puede cerrar un bucle en el terminal distante. De este modo se conectan en serie el canal de telemetría de los dos sentidos de transmisión.

11.2.5.- PROTECCION

Con objeto de proteger al personal que trabaja con los sistemas de transmisión por F.O. el sistema dispone de un dispositivo de protección mediante el cual se desconecta automáticamente el láser cuando se detecta un fallo o interrupción del trayecto óptico.

12.- SISTEMA DE LINEA POR FIBRA

OPTICA 4 x 140 Mbit/s

TXFD-105E/2-MD2

(FL 5401)

[ALCATEL]

12.1.- DESCRIPCION GENERAL[DIBUJO 26]

12.1.1.- FUNCION PRINCIPAL DEL ETLO 4 X 140 Mbit/s

El ETLO realiza la función de transmisión bidireccional, así como las de supervisión y mantenimiento.

12.1.1.1.- Función de transmisión bidireccional

En la dirección de transmisión, el ETLO recibe los cuatro tributarios T1,T2,T3 y T4 a 139,264 Mbit/s y los multiplexa para formar una señal compuesta (señal de línea) a una velocidad nominal de los datos de 564,992 Mbit/s y una velocidad de modulación en línea de 659,157 MBd.

Un canal de datos de baja velocidad a 512 kBd se emplea para las señales de circuito de órdenes y supervisión remota y se superpone a la señal de línea.

En la dirección de recepción, el ETLO restablece separadamente:

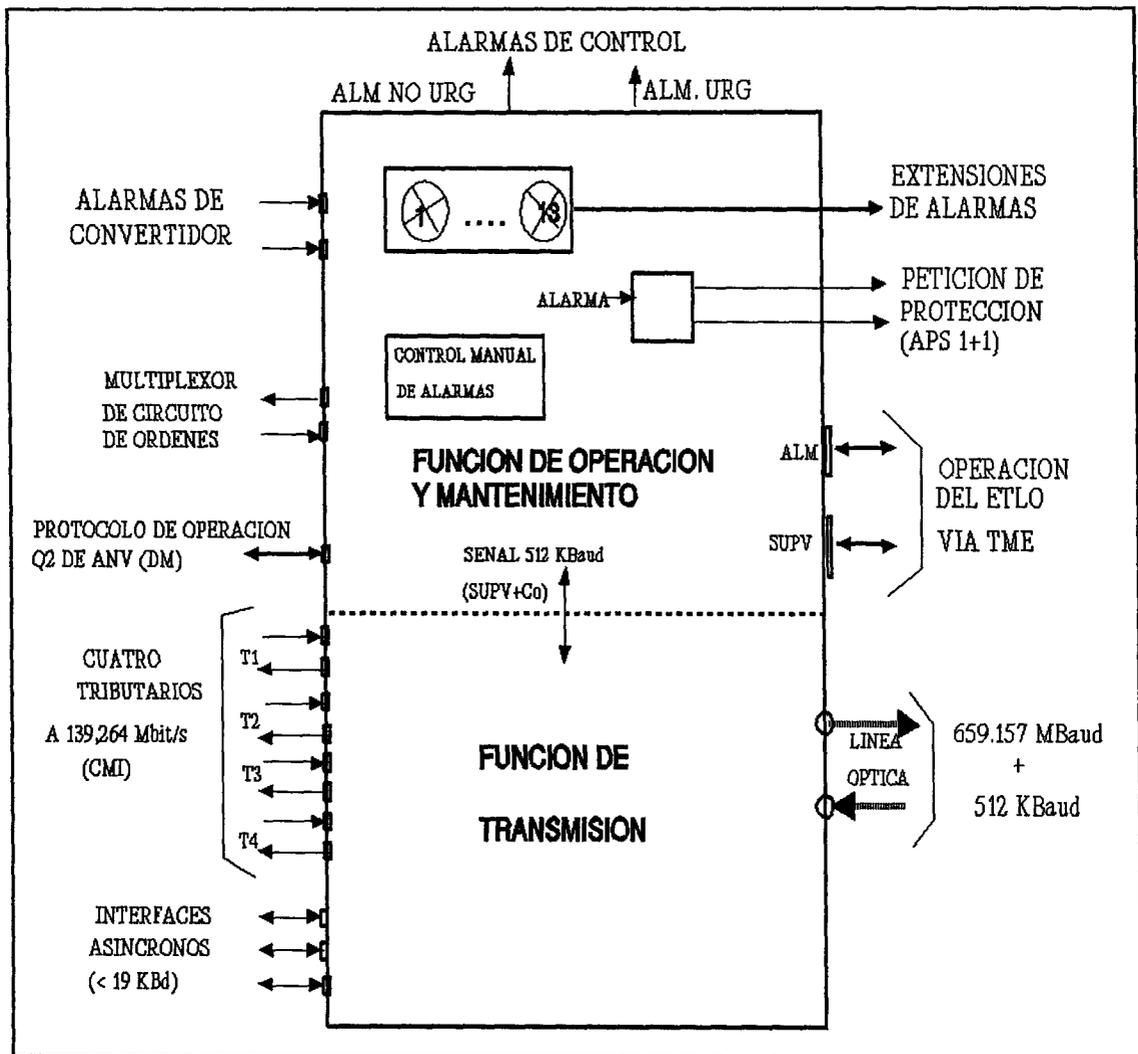
- Los cuatro tributarios a 139,264 Mbit/s.
- El canal de datos de baja velocidad a 512 kBd.

12.1.1.2.- Funciones de supervisión y mantenimiento

Los fallos en el funcionamiento del ETLO se indican al operador por medio de:

- El encendido de un indicador luminoso correspondiente al fallo
- Indicación en la pantalla del Terminal de Mantenimiento del Equipo conectado al ETLO.

En un nivel superior del sistema de supervisión de Alcatel NV, el operador dispone de un Terminal de Central que le permite acceder a la información de fallos de todos los equipos de la central.



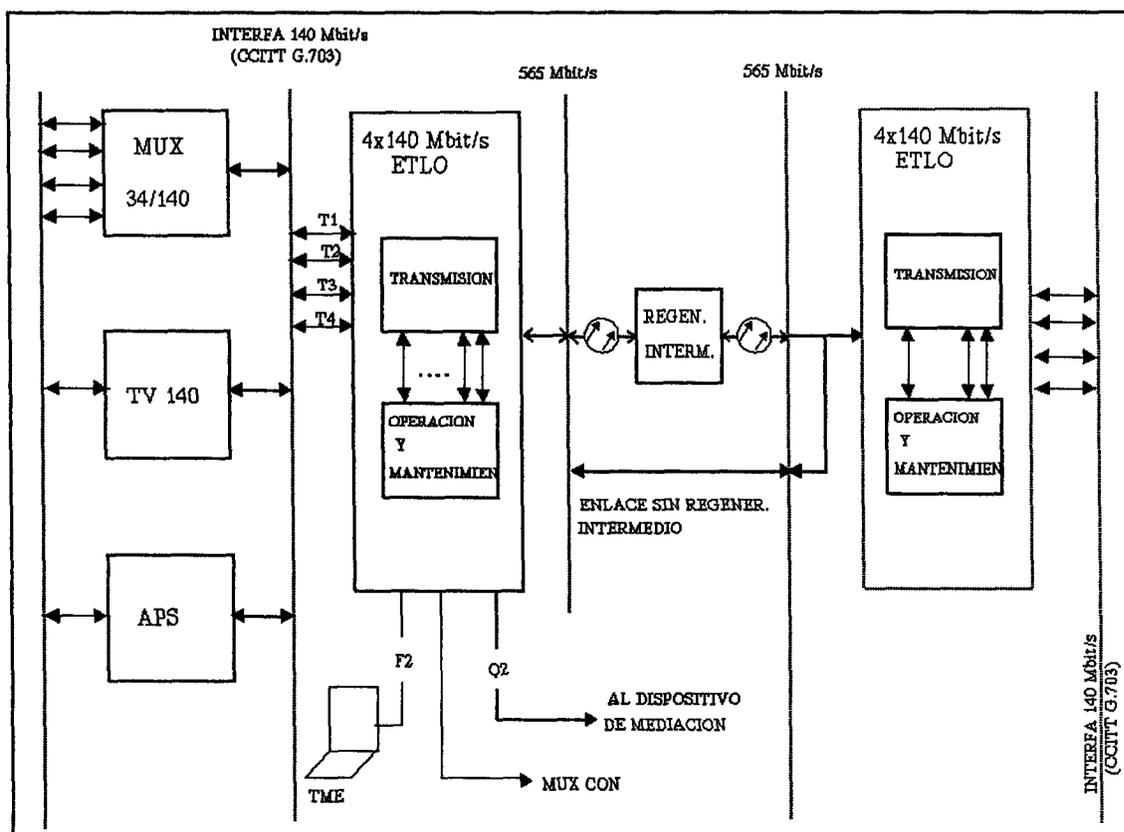
DIBUJO 26: FUNCIONES PRINCIPALES DEL ETLO 4 x 140 Mbit/s

12.1.2.- LOCALIZACION DEL ETLO 4 X 140 Mbit/s EN EL SISTEMA DE TRANSMISION [DIBUJO 27]

El armaz3n ETLO 4 x 140 Mbit/s se equipa en un bastidor regenerador terminal

Se debe situar entre cuatro interfaces digitales a 140 Mbit/s (Rec. CCITT G.703) y una l3nea de fibra 3ptica monomodo que cumpla la Rec. CCITT G.952).

Los tributarios T1 a T4, pueden ser los de cualquier equipo que incorpore un interfaz a 140 Mbit/s: un multiplexor 34/140 o equivalente.



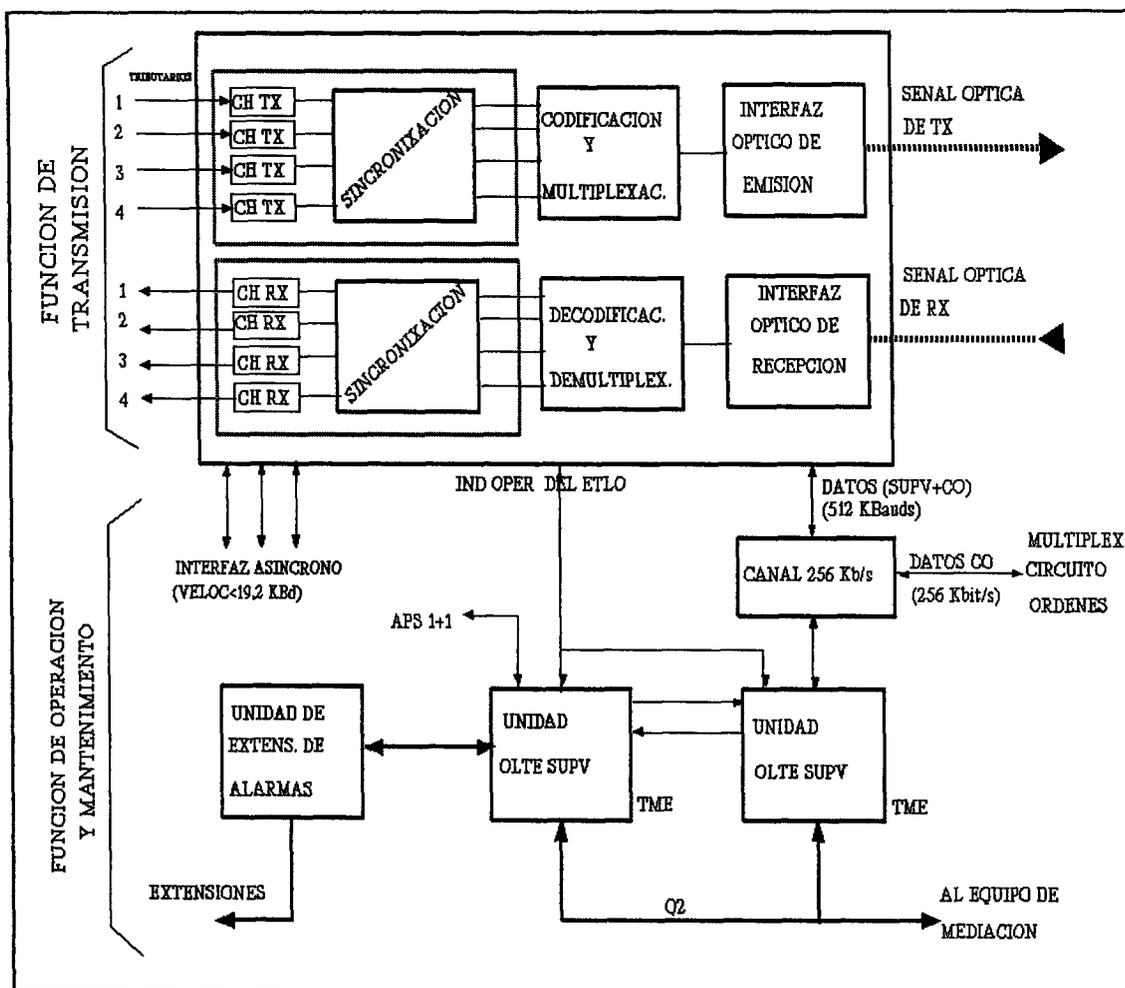
DIBUJO 27: LOCALIZACION DEL EQUIPO 4 x 140 Mbit/s EN EL SISTEMA DE TRANSMISION

12.1.3.- EQUIPOS ASOCIADOS

- Multiplexor de Circuito de Ordenes FL9001
- Terminal de Mantenimiento del Equipo (TME)
- Equipo de supervisión (Q2)
- Equipo APS

12.2.- DESCRIPCION FUNCIONAL [DIBUJO 28]

12.2.1.- TEORIA DE FUNCIONAMIENTO DEL ETLO



DIBUJO 28: PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL ETLO 4 x 140 Mbit/s

12.2.1.1.- Transmisión bidireccional

. Vía de emisión

Esta Vía realiza las siguientes funciones:

- Sincronización de los cuatro tributarios plesiócronicos a 139,264 Mbit/s mediante justificación positiva, de acuerdo con la Rec. G.954 del CCITT.
- Multiplexación y codificación, entregando una señal binaria a 659,157 MBd.
- Conversión eléctrico-óptica de la señal anterior e inserción de la señal de datos de baja frecuencia a 512 kBd.

La línea de transmisión es una fibra óptica monomodo de longitud de onda de 1,3 o 1,5 micras.

El láser es modulado en amplitud por la señal binaria. Para asegurar una mayor fiabilidad y estabilidad, el láser está controlado en temperatura por un termoelemento de efecto Peltier.

Es peligroso para los ojos el mirar a la sección de una fibra óptica. Para garantizar la seguridad del personal de mantenimiento en el caso de un corte en la fibra, un procedimiento automático reduce la potencia óptica a -9 dBm: se denomina función de diodo láser en potencia reducida.

El código de línea empleado es el 12B1P1C, que asocia 12 bits de datos con 1 bit de paridad P y un bit de control de nivel de continua C.

El bit P introduce la paridad en la señal de línea para permitir la supervisión de la calidad de la transmisión.

El bit C limita el espectro de baja frecuencia de la señal de línea para permitir la transmisión del canal de servicio a 512 kBd.

. Vía de recepción

La vía de recepción realiza las funciones opuestas a la de la vía de emisión:

- Conversión óptico-eléctrica de la señal de 659,157 MBd recibida del ETLO distante y extracción del canal de servicio a 512 kBd.
- Extracción de los cuatro canales plesiócronicos a 139,264 Mbit/s.

12.2.1.2.- Operación

El bloque de supervisión incluye:

- Una unidad de alarmas (OLTE ALM).
- Una unidad de supervisión (OLTE SUPV).

- Una unidad de extensión de alarmas (OLTE ALM LOOP)
- Una unidad de canal de 256 kbit/s (OLTE256K CH)

. Unidad de alarmas

La unidad de alarmas recoge las indicaciones de fallo y genera las alarmas de central:

- Alarma urgente
- Alarma no urgente
- Alarma atendida

El estado de las salidas de alarma se indica en el frontal de la unidad por medio de tres LED.

Se dispone de dos conmutadores para atender y cortar las alarmas de central urgente y no urgente:

- Entrega una señal de petición de protección automática por conmutación para el sistema APS de Alcatel.
- Da acceso a la información de alarmas por medio de dos interfaces de comunicación serie:
 - . Interfaz eléctrico RS 485 diseñado para la supervisión centralizada por medio de un terminal de central vía DM (dispositivo de medición)
 - . Interfaz eléctrico RS 232 en el frontal de la unidad diseñado para la conexión de un terminal de mantenimiento del equipo (TME)

. Unidad de supervisión

Esta unidad genera la señal de supervisión SUPV para ser enviada por la línea a las unidades de SUPV de los regeneradores intermedios y ETLO distantes, y procesa la información contenida en los mensajes recibidos de estos.

La información está disponible en dos interfaces de comunicación serie externos:

- Interfaz eléctrico RS-485 diseñado para la supervisión centralizada por medio de un terminal de central vía DM (bus Q2)
- Interfaz eléctrico RS-232 en el frontal de la unidad diseñado para la conexión de un terminal de mantenimiento del equipo (TME)

La unidad envía unas señales de petición de alarma urgente o no urgente a la unidad de alarmas cuando es necesario.

. Unidad de extensión de alarmas

Se utiliza conjuntamente con la unidad de alarmas. Por medio de una serie de indicadores luminosos, esta unidad muestra al operador situaciones de fallo en alguna de las unidades del ETLO.

Con cada indicador luminoso (LED) hay asociada una extensión de alarma.

El LED luce (y la extensión de alarma se activa) de acuerdo a informaciones entregadas por la unidad de alarmas. El acceso a las diferentes extensiones de alarma se realiza a través del panel de conectores.

. Unidad de canal de 256 Kbit/s

En emisión, la unidad de canal de 256 Kbit/s OLTE 256K CH genera la señal de datos a baja frecuencia (512 KBd) transmitida por la fibra óptica, y en recepción, procesa dicha señal.

La unidad contiene, asimismo, el interfaz eléctrico (V.11) que da acceso a los bits de servicio (interfaces asíncronos).

12.2.2.- USOS PARTICULARES DEL EQUIPO

. Protección del ETLO 4 x 140 Mbit/s

Asociado con el ETLO 4 x 140 Mbit/s, El sistema de protección automática APS (Automatic protection system) de Alcatel asegura la continuidad del tráfico en caso de interrupción del enlace mediante la conmutación automática a la línea de reserva. La conmutación de los 4 tributarios a 140 Mbit/s es simultánea y depende de criterios de recepción que pueden ser configurados remotamente en la unidad de alarmas del ETLO.

12.3.- CARACTERISTICAS GENERALES

12.3.1.- CARACTERISTICAS ELECTRICAS

. Interfaz eléctrico

- Velocidad : 139,264 Mbit/s \pm 15 ppm
- Código : CMI
- Impedancia : 75 Ohm
- Amplitud : 1 Vpp \pm 0,1 V
- Forma de onda : Recom. G.703 del CCITT
- Atenuación máx. en emisión : 12 dB a 70 MHz
- Máx. Jitter admisible : Recom. G.823 del CCITT
- Función de transf. de Jitter : " " " "
- Jitter intrínseco : " " " "

. Características del los interfaces de señalización de central

- Alarma : Potencial de OVS a través de un contacto de relé.
Sus límites de funcionamiento son 100V/10W/0,5A.
- Funcionamiento correcto : Contacto de relé abierto.

. Características de los interfaces de extensiones de alarma

- Número de hilos por alarmas : 2 (1 hilo común a todas las extensiones)
- Límites de funcionamiento : 100 Vmáx., 0,5 A, 10 W
- Funcionamiento correcto : Contacto abierto excepto para la extensión de alarma SAFE LOOP, para la cual el contacto

se cierra en caso de
funcionamiento correcto.

. Alimentación del ETLO

- Tensión de alimentación : +5 V / -5 V / +9 V
- Consumo : 70 W

12.3.2.- CARACTERISTICAS OPTICAS

. Interfaces óptico

- Velocidad de línea : 659,157 MBd \pm 15 ppm
- Código : 12B 1P 1C
- Longitud de onda:
 - 1310 nm \pm 20 nm (Láser BH de baja potencia)
 - 1310 nm \pm 10 nm (Láser BH de Potencia Estándar)
 - 1550 nm \pm 20 nm (Láser DFB de 3ª ventana)
- Potencia óptica en el punto S (de 0°C a +45°C):
 - 14 dBm con láser de baja potencia
 - 3 dBm con láser de potencia estándar
 - 5 dBm con láser de 3ª ventana
- Sensibilidad en punto R (de 0°C a +45°C):
 - 33 dBm con receptor GeAPD (ORX A)
 - 36 dBm con receptor APD-III.V (ORX C)

. Balance de potencia

- Dispersión cromática:

65 ps.nm con láser de baja potencia (OTX A1310)

120 ps.nm con láser de pot. estándar (OTX B1310)

1800 ps.nm con láser de 3ª ventana (OTX F1550)

- Margen del equipo por dispersión :

1,5 dB en 2ª ventana

0,5 dB en 3ª ventana

- Margen del equipo por otros factores : 3 dB

13.- CABLE DE FIBRA OPTICA

MONOMODO

13.1.- INTRODUCCION

Este bloque tiene por objeto definir las características, condiciones y detalles que han de reunir los cables de fibra óptica monomodo, para transmisión de banda ancha, así como los tipos de cubiertas.

13.2.- CONSTITUCION GENERAL

Los cables estarán constituidos por fibras ópticas monomodos de características específicas.

Dependiendo del número de fibras la configuración del cable resulta diferente, por lo que se establece los siguientes tipos:

- Cable monofibra (1 fibra)
- Cable bifibra (2 fibra)
- Cable multifibra (más de 2 fibra)

En los cables monofibra la fibra óptica monomodo dispone de una primera protección no coloreada (transparente o natural) sobre la que se coloca una segunda del tipo ajustado de material plástico. La fibra óptica, con su segunda protección, está rodeada por una capa de hilaturas de fibras de aramida y sobre la misma se dispone una cubierta de material ignífugo.

El cable bifibra está conformado a partir de dos cables monofibras protegidos por una cubierta ignífuga.

En los cables multifibras las fibras ópticas monomodo disponen de una primera protección coloreada, según código establecido, sobre la que se coloca una segunda del tipo holgado, tubo, codificada en color. Las dimensiones del tubo serán variables dependiendo de que el número de fibras que albergue sea 1, 2, 4, u 8. El tubo se rellenará de un compuesto hidrófugo que sea estable en el rango de temperatura de funcionamiento de estos cables. El número máximo de tubos por cables será de 16 y estarán dispuestos, en una capa concéntrica, alrededor de un elemento central en paso de hélice, constituyendo el conjunto el núcleo del cable. Se podrán elementos de relleno, de coloración diferente a los tubos que contienen las fibras, para conformar la figura de núcleo más adecuada.

Se rellenarán todos los espacios vacíos del núcleo y entre el núcleo y la cubierta del cable multifibra. Opcionalmente en el núcleo se dispondrán ligaduras o se cubrirá con una o varias cubiertas no higroscópicas, solapadas, sobre las que se dispondrá la cubierta del cable especificada y adecuada a su aplicación y que para cables multifibra puede ser:

- Cubierta PKP : Polietileno - Fibras de aramina -
Polietileno
- Cubierta PEAP : Polietileno - Estanca Aluminio -

- Polietileno
- Cubierta PESP : Polietileno - Estanca Acero -
Polietileno
 - Cubierta PKPESP : Polietileno - Fibras de aramida -
Polietileno - Estanca Acero -
Polietileno
 - Cubierta PUKPU : Poliuretano - Fibra de aramida -
Poliuretano (Este cable sólo será
utilizado en labores de conservación)

En los cables multifibra, entre las cubiertas y entre el núcleo y la cubierta interior se dispondrá hilos de rasgado, excepto en los cables que dispongan de cubierta ESP.

13.3.- MATERIALES

13.3.1.- FIBRAS OPTICAS

Serán monomodos con las características especificadas según aplicación.

13.3.2.- PROTECCION DE LAS FIBRAS OPTICAS

13.3.2.1.- Primera protección

Silicona multicapa, acrilato u otro material de

característica similares, coloreada o no dependiendo de su aplicación.

13.3.2.2.- Segunda protección (tubo)

Material plástico (poliamida, poliéster o similar) codificado en color según código establecido.

El tubo estará relleno de un material hidrófugo, que sea estable en el rango de temperatura comprendido entre -30°C y 70°C y compatible con todos los materiales que conforman el cable.

13.3.3.- ELEMENTOS DE RELLENO

Material plástico (poliamida, poliéster o similar) con coloración diferente a la de los tubos que contienen las fibras.

13.3.4.- COMPUESTO DE RELLENO

Compuesto hidrófugo, petrolado u otro material similar, con un punto de gota alto, y bajo contenido de hidrógeno. Este material deberá ser estable en el rango de temperatura comprendido entre -30°C y 70°C y compatible con todos los materiales que conforman el cable.

13.3.5.- CINTA DE ENVOLTURA DEL NUCLEO

Cinta dieléctrica, no higroscópica, tal como poliéster o algún otro tipo adecuado, de espesor suficiente para garantizar la debida protección térmica del núcleo.

13.3.6.- ELEMENTO DE REFUERZO

Estará constituido por un material que presente buena flexibilidad (fibras de aramida, sirga de acero u otro material de características similares).

13.3.7.- LIGADURAS

Cinta o hilo de material plástico no higroscópico (poliéster o similar)

13.3.8.- CUBIERTA

13.3.8.1.- Cables monofibra y bifibra

Una capa de hilaturas de fibras de aramida y cubierta de material ignífugo.

13.3.8.2.- Cables multifibra

El polietileno que figura en las cubiertas interiores es de baja densidad. El polietileno de la cubierta exterior

será de alta densidad. La cubierta exterior de los cables multifibra que vayan a ser instalados en interiores de edificios deberán cumplir unas condiciones ignífugas especiales. La cubierta de los cables a utilizar en conservación será de poliuretano.

13.3.9.- HILO DE RASGADO

Hilo de poliamida u otro material de características similares que permitan el rasgado de la cubierta, excepto cuando disponga de acero en la misma.

13.4.- MANUFACTURA

En la fabricación de estos cables se adoptarán los cuidados y precauciones necesarias que aseguren las características. Todos los detalles de fabricación que no se citan expresamente se dejan al criterio del fabricante.

13.4.1.- PROTECCIONES DE LAS FIBRAS OPTICAS

Las fibras ópticas con la primera protección serán coloreadas o no, según aplicación depositando, sobre la primera protección, una película de tinte, según código establecido con un espesor no superior a 6 μm . A continuación se colocará sobre la fibra con primera protección una segunda, ajustada u holgada, codificada en color según especificación.

Las protecciones estarán libres de poros, grietas, abultamientos y otras imperfecciones. Su aspecto será suave, con brillo y tonalidad uniforme. Los colores serán intensos, opacos y fácilmente distinguibles.

No se debe producir aumento de la atenuación de la fibra al colocar la segunda protección.

13.4.2.- ELEMENTO DE REFUERZO

En los cables monofibras está constituido por hiladuras de fibras de aramina dispuestas longitudinalmente sobre la fibra óptica con segunda protección.

En los cables bifibra el elemento de refuerzo estará constituido por los correspondientes de los monofibras que lo conforman.

En los cables multifibra el elemento de refuerzo será dieléctrico o metálico dependiendo de la aplicación y configuración del cable:

- Cable con cubierta PEAP:

El elemento de refuerzo está constituido por una sirga de acero, galvanizado, de 19 hilos con un diámetro de 2,5 mm para cables hasta 64 fibras ópticas y de 19 hilos con un diámetro de 4 mm para cables con 128 fibras ópticas. Estará situado en la parte central, axial, del cable y sobre él

se dispondrá una cubierta de polietileno de baja densidad con espesor suficiente para poder configurar el núcleo del cable y disponiendo sobre él, en paso de hélice, los tubos que contienen las fibras ópticas.

- Cable con cubierta PESP:

El elemento de refuerzo y su disposición en el cable es igual que en el cable PEAP.

- Cable con cubierta PKP:

El elemento de refuerzo está constituido por hilaturas de fibras de aramida y dispuestas en paso de hélice sobre la cubierta interior de polietileno y estarán impregnadas de una sustancia con elevadas propiedades de estanqueidad, siendo este compuesto estable en el rango de temperaturas comprendido entre -30° C y 70° C y totalmente compatible con todos los materiales que conforman el cable.

En estos cables el elemento central, axial, necesario para configurar en núcleo del cable no tendrá que cumplir los requisitos de elemento de refuerzo, no obstante deberá ser tal que las tensiones mecánicas derivadas de variaciones térmicas no sean transmitidas a las fibras, por lo que debe presentar un coeficiente de expansión térmica bajo un módulo de comprensión elástica alto (fibra de vidrio con resina epoxy o similar).

- Cable con cubierta PKPESP:

El elemento de refuerzo está constituido por hilaturas de fibra aramida, con alto poder de absorción al impacto balístico, distribuidas en capas, con direcciones contrarias, y dispuestas en paso de hélice sobre la cubierta interior de polietileno uniformemente repartidas e impregnadas de una sustancia con elevadas propiedades de estanqueidad, siendo este compuesto estable en el rango de temperaturas comprendido entre -30° C y 70° C y totalmente compatible con todos los materiales que conforman el cable. En estos cables el elemento central, axial, debe cumplir los mismos requisitos que en el caso de los cables PKP.

- Cable de acometida:

El elemento de refuerzo está constituido por hilaturas de fibra de aramida distribuidas en 4 grupos, en el núcleo del cable.

13.4.3.- COMPUESTO DE RELLENO EN NUCLEO

El compuesto de relleno a utilizar se aplicará en todos los espacios vacíos del núcleo y entre el núcleo y la cubierta interior de polietileno.

Dicho compuesto de relleno deberá ser compatible con todos los materiales del cable.

13.4.4.- ENVOLTURA DEL NUCLEO

En el caso de que el fabricante opte por disponer de cintas que envuelvan el núcleo del cable, éstas serán aplicadas en paso de hélice o longitudinal con un solapado del 10% o de 5 mm. respectivamente para cada cinta. En el caso de que se utilicen varias cintas se colocarán cada una, como mínimo, en paso de hélice cerrada.

13.4.5.- LIGADURAS

Ataduras de material adecuado, colocadas debajo y/o sobre la envoltura del núcleo, dispuestas en hélice abierta.

13.4.6.- CUBIERTA

Estará libre de poros, grietas u otras imperfecciones, resultando una masa homogénea, suave, flexible, de color amarillo, con tonalidad y brillo uniforme.

La cubierta exterior del cable de acometida de 4 fibras será una poliolefina ignífuga de color negro y espesor 1,5 mm.

La cubierta de los cables multifibra, dependiendo de la aplicación, responderá a los siguientes tipos:

- Canalización urbana : Cubierta PKP
Cubierta PEAP
Cubierta PESP
- Zanja Canalizada : Cubierta PEAP
Cubierta PESP
- Dirext. Enterrado : Cubierta PESP
- Aéreo : Cubierta PKPESP
- Conservación : Cubierta PUKPU

Los espesores y características específicas de las diferentes capas que conforman la cubierta del cable son:

- Cubierta de polietileno:

- . Espesor cubierta interior de polietileno : $0,8 \pm 0,2$ mm
- . Espesor cubierta intermedia de polietil. : $1 \pm 0,1$ mm
- . Espesor cubierta exterior de polietileno : $1,5 + 0,1$ mm

La cubierta estará libre de poros, grietas u otras imperfecciones, resultando una masa homogénea, suave, flexible, de color negro, tonalidad y brillo uniforme.

- Cubierta de poliuretano:

- . Espesor cubierta interior : $0,8 \pm 0,2$ mm
- . Espesor cubierta exterior : $1,5 \pm 0,1$ mm

- Acero-copolímero : Espesor de $0,23 \pm 0,035$ mm

Esta cinta estará dispuesta en forma corrugada solapada con las siguientes características:

- . Anchura corrugación : 0,84 mm.
- . Número mínimo de corrugaciones : 3,6 (cada cm)

13.4.7.- IDENTIFICACION DE LAS FIBRAS Y TUBOS

13.4.7.1.- Identificación de las fibras

Las fibras ópticas serán identificadas por el color de su primera protección y posición que ocupa en el cable, que viene dada por el tubo en la que se encuentra ubicada, según código establecido.

13.4.7.2.- Identificación de los tubos

Los tubos que constituyen la segunda protección de las fibras ópticas y que pueden albergar 1, 2, 4 u 8 fibras serán identificados por la coloración que presenten según código establecido.

13.5.- FIABILIDAD

Las tecnologías y materiales utilizados, en la fabricación de estos cables, serán tales que garanticen la invariabilidad de los parámetros característicos en un período mínimo de funcionamiento estimado de 20 años.

13.6.- CODIGO DE COLORES PARA FIBRAS

13.6.1- CABLES CON UNA FIBRA POR TUBO:

La primera protección presentará el mismo color en todos los tubos.

13.6.2.- CABLES CON DOS FIBRAS POR TUBO:

Las fibras en su primera protección presentarán la misma coloración en cada tubo y responderá al siguiente código:

FIBRA	COLOR
1	Verde
2	Rojo

13.6.3.- CABLES CON CUATRO FIBRAS POR TUBO:

FIBRA	COLOR
1	Verde
2	Rojo
3	Azul
4	Amarillo

13.6.4.- CABLES CON OCHO FIBRAS POR TUBO:

Las fibras en su primera protección presentarán la misma coloración en cada tubo y responderá al siguiente código:

FIBRA	COLOR
1	Verde
2	Rojo
3	Azul
4	Amarillo
5	Gris
6	Violeta
7	Marrón
8	Naranja

13.7.- CODIGO DE COLORES PARA TUBOS ACTIVOS

Independientemente de que cada tubo albergue 1, 2, 4 u 8 fibras el código de colores responderá al siguiente:

13.7.1.- CABLES CON OCHO TUBOS:

TUBO	COLOR
1	Blanco
2	Blanco
3	Rojo
4	Rojo
5	Azul
6	Azul
7	Verde
8	Verde

13.7.2.- CABLES CON DOCE TUBOS:

TUBO	COLOR
1	Blanco
2	Blanco
3	Blanco
4	Rojo
5	Rojo
6	Rojo
7	Azul
8	Azul
9	Azul
10	Verde
11	Verde
12	Verde

13.7.3.- CABLE CON DIECISEIS TUBOS:

TUBO	COLOR
1	Blanco
2	Blanco
3	Blanco
4	Blanco
5	Rojo
6	Rojo
7	Rojo
8	Rojo
9	Azul
10	Azul
11	Azul
12	Azul
13	Verde
14	Verde
15	Verde
16	Verde

13.8.- ESTRUCTURAS BASICAS DE CABLES CON DISTINTAS CUBIERTAS

13.8.1.- CUBIERTA PEAP

NUMERO DE FIBRAS	NUMERO DE TUBOS	DIAMETRO DE TUBO (mm)	DIAMETRO ELEMENTO CENTRAL (mm)	DIAMETRO FINAL CABLE NOMINAL (mm)	PESO TOTAL CABLE (kg/km)
8	8 (8+1R)	1,5	3	12,7	160
16	8	2	3,5	14,2	195
24	12	2	6,5	17,2	270
24	6+2R	2,5	4,4	16,1	240
32	8	2,5	4,4	16,1	243
64	8	2,8	4,8	16,9	280
128	16	2,8	12	24,1	480

13.8.2.- CUBIERTA PESP

NUMERO DE FIBRAS	NUMERO DE TUBOS	DIAMETRO DE TUBO (mm)	DIAMETRO ELEMENTO CENTRAL (mm)	DIAMETRO FINAL CABLE NOMINAL (mm)	PESO TOTAL CABLE (kg/km)
8	8 (8+1R)	1,5	3	14,1	217
16	8	2	3,5	15,5	256
24	12	2	6,2	19	345
24	6+2R	2,5	4,4	17,5	312
32	8	2,5	4,4	17,5	315
64	8	2,8	4,8	18,7	360
128	16	2,8	12	25,9	580

13.8.3.- CUBIERTA PKP

NUMERO DE FIBRAS	NUMERO DE TUBOS	DIAMETRO DE TUBO (mm)	DIAMETRO ELEMENTO CENTRAL (mm)	DIAMETRO FINAL CABLE NOMINAL (mm)	PESO TOTAL CABLE (kgr/km)
8	8	1,5	3	12,5	120
16	8	2	3,5	13,9	140
24	12	2	6,3	16,6	200
24	6+2R	2,5	4,4	15,6	175
32	8	2,5	4,4	15,8	175
64	8	2,8	4,8	17,4	225
128	16	2,8	12	24,6	420

13.8.4.- CUBIERTA PKPESP

NUMERO DE FIBRAS	NUMERO DE TUBOS	DIAMETRO DE TUBO (mm)	DIAMETRO ELEMENTO CENTRAL (mm)	DIAMETRO FINAL CABLE NOMINAL (mm)	PESO TOTAL CABLE (kgr/km)
8	8	1,5	3	17,6	280
16	8	2	3,5	19,1	350
24	12	2	6,3	21,8	435
24	6+2R	2,5	4,4	21	405
32	8	2,5	4,4	21	405
64	8	2,8	4,8	22,2	470

14.- ARMARIO DE REPARTICION

PARA 16 FIBRAS OPTICA

14.1.- CONSTITUCION GENERAL

Se describe un armario terminal para cable de fibra óptica multimodo o monomodo. Su configuración permitirá la segregación de un cable, con un máximo de 16 fibras ópticas, en 8 cables de acometida (con 4 fibras cada uno, de las que solamente 2 fibras darían servicio, permaneciendo las otras en reserva) ó 16 monofibras u 8 bifibras, o la segregación a otro(s) cable(s) con un número de fibras igual o menor a 16 y en los cables de acometida necesarios para completar la capacidad del cable principal. Asimismo, admitirá cualquier combinación o segregación con la condición de que el número de empalmes no supere a 32, en casos singulares hasta 64, y el de conectores a 16.

El armario estará constituido por:

- Envolvente
- Dos bandejas para alojar empalmes de fibra óptica
- Unidades de repartición óptica (repartidor óptico)

La envolvente será de forma rectangular y tendrá el acceso a su interior a través de una puerta de una sola hoja provista de dos cerraduras, y cumpliéndose los requisitos de estanquidad al agua a los que como elemento de intemperie estará sometido. La puerta, en su parte inferior interna dispondrá de un tarjetero.

La fijación del armario a la pared se hará mediante 4

tornillos, introducidos en los correspondientes taladros practicados en el fondo del armario, en las proximidades de cada una de sus esquinas. En la parte posterior del armario, cada uno de los taladros dispondrá de un pasamuro de goma, con el fin de conseguir la estanquidad del armario, en dicha zona.

En el fondo del armario se colocará un sobrefondo (forro), atornillado al fondo. El sobrefondo estará taladrado, para poder introducir unos clips de lazo o similar, que permiten almacenar y guiar los cables monofibra, uno de cuyos extremos termina en su conector situado en su repartidor óptico. La longitud máxima de los rabillos almacenados serán de 1 m, a cada lado del repartidor óptico. En el sobrefondo se colocarán unas presillas de anclaje, para poder guiar y amarrar el elemento de refuerzo de los cables de acometida y cable principal.

El armario podrá ser utilizado en el interior o exterior, ya que deberá presentar las características propias de un elemento de intemperie, por lo que deberá llevar una junta de goma situada en la zona de contacto de la puerta con el resto de la envolvente, y unas juntas tóricas o similar colocadas en los prensaestopas, en la zona de contacto de la rosca con el lateral de la envolvente. Estos prensaestopas deberán suministrarse ciegos.

Las bandejas se situarán sobre unas torretas dispuestas en el fondo, cercanas a las paredes laterales del

armario, una a cada lado, con un sistema de flejes que permita abatirlas desde la posición (0º) paralela al fondo hasta la posición perpendicular (90º) a la anterior, de tal forma que sea posible el acceso al repartidor óptico y zona de almacenamiento del cable monofibra. El sistema también hará posible la extracción de las bandejas cuando sea necesario.

Las bandejas serán de forma rectangular. Dispondrá de una tapa atornillada sobre ellas, para proteger las fibras ópticas alojadas en su interior. Sobre la bandeja se encuentra dispuesto un organizador de empalmes y un disco que permite almacenar la fibra empalmada, sin sobrepasar el radio de curvatura mínimo que permite la fibra, para que no se produzcan pérdidas adicionales en la misma. Las bandejas disponen de una serie de taladros que permiten la fijación de las fibras ópticas, con segunda protección, por medio de cintillos de plásticos.

Para evitar movimientos aleatorios de las bandejas cuando el armario este cerrado, las bandejas disponen de un sistema del tipo dual lock 3M tal que la superior se fija en la inferior, estando esta última apoyada en las pletinas del repartidor.

La unidad de repartición óptica estará dividida en dos partes semejantes, tal que tengan una capacidad total para 16 acopladores. Estas dos partes serán 2 pletinas en forma de L, con los taladros necesarios para introducir los

acopladores que soportarán los conectores de los rabillos de cable monofibra. Se situarán en el interior del armario, atornilladas al fondo del mismo, formando con éste un ángulo de 90º, y aproximadamente en el centro, y estando separados una distancia suficiente para permitir el paso entre las dos pletinas de un haz de 8 rabillos como máximo. Los taladros para conectores irán numerados del 1 al 16.

Los dos laterales menores del armario dispondrán de una serie de prensaestopas, a través de los cuales se realizarán la entrada o salida del armario de los distintos cables ópticos. En uno de los laterales se colocarán 3 prensaestopas, uno en cada extremo del lateral y el tercero cercano a uno de los anteriores. En el otro lateral, situado enfrente, se colocarán 8 prensaestopas, al tresbolillo. Este lateral tendrá una leve inclinación hacia abajo, desde la parte anterior a la posterior para permitir el desplazamiento del agua de lluvia, y evitar su estacionamiento, cuando el armario se coloque a la intemperie.

Todos los elementos que conforman el armario de repartición serán resistentes a la corrosión en las condiciones normales a las que se verán sometidos en las diferentes instalaciones.

MINI-LINK Mk II

15.1.- GENERAL

MINI-LINK Mk II es un radioenlace de micro-ondas compacto para transmisión de voz/datos hasta 240 canales PCM a 2x8 Mbit/s. Este equipo es ideal para aplicaciones de transmisión de corta y media distancia, tanto para portadora común en distribución local, como para comunicaciones en redes privadas.

El MINI-LINK es bastante flexible ya que puede ser usado como un sistema micro-ondas estacionarios en instalaciones tanto interiores como exteriores. El equipo de radio puede ser instalado en lo alto de un edificio o otra estructura existente. Opcionalmente, la antena o la antena más los elementos electrónicos de radiofrecuencia, pueden ser instalados en el exterior con el equipo restante en el interior convenientemente localizado.

Las señal de tráfico es convertida en el MINI-LINK a una señal de radio frecuencia en la banda de 10, 13, 15 ó 18 GHz.

Este tipo de sistema de micro-onda de media capacidad tiene como característica la facilidad de descubrimiento y reparación de errores. Un microprocesador monitorea todas las funciones de alarma y transmisión de las mismas en un bus de datos que se prolonga a través de toda la red. El servicio de mantenimiento tiene acceso a el bus de alarma en algunos lugares conectando un terminal de portátil. Con el

se puede obtener una rápida visualización del estado de la red y también a través de comandos pueden realizarse pruebas de bucles remotos y distantes. Este sistema de mantenimiento integrado esta complementado con un canal de servicio de alta calidad para comunicaciones de voz.

El MINI-LINK Mk II viene en varias versiones de tráfico: 1,5 - 4x1,5 - 8x1,5 - 4x1,5+6 - 6 - 2x6 - 4x2 - 8x2 - 4x2+8 - 8 - 2x8 Mbit/s para aplicaciones de voz/datos y una versión para video analógico.

En la siguiente figura se representan las varias combinaciones de capacidades de tráfico, bandas de frecuencia y configuraciones que están disponibles.

	10 GHz [out]	13 GHz [out]	15 GHz [in]	15 GHz split	15 GHz [out]	18 GHz [in]	18 GHz split	18 GHz [out]
1,5 Mbps	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
4x1,5 Mbps			SI	SI		SI	SI	
8x1,5 Mbps			SI	SI		SI	SI	
4x1,5 +6 Mbps			SI	SI		SI	SI	
6 Mbps	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

2x6 Mbps			SI	SI	SI	SI	SI	SI
2 Mbps	SI							
4x2 Mbps			SI	SI		SI	SI	
8x2 Mbps			SI	SI		SI	SI	
4x2+8 Mbps			SI	SI		SI	SI	
8 Mbps	SI							
2x8 Mbps			SI	SI	SI	SI	SI	SI
Video	SI							

15.2.- FUNCIONAMIENTO

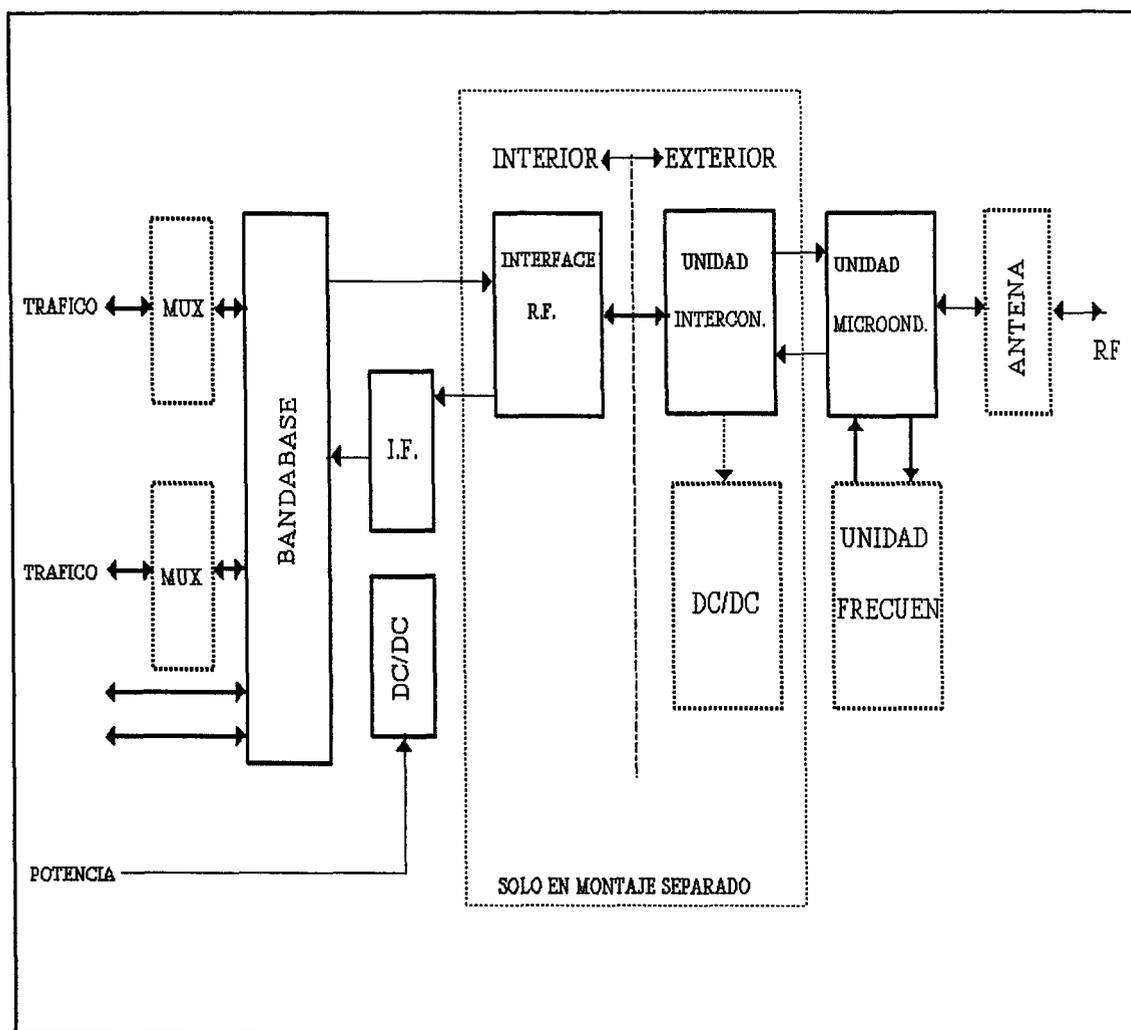
En el dibujo 29 se muestra un diagrama de bloques del MINI-LINK Mk II . Este sistema siempre tiene cuatro unidades eléctricas: convertidor DC/DC, unidad de banda-base, unidad IF, y una unidad de microonda. En este equipo básico la señal PCM de 1,5 - 2 - 6 ó 8 Mbit/s ó la señal de video, esta conectada a la unidad banda-base junto con datos de operación y mantenimiento. En la unidad de banda-base tráfico y los datos de operación/mantenimiento forman una cadena compuesta de bits. Esta es transferida al circuito transmisor de la unidad microonda donde se modula la portadora de transmisión. Se usa modulación 4 FSK. La señal transmitida en la banda de 10, 13, 15 y 18 GHz es entregada a un puerto de la antena. En la recepción la unidad de microonda recibe la señal de entrada. Esta señal es convertida a 227 MHz y enviada a la unidad IF donde es demodulada por un discriminador y transferida a la unidad banda-base. Aquí se separan el tráfico de los datos de operación/mantenimiento. El convertidor DC/DC produce todos los voltajes DC requeridos por el MINI-LINK.

El interface de radiofrecuencia y las unidades de interconexión se incluyen cuando el montaje esta separado (exterior/interior). La unidad de interface de radiofrecuencia esta colocada en el interior mientras que la unidad de interconexión esta colocada en un armario exterior. Si es necesario un convertidor DC/DC extra puede ser incluido en un equipo exterior.

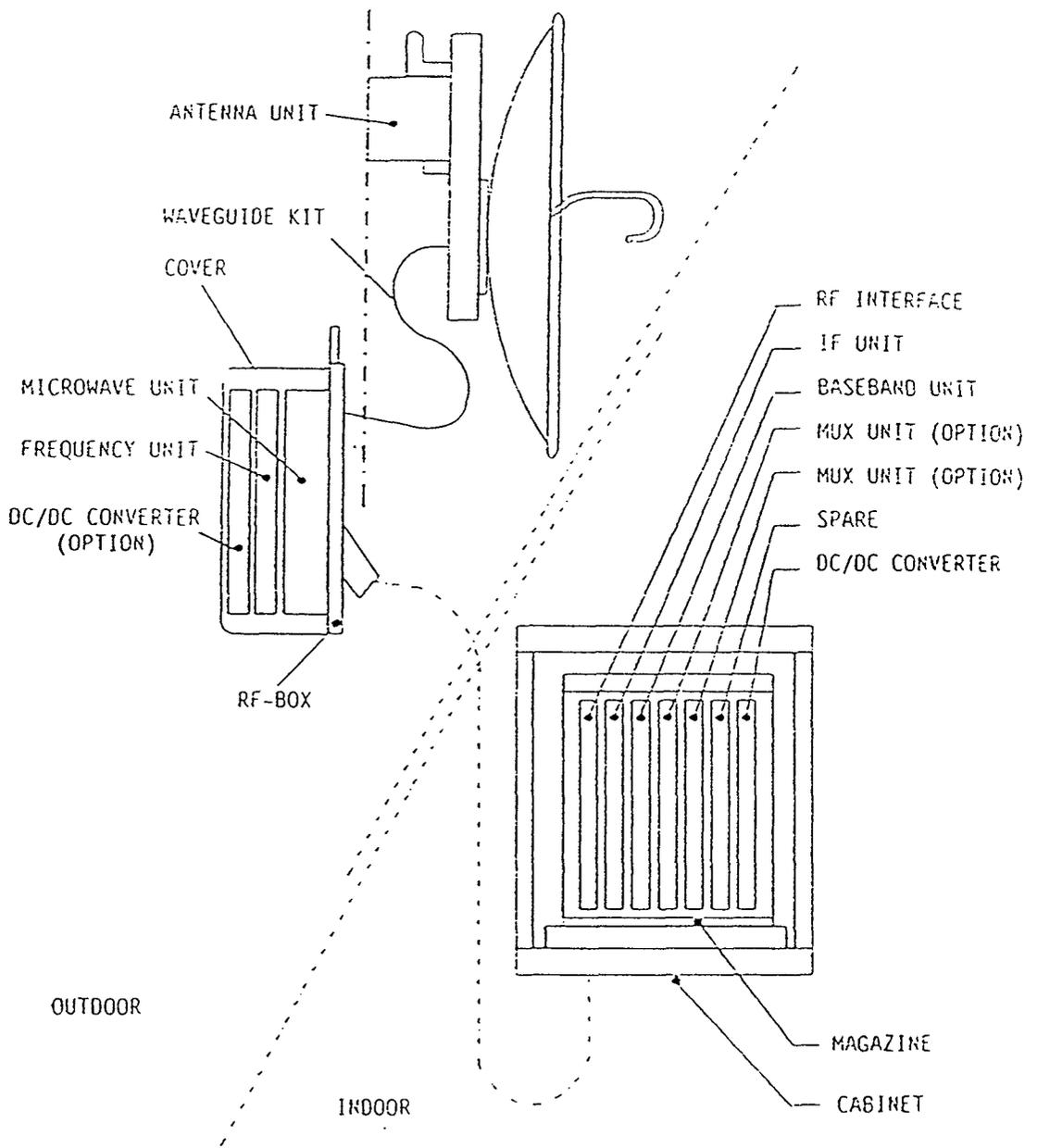
La versión de 15 GHz incluye unidad de frecuencia que contiene un sintetizador de frecuencia y entrelazado de frecuencia.

Para tráfico en el rango de 4x1,5 Mbit/s y 4x2 Mbit/s existe una unidad MUX que contiene multiplexor y demultiplexor. Par el rango de tráfico 8x1,5 Mbit/s y 8x2 Mbit/s necesita dos unidades MUX.

La unidad de antena de 0,6 m de platillo parabólico puede ser incluido en las versiones separadas (exteriores).



DIBUJO 29: DIAGRAMA DE BLOQUE



TOMO II

**** INDICE ****

TOMO II

1.- Equipos de otros fabricantes	Pag. 1
1.1.- Equipo multiplex digital modular 2/8/34/140 Mbit/s [Ericsson]	Pag. 2
1.1.1.- General	Pag. 3
1.1.2.- Equipo multiplex normalizado	Pag. 3
1.1.3.- Equipo multiplex de salto	Pag. 6
1.1.4.- Equipo multiplex de ramificación- inserción	Pag. 7
1.2.- Equipo terminal de línea óptico 140 Mbit/s [Ericsson]	Pag. 9
1.2.1.- General	Pag. 10
1.2.2.- Funciones de las unidades	Pag. 10
1.2.2.1.- Decodificador de interfaz de 140 Mbit/s	Pag. 10
1.2.2.2.- Codificador de línea de 140 Mbit/s	Pag. 10
1.2.2.3.- Transmisor Laser de 140 Mbit/s	Pag. 11
1.2.2.4.- Receptor PIN-FET de 140 Mbit/s	Pag. 11
1.2.2.5.- Decodificador de línea de 140 Mbit/s	Pag. 11
1.2.2.6.- Codificador de interfaz de 140 Mbit/s	Pag. 11
1.2.2.7.- Unidad de alarma	Pag. 11
1.2.2.8.- Convertidor de CC ± 5 , ± 12 V	Pag. 12
1.2.2.9.- Unidad de detección de errores	Pag. 12
1.3.- Sistema de línea por fibra óptica a 565 Mbit/s (ZAM 565-4) [Ericsson]	Pag. 13
1.3.1.- General	Pag. 14

1.3.2.- Estructura del sistema de línea	Pag. 14
1.3.2.1.- Introducción	Pag. 14
1.3.2.2.- Sistema de transmisión ZAM 565-4	Pag. 14
1.3.2.3.- Sistema de localización de fallos y canal de servicio	Pag. 18
1.3.2.4.- Sistema de conmutación de protección	Pag. 20
1.4.- Sistema Multiplex 34/140 Mbit/s [AT&A]	Pag. 22
1.4.1.- Información general	Pag. 23
1.5.- Sistema óptico de transmisión a 140 Mbit/s STR684 [AT&T]	Pag. 25
1.5.1.- Información general del sistema	Pag. 26
1.5.1.1.- Introducción	Pag. 26
1.5.1.2.- Configuración del sistema	Pag. 26
1.6.- Sistema de línea óptica y muldex de 565 Mbit/s 8TR695 [AT&T]	Pag. 28
1.6.1.- Información general	Pag. 29
1.6.2.- Estructura del sistema	Pag. 29
1.6.2.1.- Equipo de la central terminal	Pag. 30
1.6.2.2.- Equipo de la central intermedia	Pag. 30
2.- Presupuesto estimativo	Pag. 32
2.1.- Consideraciones previas	Pag. 33
2.2.- Justificación de cálculos	Pag. 33
APENDICE 1 : Información general sobre la fibra óptica	Pag. 35
1.- Evolución histórica de la fibra óptica	Pag. 36
2.- La luz	Pag. 40
2.1.- Introducción	Pag. 40
2.2.- Índice de refracción	Pag. 41
2.3.- Reflexión de la luz	Pag. 41

2.4.- Refracción de la luz	Pag. 42
3.- Estructura de una fibra	Pag. 44
4.- Propagación de la luz en una fibra óptica	Pag. 46
4.1.- Teoría modal	Pag. 46
4.2.- Teoría de rayos	Pag. 48
5.- Parámetros característicos de las fibras	Pag. 51
5.1.- Parámetros ópticos	Pag. 51
5.2.- Parámetros geométricos	Pag. 53
6.- Dispersión temporal	Pag. 55
7.- Fibras ópticas	Pag. 59
7.1.- Perdidas intrínsecas	Pag. 59
7.2.- Perdidas extrínsecas	Pag. 59
7.3.- Procesos no lineales	Pag. 60
8.- Fabricación de fibras ópticas	Pag. 61
9.- Cables	Pag. 63
9.1.- Cable monofibra	Pag. 64
9.2.- Cable multifibra	Pag. 64
9.3.- Cables submarinos	Pag. 65
9.4.- Otras estructuras	Pag. 65
10.- Empalmes y conectores	Pag. 66
10.1.- Empalmes en fibra multimodo	Pag. 67
10.2.- Fibra monomodo	Pag. 68
10.3.- Conectores	Pag. 69
10.4.- Acopladores ópticos	Pag. 70
11.- Comunicaciones ópticas	Pag. 71
11.1.- Generalidades	Pag. 71
11.2.- Sistema de transmisión óptica con detección directa	Pag. 83
11.3.- Sistemas de transmisión óptica de varios portadores con detección directa	Pag. 84
11.4.- Sistema de transmisión coherente	Pag. 86

11.5.- Sistema con amplificación óptica	Pag. 89
12.- Estado de las comunicaciones ópticas en la redes publicas de comunicación	Pag. 91
12.1.- Enlace terrestre de larga distancia y/o capacidad	Pag. 91
12.2.- Enlaces submarinos	Pag. 92
12.3.- Enlaces urbanos, rurales y abonados de negocios	Pag. 94
13.- Deficiencias tecnológicas de los sistemas actuales: nuevas necesidades	Pag. 96
14.- Tendencias en sistemas y redes de transmisión por fibra óptica	Pag. 97
14.1.- Fiabilidad de los elementos y disponibilidad de la red	Pag. 97
14.2.- Transmisiones ópticas síncronas	Pag. 99
14.3.- Sistema de alta velocidad para la red de transporte	Pag.101
15.- Optica integrada	Pag.104
16.- Actividades de Telefónica investigación y desarrollo	Pag.106
APENDICE 2: Practica de equipado T9 de Alcatel	Pag.107
1.- Práctica de equipado T9	Pag.108
1.1.- Introducción	Pag.108
1.2.- Características principales	Pag.108
1.3.- Arquitectura	Pag.109
1.4.- Módulo de instalación	Pag.110
1.5.- Bastidores	Pag.114
1.6.- Armazones	Pag.117
1.7.- Unidades enchufables	Pag.120
1.8.- Convertidores de potencia	Pag.122
1.9.- Operación y mantenimiento	Pag.122

APENDICE 3: Instrumentos de medida	Pag.124
1.- Atenuador óptico MN924A [Anritsu]	Pag.125
1.1.- General	Pag.126
1.2.- Especificaciones	Pag.126
2.- Medidor de nivel de potencia óptica (OLP-2) [WG]	Pag.128
2.1.- General	Pag.129
3.- Fuentes de fibra ópticas [WG]	Pag.131
3.1.- General	Pag.132
4.- Equipo de prueba de atenuación óptica [Siemens]	Pag.133
4.1.- General	Pag.134

APENDICE 4: Calidad de funcionamiento para la puesta en servicio y el mantenimiento de trayectos digitales a 34 Mbit/s	Pag.136
1.- Introducción	Pag.137
2.- Generalidades	Pag.138
3.- Definiciones y límites de calidad de funcionamiento	Pag.140
3.1.- Eventos y parámetros de características de error	Pag.140
3.2.- Objetivos de calidad de funcionamiento de referencia. Límites de calidad	Pag.142
3.2.1.- Límites de puesta en servicio	Pag.142
3.2.2.- Límites de mantenimiento	Pag.144
4.- Procedimiento de pruebas para puesta en servicio	Pag.147
4.1.- Configuración para medición	Pag.147
4.2.- Instrumentación	Pag.147
4.3.- Procedimiento de prueba	Pag.148
5.- Procedimiento de pruebas para el mantenimiento	Pag.151
5.1.- General	Pag.151

5.2.- Límites	Pag.151
5.2.1.- Período de medida de 15 minutos	Pag.151
5.2.2.- Período de medida de 24 horas	Pag.152
5.3.- Metodología	Pag.153
6.- Objetivos globales de calidad de funcionamiento de referencia	Pag.155
APENDICE 5: Red Ibermic	Pag.156
1.- redes y servicios de transmisión de datos	Pag.157
2.- Circuitos dedicados punto a punto y modem	Pag.159
3.- Circuitos alquilados digitales: Ibermic	Pag.162
4.- Nodos Ibermic	Pag.168
5.- Areas de cobertura de los nodos Ibermic	Pag.170
6.- Medios de interconexión	Pag.171
APENDICE 6: Códigos de línea	Pag.172
1.- Códigos NRZ y RZ	Pag.173
2.- Códigos AMI y HDB3	Pag.177
3.- Códigos NBMB	Pag.182
4.- Códigos CMI	Pag.187
BIBLIOGRAFIA	Pag.188

**1.- EQUIPOS DE OTROS
FABRICANTES**

**1.1.- EQUIPO MULTIPLEX DIGITAL
MODULAR 2/8/34/140 Mbit/s**

[ERICSSON]

1.1.1.- GENERAL

El equipo múltiplex digital modular comprende los tres pasos de múltiplex de 2/8 Mbit/s y 34/140 Mbit/s. Cada función de múltiplex, que convierte hasta cuatro señales asincrónicas de orden inferior en una señal de orden superior y viceversa, se realiza en una sola tarjeta.

Se pueden colocar hasta cinco unidades de múltiplex en un magazine, trabajando bien como multiplexores independientes o bien combinados en, por ejemplo, un múltiplexor digital de 2/34 Mbit/s o un múltiplexor de ramificación/inserción, que permite, por ejemplo que varias señales de 8 Mbit/s se puedan ramificar/insertar desde/hacia un sistema de 140 Mbit/s. Cada magazine de múltiplex contiene también una unidad de supervisión común y uno o dos convertidores CC.

El principio básico de usar un magazine común y cinco bloques constructivos (es decir, tres multiplexores diferentes y dos unidades comunes) permiten ciertas ventajas en relación con la planificación de la red, redistribución flexible de la red y una cantidad mínima de repuestos.

1.1.2.- EQUIPO MULTIPLEX NORMALIZADO

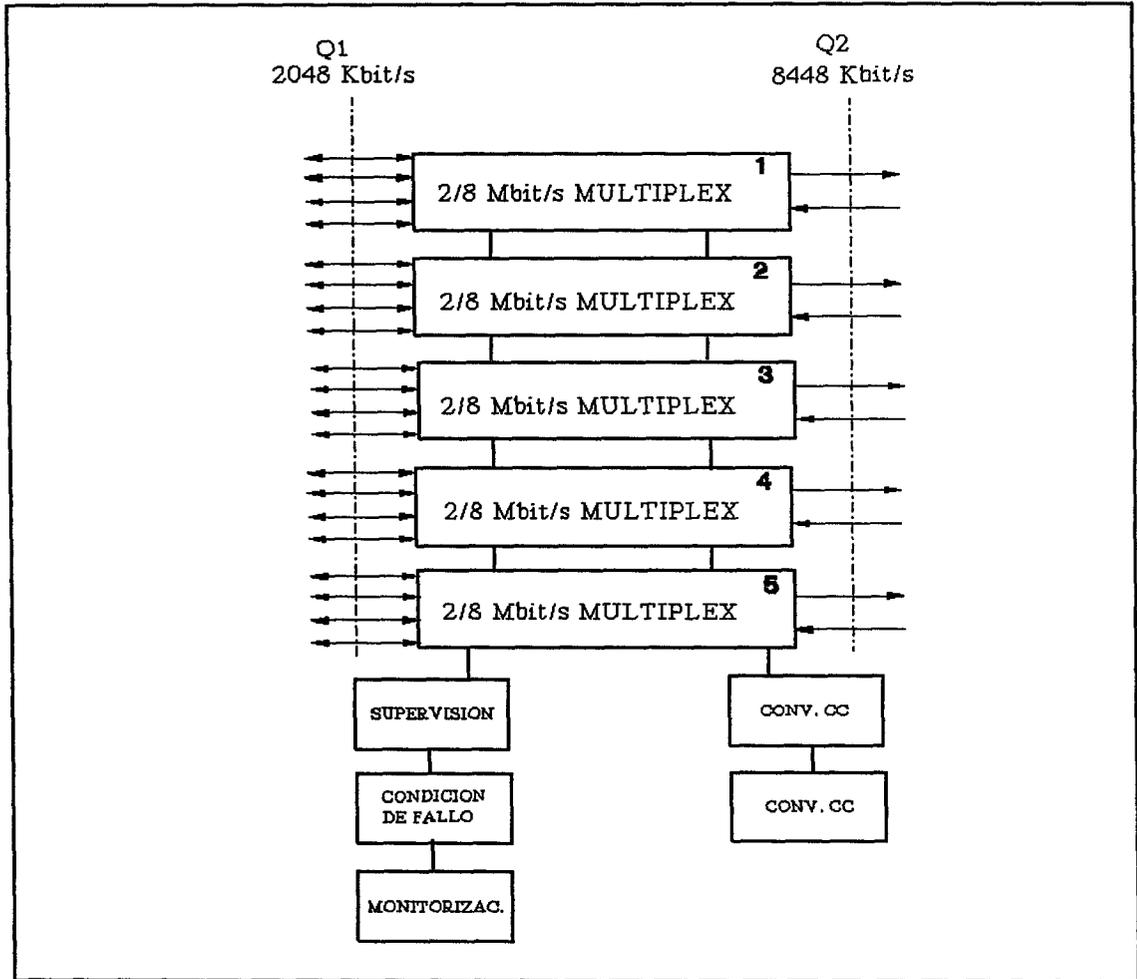
La configuración normalizada significa, que se colocan varios multiplexadores independientes, del mismo orden jerárquico, en el magazine, compartiendo una unidad de

supervisión común y un alimentador CC común. Es posible equipar el magazine con un máximo de cinco multiplexores de la clase 2/8 Mbit/s ó 8/34 Mbit/s [dibujo 1]. Esto depende del espacio disponible para cableado. En un bastidor T/BYB de 600 mm de ancho se colocan normalmente hasta cuatro multiplexores de 2/8 Mbit/s ó 8/34 Mbit/s en un magazine. la cantidad de unidades de múltiplex de 34/140 Mbit/s está limitada siempre a dos por magazine [dibujo 2].

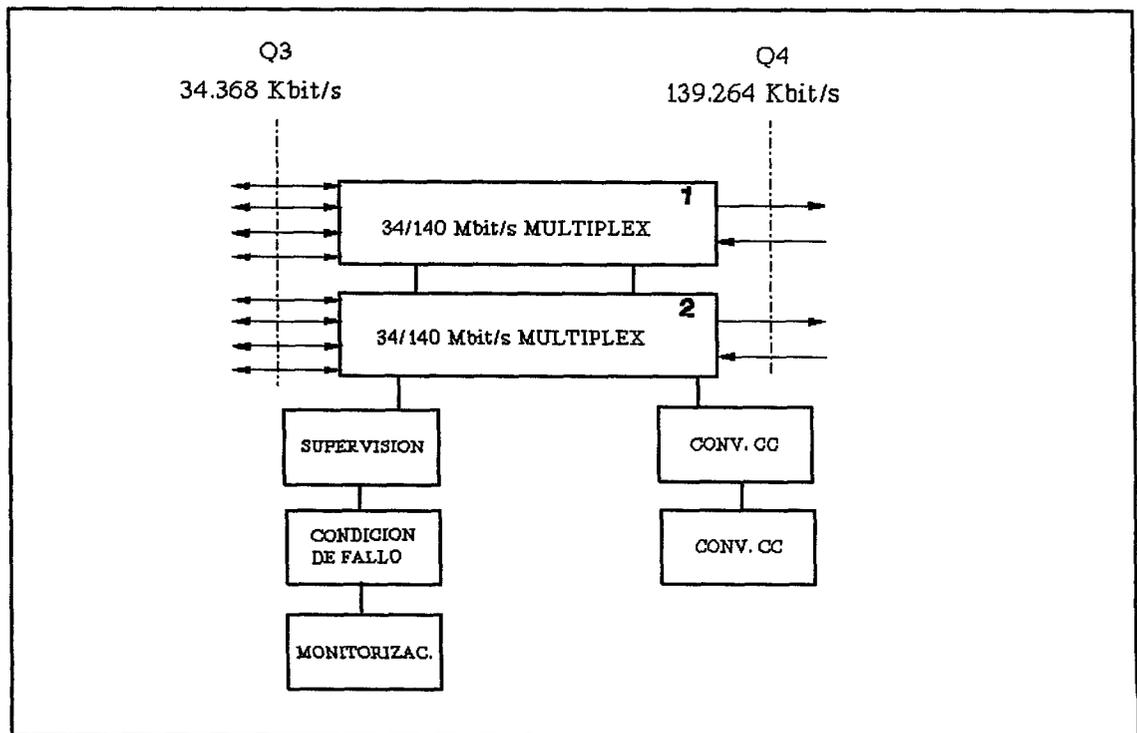
Hay dos unidades opcionales. La unidad de condición de fallo (FCU) y la unidad monitora (MON). La unidad de condición de fallo suministra un interfaz de alarma primaria para los sistemas de mantenimiento de transmisión, cuando se usan en recogida de alarma centralizada. Contiene también el interfaz de bit libre para la unidad de múltiplex de 34/140 Mbit/s.

Todas las unidades de multiplex llevan puntos monitores en paralelo en los interfaces de salida de alta velocidad. Para permitir el control de las señales de salida tributaria, se usa la unidad monitora.

Hay dos clases de convertidores CC, uno para las unidades de múltiplex de 2/8 Mbit/s y 8/34 Mbit/s y otro para las tres unidades de múltiplex. Ambos convertidores se pueden duplicar dentro del magazine, permitiendo una alimentación redundante.



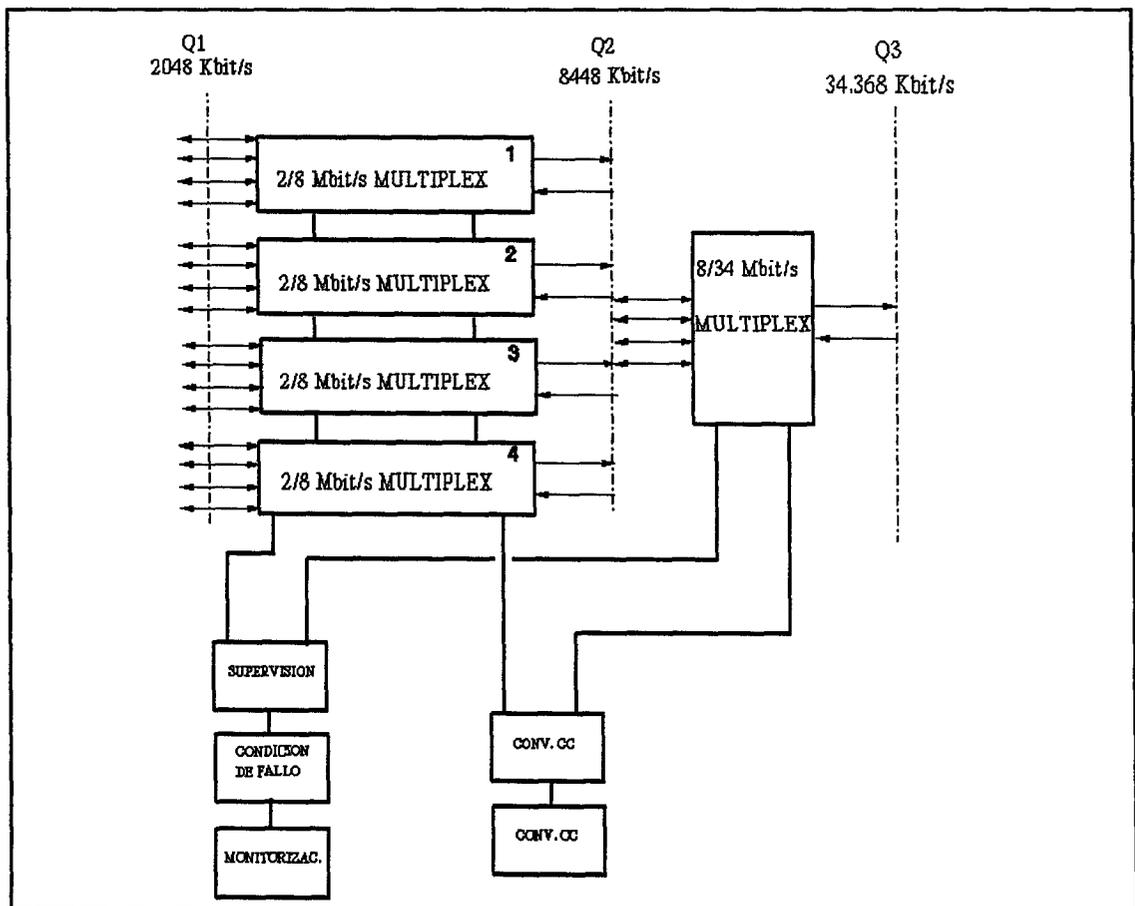
DIBUJO 1



DIBUJO 2

1.1.3.- EQUIPO MULTIPLEX DE SALTO [DIBUJO 3]

Un multiplexor de salto multiplexa 16 señales tributarias de orden inferior, a través de dos pasos de multiplexado en una señal de orden mayor compuesta y viceversa. Se puede realizar dos clases de esta función de salto con el multiplexor digital modular, es decir, un multiplexor de 2/34 Mbit/s y un multiplexor de 8/140 Mbit/s. En ambos caso se combinan cuatro unidades multiplexoras de orden inferior con una unidad de orden superior dentro del magazine. La conexión entre las unidades se hace con un cable especial, lo que significa que los interfaces intermedios están siempre accesibles.



DIBUJO 3

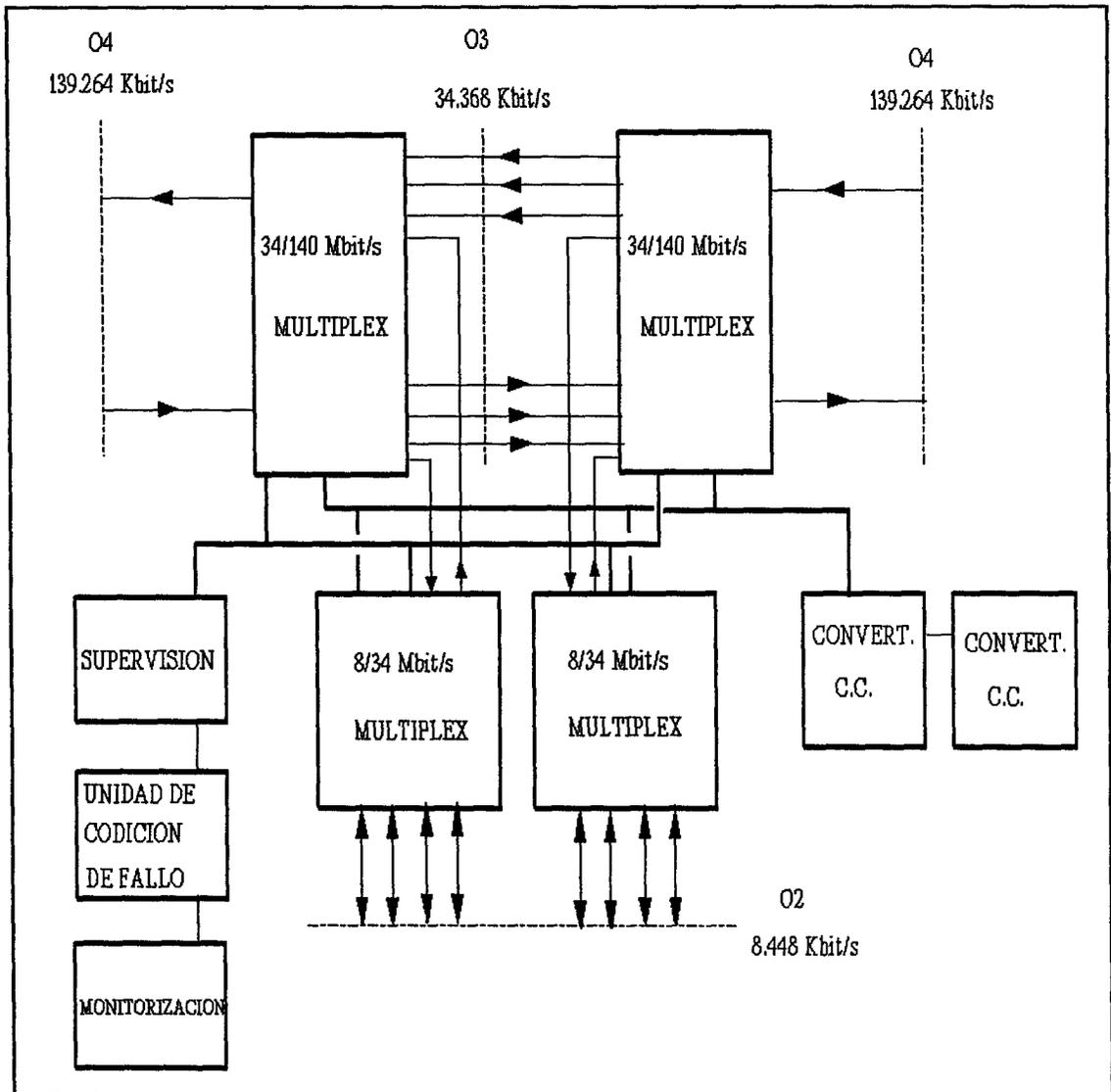
1.1.4.- EQUIPO MULTIPLEX DE RAMIFICACION/INSERCIÓN

Un multiplexor de ramificación/inserción permite que se pueda extraer señales tributarias de orden inferior de una señal de orden superior y sustituirlas por otras señales tributarias. La parte principal de la señal de orden superior se le dará continuidad en la posición de ramificación/inserción. El multiplexor digital modular se puede equipar para formar distintas configuraciones de ramificación/inserción:

- Ramificación/inserción de tributarios 34 Mbit/s a partir de 140 Mbit/s.
- Ramificación/inserción de tributarios 8 Mbit/s a partir de 34 Mbit/s.
- Ramificación/inserción de tributarios 2 Mbit/s a partir de 8 Mbit/s.

Como en el caso del multiplexado de salto, la conexión entre las unidades de múltiplex se hace con cables especiales, lo cual indica que los interfaces intermedios son también accesibles. Esto implica que se puede hacer la reconfiguración del equipo de forma muy sencilla.

En dibujo 4 podemos ver su configuración:



DIBUJO 4: MULTIPLEX DE RAMIFICACION/INSERCIÓN

1.2.- EQUIPO TERMINAL DE LINEA

OPTICO 140 Mbit/s

[ERICSSON]

1.2.1.- GENERAL

En la dirección de transmisión, la señal digital codificada en CMI, procedente del interfaz, se decodifica y convierte en una señal de línea 5B6B usada para modular la emisión luminosa del láser. En la dirección de recepción, la señal de línea óptica se detecta, regenera y se vuelve a codificar a señal CMI, para transmitirse.

Hay una unidad de detección de errores para la localización de fallos.

1.2.2- FUNCIONES DE LAS UNIDADES

1.2.2.1.- DECODIFICADOR DE INTERFAZ DE 140 Mbit/s

- Regenera la señal de salida CMI, compensando pérdidas de cable de hasta 12 dB.
- Decodifica el tren CMI entrante a binario y lo divide en cinco trenes paralelos de señales de 28 Mbit/s.
- Aleatoriza la señal binaria.
- Extrae la temporización y la proporciona a los distintos bloques.

1.2.2.2.- CODIFICADOR DE LINEA DE 140 Mbit/s

- Proporciona el formato de codificación 5B6B a la velocidad de 167 Mbaudios.
- Proporciona un solo tren binario serie unipolar (NRZ) de

167 Mbit/s al transmisor láser.

1.2.2.3.- TRANSMISOR LASER DE 140 Mbit/s

Modula el láser con la señal de 167 Mbit/s para resultar en una salida óptica regulada.

1.2.2.4.- RECEPTOR PIN-FET DE 140 Mbit/s

Detecta la señal de línea óptica y proporciona la conversión optoelectrónica junto con las funciones de compensación y regeneración requeridas.

1.2.2.5.- DECODIFICADOR DE LINEA DE 140 Mbit/s

Decodifica la señal 5B6B para proporcionar cinco trenes paralelos de 28 Mbit/s al codificador de interfaz.

1.2.2.6.- CODIFICADOR DE INTERFAZ DE 140 Mbit/s

- Desaleatoriza las señales de entrada.
- Convierte las señales binarias (5 trayectos) en una señal CMI serie.
- Proporciona el nivel de salida requerido para adaptarse al interfaz.

1.2.2.7.- UNIDAD DE ALARMA

- Indica el estado de supervisado de los parámetros de

sistema y transmite los diversos tipos de alarma a las unidades de supervisión de alarma y remota del bastidor/sistema.

- Controla la inyección de AIS (señal de indicación de alarma) al interfaz, o lado de línea, dependiendo de una determinada alarma para condiciones de "pérdida de la señal de entrada".

1.2.2.8.- CONVERTIDOR DE CC ± 5 , ± 12 V

Estas unidades de alimentación descentralizadas proporcionan las tensiones CC de ± 5 V y ± 12 V respectivamente a las distintas unidades.

1.2.2.9.- UNIDAD DE DETECCION DE ERRORES

- Comunica con el FLM (Unidad de detección de errores) vía el canal de localización de errores.
- Provee el interfaz para el teléfono de servicio.
- Transmite la alarma a la unidad de terminación de línea remoto.

1.3.- SISTEMA DE LINEA POR FIBRA

OPTICA A 565 Mbit/s

[ZAM 565-4]

[ERICSSON]

1.3.1.- GENERAL

El sistema de línea de fibra óptica ZAM 565-4 se emplea en aplicaciones en las que es necesaria una gran capacidad y largos tramos de enlace. De acuerdo con la jerarquía digital del CEPT, el sistema usa señales de 140 Mbit/s con interfaces D4. Las cuatro señales de 140 Mbit/s se multiplexan/demultiplexan como una parte integrante del terminal de línea, por lo cual se pueden transmitir 7.680 canales por medio de un par de fibras monomodo.

El sistema es de un diseño modular que permite la transmisión unidireccional y bidireccional.

1.3.2.- ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE LINEA

1.3.2.1.- INTRODUCCION

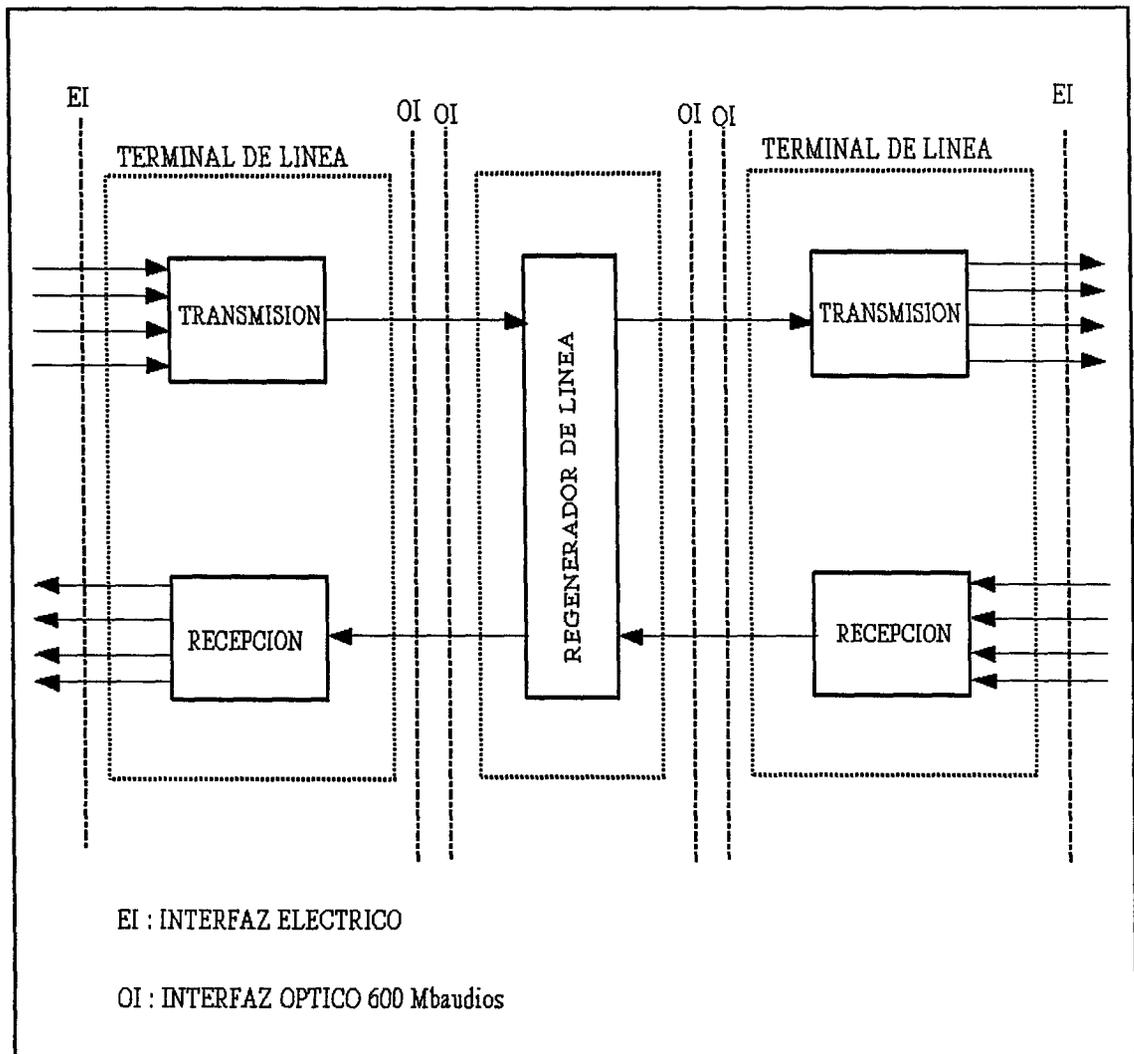
El sistema de línea ZAM 565-4 junto con el cable de fibra óptica monomodo constituyen una sección de línea digital que esta compuesta de:

- Sistema de transmisión ZAM 565-4
- Sistema de localización de fallos y canal de servicio
- Sistema de conmutación de protección

1.3.2.2.- SISTEMA DE TRANSMISIÓN ZAM 565-4

El sistema ZAM 565-4 se encuentra disponible con dos

longitudes diferentes de onda láser, de 1300 nm ó 1550 nm. Se elige el valor más alto cuando se requieren secciones más largas de regenerador intermedio. Ambas longitudes de onda operan sobre una fibra óptica monomodo. En el dibujo 5 se muestra el sistema de transmisión bidireccional, que consiste en terminales de línea y regeneradores de línea. En transmisión unidireccional se usa solamente un subbastidor para transmisión y un subbastidor para recepción.



DIBUJO 5: SISTEMA DE TRANSMISION BIDIRECCIONAL

Los terminales de línea están provistos con un interfaz eléctrico para 140 Mbit/s y un interfaz óptico para 600 Mbaudios.

El terminal de línea se encarga de :

- La multiplexación/demultiplexación
- La conversión del código de línea
- Procesamiento de las señales eléctrico-ópticas y óptico-eléctrica.

Estas funciones están ubicadas en dos subbastidores de terminación de línea, uno para emisión y otro para recepción.

El subbastidor de emisión convierte cuatro señales tributarias de 140 Mbit/s codificadas en CMI en una señal de 600 Mbaudios binaria aleatorizada con bits de paridad. El multiplexor tiene capacidad para 7.680 canales según la jerarquía CEPT.

El subbastidor de recepción realiza la conversión de código y la demultiplexación de código y la demultiplexación de la señal binaria aleatorizada con bits de paridad obteniéndose cuatro señales tributarias de 140 Mbit/s en código CMI. La capacidad del demultiplexor de línea es de 4 x 1920 canales en la jerarquía CEPT.

Además de estas funciones principales los terminales

de línea tienen equipo para supervisión de línea y del canal de servicio.

Los regeneradores intermedios realizan una regeneración bidireccional o unidireccional de la señal óptica de línea de 600 Mbaudios cuando la atenuación entre los terminales excede la potencia accesible permitida. Se insertan entre las secciones de cable par aumentar la extensión del sistema. Tanto los regeneradores de línea como los terminales están provistos de un interfaz eléctrico de 600 Mbaudios.

Además de la regeneración de la señal en tráfico bidireccional, el subbastidor regeneradores de línea tiene una unidad detectora de fallos (FDU), que forma parte del sistema de localización de fallos, recolección de alarmas, acceso al canal de servicio y transmisión de alarma de degradación de la unidad láser (LUD). En tráfico unidireccional, la ATU (Unidad de transmisión de alarma) se usa como interfaz de alarma y supervisión en FLM o otro sistema externo de alarma y supervisión.

La distancia entre los regeneradores es determinada por la potencia accesible permitida del sistema y por la atenuación del cable inclusive pérdidas del sistema y por la atenuación del cable inclusive pérdidas de empalmes. El subbastidor de regenerador se puede equipar como "Office Repeater", que es alimentado localmente, o como un regenerador alimentado a distancia "Dependent Repeater", que

se alimenta por medio de una unidad de alimentación a distancia sobre pares de cobre separado.

1.3.2.3.- SISTEMA DE LOCALIZACION DE FALLOS Y CANAL DE SERVICIO (ORDERWIRE)

El sistema ZAM 565 está provisto de dos canales de servicio. Ambos se emplean para sistemas de línea bidireccional. Uno de dichos canales es el canal de servicio local (local Orderwire, LOW), un canal de habla, que se encuentra accesible en cada regenerador intermedio y en los terminales de línea. Este tipo de canal se usa para comunicaciones de habla de punto a punto durante las mediciones del sistema y durante los trabajos de mantenimientos.

Esta comunicación emplea la fibra óptica como medio de transmisión, al igual que la señal de línea digital. La banda de habla es modulada en frecuencia en la salida óptica y transmitida. La banda de baja frecuencia, que modula la señal óptica de salida, incluye la localización de fallos y la alarma de degradación del láser. La modulación/detección del canal de servicio (LOW), la localización de fallos y la alarma del laser se llevan a cabo en las unidades de detección de fallos (FDU). El acceso al canal LOW en el terminal de línea, se establece conectando un teléfono al interfaz LOW en la unidad FDU.

En el regenerador intermedio la conexión se lleva

acabo por medio de una unidad de adaptador de teléfono.

Hay dos tipos de unidades FDU y de adaptadores, uno para canal LOW de dos hilos y otro para canal LOW de cuatro hilos.

El otro tipo de canal de servicio es el llamado "Express Orderwire" (EOW), es un canal de comunicación digital que se encuentra solamente accesible en los terminales de línea.

Cuatro canales de servicio "express orderwire (de terminal a terminal) se encuentran accesibles en el frente de las unidades de control "control units". Estos canales están provistos de interfaces RS-232 o RS-422. Transmisión síncrona de 210 Kbit/s o transmisión asíncrona de hasta 19,2 Kbit/s es posible para dichos interfaces.

Cuando se emplea el canal asíncrono 19,2 Kbit/s, puede conectarse cualquier equipo para comunicación de datos con tensiones de señal apropiadas. Si se elige la síncrona 210 Kbit/s, se precisa un equipo especial "express orderwire". En este equipo hay uno o varios canales de habla, y uno o varios canales de comunicación de datos a diferentes velocidades de bits. Estos canales se multiplexan en el equipo EOW a una señal de 210 Kbit/s que se emite por medio del interfaz EOW del terminal de línea.

Para la localización de fallos se emplea el

subbastidor FLM de Ericsson. Este es un sistema general de localización de fallos que puede usarse para todos los sistemas de línea de construcción Ericsson. El sistema consiste en una unidad de control con display para un operador (FLM) y en unidades detectoras de fallos (FDU) asociados con los regeneradores.

1.3.2.4.- SISTEMA DE CONMUTACION DE PROTECCION (OPCIONAL)

En caso de fallo, el tráfico puede conectarse automáticamente a un sistema de reserva por medio de un equipo conmutador de protección. De este modo la fiabilidad y accesibilidad del sistema se ve aumentada [dibujo 6].

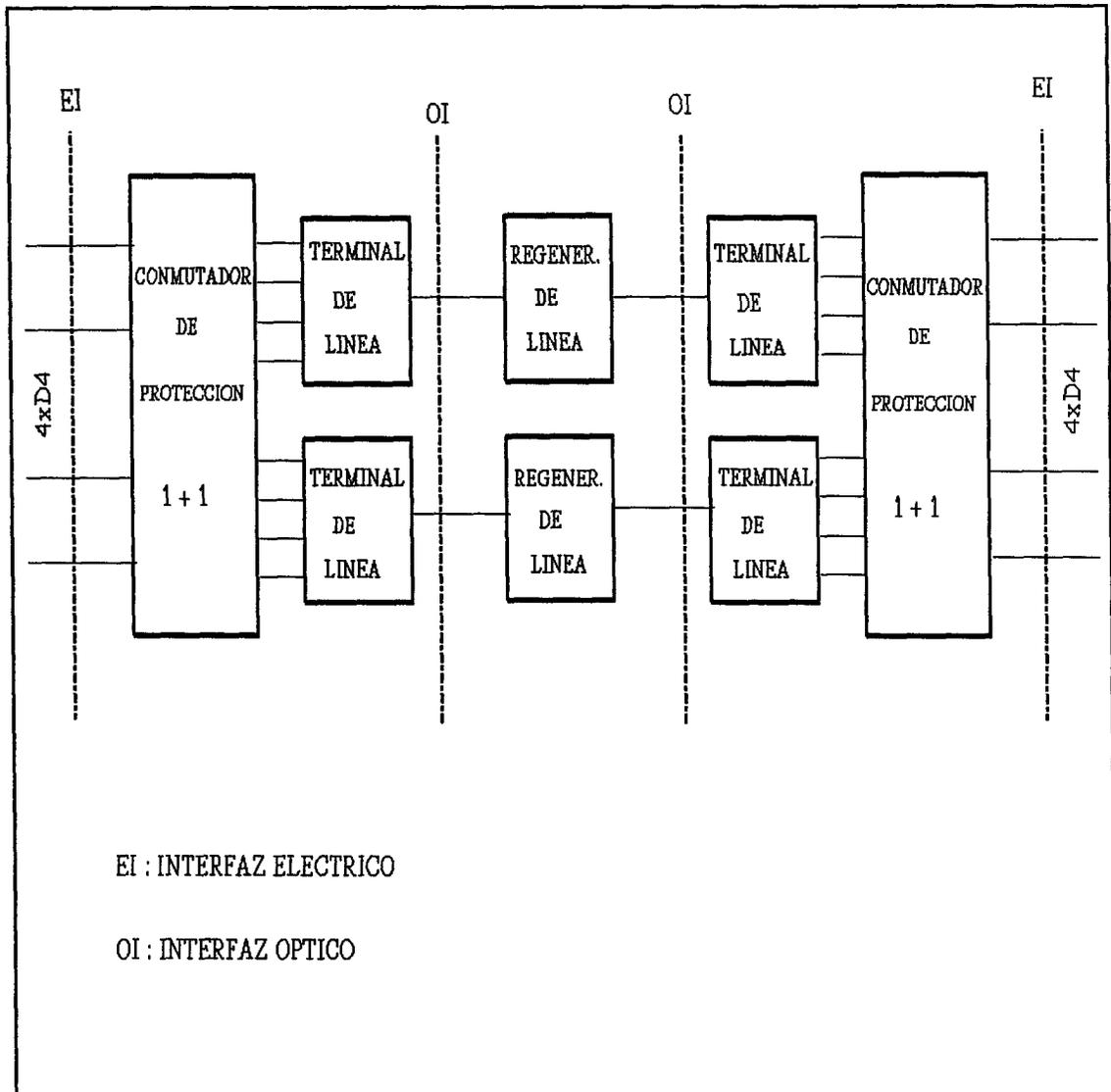
El conmutador de protección 1:1 es un sistema económico y muy seguro, es de tipo "hot-standby" que opera en D4 a un nivel de 140 Mbit/s.

En el lado de emisión la señal se divide en dos trayectorias vía amplificadores para aislamiento de las dos puertas de salida, y para asegurar atenuación cero.

En el extremo de recepción se elige el sistema que tiene la calidad más elevada por medio de un relé miniatura de alta tensión y que está herméticamente cerrado.

El circuito lógico recopila información sobre presencia de alarmas SIA, BER, y comprueba el estado del control manual para poder elegir entre los dos portadores de

tráfico. Controla también los circuitos de excitación para las salidas de alarma. Si dos fallos simultáneos tienen el mismo grado de gravedad no habrá conmutación. La conmutación ocurre dentro de 20 msq. después de haberse iniciado la señal de control.



DIBUJO 6: CONMUTADOR DE PROTECCION 1:1

1.4.- SISTEMA MULTIPLEX 34/140 Mbit/s

8TR644

[AT&T]

1.4.1.- INFORMACION GENERAL

El sistema 8TR644 es un sistema múltiplex de 34/140 Mbit/s que satisface las recomendaciones G.702, G.703, G.751, G.823 del CCITT.

El sistema múltiplex completo está acomodado en una unidad multiplexora y una unidad demultiplexora. En el extremo transmisor la unidad multiplexora combina cuatro flujos de bits plesiócronicos o síncronicos de 34.368 Kbit/s en un flujo de bits de 139.264 Kbit/s. En el extremo receptor la unidad demultiplexora lleva a cabo el procedimiento opuesto.

Los flujos de bits entrantes y saliente de 34.368 Kbit/s esta codificado en HDB3, los flujos de bits entrantes y salientes de 139.264 Kbit/s están codificados en CMI.

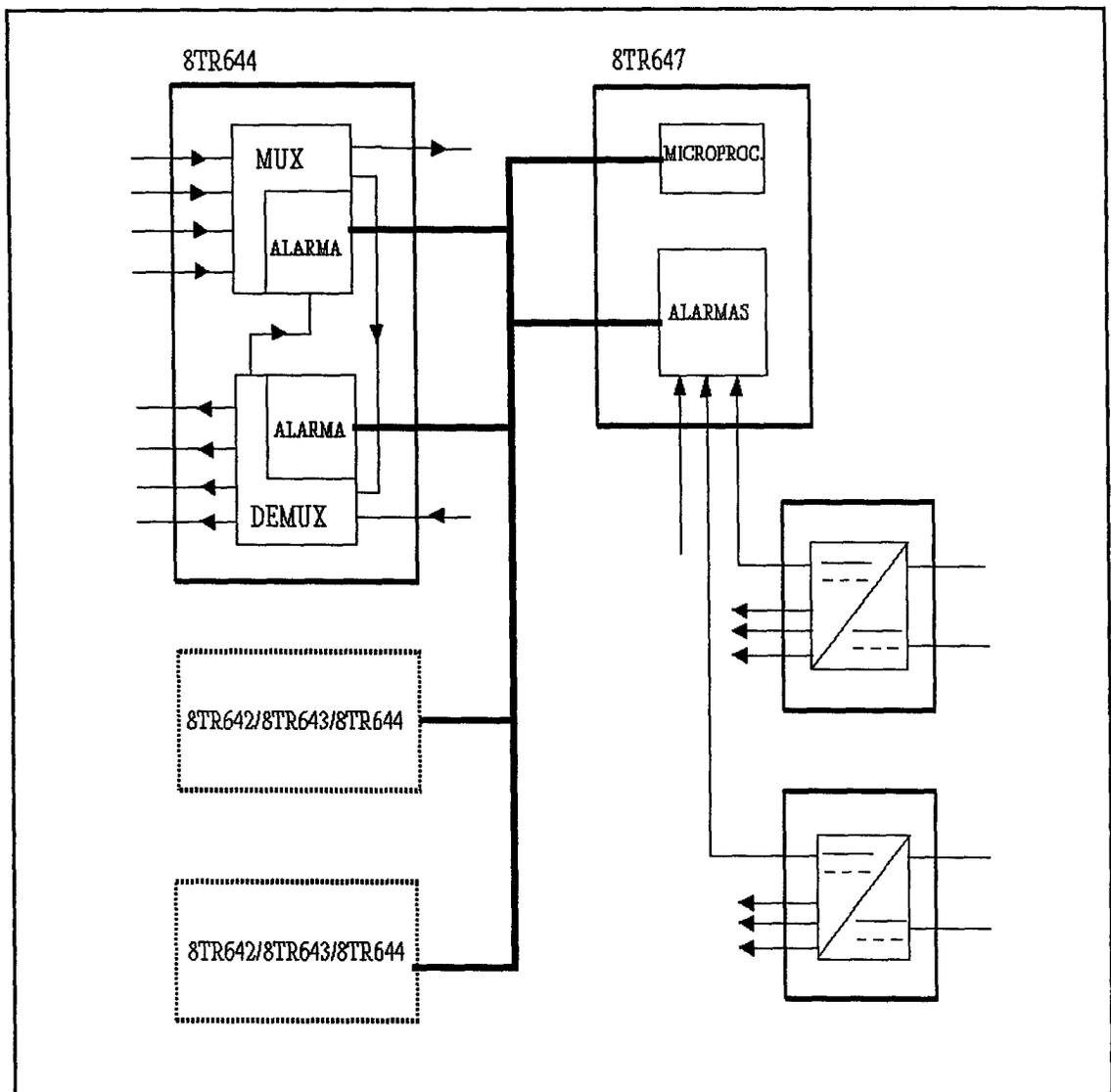
El sistema multiplexor está enlazado al sistema de supervisión y alarmas 8TR647.

El equipo de un bastidor es alimentado a través de dos unidades de alimentación en paralelo acomodadas en el bastidor. Si se produce un fallo en una unidad de alimentación, la unidad de alimentación restante podrá alimentar sola el sistema durante algunos días.

En un subbastidor de sistema se alojan una unidad demultiplexora. Los subbastidores de sistema van montados en

un armazón de bastidor. Ciertos armazones de bastidor pueden también ser equipados con sistemas multiplex de 2/8 Mbit/s 8TR642 o con sistemas múltiplex de 8/34 Mbit/s 8TR643 o con combinaciones de estos sistemas.

En el dibujo 7 se muestra el sistema multiplexor, el sistema de supervisión y alarmas, y el sistema de alimentación:



DIBUJO 7

1.5.- SISTEMA OPTICO DE TRANSMISION

A 140 Mbit/s

8TR684

[AT&T]

1.5.1.- INFORMACION GENERAL DEL SISTEMA

1.5.1.1.- INTRODUCCION

El sistema 8TR684 es un sistema digital óptico de línea de 139.264 Kbit/s (1300 nm) que tiene una capacidad de transmisión de 1.920 canales telefónico, de acuerdo con las recomendaciones del CCITT, G.703, G.921, G.956.

El sistema está diseñado para uso en cable de fibra óptica multimodo de índice de refracción gradual de 50/125 μm , en conformidad con la recomendación G.651 del CCITT. El sistema puede ser también usado sobre cable de fibra óptica monomodo de 9 ... 10/125 μm , de acuerdo con la recomendación G.652 del CCITT. En este caso el tipo de cable determina el tipo de unidad transmisora o de repetidor enterrado que debe utilizarse. El código del interfaz es CMI, y el código de línea usado es un código 5B/6B específico que eleva la frecuencia Nyquist desde 69.632 KHz a 83.558,4 KHz pero sin embargo ofrece varias posibilidades, tales como la supervisión de la tasa de error.

1.5.1.2.- CONFIGURACION DEL SISTEMA

Una estación terminal contiene el equipo para convertir la señal de 139.264 Kbit/s codificada CMI en una señal óptica de 167.117 KBd (extremo transmisor), así como el equipo para la función inversa (extremo receptor). Tanto

los repetidores enterrados como los repetidores de Central contienen los equipos para regenerar y amplificar las señales ópticas en ambas direcciones de transmisión. Un enlace entre dos estaciones terminales pueden comprender ambos tipos de repetidores.

El sistema 8TR684 está provisto con una entrada y salida de 100 Bd para un sistema de localización de avería controlado por microprocesador. El equipo incorpora CI (circuitos integrados) que producen información FL (Fault locating=localización de avería) para el sistema de localización de averías. La transferencia de la información FL tiene lugar por medio de las fibras ópticas, estando esta información FL modulada en amplitud sobre la señal de línea.

El sistema 8TR684 puede incluir unidades de transmisión y de recepción y repetidores regeneradores enterrados que permiten la transmisión de una señal de línea de servicio a través de cables ópticos.

El equipo es supervisado para su operación correcta. Donde sea posible, una avería será indicada mediante un LED en el frente de la unidad en cuestión. Además, las alarmas pueden ser transmitidas al equipo de alarma de central y a un centro de operación y mantenimiento.

**1.6.- SISTEMA DE LINEA OPTICA
Y MULDEX DE 565 Mbit/s
8TR695**

[AT&T]

1.6.1.- INFORMACION GENERAL

El sistema 8TR695 es un sistema combinado de línea óptica y multiplexación, que realiza la conversión de cuatro señales de datos codificados CMI de 140 Mbit/s en una señal óptica de 565 Mbit/s. La señal óptica puede ser transferida por una fibra óptica monomodo en una longitud de onda de 1300 nm ó 1550 nm. El código de línea empleado es 7B/8B.

El sistema 8TR695 consta de dos centrales terminales y un número de centrales intermedias que se sitúa entre cero y un máximo de 20 centrales.

El sistema 8TR695 cumple con las siguientes normas del CCITT: G.651, G.652, G.701, G.703, G.803, G.821, G.823, anexo B de G.954 y G.956.

El sistema de línea cumple con el presupuesto de potencia del CCITT:

- 25 dB para 1300 y fotodiodos PIN/FET
- 28 dB para 1550 nm y fotodiodos APD
- 30 dB para 1300 nm y fotodiodos APD

1.6.2.- ESTRUCTURA DEL SISTEMA [DIBUJO 8]

El sistema 8TR695 se compone de centrales terminales y posibles centrales intermedias.

Las centrales terminales contiene equipo de multiplexación y de línea.

1.6.2.1.- EQUIPO DE LA CENTRAL TERMINAL

- Lado transmisor:
 - . Interfaz CMI, lado transmisor
 - . Multiplexor
 - . Unidad de transmisión

- Lado receptor:
 - . Unidad de recepción
 - . Demultiplexor
 - . Interfaz CMI, lado receptor

- Opcional:
 - . Unidad Mux-demux de 8 Mbit/s

1.6.2.2.- EQUIPO DE LA CENTRAL INTERMEDIA

- El equipo de una central intermedia abarca:
 - . Regenerador intermedio bidireccional
 - . Repetidor de centrales de LF (baja frecuencia)

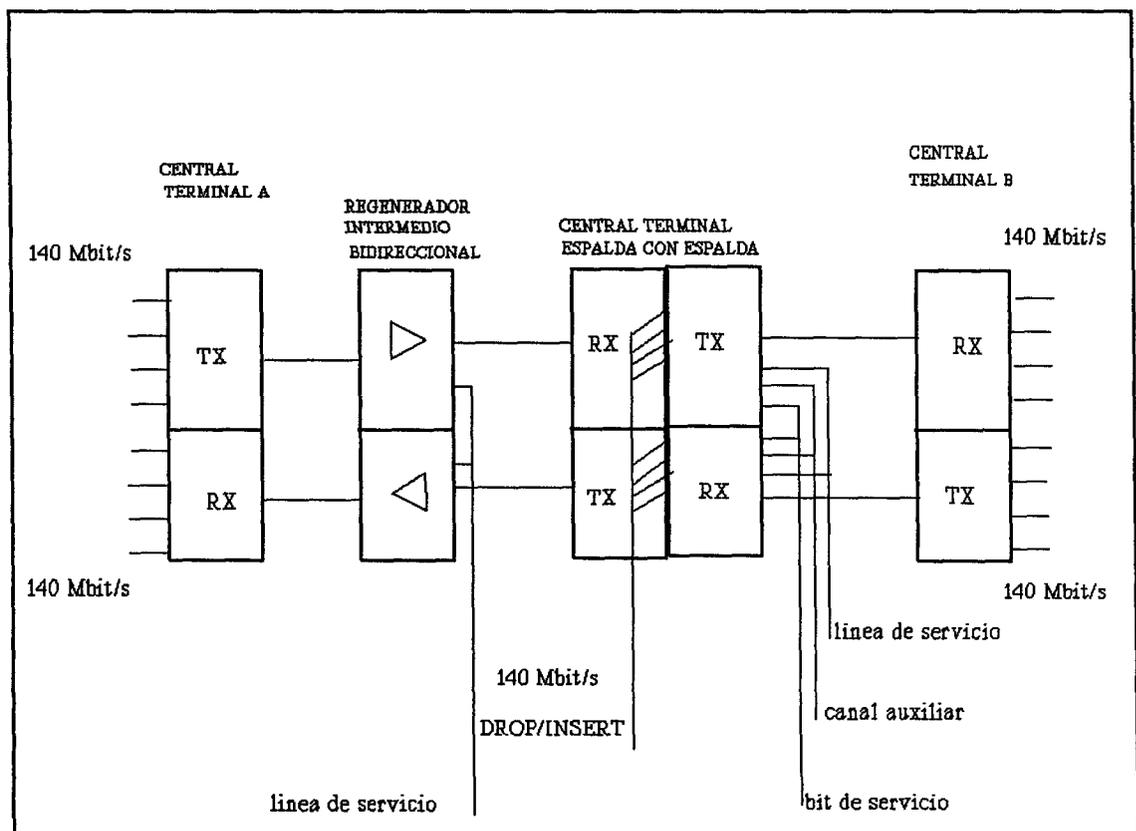
Una central intermedia también puede estar formada por dos centrales terminales instaladas espalda con espalda.

El equipo de alimentación consta de una sola unidad de alimentación o de un máximo de dos unidades de alimentación

capaces de alimentar un subbastidor completamente. Un subbastidor terminal puede contener una segunda unidad de alimentación, en este caso sirve solamente para alimentar el equipo de supervisión. Cada unidad de alimentación en un subbastidor para regeneradores intermedios bidireccionales alimenta un máximo de un repetidor.

El equipo de una central terminal o intermedia se conecta mediante circuitos integrados de E/S de alarma y de MINT con un sistema de supervisión para localizar y remediar fallos.

El equipo de línea de servicio puede emplearse para obtener una conexión de línea de servicio por fibra óptica mediante el canal ATC (Señales auxiliares de transmisión).



DIBUJO 8

2.- PRESUPUESTO ESTIMATIVO

2.1.- CONSIDERACIONES PREVIAS

El montaje de un sistema de fibra óptica conlleva múltiples problemas, tanto a nivel de obra, como a nivel administrativo. Respecto a el tendido del cable de 16 fibras ópticas, Telefónica ya dispone de la infraestructura de canalización necesaria, con lo que nos evitamos realizar grandes obras de ingeniería, lo cual supone un ahorro en el presupuesto total. Ahora bien, los enlaces desde el anillo de fibra óptica hasta el equipo del cliente puede que tengamos que realizar alguna pequeña obra de canalización, pero en la mayoría de los caso Telefónica ya tiene conexión con el cliente. Lo que si habría que hacer en el tema de construcción sería el colocar el equipo termina de fibra óptica en las oficinas del cliente y todo el cableado que esto genera.

2.2.- JUSTIFICACION DE CALCULOS

En este punto vamos a tratar de dar un presupuesto orientativo de los precios de cada elemento constitutivo del sistema. Decimos orientativo porque en mayor o menor medida las grandes casas comerciales que trabajan con estos productos son algo remisos a dar información sobre precios concretos de cada equipo.

- Un metro de cable de 16 fibras ópticas \approx 1.500 ptas
- Anillo de fibra óptica (30 Km) \approx 45.000.000 ptas
- Equipo terminal de fibra óptica \approx 12.000.000 ptas

Por otra parte los costes mensuales de los circuitos punto a punto desde la central de Altavista a el Centro de cálculo de cada cliente, según Telefónica son:

Dependiendo de la distancia:

- Metropolitana ≈ 250.000 ptas
- Provincial ≈ 470.000 ptas
- Nacional ≈ 620.000 ptas

Con respecto a la mano de obra existen unas tablas internas de presupuestos según personal a utilizar. Este estudio se sale fuera del alcance de este proyecto y sería otro punto de estudio de una contrata administrativa.

**INFORMACION GENERAL SOBRE
LA FIBRA OPTICA**

[APENDICE 1]

1.- EVOLUCION HISTORICA DE LA FIBRA OPTICA

En la década de los 50, cuando estaba en desarrollo la tecnología del vidrio, se reconocía ya la necesidad de facilidades mejoradas y de servicios para transmitir información. La búsqueda comenzó por un medio que aprovechara para fines de comunicación el margen de longitudes de onda electromagnético. Esto condujo en 1959 a la invención del LASER, proporcionando una portadora que era el verdadero equivalente en longitudes de onda óptica, del generador de frecuencias de radio. Debido a su alta frecuencia, los láseres ópticos pueden transmitir teóricamente información de un orden de magnitud muy superior a la de una portadora de radiofrecuencia.

Se vio que las potenciales ventajas de las comunicaciones ópticas no podrían ser fácilmente explotadas de una manera económica y práctica. Para formar un sistema se necesitaba un conjunto de componentes compatibles: una fuente de luz, un detector, y un medio de transmisión.

Los primeros láseres eran voluminosos y daban escasa potencia o tenían que trabajar a temperaturas muy bajas. Incluso la propagación ofrecía dificultades imprevistas. Contrariamente a lo que podía esperarse, la luz del laser no se transmite en línea recta a través de aire, ya que las inclemencias del tiempo influyen severamente en las condiciones de propagación y, aún en tiempo claro, la fluctuación de densidad de la atmósfera altera significativamente la

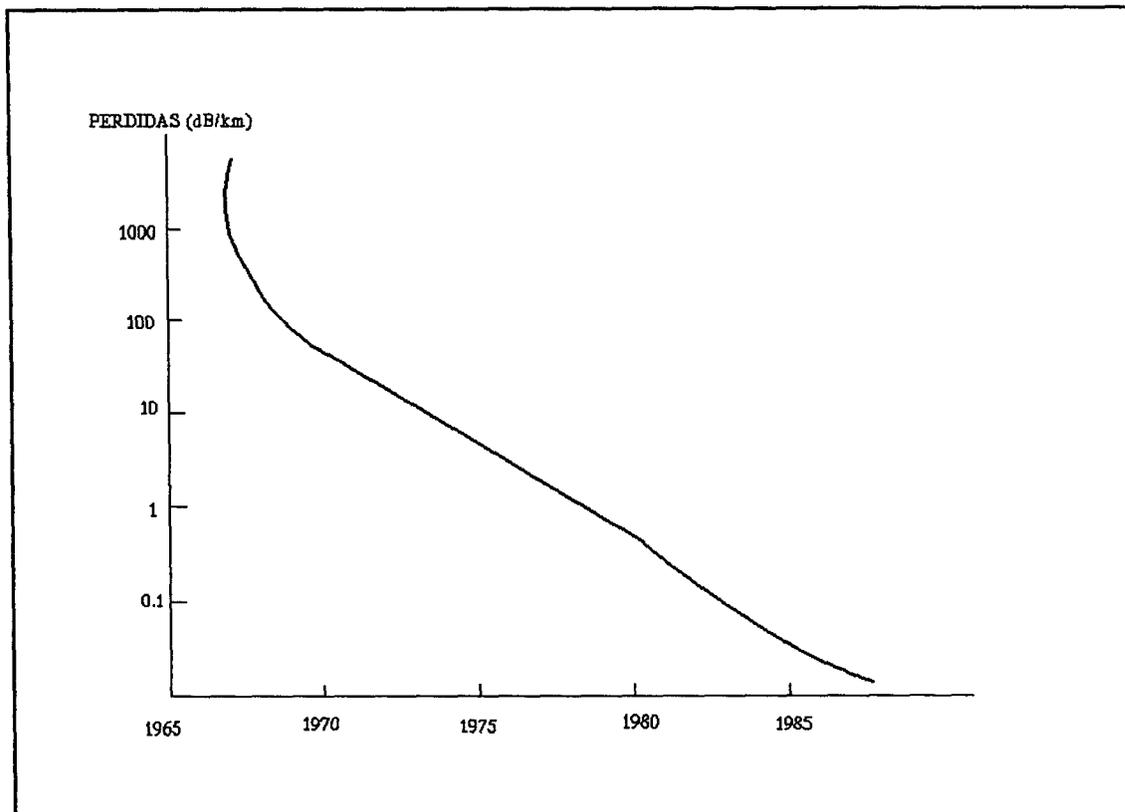
trayectoria de la luz.

La solución a los problemas de propagación comenzó al principio de los años 60 con la llegada de un guíaonda dieléctrico en forma de fibra óptica. Inicialmente la fibra no se consideraba un medio de transmisión con futuro debido a las altas pérdidas ópticas: el valor de la señal se atenuaba a los pocos metros, hasta un valor inutilizable. Los problemas parecían enormes. Sin embargo unas pocas organizaciones afrontaron su estudio.

Los logros de los estudios iniciales los público C. K. Kao, que dirigía el grupo de investigación en STL. La conclusión a la que llegaron es la siguiente: " Los estudios teóricos y experimentales indican que la fibra óptica recubierta de una envoltura representa un guíaonda con un potencial importante como nuevo medio de transmisión. El valor de pérdida requerido de 20 dB/Km es mucho mayor que el límite más bajo de pérdidas impuesto por los mecanismos fundamentales."

Las predicciones hechas en este artículo iban a cumplirse en la práctica.

En 1968 ya se había detectado la existencia de vidrios con pérdidas menores de 20 dB/Km, y en 1970 se informó por primera vez en el mundo de haber conseguido una fibra experimental con pérdidas menores de 20 dB/Km. La evolución de las pérdidas de las fibras en el paso de los años se representa en el dibujo 9.



DIBUJO 9: PERDIDAS EN LA FIBRA OPTICA

Paralelamente, la tecnología de materiales para fabricación de semiconductores logró el desarrollo de láseres capaces de operar de forma continua y a temperatura ambiente. Esta pequeña fuente de luz con alta eficacia de conversión electro-óptica, y cuya potencia de salida, de varios milivatios, se puede modular directamente, fue un factor esencial para convencer a la industria de la viabilidad de los sistemas de comunicaciones por fibra óptica.

En 1973 las pérdidas de las fibras ópticas ya habían disminuido a menos de 10 dB/Km.

En 1974 se trabajó con láseres más de 2000 horas a

temperatura ambiente, con degradación muy escasa. Entre 1975 y 1978 se realizaron pruebas de campo por varias organizaciones, con resultados que estimularon la incipiente industria de sistemas de fibra óptica para comenzar el desarrollo de la primera generación de productos factibles.

Mientras se hacían las preparaciones para su fabricación en serie continuaron los avances tecnológicos desarrollándose el diseño de nuevas fuentes de luz cada vez más coherentes y de mayor vida operativa, detectores más sensibles y fibras con pérdidas menores de 1 dB/Km.

Como síntesis podemos decir que han existido tres etapas en la evolución fotónica:

- Primera etapa (desde 1954 hasta la década de los sesenta): Base teóricas de la fotónica.
- Segunda etapa (década de los 70 y parte de los 80): fase de desarrollo.
- Tercera etapa (época actual): Fase de producción.

2.- LA LUZ

2.1.- INTRODUCCION

Considerando a la luz como una onda electromagnética, podemos ubicarla dentro del espectro electromagnético.

ONDAS LARGAS	10^5
ONDAS RADIO	
ONDAS CORTAS	
VHF	10^0
UHF	
RADAR	
ONDAS MILIMETRICAS	
ONDAS TERMICAS	10^{-5}
INFRARROJO	
LUZ VISIBLE	
ULTRAVIOLETA	
RAYOS X	
RAYOS GAMMA	10^{-10}
RAYOS COSMICOS	

De las dos teorías corpuscular y ondulatoria sobre la luz podemos sacar dos conclusiones importantes:

- Al poder considerar la luz como una onda electromagnética se observan fenómenos de propagación, interferencia y

difracción.

- Al estar constituida por fotones existe un intercambio de carga entre partículas próximas.

2.2.- INDICE DE REFRACCION

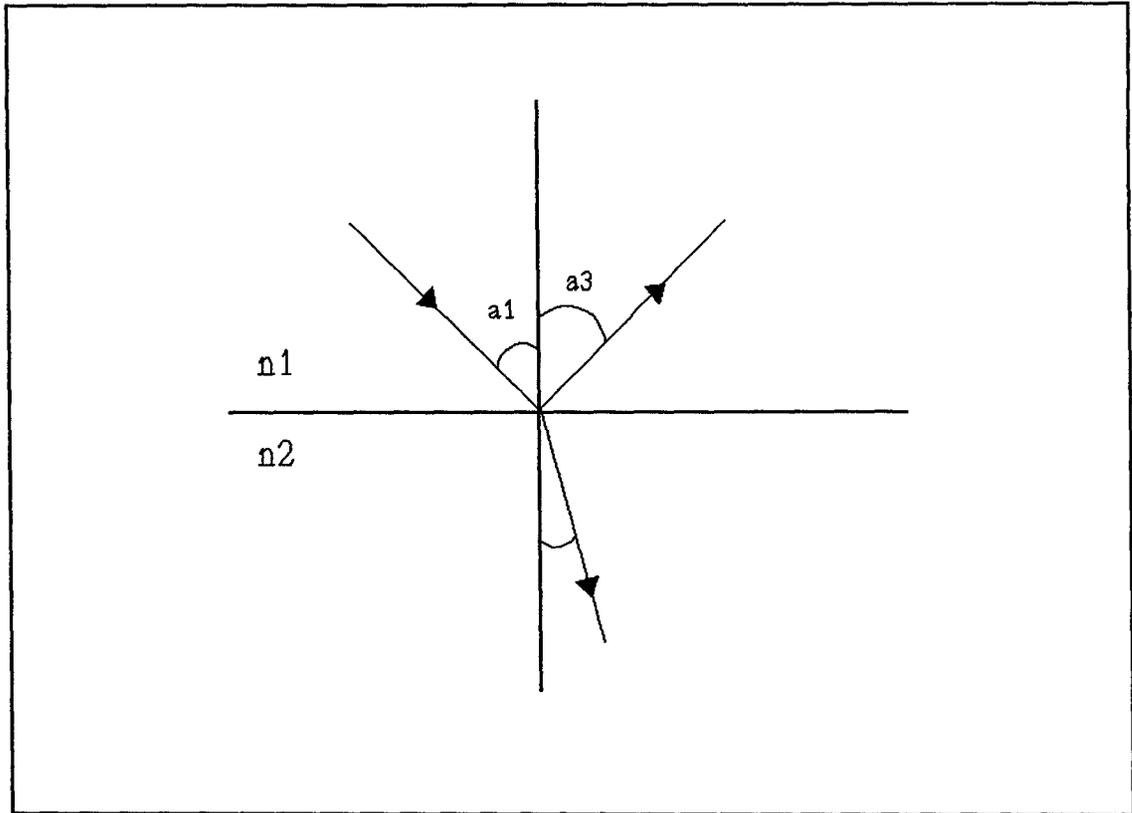
Una de las características básicas de la luz es su propagación en línea recta, como estudia la óptica geométrica, existiendo la posibilidad de cambiar de dirección mediante dos fenómenos denominados reflexión y refracción, pero antes veamos que se entiende por índice de refracción (n). Es la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el medio, por lo tanto será siempre mayor que uno.

2.3.- REFLEXION DE LA LUZ

Cuando la luz que se propaga por un medio, incide sobre otro medio de índice de refracción distinto, éste refleja parte de los rayos luminosos que llegan a él, es decir cuando la onda encuentra una discontinuidad en el índice de refracción.

En dibujo 10 se representa un rayo luminoso que se propaga por el medio 1, cuando éste alcanza la discontinuidad óptica parte de la energía continúa propagándose en el mismo medio pero con distinta dirección (rayo reflejado); debido a que no existe cambio de medio la velocidad de propagación del rayo reflejado es igual a la

del incidente, siendo el ángulo de reflexión igual al de incidente, regla que es conocida como la primera ley de Snell.



DIBUJO 10

Primera ley de Snell: $a_1 = a_3$

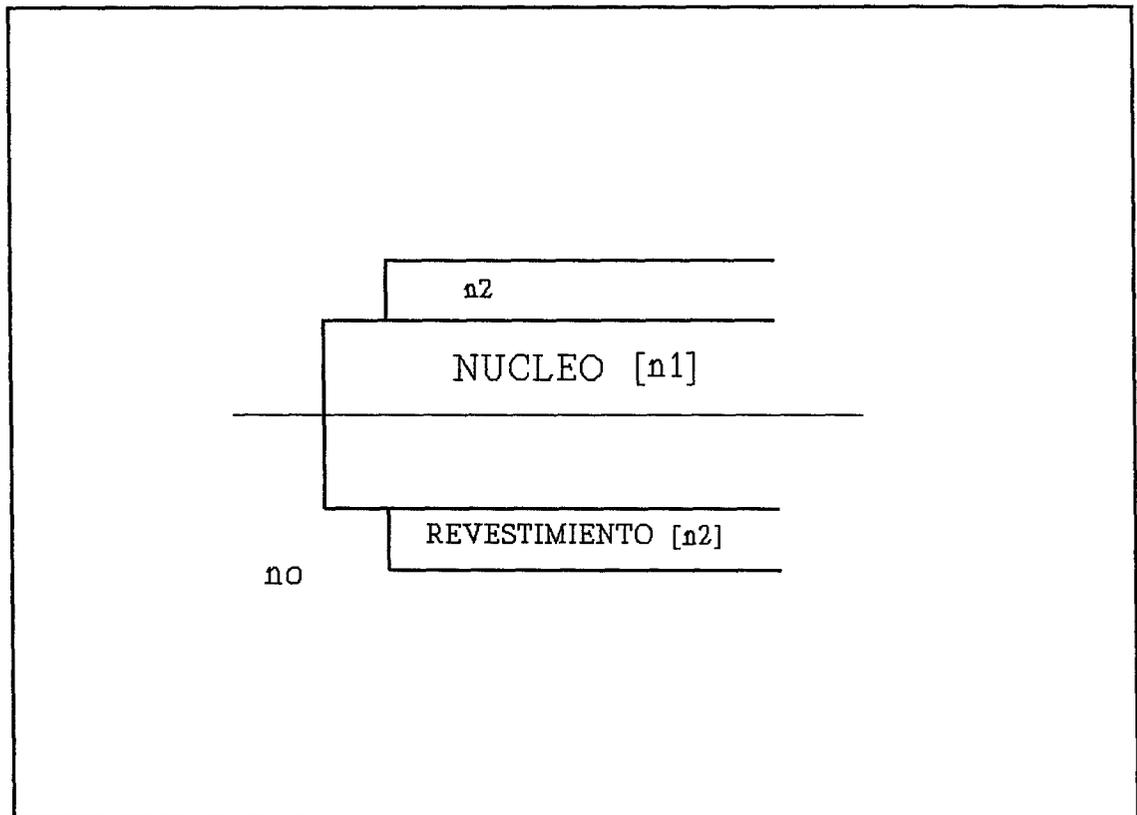
2.4.- REFRACCION DE LA LUZ

Es el fenómeno por el cual la luz cuando pasa de un medio de propagación a otro con índice de refracción distinto sufre una variación en la dirección de propagación. Una vez que el punto rayo incidente alcanza la frontera el resto de la energía pasa a propagarse a un nuevo medio (rayo

refractado), con distinta velocidad de propagación. Si se conoce el valor del índice de refracción de los medios se puede establecer de manera sencilla una relación entre los índices de refracción y los ángulos de incidencia y refracción, relación que se conoce como segunda ley de Snell [$n_1 \times \text{sen } a_1 = n_2 \times \text{sen } a_2$].

3.- ESTRUCTURA DE UNA FIBRA

Los elementos principales que van a componer y a caracterizar un cable de fibra óptica son el núcleo y el revestimiento [dibujo 11].



DIBUJO 11: ESTRUCTURA TIPICA DE UNA FIBRA OPTICA

Aparte del núcleo y el revestimiento, la fibra lleva una cubierta exterior cuya función es actuar como protección, esta cubierta puede tener una o más capas exteriores que no tienen influencia en cuanto a los parámetros de la fibra.

Las características principales de una fibra son los índices de refracción del núcleo (n_1) y del revestimiento

(n_2), así como la distribución de dicho índice de refracción en el núcleo y el tamaño del mismo. La primera distinción en los tipos de fibra viene dado por la distribución del índice de refracción del núcleo, y otro tipo de distinción viene dado por el tamaño del núcleo.

4.- PROPAGACION DE LA LUZ EN UNA FIBRA OPTICA

El estudio de la propagación dentro de una fibra óptica se puede realizar con dos enfoques diferentes, por un lado considerando la luz como una onda, es decir aplicando las ecuaciones de Maxwell sobre la guía formada por la fibra, o bien desde un punto de vista óptico.

4.1.- TEORIA MODAL

Al aplicar las ecuaciones de Maxwell a este medio de propagación, se genera una serie de soluciones para estas ecuaciones, cada una de estas soluciones se las conoce como modos. Cada uno de estos modos va a transportar parte de la energía que se propaga por la fibra.

El número de modos existente en una fibra va a depender de determinados parámetros tales como los índices de refracción del núcleo y del revestimiento, la longitud de onda de trabajo y sobre todo el diámetro del núcleo.

El número de modos (M) que una fibra puede soportar viene dado por la expresión:

$$M = \frac{g}{g+2} \frac{v^2}{2}$$

para $v \gg 1$

g : es una constante que depende de la distribución o perfil del índice de refracción del núcleo de la fibra.

v : frecuencia normalizada, parámetro que aparece en las soluciones de las ecuaciones de Maxwell y que indica el número de veces que la longitud de onda de la radiación está comprendida en el diámetro del núcleo de la fibra.

Obedece a la expresión:

$$v = \frac{2\pi a}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

a =radio del núcleo.

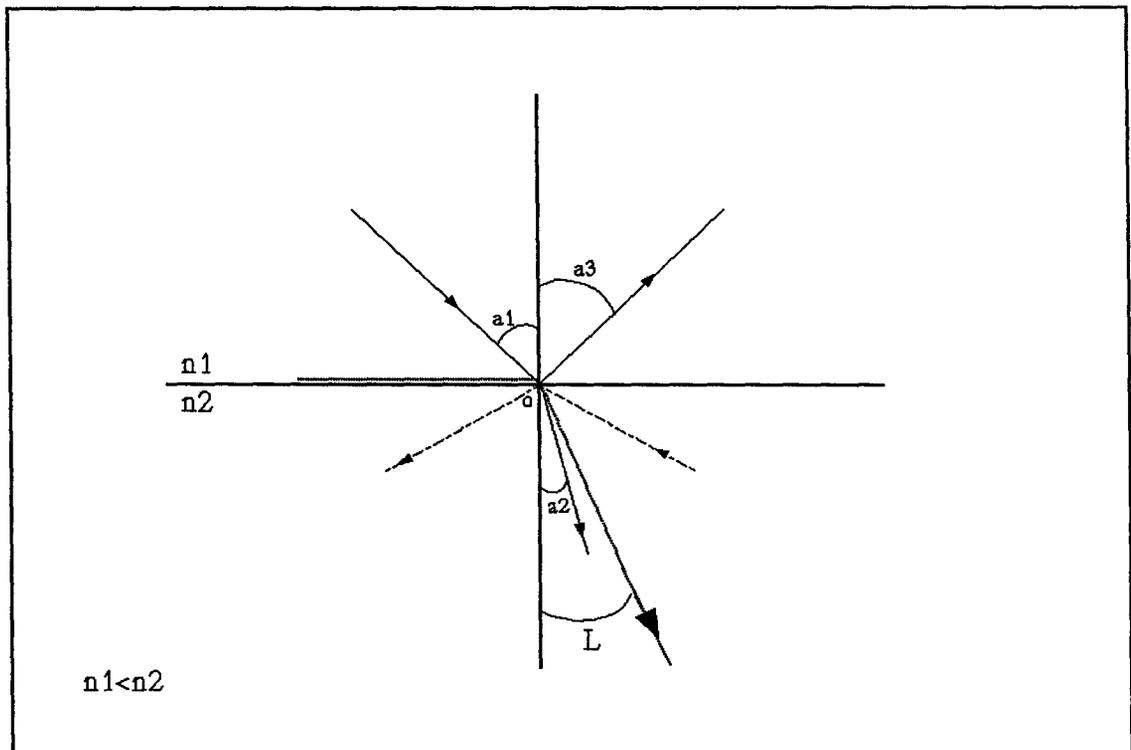
Cuando una fibra propaga varios modos se denomina multimodo. Entonces, los diferentes modos de un impulso óptico aplicado a la fibra alcanzarán el extremo opuesto al

cabo de tiempos diferentes, produciéndose retardos relativos y, por lo tanto, ensanchamiento del impulso. Este fenómeno se conoce por dispersión modal. La dispersión acarrea una reducción del ancho de banda y, consiguientemente una disminución de la velocidad a transmitir.

4.2.- TEORIA DE RAYOS

Estudia la trayectoria de los rayos luminosos en la fibra aplicando las leyes de Snell, y nos va a servir para determinar una serie de parámetros, ópticos, de la fibra.

Observando el dibujo 12 tenemos:



DIBUJO 12

1ª Ley de Snell: $a_1 = a_3$

2ª Ley de Snell: $n_1 \times \text{sen } a_1 = n_2 \times \text{sen } a_2$

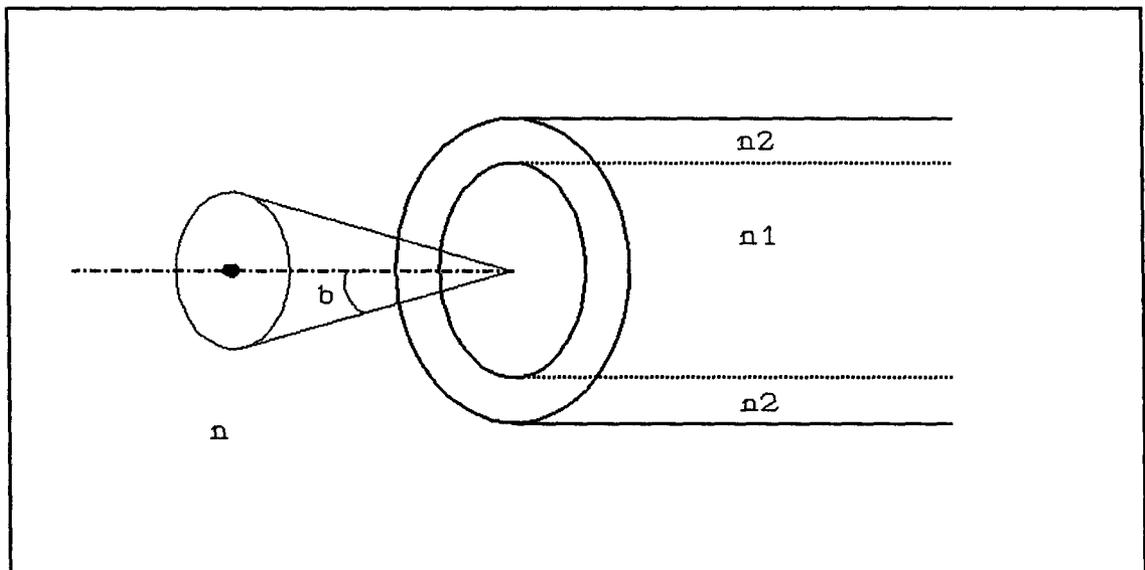
Angulo límite (L) : es el ángulo de refracción correspondiente a un ángulo de incidencia de 90°. Para una fibra óptica se define como el máximo ángulo de incidencia en el interfaz núcleo-revestimiento, para que en dicho punto de incidencia no se produzca ninguna refracción, y por lo tanto, toda la energía de rayo incidente se refleje.

Un rayo que incide en el punto "o" desde el medio 2 con ángulo $> L$ será totalmente reflejado.

$$\text{Si } a_1 = 90^\circ \Rightarrow \text{sen } L = n_1/n_2$$

Apertura numérica (A.N.): Es el ángulo máximo de un rayo incidente en la cara de la fibra cuya trayectoria de lugar al fenómeno de reflexión total.

Veamos el dibujo 13:



DIBUJO 13

$$n \times \text{sen } a = n_1 \times \text{sen } a_1$$

como para el aire el índice de refracción es 1, tenemos

$$\text{A.N.} = [n_1^2 - n_2^2]^{1/2}$$

Angulo límite: $\text{sen } b = n_2/n_1$

La A.N. y el ángulo máximo de incidencia son los factores claves en los sistemas de fibra óptica, y su valores más representativos son:

- Angulo límite: Entre 10° y 60°
- Apertura numérica: Entre 0,1 y 0,5

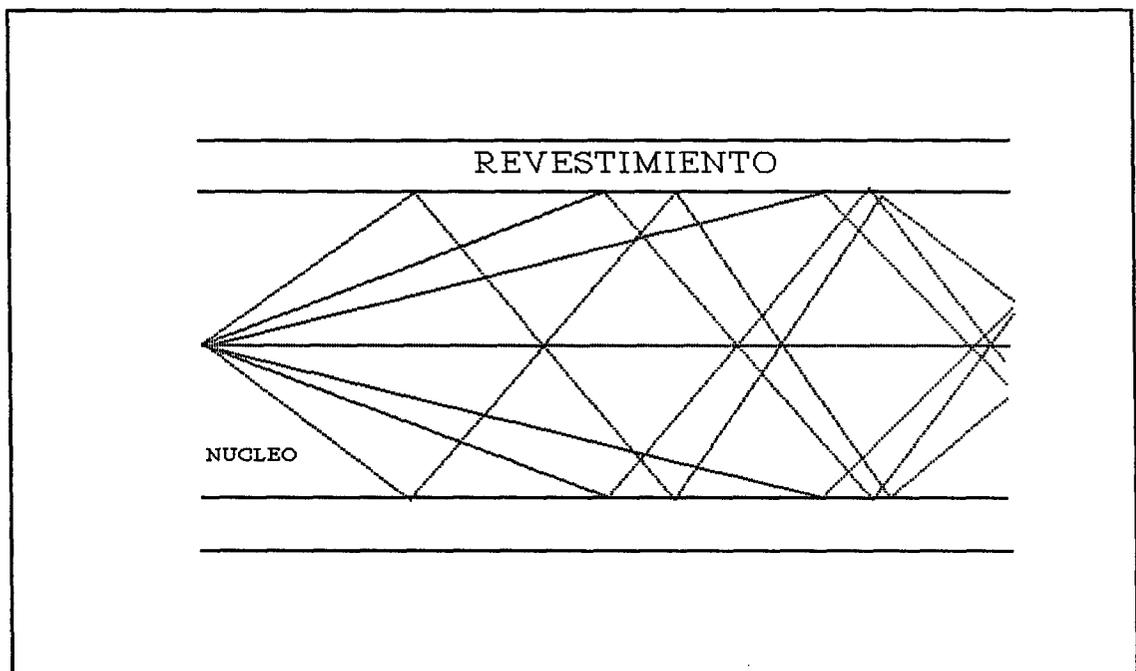
5.- PARAMETROS CARACTERISTICOS DE LAS FIBRAS

5.1.- PARAMETROS OPTICOS

Perfil de índice de refracción: Es el valor del índice de refracción dentro del núcleo. Se consiguen dos tipos de distribución de índice de refracción dentro del núcleo de las fibras:

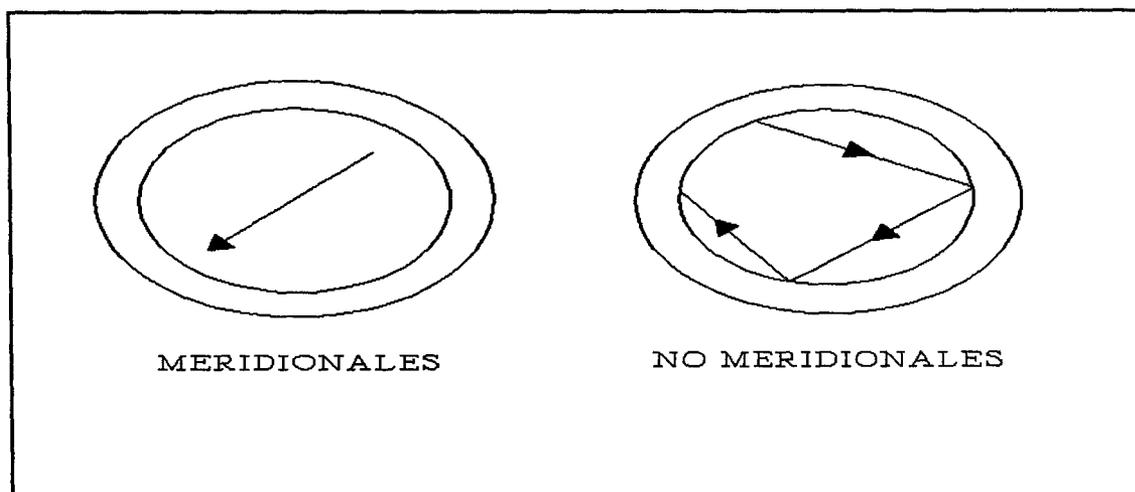
- Fibras ópticas de salto de índice: Es aquella que mantiene un índice de refracción constante tanto en el núcleo como en el revestimiento.

Al tener un índice de refracción constante también lo es la velocidad de cada modo, y además podemos considerar que los modos mantienen una trayectoria rectilínea (en zig-zag) regida por las leyes de Snell [dibujo 14].



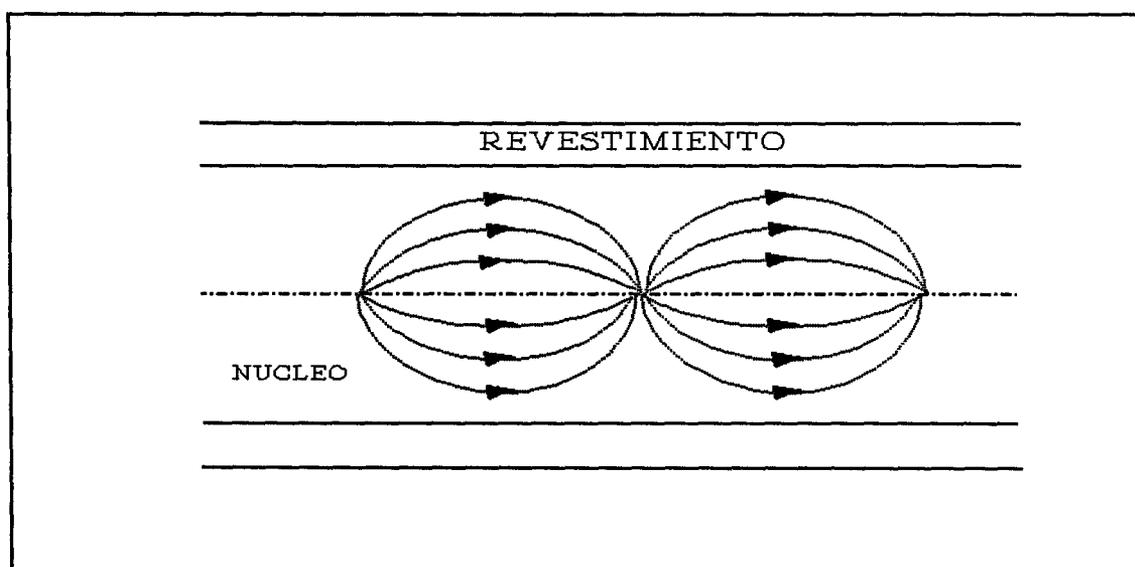
DIBUJO 14: TRAYECTORIA DE LOS DISTINTOS MODOS

Pueden existir modos meridionales (los que mantienen la trayectoria en un único plano), y modos no meridionales (los que no se propagan en un único plano, sino que mantienen trayectorias poligonales) [dibujo 15].



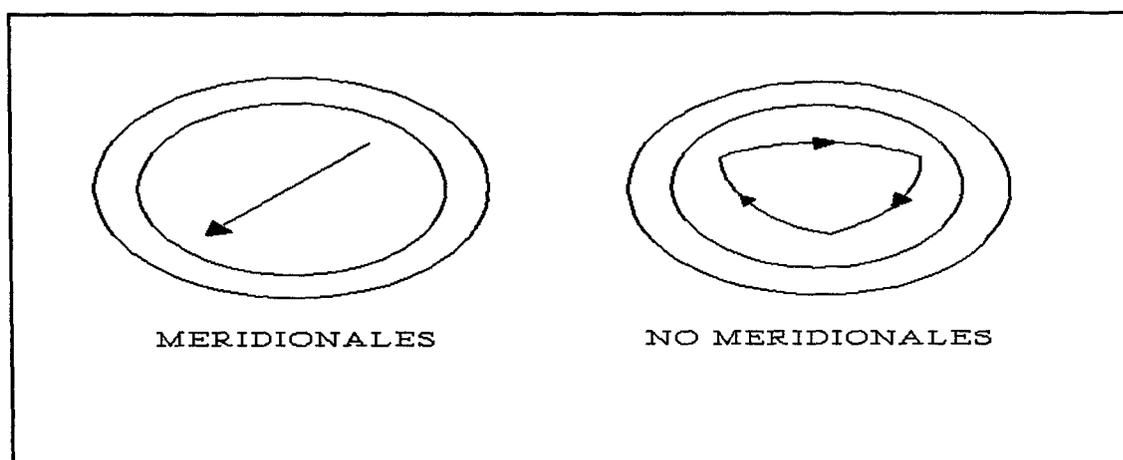
DIBUJO 15

- Fibras ópticas de índice gradual [dibujo 16]: Se caracteriza por tener un índice de refracción variable en el núcleo que es máximo en el eje y va disminuyendo a medida que nos acercamos al revestimiento.



DIBUJO 16: TRAYECTORIA DE LOS MODOS EN UNA FIBRA DE INDICE GRADUAL

En este tipo de fibras el recorrido de los modos meridionales es senoidal (por el hecho de que el índice de refracción sufra una disminución a medida que nos alejamos del eje, la trayectoria de los modos se curvan hacia el eje), y el de los no meridionales es helicoidal, como se puede ver sobre la representación de la sección transversal de una fibra de este tipo [dibujo 17].



DIBUJO 17

5.2.- PARAMETROS GEOMETRICOS

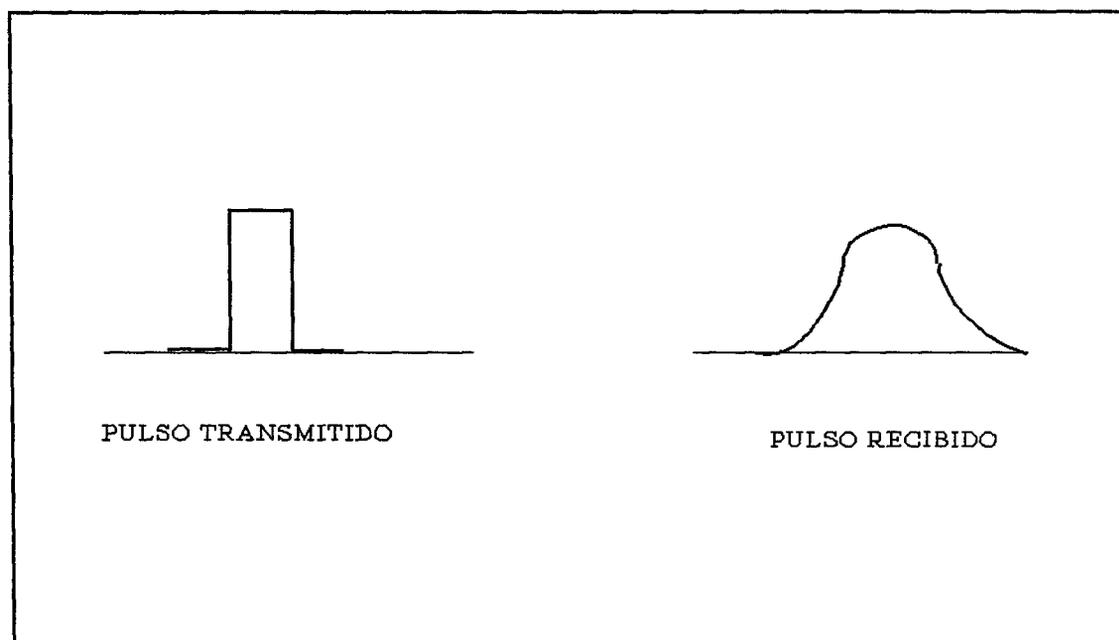
- Radio del núcleo: Puede sufrir ciertas deformaciones, debidas a defectos de fabricación, tales como: Excentricidades o no circularidad del núcleo. Los valores del radio pueden variar, para fibras de comunicaciones, entre valores de inferiores a $5 \mu\text{m}$ para fibras monomodos y $200 \mu\text{m}$ para las fibras multimodo de más baja calidad.

- Radio de revestimiento: No tiene excesiva importancia ya que el perfil de distribución del índice de refracción en el núcleo, el radio del núcleo y el índice de refracción del

revestimiento van a determinar totalmente a la fibra. Sus valores pueden alcanzar los 300 μm para las fibras de baja capacidad. Es habitual encontrar la indicación de la tolerancia para el error máximo de concentricidad entre el revestimiento y el núcleo.

6.- DISPERSION TEMPORAL

El fenómeno de la dispersión genera las principales limitaciones que tiene un sistema de comunicación por fibra óptica.



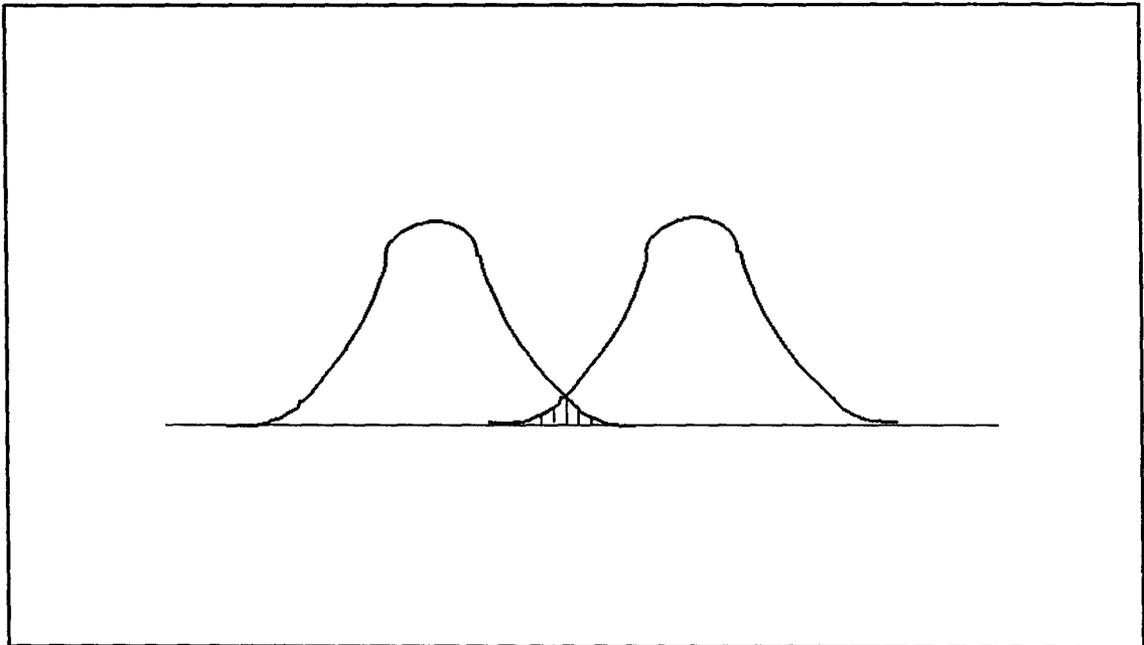
DIBUJO 18

Al transmitir un impulso luminoso a través de una fibra óptica éste sufre un ensanchamiento en el tiempo, fenómeno conocido como dispersión temporal [dibujo 18]. El ensanchamiento generado es función, entre otros parámetros, de la longitud de la fibra, es decir cuantas más fibra tenga que recorrer el impulso más se expandirá en el tiempo. Esto va a limitar el ancho de banda de la fibra, y por lo tanto su capacidad de transmitir información.

Cabe destacar en este punto que el ancho de banda es función de la longitud del tendido, puesto que la dispersión

lo es, hecho que puede llamar la atención al comparar la fibra con medios de transmisión tradicionales, cuyo ancho de banda es totalmente independiente de la distancia que tenga que salvar el medio de transmisión.

El efecto de la dispersión podemos verlo en el dibujo 19, que corresponde con la transmisión de dos impulsos luminosos cercanos en el tiempo, al aumentar la dispersión llega un momento en que es imposible separarlos, pues llegan a solaparse demasiado.



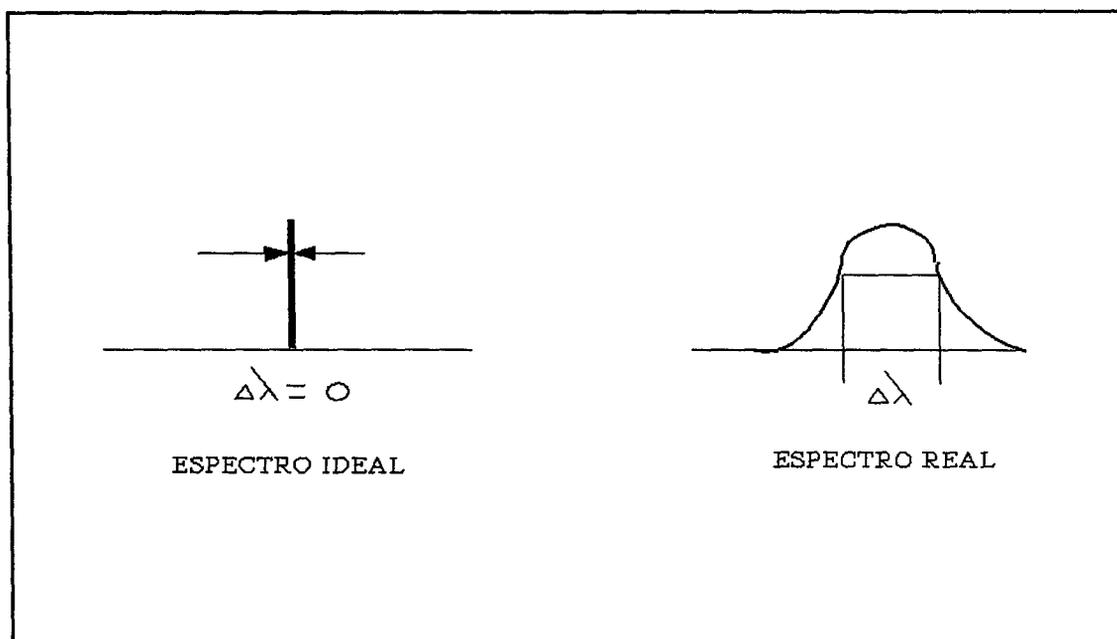
DIBUJO 19

El fenómeno de dispersión se debe principalmente a tres mecanismos :

- Dispersión modal: Los diferentes modos de un impulso óptico aplicado a la fibra, alcanzarán el extremo opuesto al cabo de distintos tiempos, produciéndose retardos relativos,

y por lo tanto ensanchamiento del impulso; este fenómeno se conoce como dispersión modal, una reducción del ancho de banda implica una disminución de la velocidad de transmisión.

- Dispersión espectral o material o cromática: Esta directamente ligada a la no idealidad de los emisores ópticos. La anchura espectral del emisor óptico no es cero, como sería ideal (trabajar en una única longitud de onda) sino que tiene un cierto margen en el espectro, como vemos en el dibujo 20.



DIBUJO 20

Cada uno de los modos en los que se distribuye la energía tienen componentes en todo el espectro del emisor óptico.

El índice de refracción es dependiente de la frecuencia por lo que cada una de las componentes espectrales de cada modo

se propaga a una velocidad ligeramente distinta de las otras componentes espectrales, de manera que, dentro de cada modo (a este tipo de dispersión se la conoce como dispersión intermodal) se genera retardos relativos entre las componentes espectrales.

- Dispersión por efecto de guíaondas: Al igual que la anterior esta también es de carácter intermodal y solo es representativas en las fibras monomodo. Se debe también a la anchura espectral del emisor. Se va a producir una variación en el camino óptico recorrido por las mismas. Cabe destacar que el retardo generado por este tipo de dispersión puede ser contrario al producido por la dispersión cromática, esto permite buscar longitudes de onda de trabajo para los cuales se anulen mutuamente, éstas son técnicas de dispersión cero.

- Dispersión total: es el resultado de la siguiente suma

$$D_{\text{modal}}^2 + (D_{\text{material}} + D_{\text{guía onda}})^2$$

7.- FIBRAS OPTICAS

7.1.- PERDIDAS INTRINSECAS

Intrínsecas o dependientes de la composición del vidrio y que son límite teórico de la fibra pues no se pueden eliminar. Existen de dos tipos:

- **Perdidas por absorción:** La absorción es un mecanismo por el cual parte de la potencia óptica se disipa en forma de calor, y se debe a la interacción entre fotones y las moléculas. Tiene una importancia notable por debajo de 800 nm (ultravioleta) y por encima de 1600 nm (infrarrojo).

- **Perdidas por ensanchamiento:**

a) **Esporcimiento Rayleigh:** Es debido a las fluctuaciones del índice de refracción a causa de la agitación durante el proceso de fabricación.

b) **Perdida MIE:** Se dan cuando la longitud de onda de trabajo es del mismo tamaño, aproximadamente al del núcleo de la fibra. Parte de la radiación transmitida se radia en diferentes direcciones a la de propagación. Son despreciables si trabajamos por encima de 800 nm.

7.2.- PERDIDAS EXTRINSECAS

- **Perdidas por contaminación del vidrio:** La presencia de

iones metálicos y en especial la del grupo OH^- en el vidrio genera absorciones muy notables de potencia óptica. Estas pérdidas se tratan de evitar en la etapa de fabricación.

- Pérdida por curvado de la fibra: Al curvar la fibra se origina una atenuación debido a que se genera una fuga de modos hacia el revestimiento que en condiciones normales permanecerían en el núcleo. Como regla práctica, puede considerarse un radio de curvatura mínimo de valor igual a 10 veces el diámetro exterior de la fibra con protección plástica.

- Pérdidas por irregularidades periódicas en la fabricación de la fibra.

7.3.- PROCESOS NO LINEALES

Para distancias cortas, como tenemos pequeñas atenuaciones, no será necesario gran intensidad luminosa. Cuando tengamos alta densidad de potencia dentro de la fibra podremos tener reacciones no línea. Dos efectos que nos pueden producir nuevas componentes espectrales son: efecto Raman y el efecto Brillouin.

8.- FABRICACION DE FIBRAS OPTICAS

En función de la calidad requerida en la fibra óptica el proceso de fabricación que se utilizará será distinto, debido, obviamente a motivos económicos.

El proceso de fabricación que sigue las fibras para aplicaciones de corto alcance y/o bajo flujo de información es el procedimiento de doble crisol. Para esta técnica se utiliza en calidad de materia básica el sílice o el anhídrido bórico (B_2O_3), pudiendo agregarse sustancia dopantes. El crisol interior genera el núcleo mientras que el exterior va produciendo la envoltura. Una vez que la fibra emerge de los crisoles es sometida a un proceso de estirado.

Para las fibras de alta calidad, que soportan importantes sistemas de telecomunicaciones es usual el procedimiento de la preforma. Este método tiene dos etapas:

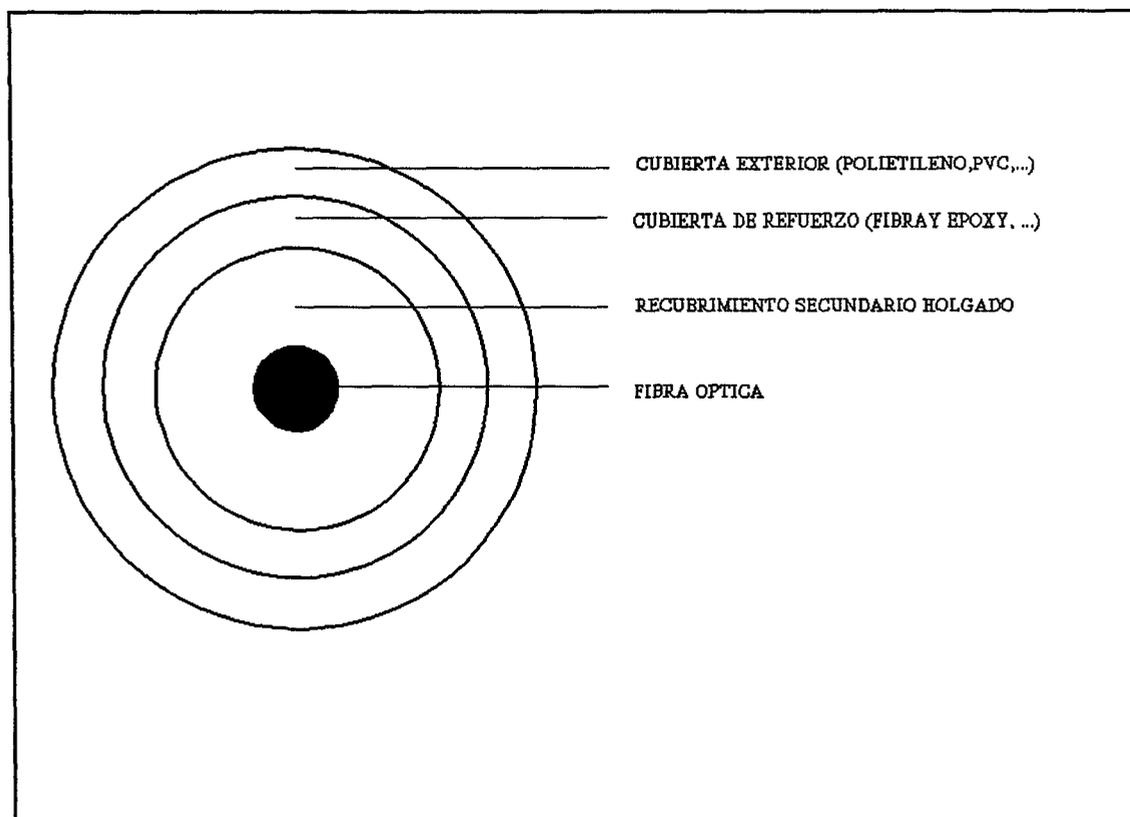
- Fabricación de la preforma
- Estiramiento de la preforma

Las preformas tienen el aspecto de un tubo de vidrio macizo de 1 a 2 metros de largo de 1 a 2 cm de diámetro, con características similares a la fibra que van a generar por estiramiento, un metro de 2cm de diámetro que produce unos 20 km de fibra. Para la fabricación de preforma existen distintas técnicas, nombremos las más usadas:

- V.A.D. (vapour phase axial deposition), desarrollado por la NTT en Japón.
- M.C.V.D. (modified chemical vapour deposition) de la Bell, siendo este el método más difundido.
- O.V.D. (outside vapour deposition) por Coming GLass Work, USA.
- PCVD (plasma chemical vapour deposition) por Philips.

9.- CABLES

Generalmente las fibras óptica de comunicaciones no se presentan en unidades sino que vienen asociadas en cables que agrupan varias fibras, aunque existen cables monofibra para aplicaciones específicas.



DIBUJO 21

El diseño del cables debe ofrecer distintos niveles de protección mecánica contra la tracción, curvaturas, tensión y demás esfuerzos derivados del transporte e instalación [dibujo21]. En función del destino del cables, está muy claro que no va a soportar las mismas condiciones, por ejemplo, un cable enterrado que un cable submarino.

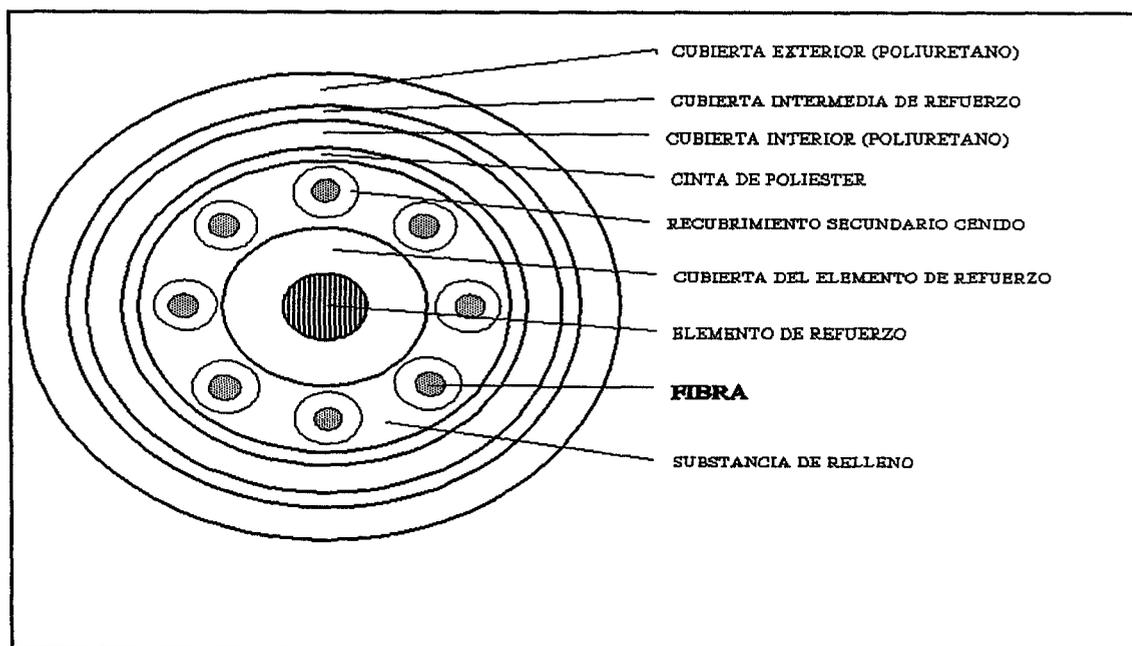
Veamos las estructuras más típicas:

9.1.- CABLE MONOFIBRA

Los cables monofibra se utilizan para prolongar los cables multifibra hasta los equipos de transmisión ubicados en el interior de los edificios, consiguiéndose así una mayor libertad a la hora de colocar los distintos equipos terminales.

9.2.- CABLE MULTIFIBRA

Los cables multifibra suelen tener una distribución similar a la representada en el dibujo 22, siendo la principal diferencia entre los destinados para instalaciones por conductos o directamente enterradas una cubierta adicional separada en ocasiones por láminas de acero o aluminio. Las fibras pueden tener la segunda protección holgada o ceñida indistintamente.



DIBUJO 22

9.3.- CABLES SUBMARINOS

Los submarinos tienen diseños apropiados a las exigencias a que van a ser sometidos, los dirigidos a las plataformas continentales van a estar más protegidos que los de aguas profundas frente a agentes exteriores, la fauna es más abundante en este tipo de aguas y, lo que es más importante, están más expuestos a los ataques fortuitos de algunas artes de pescas, así como al anclado de barcos, y por lo tanto, van a necesitar una protección mucho más fuerte.

9.4.- OTRAS ESTRUCTURAS

Existen otros cables multifibra que soportan estructuras en cinta obteniéndose una alta densidad de fibras. Así por ejemplo un cable de 144 fibras, se componen de 12 cintas con 12 fibras cada una y que tienen un grosor total de 12 mm.

10.- EMPALMES Y CONECTORES

Los distintos tramos de fibra, o las secciones de fibra con el equipamiento, se unen mediante empalmes o conectores, en función del carácter de la unión. Un elemento destinado para unir fibras viene caracterizado, principalmente por las pérdidas que introduce en el tendido.

Los empalmes tienen un carácter definitivo, mientras que los conectores, aunque existe conexiones fijas, pueden ser removibles. Es obvio que cuando se pretende un tendido de una longitud superior al largo del cable disponible es necesario efectuar un empalme. Por lo tanto lo normal es que los empalmes se encuentren en tendidos exteriores, pese a que en tendidos interiores pueda, bajo determinadas circunstancias interesar el uso de empalmes.

En un empalme se generan pérdidas con dos orígenes distintos:

- Intrínsecos: Debido a las características de las fibras.
- Extrínsecos: Debido a defectos de unión.

Los factores intrínsecos son las variaciones en el diámetro de las fibras, diferencias de apertura numérica, toda diferencia relativa entre índices, variaciones en la elipticidad y/o concentricidad del núcleo. Estos factores intrínsecos influyen en mayor medida sobre fibras multimodo.

En cuanto a los parámetros extrínsecos podemos destacar los desplazamientos transversales, longitudinales, desalineamiento angulares entre los ejes, defectos de terminación de las fibras y reflexiones en las caras de la fibra. De todos estos factores el que tiene una mayor influencia es la desviación angular de los ejes mientras que la desviación longitudinal tienen un peso muy reducido.

10.1.- EMPALMES EN FIBRA MULTIMODO

- Empalmes fibra a fibra

Se utilizan principalmente dos técnicas para el enlace definitivo fibra a fibra:

a) Una técnica es el empalme por fusión que efectúan calentando las fibras previamente alineadas, hasta que se derriten y se fusionan. El calentamiento se puede producir por llama o por arco eléctrico, mucho más controlable, produciéndose antes de la fusión definitiva una prefusión a más baja temperatura que evita la formación de burbujas. El resultado arroja unas pérdidas que pueden oscilar entre 0,1 y 0,2 dB pero con el problema de una merma sustancial en la resistencia a la tracción (que puede descender al 30% de la inicial).

b) La otra opción utilizada para los empalmes es el tubo elastomérico, cuya principal característica es una guía triangular en la cual se insertan las fibras hasta que

contactan en la posición adecuada. Los elementos de alineación que forman la guía son rígidos, de metal, de vidrio o cerámica, cuidadosamente terminados. Exteriormente presentan una forma exagonal que se introduce en un cilindro elástico.

- Empalme multifibra

Para empalmar varias fibras existe conectores múltiples, tal como el multiconector de pastilla de silicona. Los dos terminales del multiconector se ensamblan en fábrica. Este tipo de conexión admite la desconexión, si bien no está pensado para realizar muchas operaciones de conexión-desconexión. Las pérdidas de inserción de este tipo de conectores es del orden de 0,1 dB para fibras idénticas. También se utiliza la fusión por arco eléctrico para la conexión múltiple de fibras.

10.2.- FIBRA MONOMODO

El diámetro al núcleo de las fibras monomodo es mucho menor que en el caso de las fibras multimodo por lo que el control del desplazamiento entre las fibras es mucho más crítico.

También se emplea para este tipo de fibras la fusión por arco eléctrico, que genera pérdidas del orden de 0,1 dB. Otro método útil para fibras monomodo es el encolado con un cemento que adapta los índices y que se endurece con rayo

ultravioleta y posteriormente se refuerza con unas piezas adicionales de vidrio y más cemento, dando unos valores de atenuación muy bajos (0,036 dB).

Otro tipo de empalme que se utiliza es el elastomérico, con pérdidas del orden de 0,13 dB.

10.3.- CONECTORES

Puede surgir una cierta confusión al hablar de empalmes y conectores pues sugieren ideas similares, pero están perfectamente diferenciados ya que el empalme es de carácter definitivo, mientras que los conectores permiten el conexionado-desconexionado.

- Fibras multimodo

Para alinear fibras multimodo se utilizan principalmente estos métodos:

a) El primer método utiliza una lente con la que se alinean las fibras que se conoce como conector de haz expandido. La lente, bicóncava al unir los dos extremos de la fibra, enfoca el haz hacia la fibra que lo recibe. Tiene la ventaja de que tolera los desplazamientos laterales y la separación axial, aunque es muy sensible al desplazamiento angular.

b) Una segunda opción es utilizar el conector de guía en doble cono.

c) También existe los alineamientos por virola en los cuales entre los conectores se interpone una virola estructura de inserción con el fin de proporcionar una mayor protección de la fibra, aunque esto supone un aumento del tamaño en las dimensiones de las piezas y una gran precisión en la fabricación de las virolas. Para esta opción tenemos el conector bicónico o el conector monofibra de tres bolas.

- Fibras monomodo

Las conexiones para fibras monomodos necesitan alineamientos mucho más precisos debido al diámetro más pequeño del núcleo. Se utilizan técnicas similares que para las fibras multimodo con elaboración más esmeradas.

10.4.- ACOPLADORES OPTICOS

Para determinadas estructuras de comunicaciones, implementadas en fibra óptica, es muy interesante poder realizar acoplamiento entre fibras, de modo que se pueda acceder a una misma línea varios transmisores y receptores.

Existe dos tipos de acopladores que permiten realizar dichas estructuras: en T, que a su vez pueden ser de dos tipos, por fusión o por divisores de haz; y en estrella. Las estructuras para fibras multimodo y monomodo son similares si bien las tolerancias de estas últimas son muchísimo menores.

11.- COMUNICACIONES OPTICAS

11.1.- GENERALIDADES

Los sistemas de comunicaciones por fibra óptica utilizan los siguientes elementos:

- Emisor óptico
- Equipos de línea
- Detectores ópticos
- Fibra óptica

EMISORES OPTICOS

Los emisores ópticos se precisan para convertir las señales eléctricas en señales ópticas y actúan como traductores electroópticos en el extremo emisión. Las fuentes ópticas deben cumplir las siguientes propiedades:

- Ser pequeñas
- De bajo consumo
- Capaces de ser moduladas a altas velocidades
- Buena estabilidad con la temperatura
- Alta pureza espectral
- Capaces de generar la mayor potencia posible

Hoy en día se emplean emisores ópticos de semiconductor de dos tipos:

- 1.- Diodos electroluminiscentes (LED)

2.- Láseres

La emisión óptica que radian se obtiene a partir de la inyección de huecos y/o electrones en una unión PN fuertemente polarizada en directo.

Los diodos electroluminiscentes (LED) pueden ser de emisión por superficie y de emisión por esquina. En cuanto a los primeros, restringen la emisión a una pequeñas superficie del chip, pudiéndose hacer el acoplamiento a la fibra más eficiente con ayuda de lentes. Y en los de emisión por esquina, su señal es más direccional por los que las pérdidas por acoplamiento son menores y la anchura espectral de la señal es también menor.

Las características generales de los LED en comunicaciones ópticas puede resumirse según el cuadro siguiente de valores típicos:

Material	GaAIAs	InGaAsP
Aplicación en ventana	1	2 y 3
Potencia media		1 mw
Anchura espectral (nm)	30-50	70-100
Anchura de banda (MHz)		10-100
Potencia acoplada a la fibra (μ w)		10-20
Aplicación con fibra		multimodo
Temperatura de operación		0-60 °C
Tiempo medio de vida (horas)		10^6 - 10^7

Los diodos láser emiten radiación coherente (anchura espectral muy pequeña) y muy directiva (se emite en una dirección determinada). Su estructura es similar a la de un LED aunque requiere una cavidad resonante en la que, bajo determinadas condiciones de corriente de polarización, se produce una oscilación que da lugar a una "amplificación estimulada" y una potencia de salida varias veces superior a los LED.

Los diodos láser dan lugar a unos pocos modos de radiación lo que hace que sean buenos emisores para fibras monomodo. Su velocidad de modulación se ve limitada por:

- Disipación de potencia
- Interferencias entre impulsos sucesivos. A pesar de esto, los láseres tienen un ancho de banda de varios GHz.

Sus características se ven muy afectadas por la temperatura, por lo que para que sus condiciones de salida no varíen se debe:

- Variar la corriente de polarización en función de la temperatura.
- Mantener la temperatura estabilizada.

Las principales características de los diodos láser pueden resumirse en la siguiente tabla:

Material	GaAIAs	InGaAsP
Ventana	1	2 y 3
Anchura espectral (nm)	0,1-4	0,1-6
Potencia media (mw)		5-20
Anchura de banda (GHz)		0,5-2
Aplicación con fibra	multimodo	multimodo modomodo
Estabilidad (nm/°C)	0,25	0,50
Tiempo medio de vida (horas)		10 ⁵ -10 ⁶

Los diodos láser presentan ventajas y desventajas frente a los diodos electroluminiscentes (LED). Son las siguientes:

Ventajas:

- Radiación coherente (poca anchura espectral)
- Radiación muy directa (aplicación en monomodo)
- Mayor ancho de banda (resultado de las dos anteriores)
- Mayor potencia emitida

Desventajas:

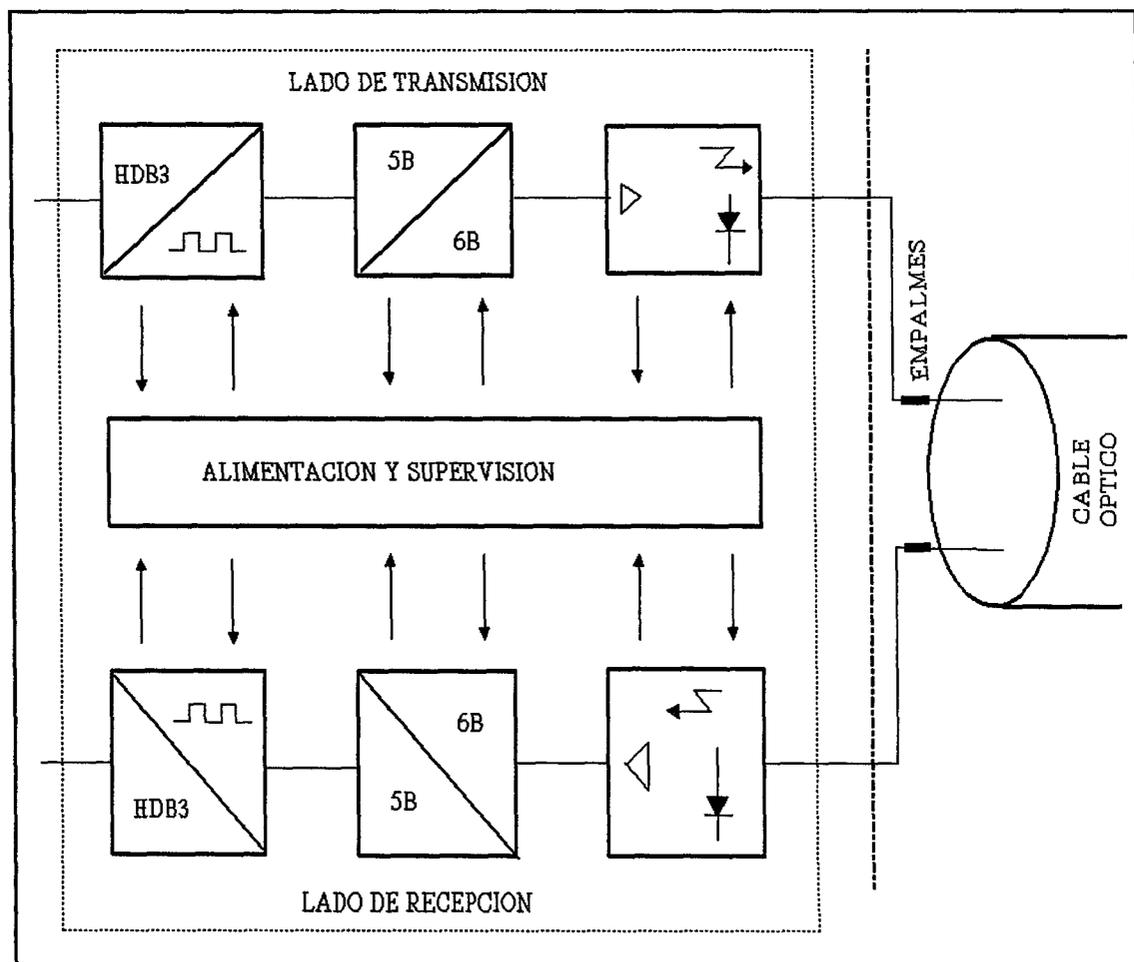
- Menor vida media
- Dependencia del espectro de radiación con la temperatura
- Dependencia del espectro de radiación con la potencia emitida

EQUIPOS DE LINEA [DIBUJO 23]

Bajo el concepto de equipo de línea se engloban los equipos terminales y los repetidores intermedios que se intercalan, si fuera preciso, entre los equipos terminales.

La misión del equipo de línea consiste en transmitir la señal entre los dos extremos de la línea con unos criterios de calidad determinados.

Como funciones auxiliares, los equipos auxiliares han de suministrar la telealimentación a los eventuales repetidores intermedios (si éstos no tienen alimentación local) e incluir un sistema de telesupervisión de los mismos.



DIBUJO 23: EQUIPO TERMINAL DE LINEA

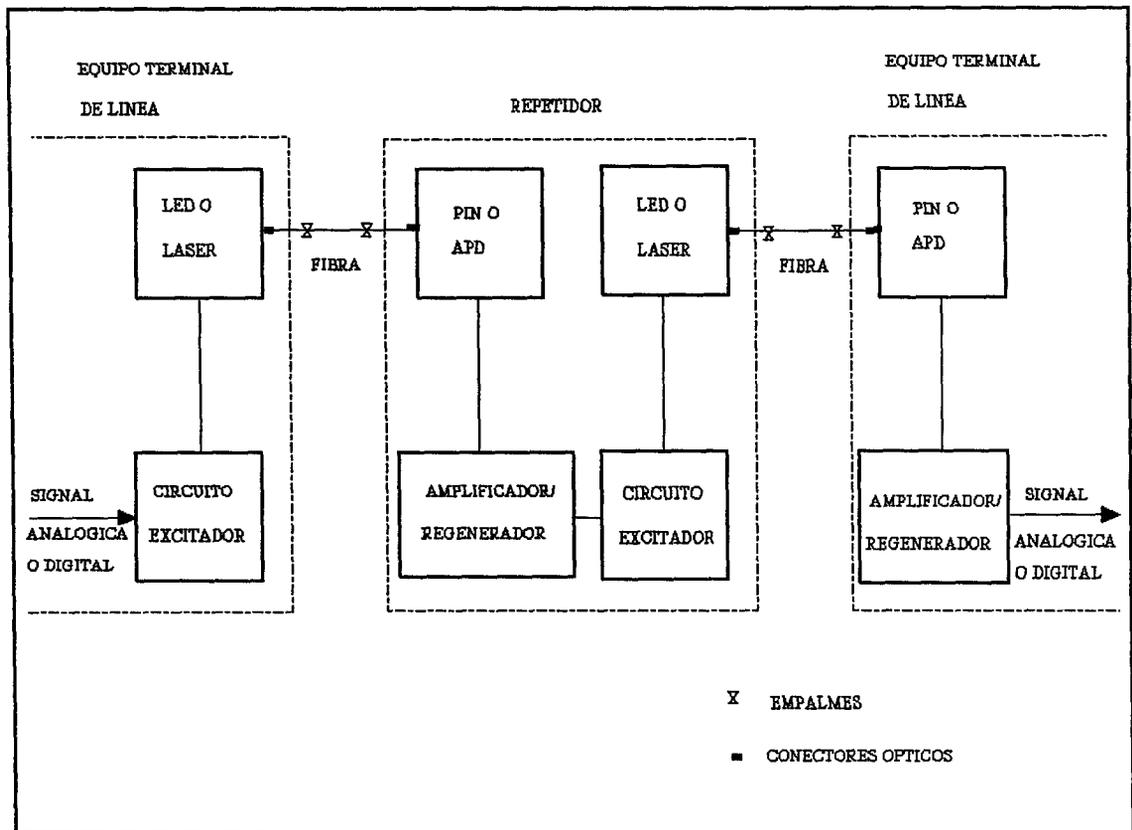
El equipo terminal de línea estará compuesto en el lado de emisión de:

- Decodificador: Convierte el código del multiplex digital (HDB3) en señal binaria.
- Codificador: Convierte la señal binaria al código de línea por fibra óptica.
- Emisor óptico: La señal codificada se convierte en impulsos ópticos al modular la corriente de polarización de un diodo láser o un LED.

En la recepción el equipo estará compuesto de:

- Receptor óptico: compuesto por un fotodetector seguido de un regenerador de la señal eléctrica.
- Decodificador de línea: Contiene circuitos complementarios al codificador. También incorpora circuitos para detectar errores de código.
- Convierte la señal binaria al código del multiplex.

En los repetidores intermedios, los bloques y funciones son muy similares a los de cualquier repetidor para cables metálico excepto las unidades de conversión optoeléctrica (receptora) y electroóptica (emisora). Entre ambas se localiza un regenerador que acondiciona la señal eléctrica [dibujo 24].



DIBUJO 24: DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA DE COMUNICACION POR F.O.

DETECTORES OPTICOS

Los detectores ópticos o fotodetectores consisten en uniones PN polarizadas inversamente que absorben fotones y crean pares electrón/huecos que dan lugar a una corriente en el circuito exterior. Las prestaciones de la unión PN se mejoran incluyendo una capa intermedia o región intrínseca escasamente dopada dando lugar a la estructura PIN. Cuando no hay luz incidente el fotodetector origina una cierta corriente parásita llamada corriente de oscuridad.

En la primera ventana se usan fotodetectores de Silicio y en la segunda y tercera ventanas presenta mejores rendimientos los de Germanio.

De acuerdo con la tensión inversa de polarización y la amplificación que consiguen, los detectores ópticos se dividen en:

- Fotodiodos PIN
- Fotodiodos de avalancha (APD)

En los primeros no se consigue amplificación (un electrón por cada fotón) y presentan baja corriente de oscuridad. Los segundos presentan un proceso de avalancha (ganancia mayor que la unidad) cuando se polarizan con una tensión inversa cercana a la de ruptura, pero presentan por ese motivo una mayor corriente de oscuridad que será más grande cuando más nos acerquemos a la ruptura.

Los fotodiodos de ganancia unidad pueden alcanzar sensibilidades parecidas a los de avalancha si son seguidos de un amplificador de bajo ruido, constituyendo los receptores PIN-FET que tienen ventajas adicionales como:

- Baja tensión de alimentación.
- Sencilla circuitería de control.
- Baja dependencia de sus prestaciones con la temperatura.

FIBRA OPTICA

La fibra óptica no es un conductor de luz, sino una "guía de luz". Por lo tanto, la energía luminosa que se propaga está condicionada por la geometría y naturaleza del

medio en que se encuentra.

La materia prima utilizada en su fabricación es básicamente sílice (SiO_2) aunque puede utilizarse también otros medios materiales transparentes.

La fibra está formada por un cilindro de vidrio (núcleo) rodeado en forma coaxial de otro cilindro de vidrio (revestimiento) y finalmente rodeando al conjunto dos camisa opacas absorbentes de la luz para evitar las fugas (recubrimiento). También es característica común de los distintos tipos de fibras que el núcleo tengan un índice de refracción ligeramente superior al del revestimiento.

Las fibras ópticas se dividen en dos tipos según el número de modos de propagación que admiten:

- Multimodo
- Monomodo

Las fibras multimodo presentan varios modos de propagación por lo que el conjunto de señales que penetran a la vez en la fibra se recogerán en el extremo receptor dispersas en el tiempo. Estas fibras pueden dividirse a su vez en :

- De salto de índice o índice en escalón, en las que los índices de refracción tiene un valor constante y distinto para el núcleo y el revestimiento.

- De índice gradual, en las que el índice de refracción del núcleo no es constante sino que va decreciendo presentando su máximo en el eje de la fibra, consiguiéndose que los distintos modos presentes una dispersión más pequeña que en la de salto de índice.

El diámetro del núcleo de las fibras multimodo es del orden de 50μ , siendo de unos 125μ para el revestimiento.

Las fibras monomodo permiten la propagación de un solo modo fundamental siendo el diámetro de su núcleo del orden de 5 a 10μ . Por lo tanto, este tipo de fibra presentará una dispersión a su salida mucho menor que la multimodo y, por consiguiente, su transmisión se realiza con mayor calidad.

Las señales luminosas que circulan por la fibra, llevan modulada la información a transmitir y puede atenuarse a lo largo de su recorrido a través de la fibra debido, fundamentalmente, a los fenómenos de absorción y de esparcimiento o dispersión de las ondas.

Habida cuenta de que un enlace óptico se materializa siempre que exista un generador de luz en una zona espectral adecuada, de manera que el portador (fibra) presente su máxima transparencia y el fotodetector su máxima sensibilidad, las zonas espectrales de trabajo en las que se centran los desarrollos actuales y futuros son los correspondientes al infrarrojo próximo (entre $0,7$ y 10μ). Dichas zonas, denominadas "ventanas", sitúan espectralmente

las energías luminosas que hoy son posibles generar, transmitir y detectar con máximas garantías de vida media, operatividad y fiabilidad.

Las ventanas son por lo tanto, zonas en las que la característica atenuación-frecuencia en las fibras presenta valores mínimos. Estas zonas son las siguientes:

- 1ª ventana : Entre 800 y 900 nm.
- 2ª ventana : Entre 1270 y 1325 nm.
- 3ª ventana : Entre 1500 y 1600 nm.
- Otras ventanas : Entre 2000 y 5000 nm.
Entre 5000 y 10000 nm.

A medida que utilizamos ventanas de mayor longitud de onda, la atenuación disminuye pero aumenta la dificultad en el desarrollo de componentes que actúen de manera satisfactoria en esas zonas.

Teniendo en cuenta que en un caso general vamos a tener en la fibra una serie de modos de propagación y varias longitudes de onda, la señal llegará con una distorsión de retardo entre las distintas señales. Tal efecto que es función de la longitud de la fibra permite introducir un parámetro característico de la misma, "la dispersión temporal".

De acuerdo con este concepto un impulso de luz se ensanchará a lo largo de la propagación, de modo que este

ensanchamiento o dispersión nos medirá la capacidad en bit/s que se puede transmitir por la misma.

La dispersión total viene determinada por tres componentes:

- Dispersión modal o dispersión intermodal, que es la distorsión resultante de la propagación de modos que recorren trayectorias distintas y que presentan, por lo tanto, diferentes tiempos de propagación.
- Dispersión cromática, función de las distintas longitudes de onda que se propagan y que se pueden subdividir en dos: Dispersión debida al material y dispersión debida al guíaondas.

Las dispersiones modales y cromáticas debido al material son las que determinan en la práctica la anchura de las fibras multimodo. En las monomodos no interviene la primera ya que se propaga básicamente un modo fundamental, por lo que su anchura de banda viene condicionada por la dispersión cromática en sus dos variantes.

Las fibras ópticas tienen innumerables ventajas sobre los portadores metálicos: las señales luminosas sufren menos atenuaciones, son completamente inmune a interferencias e inducciones y son difícilmente interceptables. Los cables son más ligeros, flexibles y manejables que los convencionales, y la fibras no se corroen. Además, y es sin duda lo más destacable, las fibras ópticas son idóneas para

transmitir señales digitales, permiten transportar una elevadísima cantidad de información y su coste es cada vez más reducido.

A medio plazo aparecerán nuevas fibras con dispersión mínima. A más largo plazo se utilizarán fibras construidas con nuevos materiales, que tendrán atenuaciones teóricas comprendidas entre 10^{-1} y 10^{-4} dB/km.

11.2.- SISTEMA DE TRANSMISION OPTICA CON DETECCION DIRECTA

Los sistemas de detección directa son los empleados en la actualidad en la mayor parte de los sistemas basados en la fibra óptica.

Los dispositivos utilizados en el transmisor son láseres del tipo Fabry-Perot o DFB (de realimentación distribuida). Estos últimos se emplean para velocidades mayores.

Los receptores ópticos están constituidos por un diodo fotodetector (de tipo PIN o APD) seguido de un amplificador regenerador de bajo ruido. La alta fiabilidad y el gran ancho de banda de los diodos PIN hace que éstos sean los dispositivos más empleados.

Estos sistemas utilizan en la actualidad las ventanas de 1300 y 1550 nm, donde la atenuación es de algunas décimas de decibelio por kilómetro. Esto permite situar los

repetidores a distancias de varias decenas de kilómetros.

En el futuro la tendencia es incorporar la fibra también en la red de distribución llegando hasta los terminales de los usuarios.

La velocidad en los sistemas de detección directa, ha ido creciendo en los últimos años hasta 2,4 Gbit/s. La velocidad máxima actualmente está limitada por los dispositivos electrónicos que se utilizan en el transmisor y receptor que por los dispositivos optoelectrónicos. En el futuro, la velocidad de estos sistemas podría aumentar hasta un orden de magnitud.

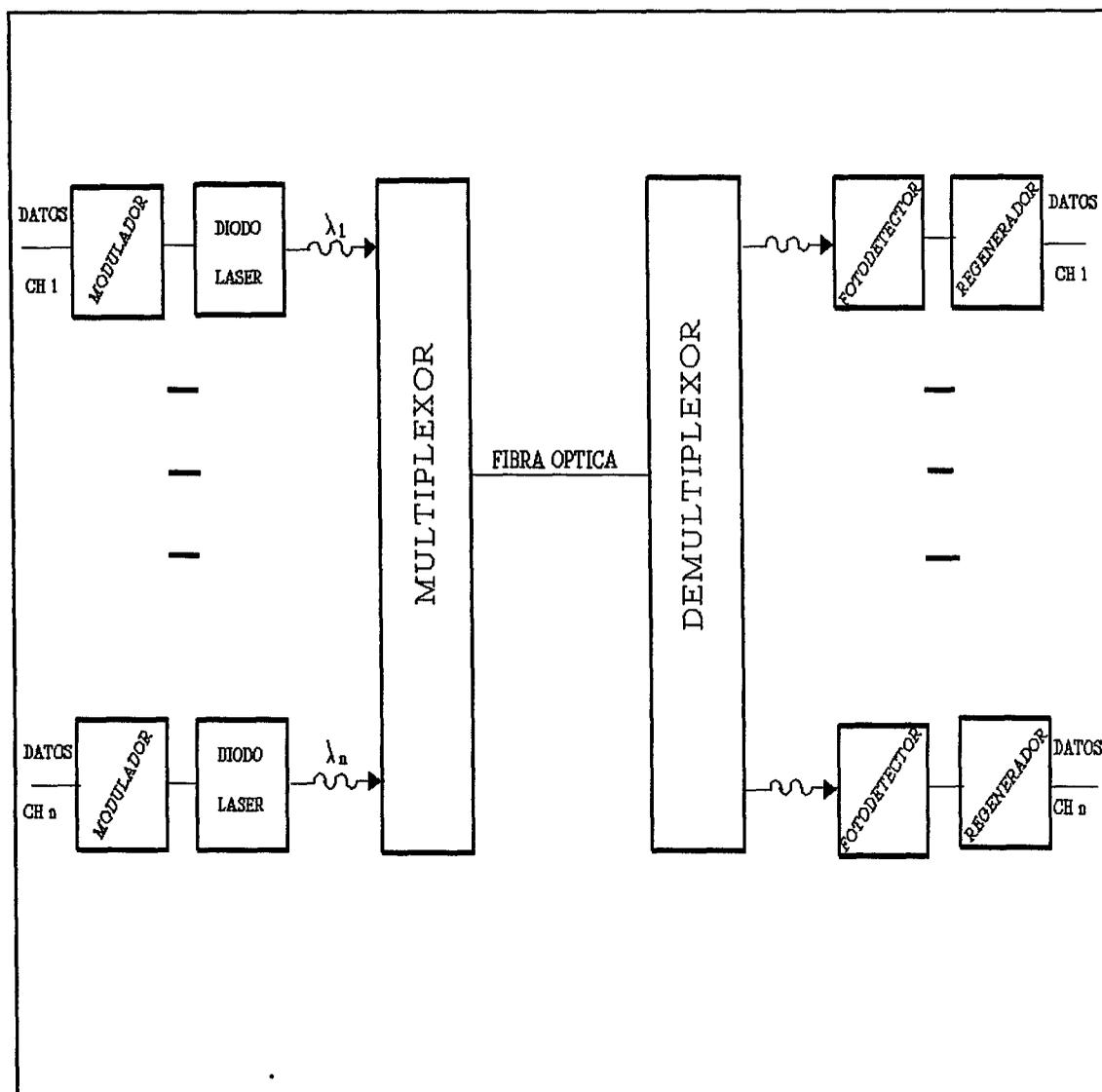
11.3.- SISTEMA DE TRANSMISION OPTICA DE VARIOS PORTADORES CON DETECCION DIRECTA

Una forma de aumentar la capacidad de transmisión consiste en emplear varias portadoras ópticas de frecuencias diferentes en la misma fibra. Esta técnica se conoce con el nombre de multiplexación por división en longitud de onda. En el dibujo 25 vemos un diagrama de bloques de un sistema de este tipo.

Los transmisores deben emplear láseres de tipo DFB o DBR que utilizan redes de difracción para obtener una emisión de luz con baja anchura espectral.

Están comenzando a aparecer como prototipos de

investigación láseres DBR realizados en InGaAsP cuya longitud de onda es sintonizable eléctricamente. Estos dispositivos permiten seleccionar con gran precisión la longitud de onda de funcionamiento, por lo que serán de gran utilidad en estos sistemas.



DIBUJO 25: SISTEMA DE TX OPTICA DE VARIAS PORTADORAS

Los receptores ópticos son similares a los utilizados en los sistemas de detección directa de una sola portadora pero van precedidos de un dispositivo que filtra la señal

óptica y envía al fotodetector sólo una de las portadoras ópticas. Este dispositivo es el en la actualidad limita principalmente el número máximo de portadoras ópticas que se pueden utilizar debido a las limitaciones para realizar filtros de banda muy estrecha. Los filtros basados en guíaondas realizadas sobre dióxido de silicio parecen muy prometedores.

A más largo plazo otra tecnología muy prometedora para la realización de estos sistemas se basa en la utilización de circuitos integrados ópticos sobre fosforo de indio que incluirían en un sólo chip todos los dispositivos ópticos necesarios en los transmisores y los receptores.

La utilización comercial de los sistemas de varias portadoras con detección directa es todavía muy limitada. Existen sistemas que utilizan dos portadoras de 1300 y 1550 nm en la misma fibra. A corto plazo es de esperar que aparezcan sistemas que utilicen hasta 10 portadoras en la ventana de 1300 nm, y más adelante este número podría ampliarse a 100.

11.4.- SISTEMA DE TRANSMISION COHERENTE

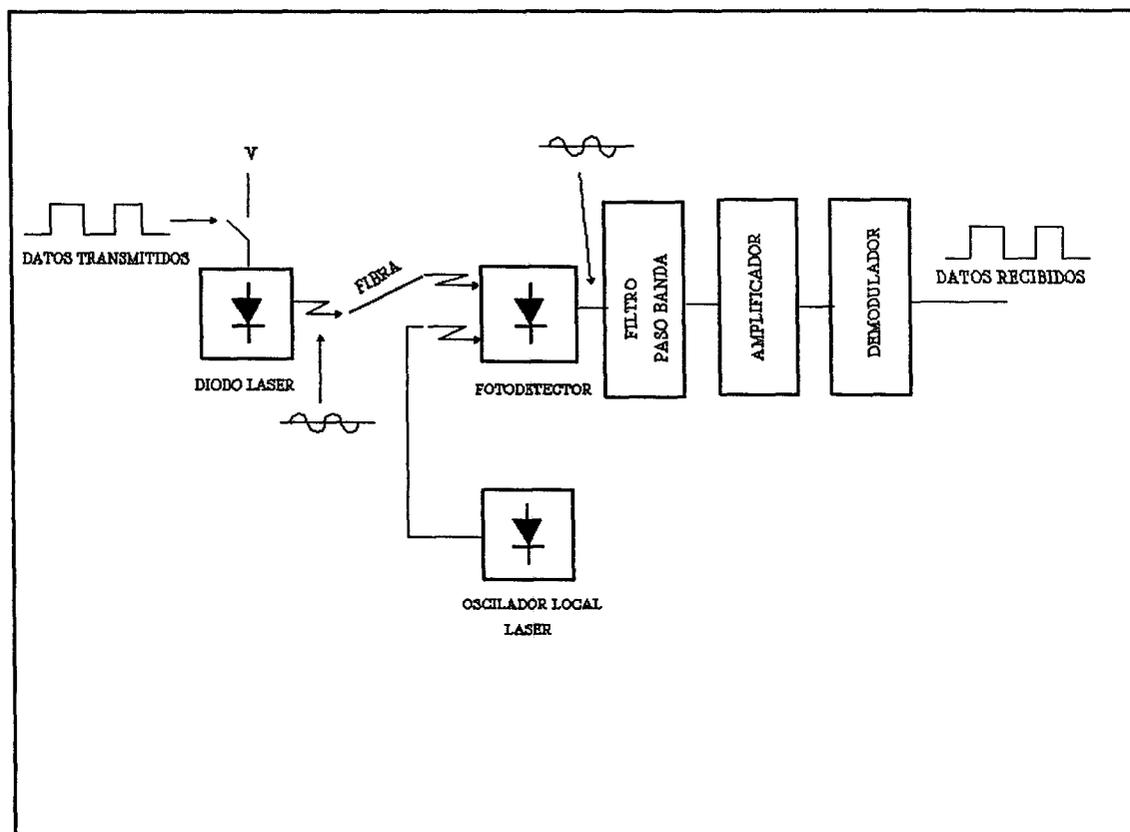
Un procedimiento para hacer mejor uso del ancho de banda ofrecido por la fibra es utilizar sistemas de transmisión óptica coherentes. Estos se basan en el hecho de que la luz láser es una onda electromagnética y como tal se puede modular en amplitud, fase o frecuencia, y desmodular en un receptor heterodino sintonizable. Estos sistemas

presentan dos grandes ventajas con relación a los anteriores:

- Permiten canalización óptica de alta densidad.
- Los receptores de sistemas coherentes son entre 10 y 15 dB más sensibles que los de detección directa.

El principal problema que presentan es el alto grado de sofisticación que precisan los dispositivos optoelectrónicos que requieren.

En el dibujo 26 se muestra el esquema básico de un receptor heterodino.



DIBUJO 26

A la señal óptica recibida se le suma otra procedente

de un láser y se llevan ambas a un fotodetector. El fotodetector tiene una respuesta cuadrática que contiene componentes de frecuencia proporcional a la diferencia de frecuencia entre las dos señales. Esto hace que se produzca un desplazamiento del espectro de las señales ópticas recibidas igual a la frecuencia del láser del receptor (el oscilador local).

Ajustando adecuadamente su frecuencia, las señales ópticas se convierten en señales de microondas y, a continuación, se pueden desmodular empleando técnicas de radio convencionales obteniendo alta selectividad y sensibilidad.

La realización práctica de un receptor óptico heterodino es muy compleja comparada con los receptores ópticos para detección directa.

Los transmisores ópticos para sistemas coherentes deben ser sintonizables en longitud de onda, tener una anchura de espectral muy baja y admitir el tipo de modulación que se emplee en el sistema (frecuencia, generalmente).

En la actualidad, se han realizado numerosos experimentos de laboratorio en los que se ha demostrado la viabilidad técnica de las transmisiones de tipo coherente. No obstante la utilización de estas técnicas de transmisión requieren el desarrollo de nuevos dispositivos

optoelectrónicos.

11.5.- SISTEMA CON AMPLIFICACION OPTICA

Los sistemas de transmisión óptica empleados en la actualidad utilizan repetidores cuando las distancias entre transmisor y receptor superan algunas decenas de kilómetros para compensar las atenuaciones que se producen en las fibras ópticas.

Estos repetidores constan de un receptor óptico que convierte la señal óptica en eléctrica. La señal es amplificada y regenerada eléctricamente y se transmite, nuevamente, por medio de otro transmisor.

Los repetidores basados en amplificadores ópticos no realizan conversiones eléctricas y amplifican directamente las señales ópticas. Esto presenta notables ventajas:

- La amplificación es independiente de la velocidad de las señales.
- Se pueden amplificar señales compuestas por un gran número de portadoras de forma más sencilla.
- Se pueden realizar cambios en los equipos de transmisión terminales (velocidades, número de portadoras, etc) sin modificar todo el sistema de repetidores.

Para la realización de estos repetidores, las dos tecnologías que parecen más prometedoras son las basadas en fibras dopadas con erbio y en circuitos integrados de

fusfuro de indio. La primera se basa en bombardear con un láser de semiconductor una fibra dopada con objeto de conseguir amplificación por efecto láser de las señales ópticas que se propaga por la fibra. Este tipo de amplificadores se espera que este disponible en un plazo bastante breve. Las primeras aplicaciones que se tendrán se hallan en los cables submarinos de fibra óptica y en los sistemas de distribución de señales de televisión.

Los amplificadores con semiconductores aún se hallan en una fase de menor desarrollo. Se basan en la utilización de guíaondas realizadas sobre fosfuro de indio que tienen ganancia óptica gracias a mecanismos similares a los utilizados en láseres de semiconductores. Su principal problema es lograr buena estabilidad y ganancia independiente de la polarización de la luz. Su ventaja es que son mucho más compactos y sencillos que los amplificadores de fibra y, además, se pueden incorporar en circuitos integrados para formar parte de sistemas más complejos.

12.- ESTADO DE LAS COMUNICACIONES OPTICAS EN LAS REDES PUBLICAS DE COMUNICACION

12.1.- ENLACE TERRESTRE DE LARGA DISTANCIA Y/O CAPACIDAD

Los primeros sistemas comerciales aparecieron a principio de los años 80. Se orientaban hacia enlaces entre centrales telefónicas, dentro de una misma ciudad o entre ciudades relativamente próximas. Trabajaban en longitudes de onda entre 850 y 920 nm con fibras multimodo y fotodetectores de Silicio, alcanzaban separaciones entre repetidores de 5-10 km, velocidades de 8-140 Mbit/s en Europa, 6-90 Mbit/s en Norte América y 6-100 Mbit/ en Japón. Estos sistemas eran adecuados para algunas aplicaciones, pero las limitaciones de anchura de banda de las fibras multimodo, unido al hecho de que las fibras de silicio presentaban menores atenuaciones en las regiones de 1300 y 150 nm, motivó un giro hacia las fibra monomodo.

La segunda generación de sistemas comerciales apareció alrededor de 1984. Estos sistemas trabajaban en 1300 nm sobre fibras monomodo. La velocidades de transmisión oscilaban entre 100-600 Mbit/s con distancias de repetición de 25-30 km.

Los sistemas instalados actualmente en la red de larga distancia, utilizan velocidades de 400-565 Mbit/s con distancia de regeneración de 30-50 km. Estas rutas podrán, más adelante, adaptarse a velocidades superiores (por

ejemplo: 1,7 ó 2,4 Gbit/s) manteniendo la misma separación entre regeneradores. Los sistemas actuales operan sobre fibra monomodo optimizada en dispersión para 1300 nm, y utilizan láseres multimodo-longitudinales. Para adaptar estas rutas a velocidades del orden de los Gbit/s será preciso utilizar láseres de espectro estrecho, tipo DFB (monomodo-longitudinales), y/o pasar a utilizar las fibras en la región de 1550 nm.

12.2.- ENLACES SUBMARINOS

Los primeros cables submarinos transoceánicos, para uso comercial por fibra óptica fueron el TAT-8, entre Norte de América y Europa, y los HAW-4 y TPC-3 en el océano Pacífico, y entraron en servicio en 1988. Sus características son:

- Utilizan fibra monomodo en la región de 1300 nm.
- Las pérdidas por km son de 0,4-0,5 dB, permitiendo separaciones de unos 50 km entre regeneradores a velocidades de 280 Mbit/s.
- EL objetivo de vida de los sistemas es de 25 años.
- Los cables utilizan 6 fibra: dos de reserva (para conmutar el tráfico a éstas en caso de rotura de alguna de las otras cuatro), y cuatro activas, lo cual permite ofrecer unos 7.650 canales de 64 Kbit/s. Usando procedimientos de

multiplexación que aprovechan los intervalos no activos de las conversaciones es posible que estos cables soporten del orden de 40.000 circuitos telefónicos transocéanicos.

- Divisores-repetidores submarinos: posibilitan bifurcar en alta mar, un cable hacia dos puntos de amarre distintos. Esto no era posible hacerlo en los cables submarinos convencionales (metálicos).

- Conmutación óptica en los repetidores, para asegurar la continuidad del servicio ante el fallo de algún elemento clave (láser, por ejemplo) y/o rotura de fibra.

- Calidad, en términos de tasa de error, dos órdenes de magnitud mejor de la necesaria según los requerimientos de la Recomendación G.821 del CCITT (Comité Consultivo Internacional Telefónico y Telegráfico).

A diferencia de los enlaces terrestres interurbanos, en los cables submarinos, por motivos económicos y técnicos, es preferible aumentar más y más la separación entre repetidores; por contra, hay evidencia que respalda la no conveniencia de operar a velocidades superiores a 1 Gbit/s, aproximadamente. De hecho, ninguno de los cables operativos antes de 1993 trabajaba por encima de 565 Mbit/s.

Las opciones tecnológicas para los cables submarinos de las siguientes generación (operativos en 1992) son agrupables en dos categorías:

- Aquellas que emplean fibras optimizadas en atenuación, y trabajando en 1550 nm, pero cuya dispersión cromática (anchura de banda) está optimizada en 1300 nm. Estos sistemas precisarán láseres de espectro estrecho o bien transmitir a baja velocidad, no superior a 2x140 Mbit/s.

- Sistemas trabajando sobre fibras con dispersión mínima en 1550 nm (denominadas fibras con dispersión desplazada). En estos casos podrán usarse láseres multilongitudinales.

Con ambas opciones, el objetivo es alcanzar distancias de repetición no inferiores a 100-150 km, con velocidades de transmisión inferiores a 1 Gbit/s (típicamente $4 \times 140 = 565$ Mbit/s).

12.3.- ENLACES URBANOS, RURALES Y ABONADOS DE NEGOCIOS

Las fibras multimodo son capaces de soportar sistemas de 140 Mbit/s con distancias de repetición de hasta 20 km, suficiente para no precisar el empleo de repetidores en estas aplicaciones. No obstante, una vez solventado el problema de los empalmes de fibras monomodo, existe razones que justifican el uso de fibras monomodos, incluso para sistemas operando a 2 Mbit/s:

- Uniformidad del tipo de fibra en todos los segmentos de la red, con la consiguiente uniformidad de capacidad en toda la red.

- Reducción de los costes del cables (a igualdad de volumen de producción la fibra monomodo es menos costosa que la multimodo), y reducción de instrumental de medida.
- Capacidad de información casi ilimitada, para futuras necesidades de tráfico o reconfiguración de la red.

En algunas aplicaciones cubiertas en este apartado, particularmente aquellas que requieren transmisiones a 140 Mbit/s, o inferiores, es factible utilizar equipos de menor coste que su equivalente para red interurbana.

Algunas de las opciones que facilitan el rentabilizar la fibra monomodo incluso para bajas-medias velocidad, puede consistir en:

- Emplear transmisores y receptores ópticos trabajando en el margen de 820-950 nm.
- Utilizar láseres de bajo coste, trabajando en 1300 nm.
- Utilizar receptores ópticos de menor sensibilidad, en 6 u 8 dB, que su equivalentes para la red de larga distancia.

Otro avance en la reducción de costes lo ha posibilitado la integración del transistor óptico con el multiplex eléctrico asociado (y su equivalente en el lado recepción), esta solución se emplea cada vez con mayor frecuencia.

13.- DEFICIENCIAS TECNOLOGICAS DE LOS SISTEMAS ACTUALES: NUEVAS NECESIDADES

Es indudable que los actuales sistemas de transmisión por fibra óptica representan un avance, técnico y económico, respecto a sus predecesores sobre portador metálico, especialmente para el transporte de información en las redes de larga distancia y, y cada vez de modo más creciente, en aplicaciones de enlaces urbanos, interurbanos, rurales y también para usuarios de negocios. No obstante, en su concepción actual, los sistemas de transmisión nos son plenamente satisfactorios desde varios puntos de vista:

- Compatibilidad transversal entre equipo de fabricantes distintos. Es decir, que el transmisor de un fabricante A pueda entenderse con el receptor de un fabricante B.
- Disponibilidad de los enlaces, debiéndose aumentar dicha disponibilidad así como agilizar las funciones de reencaminamiento de los mismos.
- Interfaces de operaciones. Se precisa mejorar la productividad y la fiabilidad en las operaciones de conservación y en las tareas de gestión de circuitos.
- Coste globales de transporte, debiéndose bajar los mismos, de modo particular en las redes urbanas y metropolitanas.

14.- TENDENCIAS EN SISTEMAS Y REDES DE TRANSMISION POR FIBRA OPTICA

14.1.- FIABILIDAD DE LOS ELEMENTOS Y DISPONIBILIDAD DE LA RED

Los gastos que implican las averías en las redes de telecomunicaciones pueden oscilar entre 20% y 30% de los costes materiales de la planta. Las principales compañías de telecomunicaciones están implicadas en grandes programas de renovación que incluyen multiplicidad de cables y sistemas de comunicaciones ópticas. Por ello es razonable la creciente importancia que para estas compañías tienen todos los aspectos relacionados con la fiabilidad.

De modo particular ésto se aplica a las redes de comunicaciones ópticas, por su impacto en la estructura física y lógica de las redes de telecomunicación. Es preciso establecer objetivos de disponibilidad que garanticen la calidad de los futuros servicios así como objetivos de fiabilidad, para que los nuevos elementos de transmisión no degraden la disponibilidad del servicio telefónico y otros servicios actuales o futuros.

La importancia de la fiabilidad de los elementos y sistemas de transmisión por fibra óptica se fundamenta en tres razones:

- Cuanto mayor es el tráfico que soporta los sistemas de

transmisión mayor es el riesgo económico asociado a una interrupción del servicio. Esto es particularmente relevante en los sistemas por fibra óptica, ya que transportarán velocidades del orden de Gbit/s (decenas de miles de conversaciones telefónicas) por una única fibra. Los láseres son elementos más críticos en la fiabilidad de los sistemas de transmisión por fibra óptica.

- Los gastos económicos asociados a las averías (sin contar los ingresos perdidos por no ofrecer servicio) rondan el 30% del coste material de los equipos en planta. Estos gastos incluyen cuatro factores:

- Localización de la avería.
- Reparación de la avería y restablecimiento del servicio.
- Embalajes, transporte y seguros.
- Actualización y mantenimiento de los repuestos.

- El fuerte ritmo de las instalaciones en sistemas por fibra óptica. En particular el crecimiento europeo de la industria de las telecomunicaciones es del 12% por año, mientras que el crecimiento en el sector de las comunicaciones ópticas es del 19% por año.

Telefónica está trabajando en esta materia, así como para facilitar y orientar el trabajo de los fabricantes de equipos, y las tareas de conversión y seguimiento de los equipos en planta.

14.2.- TRANSMISIONES OPTICAS SINCRONAS

Los interfaces ópticos síncronos constituyen la base de las futuras redes de transmisión. Se trata de un concepto avanzado que responde a las tendencias tecnológicas y, lo que es menos importante, se adapta a las tendencias en nuevos servicios y facilidades que demanda el mercado de telecomunicación. Al mismo tiempo, las compañías que ofrecen servicios de telecomunicación ven en las redes ópticas síncronas no sólo la oportunidad de satisfacer mejor las necesidades del mercado sino que, además (y esto es muy importante para empresas de telecomunicación que, al igual que Telefónica, están abordando un ambicioso programa para modernizar - digitalizar - la red de transporte), las redes síncronas ópticas posibilitan sustanciales ahorros: en costes iniciales y en costes de operación.

Las transmisiones síncronas ópticas se construyen a partir de una nueva jerarquía de señales ópticas, formadas al agrupar de modo síncrono varios afluentes o señales tributarias. Este concepto ofrece dos funcionalidades esenciales:

- Posibilita la observabilidad directa a nivel de terminación de canal, es decir, se le puede "seguir la pista" a un canal de 2 Mbit/s, por ejemplo, entre los interfaces extremos de canal. Además, se puede monitorizar sus parámetros de calidad, controlar su encaminamiento, etc.

- A reducir (por un factor de tres, aproximadamente) los costes de multiplexación/demultiplexación, es factible el acceso a un canal de baja velocidad y a bajos coste. Se evitan así las onerosas y complejas cadenas de multiplexación y demultiplexación al intentar acceder a un determinado canal que es transportado por sistemas de transmisión que acaban o van de paso por una determinada central.

Entre las ventajas técnicas y económicas de los sistemas ópticos síncronos, se incluyen:

- Menores costes en los equipos y operaciones de multiplexación y demultiplexación.
- Mayor fiabilidad y una utilización más eficiente de los equipos de transmisión.
- La compatibilidad transversal, entre equipos de fabricantes distintos implica menores gastos en repuestos y permiten aprovechar las innovaciones tecnológicas en equipos de transmisión.

Entre las ventajas relacionadas con la operación de los sistemas y la prestación de mejores servicios podemos destacar:

- Notable flexibilidad en la reconfigurabilidad de la red: rencaminamiento de tráfico ante avería, o variaciones

imprevistas en la demanda de tráfico.

- Administración de los circuitos y gestión automática de las averías.
- Gestión de la anchura de banda.

14.3.- SISTEMAS DE ALTA VELOCIDAD PARA LA RED DE TRANSPORTE

Los sistemas a 2,4 Gbit/s sobre cables de fibra óptica están operativos en la red telefónica desde 1991.

Estos sistemas de transmisión requieren avances tecnológicos muy sustanciales frente a los de 565 Mbit/s. Las novedades que requieren los sistemas a 2,4 Gbit/s incluyen:

- Circuitos integrados con anchura inferiores a 1 micra.
- Láseres dinámicos de espectro estrecho (tipo DFB), con anchuras de banda superiores a 5 GHz.
- Moduladores externos de Niobato de litio.
- Circuitos de Arseniuro de Galio trabajando a varios Gbit/s.

La justificación de estos sistemas se basa en que:

- El aumento de la velocidad de transmisión contribuye a reducir el coste del transporte de información.
- La velocidad de 2,4 Gbit/s es la más idónea (frente a la de 1,2 Gbit/s por ejemplo), pues posibilita la mayor reducción de coste/canal dentro de las posibilidades

tecnológicas que permiten los avances indicados anteriormente. Sistemas que trabajen a velocidades por encima de los 2-3 Gbit/s exigen ulteriores avances técnicos.

- Al aumentar la velocidad de transmisión se logra, además, no agotar el número de fibras del cables. Esto es muy importante ya que la instalación de un nuevo cable es muy costosa en tiempo y recursos económicos.

La exigencia indispensable de los sistemas a 2,4 Gbit/s (y de otros sistemas futuros de mayor velocidad), es que sean compatibles con la red ya existente. Esta compatibilidad debe, al menos, contemplar tres aspectos:

- Compatibilidad de regeneración. Esto exige que soporten un distanciamiento entre regeneradores no inferior a 40 km, para ser compatibles con los sistemas que operan a 140 y 565 Mbit/s.
- Compatibilidad con la fibra monomodo ya instalada. Esto exige que puedan trabajar con fibras monomodos cuya dispersión mínima esté alrededor de 1300 nm. Ello no significa que los sistemas a 2,4 Gbit/s deban trabajar obligatoriamente en la zona de 1300 nm, pueden trabajar alrededor de 1550 nm pero con las fibras antes mencionadas.
- Compatibilidad/disponibilidad. Al multiplicarse por cuatro (frente a los sistemas de 565 Mbit/s) el número de canales por fibra, es indispensable dotar a los sistemas a 2,4

Gbit/s de otros sistemas redundantes. De lo contrario sería imposible alcanzar los objetivos de disponibilidad.

Para facilitar la compatibilidad, es importante que cuando se instala un cable nuevo se hagan medidas para verificar que trabajará adecuadamente a 1550 nm, aunque inicialmente sólo esté previsto utilizarlo a 1300 nm. Más tarde o más temprano acabará usándose también con sistemas que trabajen a 1550 nm.

15.- OPTICA INTEGRADA

Para aprovechar toda la potencialidad de los sistemas de fibra óptica, es necesario avanzar en el desarrollo de la óptica integrada o conjunto de técnicas destinadas a la fabricación de los circuitos integrados ópticos.

Los circuitos integrados ópticos (CIO) pueden ser realizados sobre sustratos de vidrio o plástico (tecnología de dieléctricos), los cuales no tienen capacidad de controlar ni de generar la luz. Los CIO más importantes son realizados sobre los siguientes tipos de sustratos:

- Sustratos de materiales electroópticos tales como el Niobato de Litio (NbO_3Li) y el Titanato de Bario (Ba TiO_3), los cuales únicamente poseen la capacidad de controlar las señales ópticas. Por sus excelentes propiedades piezo y electroópticas, su fiabilidad y la sencillez de su tecnología, el primero de ellos (NbO_3Li) es el más utilizado en la actualidad.

- Sustratos de compuestos III y V, tales como el Arseniuro de Galio (AsGa) o el fosfuro de Indio (PIn), los cuales tienen la capacidad de generar y/o detectar la luz, lo que permite integrar componentes, tanto activos como pasivos, sobre el mismo sustrato.

Con el uso de los CIO sobre sustratos de compuesto III y V (también llamados circuitos integrados optoelectrónicos)

resulta muy difícil obtener y optimizar todas las funciones (generación, detección de luz, encaminado, filtrado, control de la polarización) sobre un único sustrato, sin embargo, algunas funciones pueden ser optimizadas con circuitos integrados ópticos sobre sustratos electroópticos por lo que la tendencia apunta a que en el futuro se dé una armoniosa complementariedad entre ambos tipos de CIO.

16.- ACTIVIDADES DE TELEFONICA INVESTIGACION Y DESARROLLO

Las actividades de Telefónica en fotónica se llevan a cabo a través de Telefónica Investigación y Desarrollo y se centran, fundamentalmente, en el desarrollo de dispositivos optoelectrónicos.

Así, a corto y medio plazo, se realizarán:

- Dispositivos ópticos pasivos, que se aplicarán a corto plazo en sistemas de transmisión (se realizarán con tecnología de dieléctricos).

- Circuitos integrados ópticos sobre sustratos de Niobato de Litio, que se aplicarán a corto plazo en sistemas de transmisión coherente.

- Circuitos integrados ópticos sobre sustrato de Fofuro de Indio, que se aplicarán a medio plazo en sistemas de transmisión coherente para el bucle de abonado.

PRACTICA DE EQUIPADO T9 DE ALCATEL

[APENDICE 2]

1.- PRACTICA DE EQUIPADO T9

1.1.- INTRODUCCION

En los siguientes apartados se describe la práctica mecánica T9 de forma general. T9 es la práctica de equipo común en la que Alcatel Standard Electrica S.A. basa la construcción e instalación de la nueva generación de productos de transmisión por Línea, Multiplexación y Supervisión de Redes.

Para designa genéricamente cada parte del equipo se emplean las siguientes siglas:

MCT	Para conjuntos
MUT	Para unidades
MAT	Para armazones
MBT	Para bastidores

El orden de equipado de unidades se realiza desde la parte izquierda del armazón. El de armazones en columnas se considera sucesivo a partir del espacio inferior.

Todos los componentes electrónicos se montan sobre tarjetas de circuito impreso en cada unidad funcional.

1.2.- CARACTERISTICAS PRINCIPALES

- T9 proporciona la infraestructura física que permite la

fácil integración, instalación y cableado de diversas funciones eléctricas, dotándolas de los elementos necesarios para facilitar su supervisión, operación y mantenimiento.

- T9 proporciona una gran flexibilidad a la instalación aportando diferentes alternativas de configuración en la distribución en planta de estación, incluida la posibilidad de reubicación. También permite, en muchos casos, la redistribución de su equipo interno.
- T9 satisface normas internacionales IEC.

1.3.- ARQUITECTURA

La arquitectura consta de cuatro niveles con los siguientes elementos normalizados:

- Módulo de instalación con facilidades para cableado de estación.
- Estructura de bastidor que incorpora el cableado común de los productos.
- Estructura de armazón que incorpora la placa de circuito impreso.

Los elementos indicados están modularizados proporcionando así la necesaria flexibilidad a la

arquitectura del producto y a la instalación del equipo.

Existen dos versión de armazones y de unidades, que satisfacen los requisitos de compatibilidad electromagnética.

- La versión de cableado frontal para productos de baja velocidad, proporciona el conexionado flexible por medio de cables multipares de alta densidad que se conectan directamente en el frontal de la unidad. Cada producto tiene su propio convertidor de alimentación. El apantallamiento se realiza por medio del módulo de instalación.

- Los productos de alta velocidad utilizan la versión de cableado posterior en la que el armazón apantalla a las unidades y a sus interconexiones. Los bastidores disponen de barras de distribución de energía (bus-bar), apantalladas y de un conector por cada posición de armazón que distribuye las tensiones requeridas. La alimentación puede obtenerse de convertidores de potencia centralizados por bastidores o descentralizados por producto.

1.4.- MODULO DE INSTALACION

- El módulo de instalación es una estructura de tipo cabina que no necesita de infraestructura adicional para su instalación en una estación. Se dispone en dos anchuras y en tres alturas para su mejor adaptación en las estaciones.

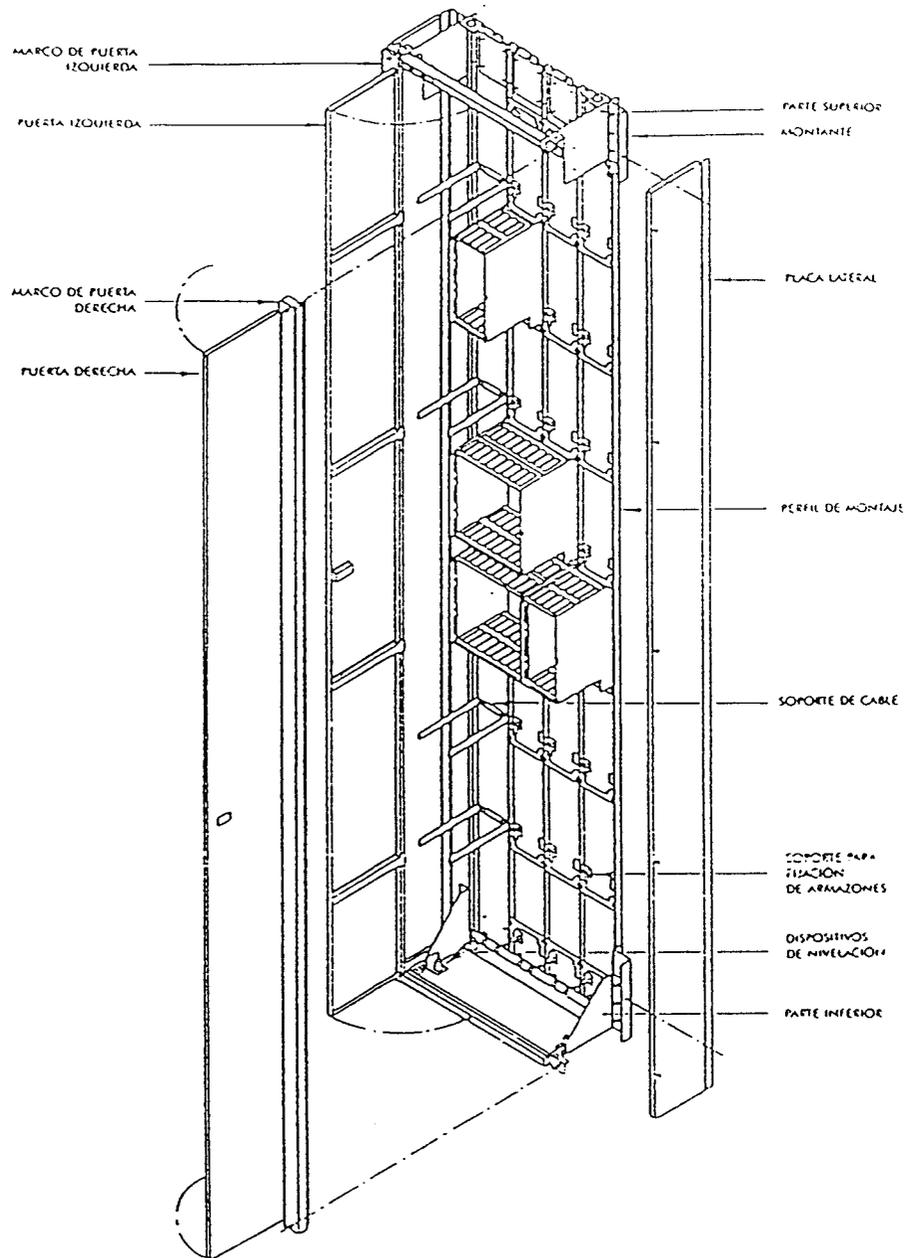
- Los módulos pueden ser instalados en doble fila (espalda contra espalda) o en una sola fila, pudiéndose adosarse a la pared. A fin de asegurar su estabilidad en el primer caso se fijan al suelo y en el segundo caso se aseguran por su parte superior.

- El cableado de estación puede llegar al módulo de instalación por su parte superior (cableado superior) o por su parte inferior (instalación sobre falso suelo). Se canaliza a través de los espacios laterales del módulo o a través de los bastidores especiales de cableado de estación, accediendo al equipo asociado.

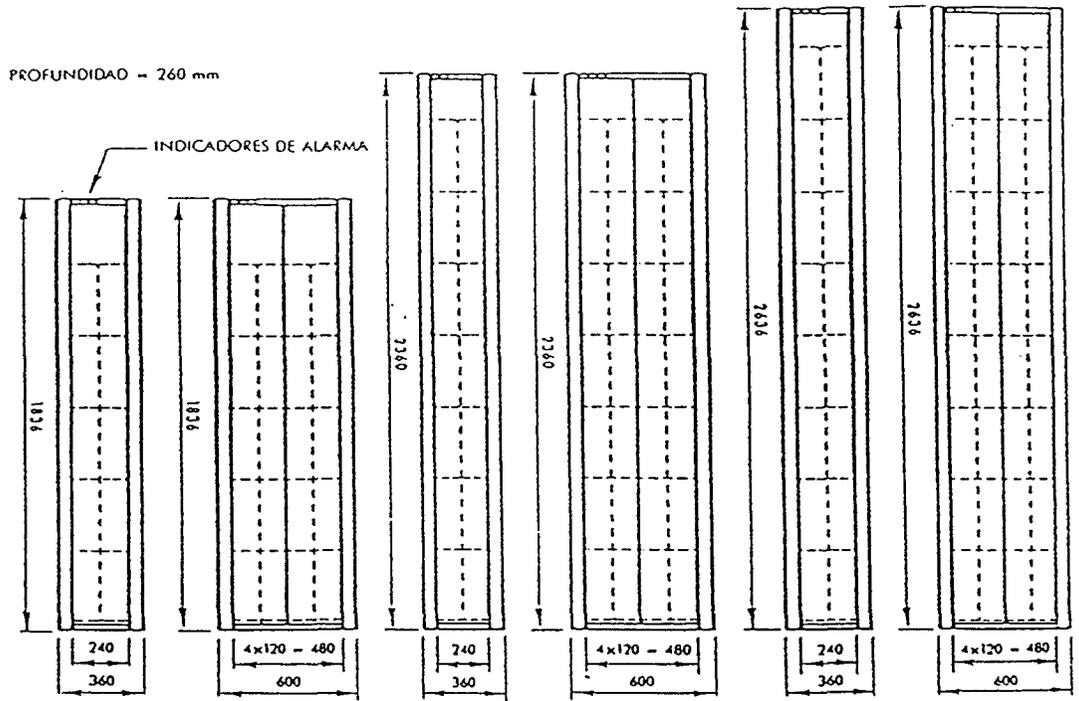
- Cada módulo de instalación equipa las lámparas de las alarmas comunes y los circuitos de distribución y protección de energía. Los paneles laterales son desmontables y junto a los bastidores forman las partes laterales y posterior, respectivamente, del módulo de instalación.

Para conseguir una protección adicional contra interferencias electromagnéticas se pueden añadir rejillas en las partes superior e inferior del módulo de instalación y juntas de hermeticidad en las puertas, convirtiéndolo así en un alojamiento apantallado.

Todas las partes visibles están pintadas. Son fáciles de abrir y desmontar para permitir un fácil acceso al equipo.



MODULO DE INSTALACION



MODULO DE INSTALACION. DIMENSIONES

1.5.- BASTIDORES

- Un bastidor es una columna vertical y rígida, con perfil en forma de U de 120 mm de anchura, que dispone de los elementos necesarios convenientemente distribuidos para soportar equipos o para canalizar y distribuir cables.

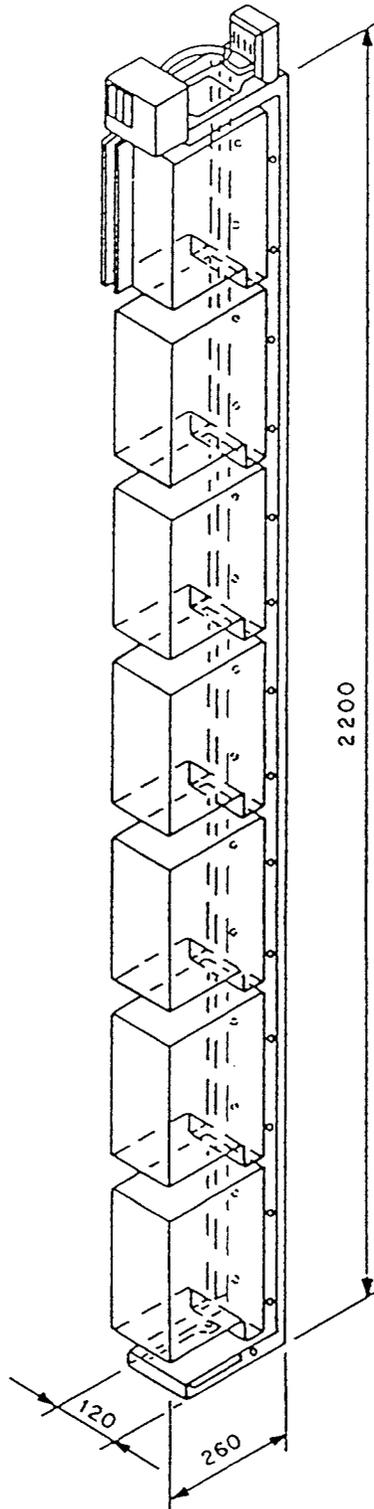
- Dos o cuatro bastidores, fijados costado con costado entre sí, y superior e inferiormente al módulo de instalación, forman la parte posterior de dicho módulo.

- Los bastidores se presentan en las tres alturas normalizadas por el CEPT: 2,6 - 2,2 y 1,8 mm y se corresponden con las tres posibles alturas de los módulos de instalación. Su capacidades respectivas son de: 8, 7 y 5 armazones de 304,8 mm de altura nominal (un módulo básico de altura).

- Los bastidores disponen de ganchos regularmente espaciados para la suspensión y fijación de los armazones. Existen dos versiones de ganchos, una para armazones con cableado frontal y otra para armazones con cableado posterior.

- Los bastidores para cableado frontal pueden disponer del cableado adecuado para distribuir la alimentación, alarmas y supervisión remota de los armazones a equipar. Los bastidores para cableado posterior están dotado de una borra conductora (bus-bar) apantallada y terminada en un conector en cada posible posición de montaje de armazones, que

realiza la distribución de alimentación, alarmas y supervisión remota. Los bastidores mixtos están preparados en su parte superior para cableado posterior y en su parte inferior para cableado frontal.



BASTIDOR

1.6.- ARMAZONES

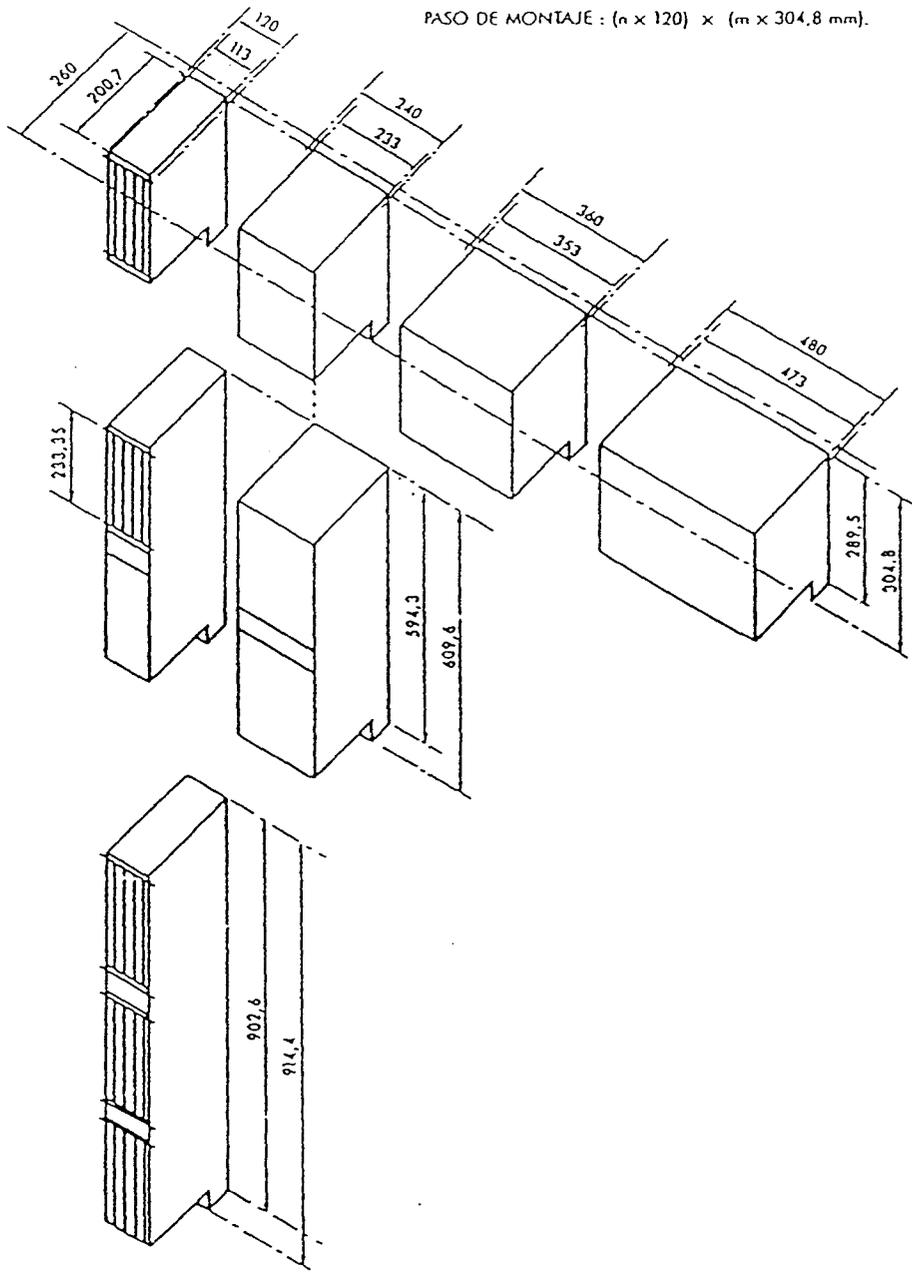
- Un armazón es una estructura parecida a una caja, preparada para equipar unidades enchufables y para proporcionar sus interconexiones. Tanto las dimensiones como el diseño dependen de los requisitos del producto al que soporta.

- El armazón básico ocupa un módulo de altura 304,8 mm y un módulo de anchura de bastidor 120 mm. También existen armazones cuyas anchuras y/o alturas son múltiplos de las del armazón básico. En el caso de armazones con altura múltiplo de la del básico, los alojamientos para las unidades están claramente separados en niveles con el fin de alojar en cada uno de ellos unidades de altura normalizada y única.

- El armazón, en su parte inferior, dispone del conector de potencia y supervisión. En la versión de cableado posterior el armazón se enchufa directamente al conector del bastidor cuando se instala. En las versiones de cableado frontal el armazón recibe dichas conexiones a través de conectores móviles en los que termina el cableado del bastidor.

- Cada uno de los armazones está preparado para equipar un grupo de unidades enchufables que constituyen uno o varios productos. Permite montarse o desmontarse en el bastidor sin perturbar a otros equipos. Cada nivel de alojamiento para unidades dispone, en un lateral, de una placa deslizante que

permite definir la configuración de equipado por medio de etiquetas autoadhesivas.



PASO DE MONTAJE : (n x 120) x (m x 304,8 mm).

MODULARIDAD DE ARMAZON. DIMENSIONES

1.7.- UNIDADES ENCHUFABLE

- Las placas de circuitos impreso de todas las unidades enchufables tienen un único tamaño normalizado (doble Eurocard). La anchura nominal que ocupan en armazón es múltiplo de 2,54 mm y son posibles diferentes diseños para satisfacer los requisitos de los distintos productos.

Todas las unidades enchufables llevan conectores fijados a la parte posterior de la placa de circuito impreso, pueden insertarse y extraerse fácilmente mediante extractores, situados en la parte superior e inferior del frontal de la placa de circuito impreso, que se accionan con la punta de los dedos.

Las unidades destinadas a armazones de cableado posterior tienen una placa frontal metálica y adherida a ésta por su cara externa disponen de una carátula en la que figuran marcados símbolos y caracteres. La placa frontal puede llevar los conectores de los cables ópticos y los conectores de prueba. Se dispone de placas frontales que permiten completar el equipado frontal de los armazones actuando como cubiertas EMC.

Las unidades destinadas a armazones de cableado frontal pueden tener uno o varios conectores montados en la parte frontal de la placa de circuito impreso para recibir el cableado de estación.

1.8.- CONVERTIDORES DE POTENCIA

- Algunos armazones incluyen sus propios convertidores de alimentación utilizando el suministro de CC de la estación.
- En algunos productos un armazón especial alimenta a todos los armazones equipados en el mismo bastidor de cableado posterior. En este armazón se pueden equipar dos unidades convertidoras redundantes.

1.9.- OPERACION Y MANTENIMIENTO

- La solución normalizada da cobertura a la gestión local de alarmas, a la supervisión local y remota, así como al mantenimiento de los equipos.
- Cada módulo de instalación, además de permitir la conexión al bus de alarmas de estación, dispone de tres lámparas indicadoras de alarma que identifican inequívocamente el origen y la naturaleza de la posible alarma. Abriendo las puertas de la cabina se puede realizar un análisis adicional mediante los indicadores luminosos del sistema de supervisión y alarmas de cada armazón, así como atender o excepcionalmente inhibir las alarmas mediante los conmutadores equipados para tal fin. El sistema de supervisión de un armazón puede estar integrado en una unidad específica de supervisión o añadido a las unidades funcionales.

- Conectores normalizados incorporados en los equipos permiten, mediante la conexión de un terminal portátil, tener acceso a la información detallada y completa de supervisión y, en algunos casos, al control del equipo de acuerdo con las características específicas de cada producto.

- Cordones de prueba son accesorios disponibles en esta práctica de equipo para facilitar la comprobación eléctrica de las unidades funcionales "in situ".

- Los bastidores disponen de los elementos necesarios para el cableado auxiliar de las funciones de alarma y supervisión remota, incluyendo un interfaz Q2 normalizada que permite conectar todo el equipo funcional al dispositivo de mediación de la estación con fines de gestión.

**INSTRUMENTOS DE
MEDIDA**

[APENDICE 3]

1.- ATENUADOR OPTICO MN924A

[ANRITSU]

1.1.- GENERAL

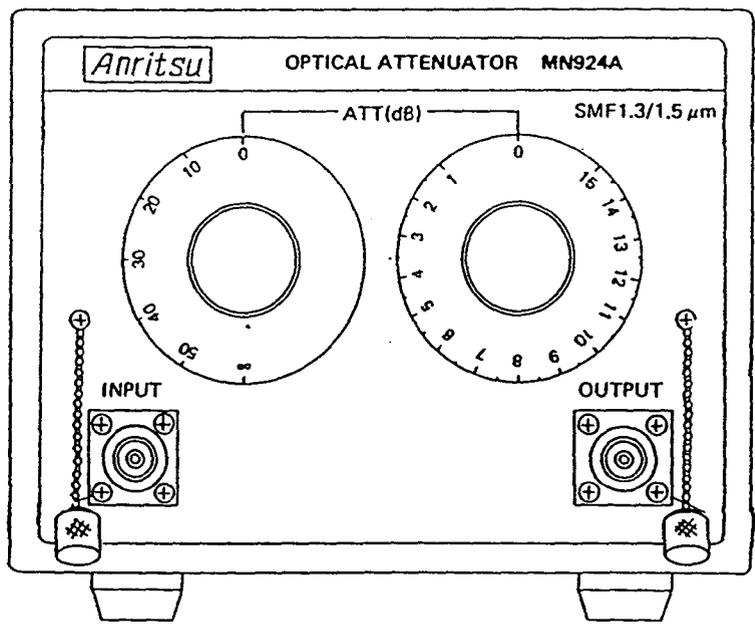
El atenuador óptico MN924A se puede usar para evaluar las características de un sistema de comunicación óptica por fibra óptica y los niveles de luz. Se usa con fibra monomodo con un diámetro de núcleo de 10 μm , un diámetro de revestimiento de 125 μm , y usando longitudes de onda de 1,3 μm y 1,55 μm . Puede atenuar hasta 65 dB por combinación de dos potenciómetros, uno de variación de atenuación continua y otro que la varía por pasos.

1.2.- ESPECIFICACIONES

- Longitud de onda : 1,3 μm , 1,55 μm
- Atenuación máxima : 65 dB
- Configuración : 10 dB x 5
- Precisión de atenuación:

Por pasos	Variable	Precisión
0 dB	5, 10, 15 dB	$\pm 0,5$ dB
10 dB	0 dB	$\pm 1,0$ dB
20 dB	0 dB	$\pm 1,0$ dB
30 dB	0 dB	$\pm 2,0$ dB
40 dB	0 dB	$\pm 2,0$ dB
50 dB	0 dB	$\pm 3,0$ dB

- Pérdida de inserción : < 3,5 dB
- Conector de in/out : Tipo FC
- Fibra : Monomodo (10/125 μm)



ATENUADOR OPTICO [MN924A]

**2.- MEDIDOR DE NIVEL DE
POTENCIA OPTICA**

[OLP-2]

[WG]

2.1.- GENERAL

El medidor de nivel de potencia óptica OLP-2 mide el nivel de potencia óptica de la luz modulada (frecuencia de modulación por encima de 1 MHz) y de la luz demodulada.

Es apropiado para su uso con fibra multimodo y monomodo con un máximo diámetro de núcleo de 53 μm y con una apertura numérica de hasta 0,23 (cumpliendo la recomendación G.651 y G.652 del CCITT)

Puede realizar medidas en distintos sistemas de fibra óptica realizados por distintos fabricantes.

El OLP-2 está calibrado a 850 nm, 1300 nm, y 1550 nm, pero también se puede usar para medidas del nivel de potencia de luz con longitud de onda desde 800 nm hasta 1600 nm.

El rango de medida a 1300 nm y 1550 nm va desde -65 dBm hasta +3 dBm. En el caso de medida de nivel de potencia absoluta, el OPT-2 se puede usar para determinar la pérdida de un enlace de fibra óptica. Un nivel de referencia se puede obtener por medio de un control rotatorio.

El OLP-2 puede funcionar independientemente con baterías para poder transportarlos, y también tiene un adaptador para conectarlo a la A.C.



MEDIDOR DE NIVEL DE POTENCIA

OPTICA [OLP-2]

3.- FUENTES DE FIBRA OPTICA

[OLS-2, OLS-22, OLS-23]

[WG]

3.1.- GENERAL

Las fuentes de fibra óptica OLS-2, OLS-22, OLS-23 son idóneas para usarlas como fuentes de luz para mediciones en fibra óptica y componentes de fibra óptica. Pueden usarse con fibras monomodos y multimodos.

El OLS-2 contiene dos fuentes, una de a 850 nm y otra a 1300 nm. Cada fuente tiene un puerto de salida. La salida de longitud de onda requerida es seleccionada a través de un conmutador. El OLS-22 tiene una sola salida a 850 nm, y el OLS-23 esta provisto de una sola salida a 1300 nm.

El nivel de salida depende del tipo de fibra óptica que estemos usando para el cable adaptador. Para fibras multimodo el nivel es de -20 dBm. Puede ser reducido en 5 dB.

El equipo puede funcionar con baterías, o a través de un adaptador de A.C.

El medidor de nivel de potencia óptica OPL-1 y OPL-2 fabricados por Wandel & Goltermann son un complemento ideal de la serie OLS de fuentes de fibra óptica.

**4.- EQUIPO DE PRUEBA DE
ATENUACION OPTICA
[K1186]**

[SIEMENS]

4.1.- GENERAL

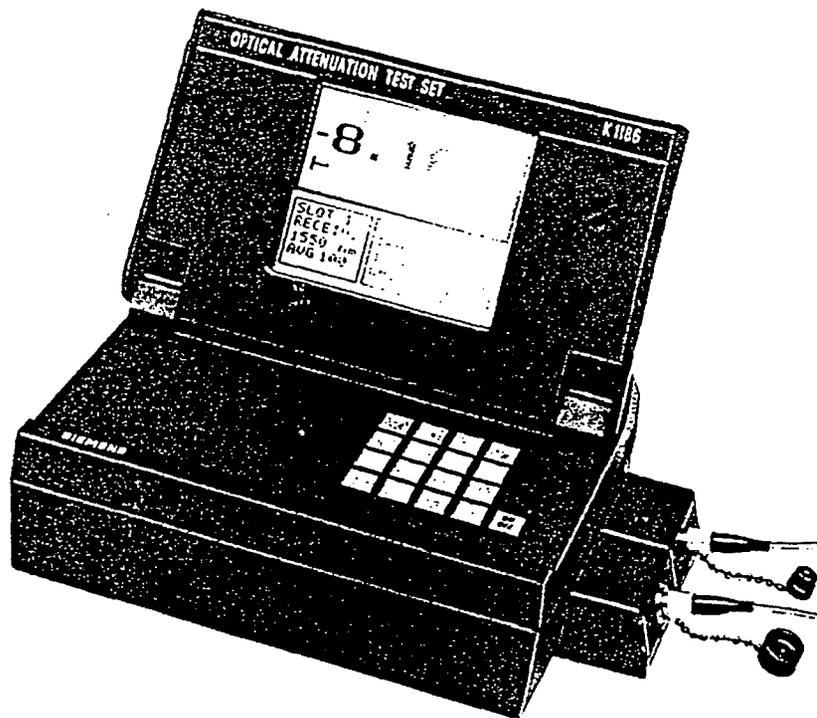
El equipo de prueba de atenuación óptica K1186 se usa como un atenuador óptico y un medidor de potencia. Para este propósito se emplea almacenaje de datos de referencia en memoria no volátil.

El equipo de prueba de atenuación óptica puede operar simultáneamente con dos unidades de interface óptico (transmisión, recepción o equipo de habla). La unidad de interfaz óptico es automáticamente identificada por el código que se puede ver en el display de LCD. Los parámetros y los datos de los programas están cargados en la memoria de las unidades de transmisión y recepción y son leídos simultáneamente. Los parámetros pueden ser modificados a través de el menú de operaciones.

Están disponibles las siguientes unidades de interfaces ópticos:

- Transmisión: . Con LED para 850 nm, 1300 nm ó 1550 nm
- . Con LASER para 1310 nm ó 1550 nm
- Recepción : . Desde 500 nm hasta 1250 nm
- . Desde 800 nm hasta 1600 nm

El equipo de habla a través de la fibra óptica esta disponible para poder realizar comunicaciones entre el extremo emisor y el extremo receptor cuando se esta midiendo una ruta.



EQUIPO DE PRUEBA DE ATENUACION OPTICA [K1186]

**CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO PARA
LA PUESTA EN SERVICIO Y EL
MANTENIMIENTO DE TRAYECTOS
DIGITALES A 34 Mbit/s**

[APENDICE 4]

1.- INTRODUCCION

En el presente apéndice se proporcionan los límites de calidad de funcionamiento relativos a los distintos parámetros de característica de error que deben aplicarse en la puesta en servicio y en el mantenimiento de trayectos digitales, que transportan señales de 34.368 kbit/s, así como los procedimientos a seguir por Telefónica para llevar a cabo estas operaciones. El documento es aplicable tanto a trayectos plesiócronicos como síncronicos.

No deben confundirse las pruebas de puesta en servicio de trayectos digitales a 34 Mbit/s, objeto de esta norma, con las pruebas de aceptación de equipos, que tendrán sus propios procedimientos y límites y que quedan fuera del alcance de este documento.

2.- GENERALIDADES

En la recomendación G.826 del UIT/T se especifican los "Objetivos de Calidad de Funcionamiento", relativos a los distintos parámetros de características de error para satisfacer las necesidades de la red digital, aplicables a cualquier trayecto digital a partir de la velocidad primaria entre los que quedan englobados los de 34 Mbit/s objeto de esta norma de aplicación.

La forma de asegurar que un trayecto digital a 34 Mbit/s cumple estos objetivos consistiría en realizar mediciones continuas durante períodos de tiempo suficientemente largos, del orden de meses.

Consideraciones prácticas aconsejan reducir la duración de estas mediciones durante ciertas operaciones habituales en la planta como son las relativas a la puesta en servicio y al mantenimiento. Los límites utilizados en la puesta en servicio permiten garantizar , con una probabilidad suficientemente alta, el cumplimiento de los objetivos globales a largo plazo. Los límites utilizados en el mantenimiento permiten detectar trayectos que presentan una calidad de funcionamiento inaceptable o degradada.

Actualmente la Recomendación M.2100 del UIT/T proporciona el método de cálculo para obtener estos límites en trayectos digitales a velocidad primaria en la jerarquía digital plesiócrona. Para determinar los límites aplicables

a la velocidad de 34 Mbit/s se ha seguido dicho procedimiento y se ha hecho extensible, hasta disponer de más información, a la jerarquía digital síncrona.

3.- DEFINICIONES Y LIMITES DE CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO

En trayectos digitales a 34 Mbit/s, al ser muy elevado el número de bits por segundo que se transmiten, se realiza la medición de la característica de error considerando como unidad de información el bloque.

Un bloque es un conjunto de bits consecutivos asociados con el trayecto, cada bit pertenece a un solo bloque. Un bloque con error es un bloque en el que uno o más bits asociados con el bloque presenta error.

Para la velocidad de transmisión de 34 Mbit/s se define el bloque para que su duración sea de 0'125 ms, lo que equivale a una longitud de 4.296 bits por bloque. Dicha longitud se encuentra dentro de la gama especificada en la Recomendación G.826 del UIT/T para la velocidad de 34 Mbit/s.

3.1.- EVENTOS Y PARAMETROS DE CARACTERISTICA DE ERROR

Para la velocidad de transmisión de 34 Mbit/s se definen los siguientes eventos:

- Segundo con error (ES): Período de un segundo en el que aparece uno o más bloques con error. Incluye el SES que se define a continuación.

- Segundo con muchos errores (SES): Período de un segundo

que contiene más de un 30% de bloques con error al menos un período muy perturbado. Durante mediciones fuera de servicio, tiene lugar un período muy perturbado cuando durante un 1 ms todos los bloques tienen una densidad de bits con error igual o superior a 10^{-2} ó se observa una pérdida de información de señal. Durante la monitorización en servicio se estima que se produce un período muy perturbado cuando tiene lugar un defecto de red.

- Error de bloque de fondo (BBE): Bloque con error, que no forma parte de un SES.

Los parámetros de característica de error asociados a estos eventos son:

- Tasa de segundos con error (ESR): Relación entre los ES y el total de segundos en un intervalo de tiempo determinado.

- Tasa de segundos con muchos errores (SESR): Relación entre los SES y el total de segundos en un intervalo de tiempo determinado.

- Tasa de errores de bloque de fondo (BBER): Relación entre los bloques en un intervalo de tiempo determinado, excluyendo los bloques de los SES y los períodos de indisponibilidad.

Hay que tener en cuenta que no se evaluarán eventos ni parámetros de característica de error cuando el trayecto se

encuentre en estado de indisponibilidad. Se inicia un período de indisponibilidad cuando se producen 10 eventos SES consecutivos, considerándose estos 10 segundos como parte de dicho período. Se inicia un nuevo período de disponibilidad cuando durante 10 segundos consecutivos no se produce ningún evento SES. Estos 10 segundos se consideran parte del período de disponibilidad.

3.2.- OBJETIVO DE CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO DE REFERENCIA.

LIMITES DE CALIDAD.

El objetivo de calidad de funcionamiento a largo plazo, aplicable a un trayecto o a parte del mismo, se denomina "objetivo de calidad de funcionamiento de referencia". Es aplicable a los tres eventos de característica de error (ES, SES y BBE) y es la base para obtener los límites de calidad para la puesta en servicio y el mantenimiento.

Estos límites permiten detectar, con tiempos de medida reducidos, trayectos que presentan una calidad de funcionamiento inaceptable ó degradada. Trayectos, que a corto o largo plazo, no cumplirían con los objetivos de calidad exigidos.

3.2.1.- Límites de puesta en servicio

El objetivo de calidad necesario para la puesta en servicio de un determinado trayecto (OPS), se determina

aplicando un margen adicional sobre el objetivo de calidad de referencia correspondiente (OR). Este margen corresponde al margen de envejecimiento disponible. Cuanto mayor sea, menor será el número de intervenciones por mantenimiento.

Para los trayectos en cuestión, el margen de envejecimiento será de 0,5 veces el objetivo de calidad de referencia.

Los límites de calidad de puesta en servicio (S1 y S2) se obtienen en base al correspondiente objetivo de calidad para la puesta en servicio.

Si el resultado de una medida indica que el evento analizado tiene un comportamiento mejor que el dado por el límite S1, el trayecto puede ponerse en servicio con una seguridad razonable de que se cumpla el objetivo esperado para ese evento. Si el resultado se encuentra entre los dos límites es necesario realizar una prueba de mayor duración y volver su comportamiento en el nuevo período de tiempo. Si el resultado indica un comportamiento peor que el del límite S2, es necesario localizar la avería y tomar medidas correctivas.

Los períodos de medida utilizados en las pruebas de puesta en servicio son de 1 hora, 24 horas y 3 días. Para 3 días el límite de puesta en servicio corresponde al objetivo para puesta en servicio de 3 días.

3.2.2.- Límites de mantenimiento

Una vez que ha entrado en servicio el trayecto digital, se hace necesario establecer unos límites adicionales con la finalidad de controlar que dicho trayecto está en condiciones de funcionar correctamente. Esta funcionalidad de mantenimiento permite determinar si el nivel de calidad de funcionamiento es normal, está degradado o es inaceptable (Conviene señalar que los límites a aplicar a un trayecto digital después de una reparación son los mismos que los aplicables a la puesta en servicio).

La supervisión se hace durante el servicio, utilizando equipamiento de monitorización de la calidad de funcionamiento.

Para la determinación de los distintos períodos de medida a aplicar, así como los diferentes límites de mantenimiento, se siguen los criterios generales establecidos en la Recomendación M. 2100 del UIT/T, que son:

. Períodos de medida

Los períodos de medida a utilizar son de dos tipos: de 15 minutos y de 24 horas.

. Límites de mantenimiento

a) Límite de calidad inaceptable.

Se considera que un trayecto digital alcanza este límite de calidad inaceptable cuando al medir sus características de calidad se obtienen valores de al menos 10 veces el objetivo de calidad de referencia, durante el período de medida considerado.

De cualquier forma conviene señalar que este factor multiplicador "10" depende del período de medida considerado. Así, cuando el período de medida es de muy corta duración (15 minutos) se siguen unos criterios más flexibles para la determinación de este factor de multiplicación, en cambio cuando el período de medida es de duración media (24 horas) se considera que ya es estadísticamente representativo y los límites a aplicar se pueden deducir de la utilización directa del factor de multiplicación 10 ya mencionado.

b) Límite de calidad degradada

Se considera que un trayecto digital alcanza este límite de calidad degradada cuando al medir sus características de calidad se obtienen valores de al menos 0,75 veces el objetivo de calidad de referencia.

Este límite de calidad únicamente se utiliza para períodos de medida de 24 horas. La razón está en que los límites a considerar en períodos de 15 minutos resultarían muy poco representativos desde el punto de vista estadístico.

En el cuadro siguiente se resume la aplicabilidad de los diferentes límites según los períodos de medida considerados:

	Período de medida: 15 minutos	Período de medida: 24 horas
Calidad inaceptable	SI	SI
Calidad degradada	NO	SI

Cuando se superen estos límites debe realizarse una acción de mantenimiento con independencia de la propia medición de la calidad. La urgencia de las acciones a realizar puede venir determinada por la categoría de la alarma/informe generados como consecuencia de la superación de estos límites. Así, el superar el límite de calidad inaceptable debe dar lugar a una alarma urgente para el mantenimiento inmediato, mientras que el superar el límite de calidad degradada da lugar a una alarma no urgente encaminada al mantenimiento diferido.

4.-PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS PARA PUESTA EN SERVICIO

4.1.-CONFIGURACIONES PARA LA MEDICION

La medición de errores se podrá realizar, dependiendo del equipo disponible, desde ambos extremos o en uno de ellos, utilizando una conexión en bucle.

Si se realizan mediciones en bucle se considerarán los límites S1 y S2 correspondientes a un solo sentido de transmisión, dado que la probabilidad de acumulación de degradaciones no es significativa. Si la medición da resultados no satisfactorios, deberá repetirse la prueba por el método de mediciones separadas.

4.2.- INSTRUMENTACION

Los equipos de medición utilizados para las pruebas cumplirán las especificaciones de la Recomendación 0.151 del UIT/T. Para trayectos digitales a velocidad de 34 Mbit/s se utilizará como patrón de medida una secuencia pseudoaleatoria de $2^{23}-1$ bits, salvo en las etapas 3 y 4 en el caso de aplicarse el procedimiento de medidas reducido.

Hay que destacar que la definición de los eventos y parámetros de característica de error se ha realizado en base a la Recomendación G.826 del UIT/T. Al ser ésta Recomendación muy reciente puede suceder que los aparatos de medida disponibles, para pruebas de determinados trayectos,

no puedan medir la totalidad de los parámetros mencionados, en cuyo caso se aplicará la Recomendación G.821. Los aparatos de medida que se instalen en el futuro realizarán las mediciones de acuerdo a la Recomendación G.826.

4.3.- PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

A continuación se expone el procedimiento de prueba a seguir para la puesta en servicio de trayectos digitales a 34 Mbit/s.

Etapa 1:

Se realizará una primera medida de 15 minutos de duración. En este período no deberá producirse ningún error ni evento de indisponibilidad. Si el resultado es satisfactorio, se continua con la Etapa 3 (medidas de 24 horas de duración). En caso contrario se realizará la prueba hasta dos veces más. Si en la tercera se sigue detectando algún error o evento de indisponibilidad se procederá a localizar la causa y reparar la avería. A continuación se pasará a la Etapa 2 del procedimiento.

Etapa 2:

Se realizarán medidas durante un período de 1 hora. Si los resultados obtenidos, para los eventos ES, SES y BBE, son mejores que sus respectivos límites S_1 se da por concluida esta fase y se continuará con la Etapa 3. En caso

contrario se prolongará la medida durante dos períodos más de una hora cada uno. Si en alguno de estos períodos se presenta algún evento de indisponibilidad, o si en dos de los tres períodos de 1 hora los resultados indican que para algún evento se supera el correspondiente límite S_2 , se considerará que el trayecto no cumple los requisitos de calidad exigidos. En caso contrario se pasará a la Etapa 3 del procedimiento.

Etapa 3:

Se realizarán las medidas durante un período de 24 horas. Si los resultados obtenidos, para los tres parámetros, son mejores que sus respectivos límites S_1 se da por satisfactoria, y por tanto finalizada la prueba de puesta en servicio. Si los resultados indican que para algún evento se ha superado el correspondiente límite S_1 , pero no se ha superado ningún límite S_2 , se pasará a la Etapa 4.

Si para algún evento se supera el correspondiente límite S_2 se deberá localizar y reparar la avería y repetir la medida durante otras 24 horas. Si en este segundo período se sigue superando algún límite S_2 se rechazará definitivamente el trayecto. Si los resultados dan, en todos los casos, valores mejores que S_2 pero en algún evento se supera el límite S_1 , se pasará a la Etapa 4. Si los resultados, para los tres parámetros, son mejores que los correspondientes límites S_1 , se considera que la prueba ha sido satisfactoria.

Etapa 4:

Se realizarán medidas durante un período de 3 días, pudiéndose contabilizar las medidas correspondientes al último período de 24 horas de la Etapa 3. Si los resultados obtenidos son mejores que los objetivos de puesta en servicio de 3 días, la prueba se ha superado satisfactoriamente. En caso contrario se rechazará el trayecto.

5.- PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS PARA EL MANTENIMIENTO

5.1.-GENERAL

En este apartado se asignan valores umbrales a los diferentes límites de mantenimiento para los eventos ES, SES y BBE.

Para obtener estos límites se consideran a su vez los valores correspondientes a los distintos parámetros de características de error de la Recomendación G.826 del UIT/T, a saber: Tasa de segundos con error (ESR), Tasa de segundos con muchos errores (SESR) y Tasa de error de bloque de fondo (BBER).

5.2.-LIMITES

5.2.1.-Período de medida de 15 minutos

En el cuadro siguiente se muestran los límites umbrales, para diferentes atribuciones de calidad de hasta el 40%, a partir de los cuales el trayecto digital se considerará como inaceptable.

ATRIBUCION	ES	SES	BBE
0,5% al 10%	190	15	4.100
10,5% al 20%	240	15	5.200
20,5 al 40%	300	15	6.500

5.2.2.- Período de medida de 24 horas

En los cuadros siguientes se muestran los límites umbrales, para diferentes atribuciones de calidad de hasta el 40%, a partir de los cuales el trayecto digitales considerará de calidad degradada e inaceptable respectivamente.

Límites de calidad degradada:

ATRIBUCION	ES	SES	BBE
2%	97	1	2.074
3%	146	2	3.110
5%	243	3	5.184
6%	292	4	6.221
8%	389	5	8.294
9%	437	6	9.331
20%	972	13	20.736
40%	1944	26	41.472

límites de calidad inaceptable:

ATRIBUCION	ES	SES	BBE
2%	1.296	17	27.648
3%	1.944	26	41.472
5%	3.240	43	69.120
6%	3.888	52	82.944
8%	5.184	69	110.592
9%	5.832	78	124.416
20%	12.960	173	276.480
40%	25.920	346	552.960

5.3.- METODOLOGIA

Una vez que el trayecto a 34 Mbit/s ha sido puesto en servicio se deberán realizar estas funciones de mantenimiento con motivo de las pruebas de tipo rutinario que se decida acometer o cuando se sospeche de un mal funcionamiento del mencionado trayecto.

En principio, y como criterio general, la detección de un período de indisponibilidad, siempre que no sea por causa conocida, lleva aparejada la consideración de dicho trayecto como de calidad inaceptable. La finalidad es que, de una manera general, se investiguen y subsanen las causas que

produzcan la aparición de estos eventos de indisponibilidad (especial atención debe prestarse a las incidencias que puedan derivarse de los trabajos u operaciones en los equipos, por lo que en caso necesario se cesará la monitorización del trayecto mientras dure el mencionado trabajo).

Cuando se sobrepasen los umbrales de calidad de funcionamiento degradado o inaceptable, según se han establecido en el punto anterior, se deberá generar la correspondiente alarma/informe con la finalidad de efectuar la acción de mantenimiento más adecuada. La urgencia de esta acción de mantenimiento será función a su vez de la categoría de la alarma/informe. En términos generales puede decirse que toda "detección" de calidad inaceptable debe dar lugar a una alarma/informe urgente que implique una acción de mantenimiento inmediato, mientras que la "detección" de calidad degradada dará lugar a una alarma/informe no urgente para el mantenimiento diferido.

6.- OBJETIVOS GLOBALES DE CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO DE REFERENCIA

Los parámetros de características de error, especificados en la Recomendación G.826 del UIT/T, para una conexión digital extremo a extremo de 27.500 km, a la velocidad de 34 Mbit/s son:

- Tasa de segundos con error (ESR) : 7,5%
- Tasa de segundos con muchos errores (SESR) : 0,2%
- Tasa de error de bloque de fondo (BBER) : 0,02%

La longitud del bloque considerada es de 4.296 bits/bloque. Por lo que en un segundo hay 8.000 bloques.

RED IBERMIC

[APENDICE 5]

1.- REDES Y SERVICIOS DE TRANSMISION DE DATOS

La primera de las redes públicas que se utilizó para la transmisión de datos, fue la Red Telefónica Básica. esta red permite comunicaciones conmutadas a bajas velocidades, no superiores a 9.600 b/s o incluso 14.400 b/s.

Una ventaja importante es el precio, ya que basta con adquirir un modem para RTC para estar en disposición de utilizar la línea telefónica para transmitir datos.

Para aquellos abonados que necesiten transmitir datos de una forma conmutada, al igual que en el caso anterior pero con mayor fiabilidad y con un coste independiente de la distancia, se han desarrollado las Redes Públicas de Transmisión de Paquete.

Finalmente , cuando un abonado necesite transmitir a velocidades medias o altas, 64 Kbit/s ó 2 Mbit/s típicamente, o quiera transmitir datos durante mucho tiempo, deberá recurrir a los Circuitos alquilados o circuitos punto a punto.

En éstos el coste es independiente del tiempo de utilización, es decir, presentan una tarifa mensual constante, se utilicen o no. Interezarán, por lo tanto a aquellos clientes que utilicen su circuito durante muchas horas al día.

En un futuro cercano, es previsible la utilización de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) para la transmisión de datos.

En el futuro se preve la utilización de redes RDSI de Banda Ancha.

2.- CIRCUITOS DEDICADOS PUNTO A PUNTO Y MODEM

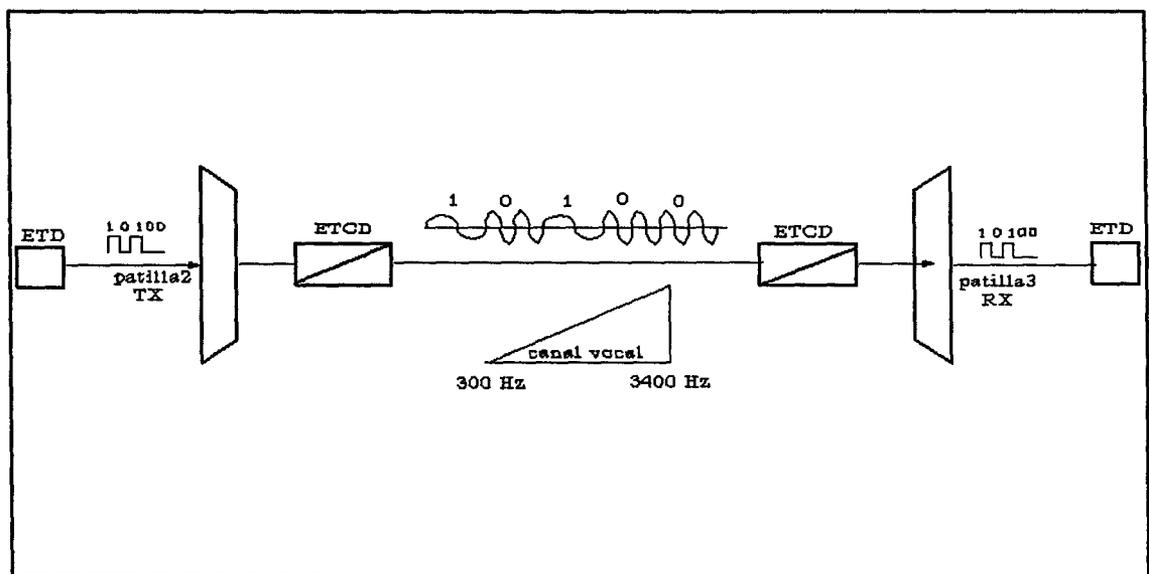
Los circuitos alquilados que se han proporcionado históricamente son de los tres tipos siguientes:

- Circuito por canal de impulso telegráficos.
- Circuitos por canal telefónico.
- Circuitos de Banda Ancha.

Los primeros utilizan un adaptador de impulsos telegráfico (AIT) y permiten transmitir hasta 200 bps.

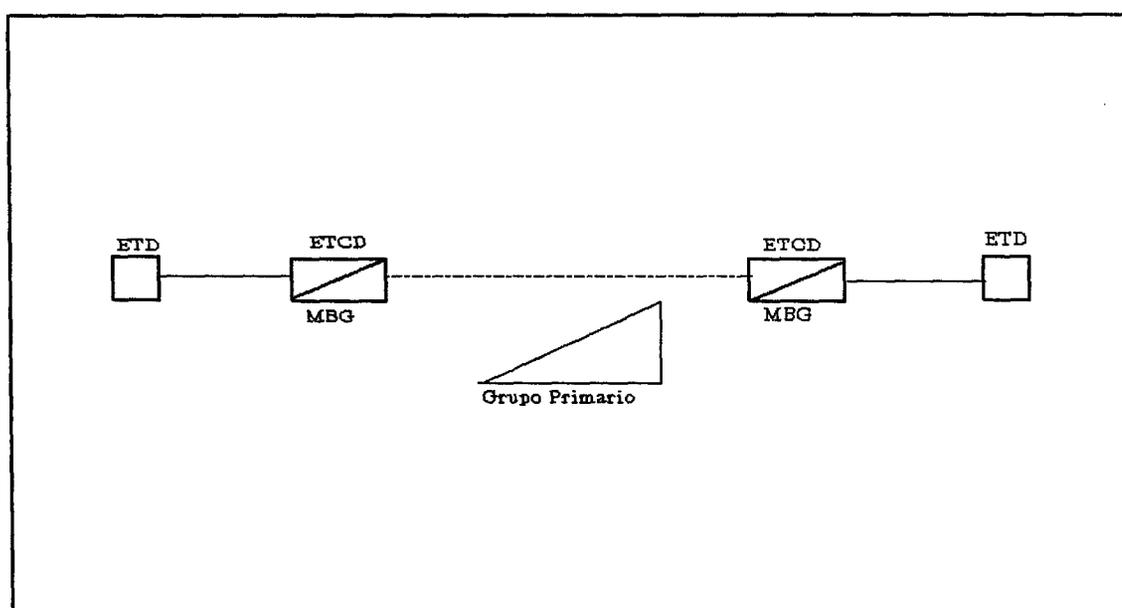
Los segundos utilizan un canal de ancho de banda telefónico para la transmisión de datos a velocidades de hasta 9.600 bps.

En dibujo 1 se puede apreciar la estructura de un circuito de este tipo:



DIBUJO 1: TRANSMISION UTILIZANDO CANAL VOCAL

En cuanto a los llamados circuitos de banda ancha, estaban destinados a proporcionar velocidades que ya no era posible transmitir a través de un solo canal telefónico. Para ello se recurría a un tipo particular de MODEM, llamado modem Banda Grupo, que utilizaba un grupo primario (12 canales telefónicos) para transmitir a velocidades mayores. En el dibujo 2 podemos ver como se realizaban este tipo de circuitos:



DIBUJO 2: CIRCUITO DE BANDA ANCHA

Este tipo de circuitos ya no se proporciona actualmente, sino que se dan por medios digitales.

La provisión de circuitos alquilados por medios analógicos presenta diversos problemas, que hacen previsible que, en muchos casos, se recurra en el futuro a otro tipo de soluciones basadas en técnicas digitales.

Una primera consideración podría ser que la

transmisión de canales vocales entre centrales ocupa 64 Kbit/s parece antieconómico, por lo tanto, utilizar un canal vocal a 64 Kbit/s para transmitir a través de él, por ejemplo, un circuito a 2.400 bps, máxime, teniendo en cuenta que en un flujo digital a 64 Kbit/s se pueden transmitir hasta 20 canales de 2.400 bps.

Por lo tanto una técnica que optimizase la ocupación de las capacidades digitales de transmisión podría redundar en una reducción significativa del coste de los circuitos.

En cuanto a los circuitos de banda ancha, la utilización de 12 canales vocales para transmitir velocidades del orden de los 64 Kbit/s origina un coste elevadísimo que se puede reducir a la décima parte si se utilizan flujos a 64 Kbit/s para los circuitos a 64 Kbit/s.

Asimismo puede existir un problema de fraude cuando se utiliza un canal vocal y un modem en cada extremo para la transmisión de datos y es que un abonado puede contratar un circuito, por ejemplo a 300 bps, con lo que paga la tarifa mínima y luego sustituir los modem por otros de su propiedad con los que transmite, por ejemplo, a 9.600 bps.

Por último, dado el elevado número de circuitos existentes, es necesario disponer de un sistema de Gestión y Mantenimiento centralizado que permita realizar la explotación de una forma más eficaz, así como disponer de estadísticas fiables sobre la calidad de los circuitos.

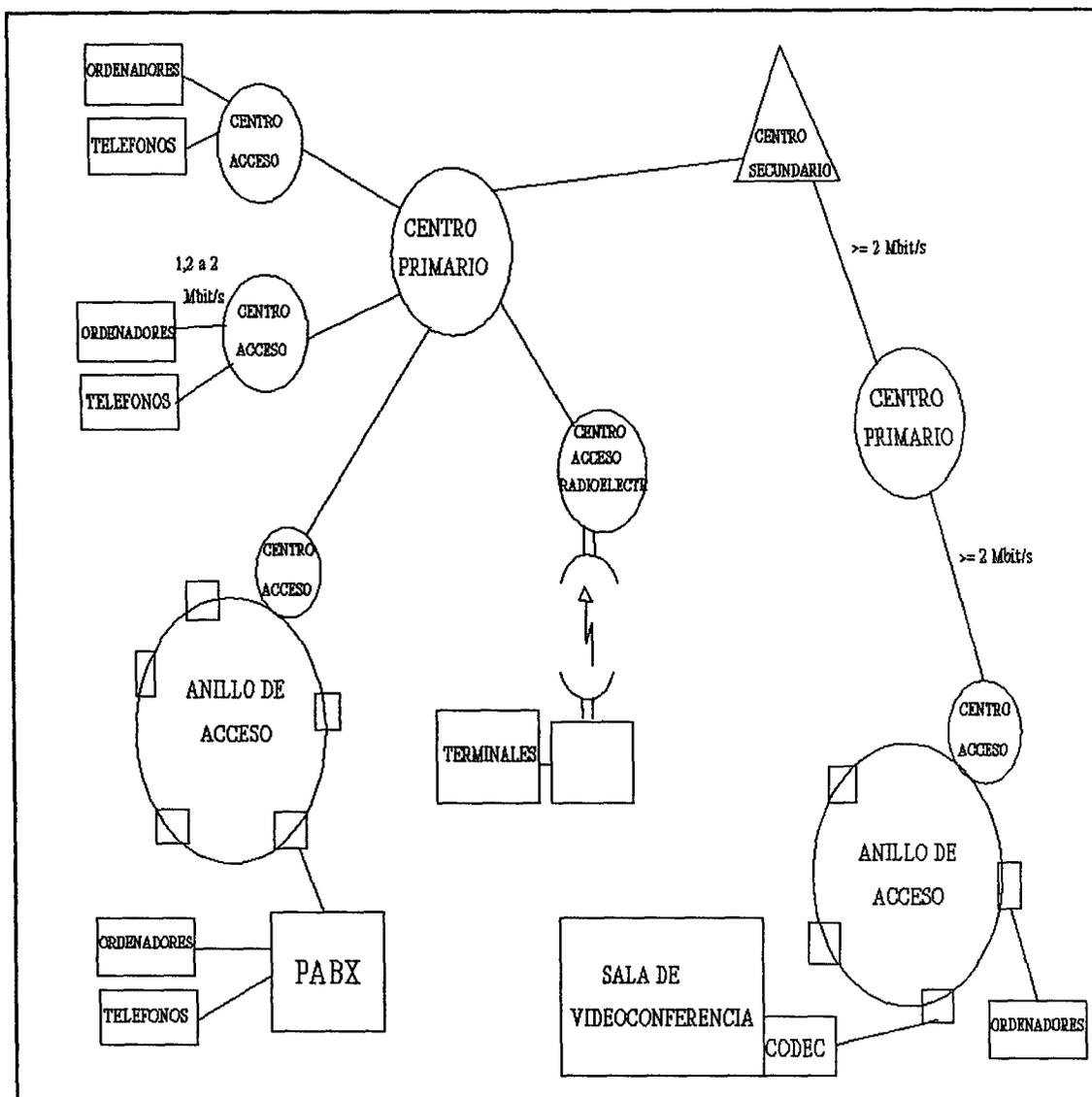
3.- CIRCUITOS ALQUILADOS DIGITALES: IBERMIC

De lo expuesto anteriormente, parece deducirse la necesidad de la existencia de una red dedicada a la provisión de circuitos alquilados digitales. En el caso de Telefónica, esta red se denomina IBERMIC.

Ibermic es una estructura de medios de transmisión e interconexiones con capacidades para soportar circuitos dedicados a bajas, media y altas velocidades a partir de interfaces de usuario normalizados e independientes del medio de transmisión utilizado.

Es, pues, una red abierta, síncrona y de circuitos punto a punto. Ibermic esta estructurada de modo jerarquica en niveles. Los nodos correspondientes a dichos niveles se denominan: Centro secundarios, Centros primarios, y Centros de acceso.

La estructura de la Red Ibermic se muestra en el dibujo 3:



DIBUJO 3: ESTRUCTURA IBERMIC

La Gestión y el Control de la Red están centralizados. Según se puede apreciar en el dibujo 3, un abonado puede acceder por medio de un terminal de baja velocidad (1,2 a 19,2 Kbit/s), de media velocidad (48,56,64 Kbit/s) o de alta velocidad (2 Mbit/s) a su Centro de Acceso correspondiente.

Para las zonas de las ciudades en las que exista una gran concentración de abonados con necesidad de accesos a altas velocidades se utilizarán los Anillos de Accesos de Abonados por fibra óptica. En la figura anterior se han

conectado a través de los anillos a Ibermic abonados con necesidades de enlaces a 2 Mbit/s como pueden ser las Salas de Videoconferencias, Las centralitas de abonados (PABX) y ciertos terminales de datos.

En los caso en los que sea difícil el acceso por medio de cables (por ejemplo zonas rurales), o bien cuando se necesiten urgentemente enlaces a 2 Mbit/s, estos se podrán dar vía radio con un Centro de Acceso Radioeléctrico Ibermic si las condiciones de visibilidad permiten la conexión radioeléctrica.

Los centros de accesos se conectan al Centro Primario del que depende por medio de enlaces a 2 Mbit/s (o superior).

Los Centros Primarios agrupan el tráfico procedente de los Centros de Acceso que dependen de ellos y lo encaminan hacia el Centro Secundario del que dependen del mismo modo que los centros de Accesos hacen con el tráfico de los usuarios que están conectados a ellos hacia el Centro Primario correspondientes.

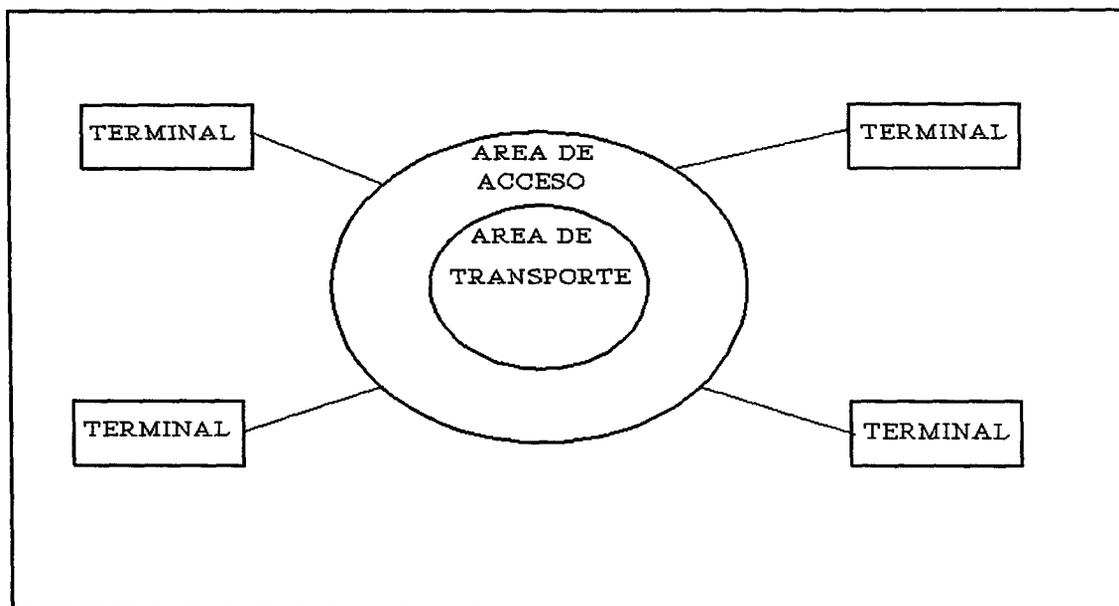
Se podrán establecer enlaces entre Centros Primarios ubicados en la misma provincia.

Los centros Secundarios son los de nivel superior en la jerarquía. Distribuyen el tráfico que les llega de los Centros Primarios que dependen de ellos o de otros Centros

Secundarios hacia otros Centros Secundarios o hacia los Centros Primarios que dependen de ellos jerarquicamente.

En Ibermic se distinguen dos áreas bien diferenciadas [dibujo 4 y 5]:

- Area de acceso
- Area de transporte



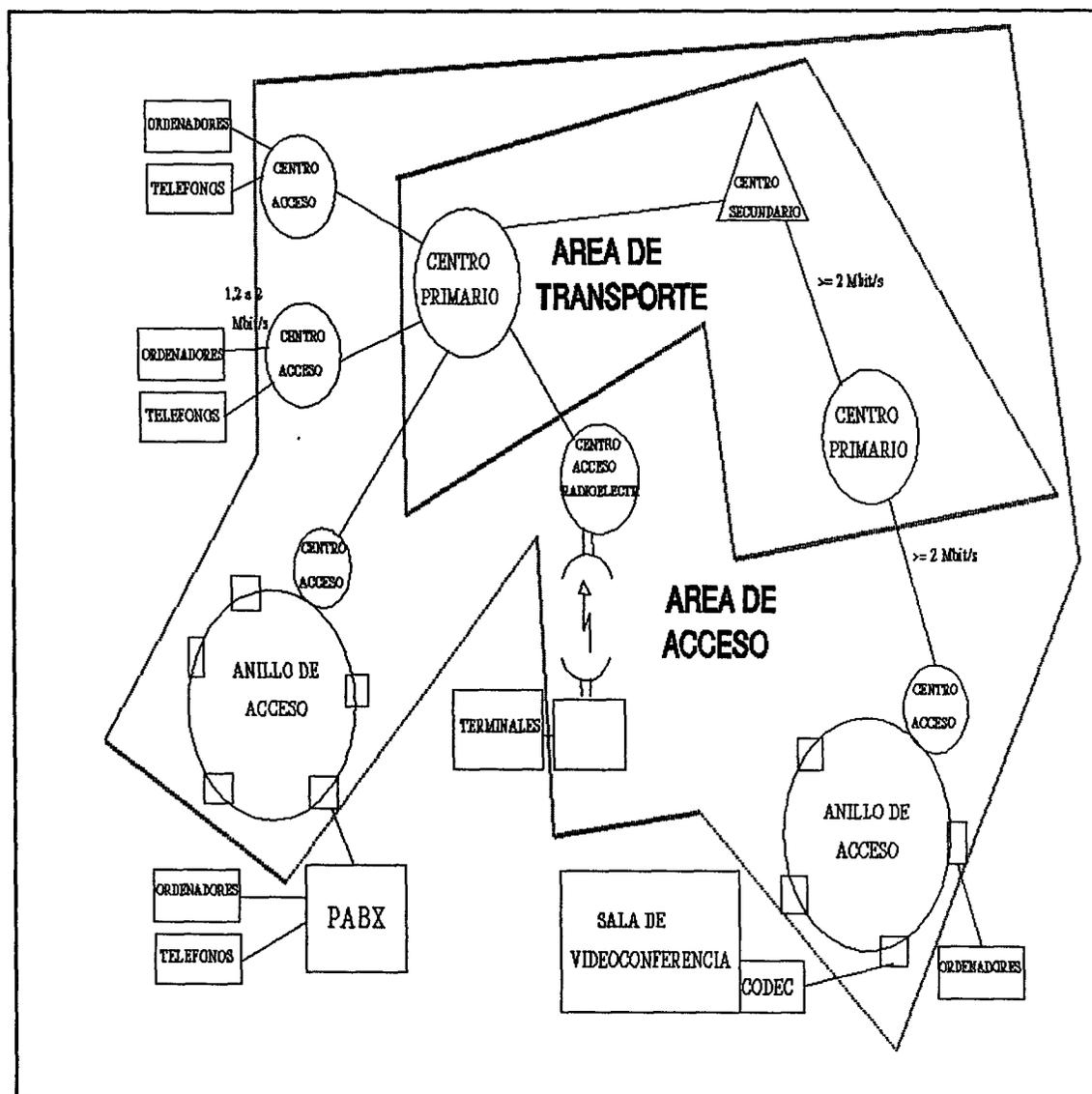
DIBUJO 4: AREAS DE IBERMIC

La primera es la que proporciona al usuario los medios necesarios (modem, multiplexores, radioenlaces, equipos de fibra óptica, etc) para que acceda al Area de Transporte.

Los equipos se conectan al Area de acceso a través de interfaces normalizados y mediante circuitos dedicados, es decir, cada terminal dispone de un circuito asignado para su uso exclusivo.

Este circuito puede ser eléctrico, óptico (en el caso

de los accesos por fibra óptica) o radioeléctrico (Centro de Accesos Radioeléctrico) y el modo de transmisión puede ser analógica o digital.



DIBUJO 5: COMPONENTES DE LAS AREAS IBERMIC

En el area de Acceso se incluyen los Centros de Accesos, los Centros de Acceso Radioeléctricos, y los Anillos de Acceso por fibra óptica.

Las velocidades de accesos para los usuarios no son las óptimas para ser transportadas por la red, en la que

conviene utilizar velocidades de transporte más elevadas.

Por lo tanto la misión del Area de Transporte es la de encaminar los circuitos procedentes del Area de Acceso del modo más optimizado posible.

En el Area de Transporte los circuitos no están asignados permanentemente a un abonado, sino que puede ser reasignados según sean las necesidades del momento.

En el Area de Transporte están incluidos los Centros Primarios y los Centros Secundarios.

Por motivos de economía de medios de transmisión la unidad mínima de transporte son los circuitos a 2 Mbit/s.

Por lo tanto, las entradas a los Centros Primarios desde los Centros de Accesos serán de 2 Mbit/s como mínimo, aunque puede haberlas de todos los niveles de la jerarquía digital (2, 8, 34, 140, 565 Mbit/s). Esto implica que los canales de los usuarios que accedan a velocidades inferiores serán multiplexados en el Area de Acceso hasta alcanzar la velocidad adecuada para su transporte a través del Area de Transporte.

La velocidad en el Area de Transporte corresponde a la de las jerarquías digitales : 2, 8, 34, 140, 565 Mbit/s.

4.- NODOS IBERMIC

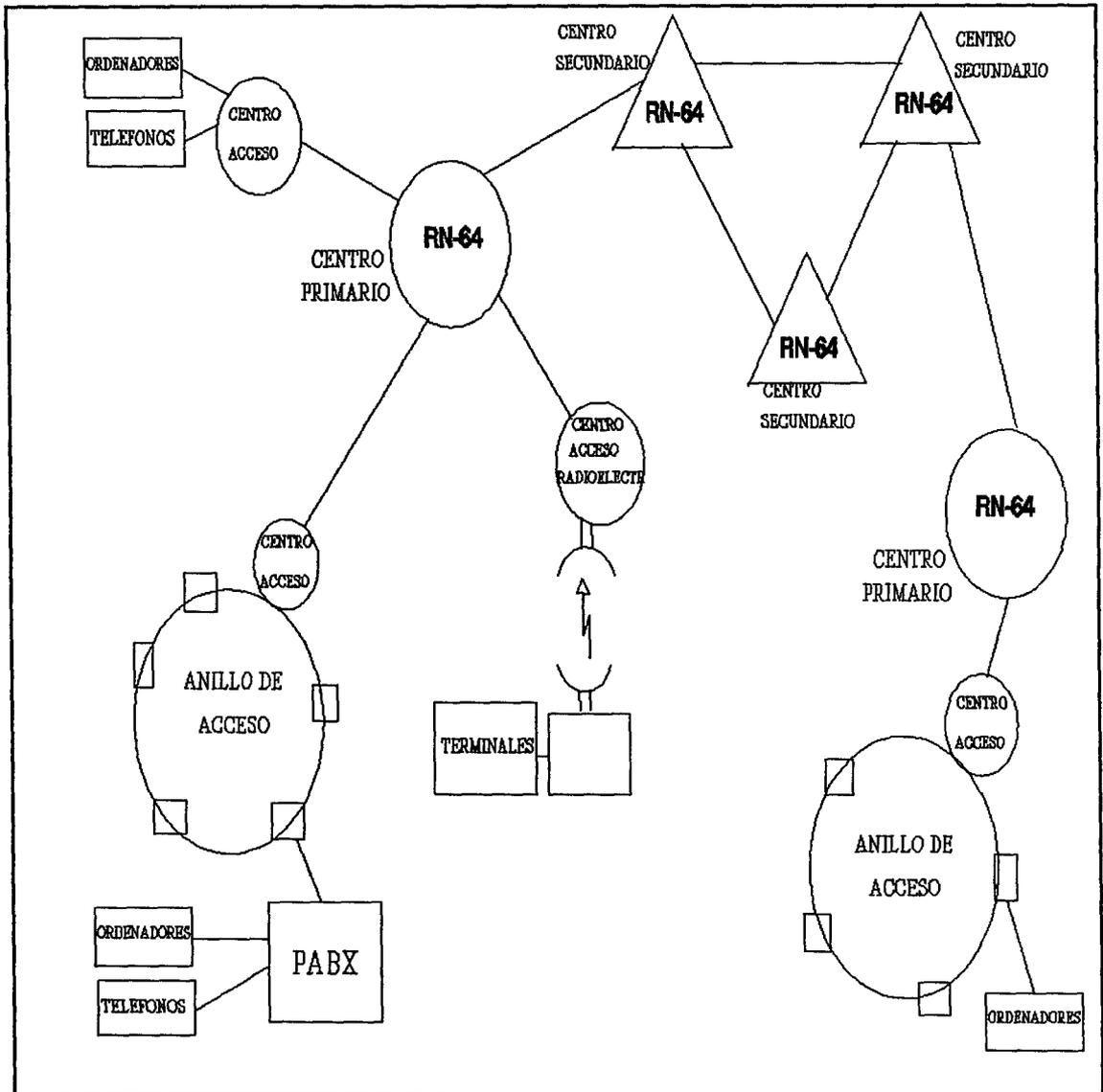
La estructura nacional de Ibermic es jerárquica con tres niveles [dibujo 6]. Por tanto, existen tres tipos de nodos, que son:

- Centros Secundarios.
- Centros Primarios.
- Centros de Accesos.

Los centros de mayor jerarquía son los Secundarios y los de menor los de Acceso.

El equipamiento de cada centro, básicamente, es: En los Centros de Acceso tenemos multiplexores (S-MUX, MUX-D, MD-64) y modem (MBV, MBB, UTR), dado que su misión es permitir el acceso de los abonados a la Red de Transporte y multiplexar los circuitos para que su transporte sea más eficiente. Recordemos que la velocidad de transporte es 2 Mbit/s.

En los Primarios y Secundarios, debido a que su misión es realizar la distribución de los circuitos, el equipamiento consiste en Distribuidores-Multiplexores, básicamente, RN-64. En un principio, se pensó en realizar la distribución en base a multiplexores, pero se descartó posteriormente por los problemas que acarrea y el elevado coste asociados a la distribución manual.



DIBUJO 6: ESTRUCTURA IBERMIC

5.- AREAS DE COBERTURA DE LOS NODOS IBERMIC

Los Centro de acceso tienen cobertura local, es decir: se creará un Centro de Acceso allí donde la demanda así lo requiera. A los sumo, esta cobertura puede ser provincial en aquellas provincias en las que, dada su baja demanda, no surja la necesidad de crear más de un Centro de Acceso.

Los Centros Primarios tienen un área provincial de cobertura. Es decir, habrá, al menos, uno por provincia, aunque en ciertas provincias en las que exista una demanda suficientemente grande, se crearán diversos Centros Primarios.

Los Centros Secundarios presentan un área de cobertura interprovincial. Ello implica que no estarán ubicados en todas las provincias. Se han previsto siete Centros Secundarios: Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Bilbao, León y Zaragoza.

6.- MEDIOS DE INTERCONEXION

Los nodos de Ibermic se interconectan utilizando la infraestructura digital de transmisión de la Red Digital Integrada.

En el "Plan Técnico de la Red Ibermic" se puede ver la asignación de tramas de 2 Mbit/s reservadas para la interconexión de los nodos Ibermic.

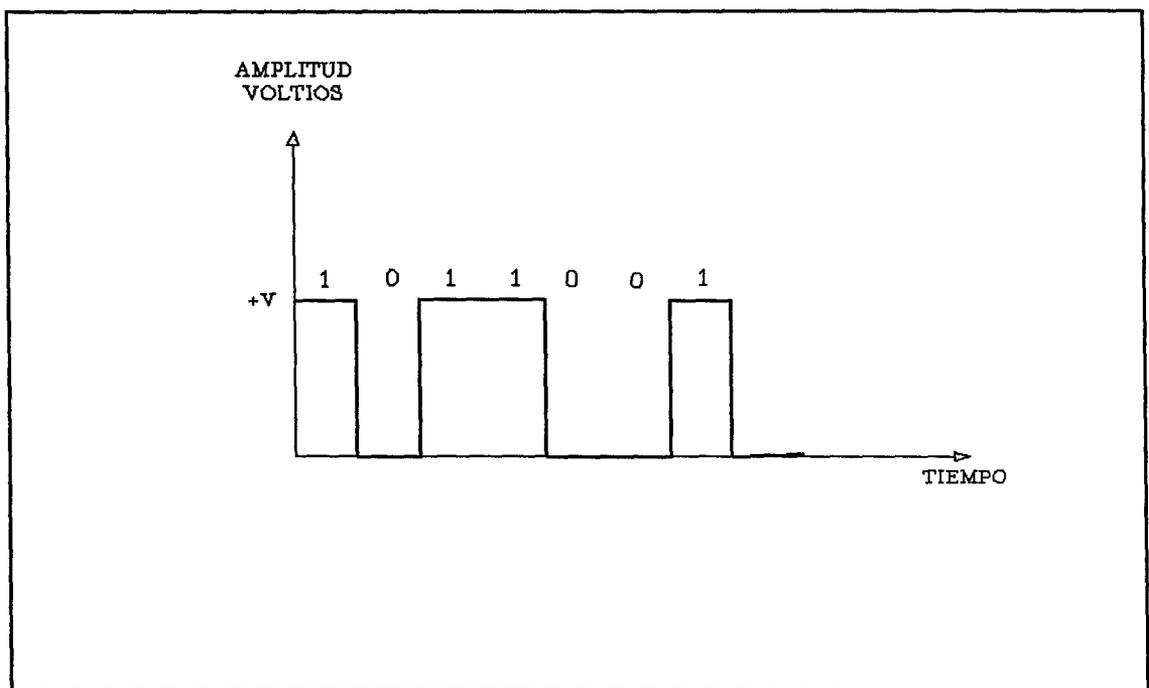
CODIGOS DE LINEA

[APENDICE 6]

1.- CODIGOS NRZ Y RZ

La denominación NRZ corresponde a las iniciales de la expresión "Non Return to Zero" (no retorno a cero), se aplica a aquellos códigos eléctricos binarios en que el estado eléctrico de la señal se mantiene constante durante el tiempo que dura cada bit.

En el dibujo 1 puede verse una secuencia binaria de información codificada mediante un código binario unipolar y NRZ.



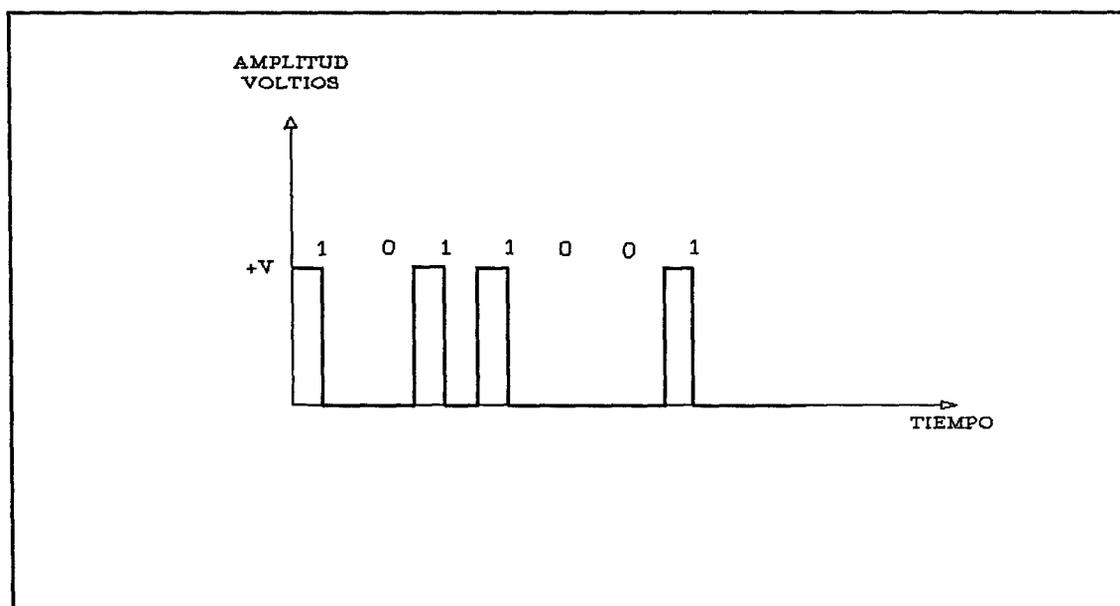
DIBUJO 1: CODIGO NRZ

Este tipo de señal es el más utilizado en el interior de los aparatos digitales, pero su utilización en el exterior de los mismos presenta varias dificultades.

La primera dificultad que plantea es que este tipo de señales eléctricas para poder ser utilizadas deben ir acompañadas necesariamente de su señal de reloj, ya que si no, no se puede conocer su contenido de información.

Una manera de resolver este problema es crear una señal eléctrica que contenga la información de la señal NRZ y además la señal de reloj. Esto se consigue con la codificación eléctrica RZ ("Return to Zero", retorno a cero).

En el dibujo 2 puede verse la misma secuencia lógica codificada binaria, unipolar y RZ.

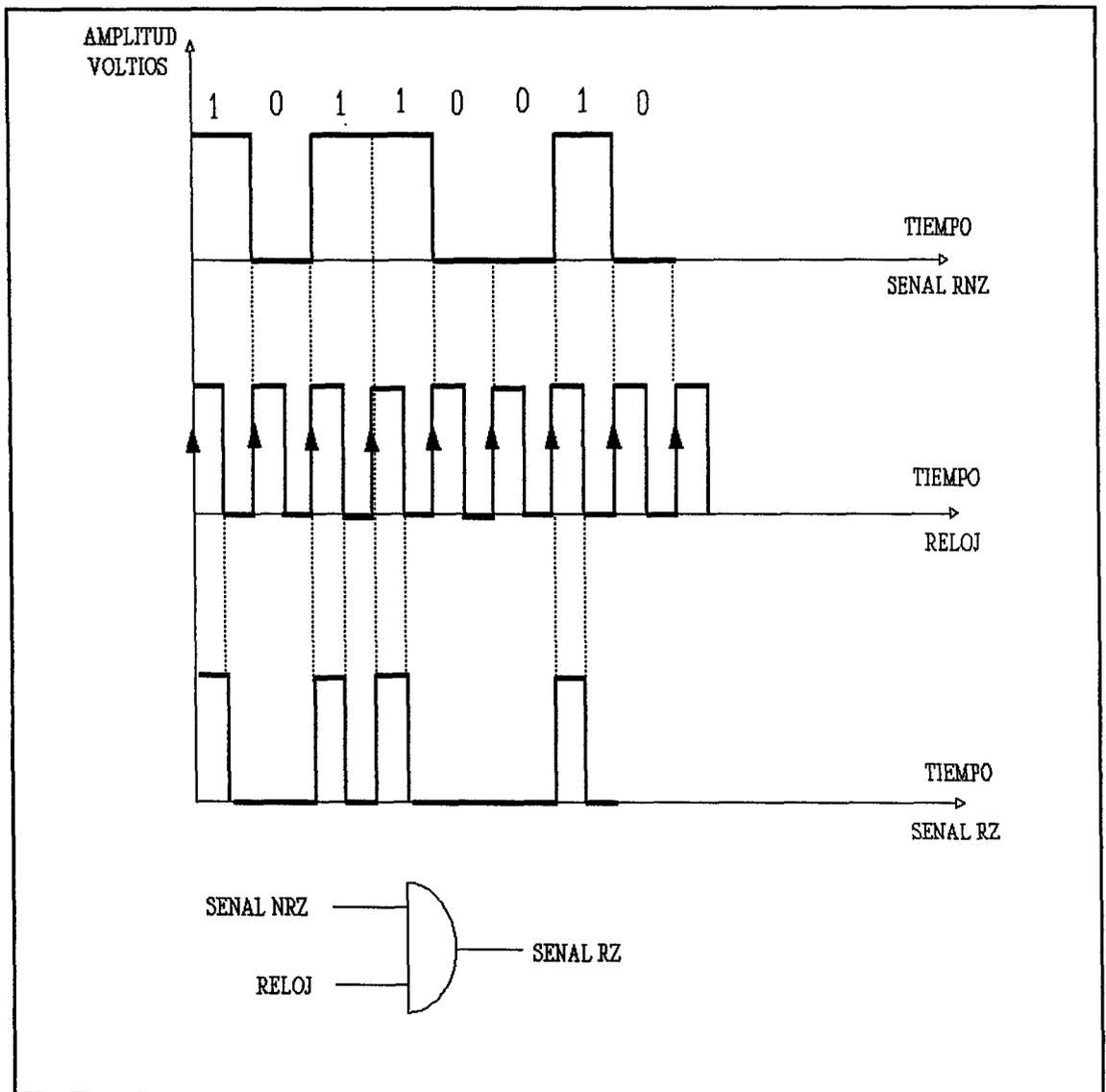


DIBUJO 2: CODIGO RZ

Como puede verse, en este tipo de código el uno corresponde al estado alto de la señal durante la mitad del tiempo de bit, retornando al valor correspondiente al cero

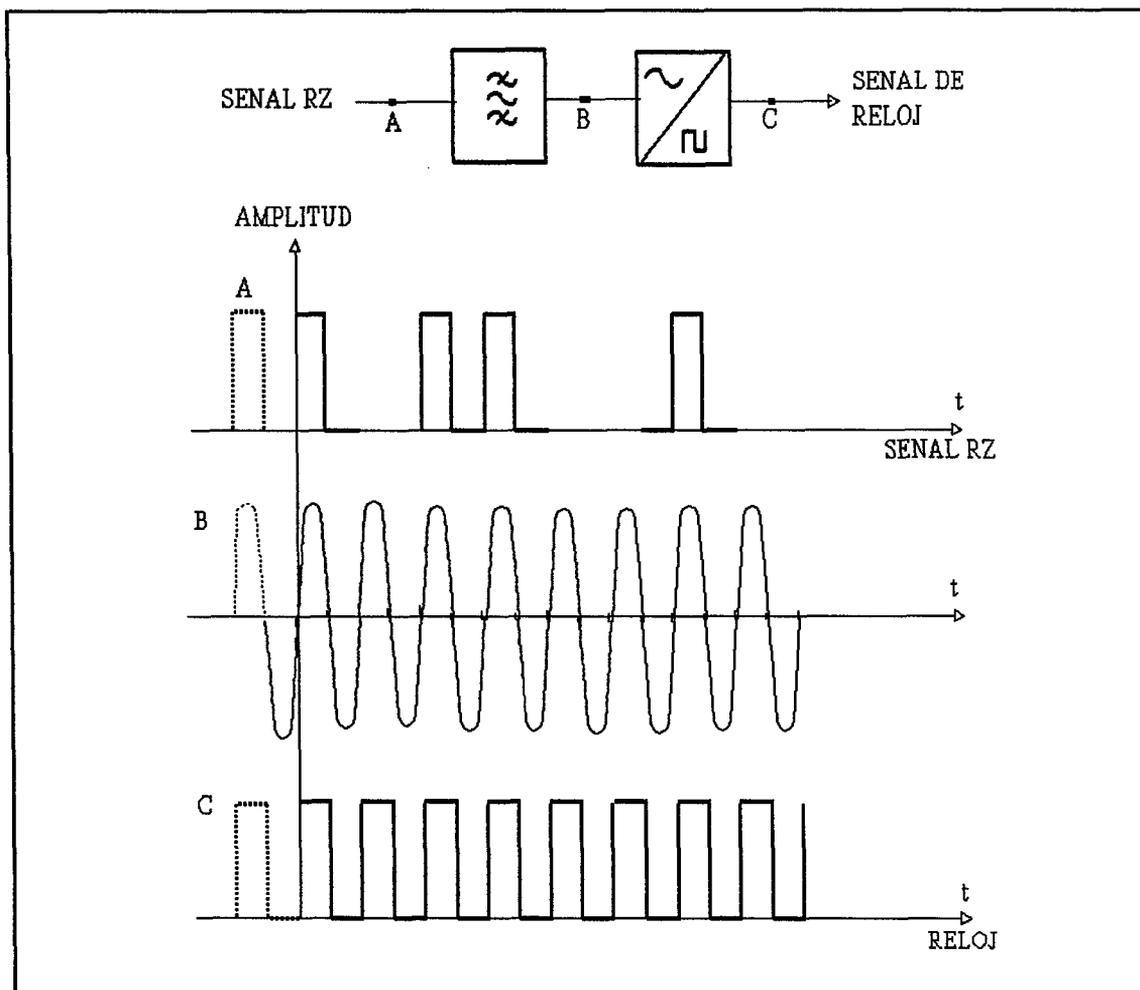
lógico durante la otra mitad del tiempo de bit.

El proceso de obtención de una señal RZ a partir de la NRZ y del Reloj puede verse en el dibujo 3:



DIBUJO 3: OBTENCION DE LA SEÑAL RZ

La extracción de la señal de reloj a partir de la señal RZ se realiza como se ve en el dibujo 4, donde se utiliza un filtro paso banda de frecuencia igual a la frecuencia de reloj y un circuito recuadrador.



DIBUJO 4

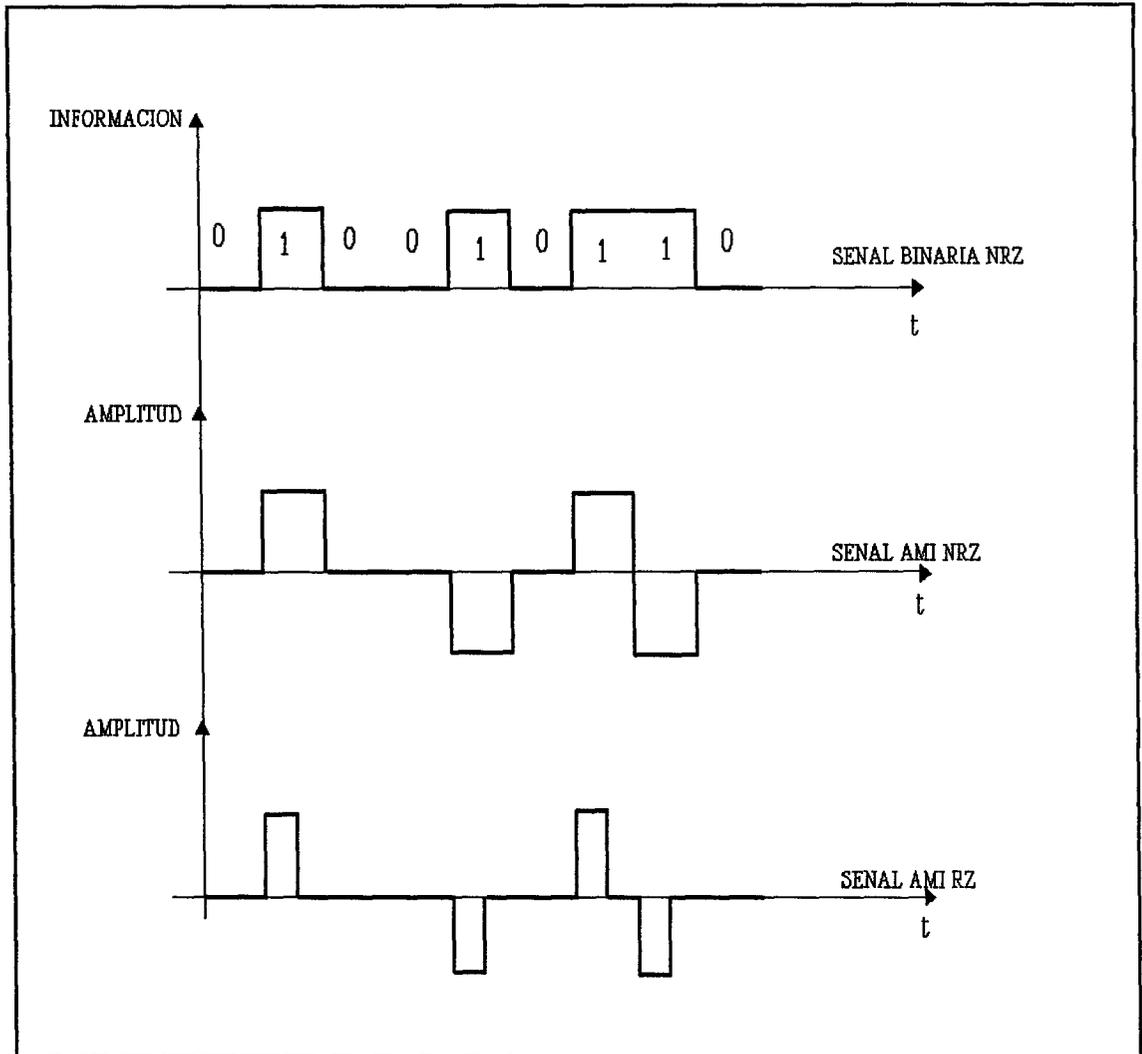
Este dispositivo tiene el inconveniente de que cuando la señal tiene largas secuencias de ceros, ocurre que la señal sinusoidal a la salida del filtro se irá atenuando hasta que finalmente se perderá la señal de reloj.

2.- CODIGOS AMI Y HDB3

Los códigos AMI (Alternate Mark Inversion), y HDB3 (High Density Bipolar) son códigos que se han desarrollado para paliar los inconvenientes que poseen los códigos NRZ y RZ.

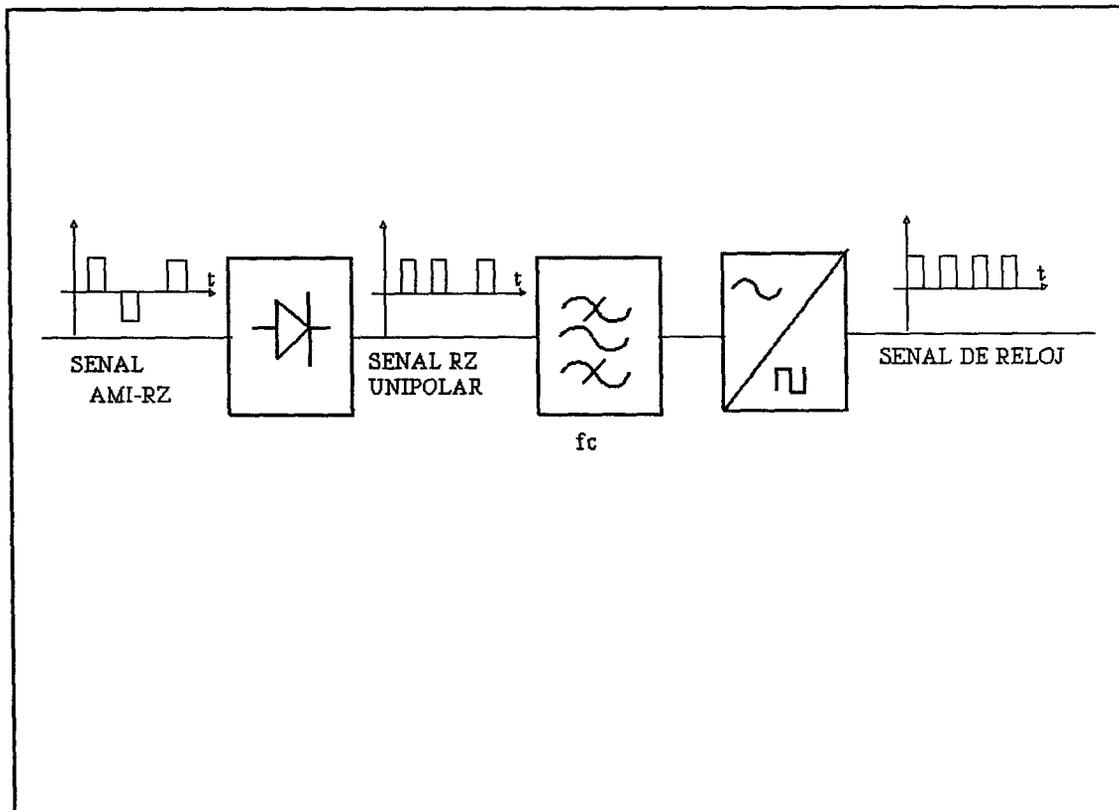
El primer problema que plantean los códigos NRZ y RZ unipolares es que no pueden ser transmitidos por líneas de conductores que posean transformadores o condensadores de desacoplo, ya que al ser unipolares poseen un cierto nivel de tensión continua que no puede ser transmitida a través de dichos elementos, con lo cual la señal será deformada.

Con el código AMI se obtiene una señal eléctrica sin componente continua haciendo que las marcas correspondientes al uno lógico sean positivas y negativas alternadamente. Como puede verse en el dibujo 5 la señal obtenida es ternaria y bipolar pudiendo ser además de tipo NRZ o RZ. El nivel de continua presente en el impulso es neutralizado por el del impulso siguiente que es de polaridad opuesta.



DIBUJO 5: SEÑAL EN CODIGO AMI-NRZ Y AMI-RZ

En el código AMI-RZ se encuentra contenida la señal de reloj dentro de la señal, pero este reloj no es directamente extraíble por medio de un filtrado, ya que la señal de reloj está también neutralizada. Hay que proceder a convertir la señal AMI-RZ en una señal RZ unipolar, lo que se hace con un simple rectificador, y extrae de ésta la señal de reloj. El proceso lo podemos ver en el dibujo 6:



DIBUJO 6: RECUPERACION DEL RELOJ EN UNA SEÑAL AMI-RZ

Ya se ha resuelto el problema de la componente continua de la señal eléctrica, sólo queda resolver el problema de cómo evitar que se pierda la señal de reloj cuando se tienen largas secuencias de ceros. Esto se soluciona con el empleo del código HDB3 que es una mejora del código AMI.

El código HDB3 limita a tres el máximo número de ceros existentes en la señal transmitida.

En la codificación HDB3 los impulsos son invertidos alternadamente como en el código AMI, pero cuando aparecen más de tres ceros consecutivos, se dividen éstos en grupos de cuatro, y se sustituyen por los bits BOOV ó OOOV.

B indica un impulso con distintos signo que el impulso anterior. Por lo tanto, B mantiene la ley de alternancia de impulsos, o ley de bipolaridad, con el resto de los impulsos.

V indica un impulso del mismo signo que el impulso que le precede, violando por tanto la ley de bipolaridad.

El grupo 0000 se sustituye por B00V cuando el número de impulsos entre la violación V anterior y la que se va a introducir, es par.

El grupo 0000 se sustituye por 000V cuando el número de impulsos entre la violación V anterior y la que se va a introducir, es impar.

De esta forma se consigue mantener la ley de bipolaridad de los impulsos correspondientes a uno y de los impulsos B por una parte, y de los impulsos V por otra.

En el dibujo 7 se representa un ejemplo de codificación de una señal binaria, en código HDB3:

3.- CODIGOS NBMB

Los códigos NBMB, es decir transmisión de M bits por cada N bits de señal a enviar ($M > N$, pero no necesariamente doble, M normalmente par), reúnen condiciones idóneas, por lo que su uso está muy extendido en los sistemas de media y alta capacidad. Su empleo supone un incremento moderado de la velocidad de transmisión. La relación de aumento es M/N . Los códigos 5B6B y 7B8B se utilizan ventajosamente en la jerarquía MIC de 34 a 140 Mbit/s, respectivamente. El código 7B8B aplicado a la velocidad digital de 140 Mbit/s eleva el ritmo de bits en línea a 154.477 Kbit/s, muy inferior al doble de la velocidad nominal.

En un codificador 5B6B, la cadena de bits que van llegando a la entrada se considera dividida en grupos de cinco, que denominaremos símbolos, o palabras, de entrada. Habrá, pues, $2^5 = 32$ posibles palabras diferentes en la información de llegada. Este conjunto de símbolos distintos recibe el nombre de alfabeto, o código, de entrada.

Como la palabra de salida va a tener seis bits, podrán existir $2^6 = 64$ palabras diferentes, susceptible de ser enviadas a línea.

En consecuencia, cada símbolo de entrada puede hacerse corresponder con dos símbolos de este grupo de 64 palabras de seis bits. No obstante, ésto no va a ocurrir en general, quedando un cierto número de conjunto de seis bits fuera del

alfabeto de salida. La presencia de una de estas combinaciones prohibidas en la señal recibida indicará inequívocamente la ocurrencia de algún error en la transmisión.

La correspondencia entre los códigos de entrada y salida deberá hacerse con arreglo a criterios en pro de la calidad de la transmisión. Consideremos un concepto interesante en la estructuración de los códigos bloque NBMB.

Se define disparidad (d) de una palabra del código de salida, a la diferencia entre el número de unos y el número de ceros que componen el símbolo. Lógicamente si el número de cero y de unos es igual, la disparidad de esa palabra es nula. Cuando en una transmisión la disparidad global es nula, habiendo en general palabras de disparidad no nula, se dice que la disparidad es equilibrada.

La asignación de símbolos de los códigos de entrada y salida se hace siempre en base al concepto de disparidad. Normalmente se prefija los posibles valores de disparidad, lo cual pone fuera del código de salida a una cierta cantidad de combinaciones de M bits. En nuestro caso (5B6B) la variable d podrá tomar los tres valores siguientes: 0, +2, -2, conforme muestra la tabla. Puede observarse que las palabras de disparidad +2 y -2 son complementarias respecto de 1.

La selección de las palabras que van a formar parte

del código de salida, entre las 64 posibles que pueden formarse con los seis bits que se enviarán al excitador del fotoemisor, se hace con arreglo a los tres criterios siguientes:

- Se desechan aquellos símbolos cuya disparidad es superior a dos en valor absoluto. Es decir aquellos en los que el número de ceros, o unos, excede en tres o más al de unos, o ceros, respectivamente.

- Se aceptan como primer conjunto de palabras del referido código, las de disparidad nula. Posteriormente se establece la correspondencia entre algunas palabras del código de entrada y entre grupo de palabras de seis bits de disparidad nula. Esta correspondencia es biunívoca, es decir una a una.

- El resto de los símbolos del alfabeto de entrada se relacionan con las demás palabras del alfabeto de salida (que tenderán disparidades iguales a $+2$ ó -2) procurando equilibrar la disparidad global de la transmisión. Cada símbolo del código de entrada de este segundo grupo va a poseer dos imágenes, de disparidad opuesta, en el código de salida. La emisión de una u otra es función del estado en que encuentra el codificador, es decir de la disparidad acumulada hasta ese momento. Si esta disparidad es $+2$, ó nula, la palabra de entrada se traducirá conforme un conjunto de seis bits de la columna correspondiente al estado B de disparidad es -2 , ó cero, con lo cual la disparidad total es nula, mientras que cuando la disparidad

es nula, ó -2, la imagen del símbolo de entrada se encuentra en la columna referente al estado A de la tabla.

CODIGO DE ENTRADA	-----	CODIGO DE SALIDA	-----	
	ESTADO A (D=-1)	d	ESTADO B (D=+1)	d
0000 (0) 00001 (1)	101011 011100	2 0	010100 011100	2 0
00010 (2) 00011 (3)	110001 101001	0 0	110001 101001	0 0
00100 (4) 00101 (5)	010011 010011	0 0	010011 010011	0 0
00110 (6) 00111 (7)	101100 111001	0 2	101100 000110	0 2
01000 (8) 01001 (9)	100110 010101	0 0	100110 010101	0 0
01010 (10) 01011 (11)	010111 100111	2 2	101000 011000	2 2
01100 (12) 01101 (13)	110011 011110	2 2	000111 100001	0 2
01110 (14) 01111 (15)	101110 110100	2 0	010001 110100	2 0
10000 (16) 10001 (17)	001011 011101	0 2	001011 100010	0 2
10010 (18) 10011 (19)	011011 111000	2 0	100100 001100	2 2
10100 (20) 10101 (21)	110110 111010	2 2	001001 000101	2 2
10110 (22) 10111 (23)	101010 011001	0 0	101010 011001	0 0
11000 (24) 11001 (25)	101101 001101	2 0	010010 001101	2 0
11010 (26) 11011 (27)	110010 010110	0 0	110010 010110	0 0
11100 (28) 11101 (29)	100101 100011	0 0	100101 100011	0 0
11110 (30) 11111 (31)	001110 110101	0 2	001110 001010	0 2

Realmente la correspondencia entre cualquier palabra del código de entrada y una, o dos, del de salida puede hacerse arbitrariamente. La tabla presente una posible solución convencionalmente aceptada.

La estructura del codificador es la de un circuito autómatas que puede aceptar dos estados, A y B, relacionados con la disparidad acumulada. Se dice que el autómatas se encuentra en el estado A cuando la disparidad acumulada es igual a cero ó -2; mientras que la permanencia en B significa que el parámetro en cuestión vale +2, ó cero.

4.- CODIGOS CMI

Pertenecen al tipo de código 1B2B, es decir cada bit de entrada supone la emisión de dos bits como salida, con lo que la velocidad digital se duplica.

Por esta razón no tiene utilidad como código de línea en las jerarquías MIC de mayor orden. No obstante, ha sido adoptado a nivel internacional como el empleo en las interfaces digitales del sistema de 140 Mbit/s.

Según las reglas de construcción de este código, el símbolo 0 en la entrada se transmite como el par 01; mientras que el 1 será emitido una vez como 00 y la siguiente en aparición como 11, es decir cambiando alternadamente. De aquí el nombre de Código de Marcas Invertidas.

La palabra 10 tiene prohibida su aparición sobre la salida, y tampoco pueden existir más de tres unos o de tres ceros seguidos (pues la disparidad acumulada está limitada a tres).

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA:

- Comunicaciones ópticas.

Universidad Politécnica de Madrid

José Luis Rodríguez Vazquez - José Enrique González García

- Sistemas de Telecomunicaciones.

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Inocente de Esteban Teba

- Comunicación por fibra óptica.

TESA (Formación)

- Métodos de trabajo en planta exterior (fibra óptica).

TESA (Formación)

- Fibra óptica y equipos de líneas digitales.

TESA (Formación)

- Red Ibermic.

TESA (Formación)

- Calidad de funcionamiento para la puesta en servicio y el mantenimiento de trayectos digitales a 34 Mbit/s en la red telefónica.

TESA (Tecnología y normativa técnica)

- Armario de repartición para 16 fibras ópticas.

TESA (Tecnología y normativa técnica)

- **Cables de fibras ópticas monomodos.**
TESA (Tecnología y normativa técnica)

- **Fiber optic networks.**
Prentice Hall
Paul E. Green

- **Comunicaciones por fibra óptica (Manual de ingeniería).**
Marcombo
Raimundo Díaz de la Iglesia

- **Telecomunicación a través de fibra óptica.**
AHCJET-ICI
Juan Bedmar Izquierdo

- **Todo sobre las fibras ópticas.**
Marcombo
Juan Tur Terrasa - M^a Rosario Martínez Jiménez

- **Fundamentos de fibra óptica.**
Alcatel
F. Gutiérrez

- **Sistema multiplex 2-34 Mbit/s y equipo de línea 34 Mbit/s fibra óptica. TXFD-103E-1 MD (FL3101).**
Alcatel

- **Equipo multiplex digital de 2/8/34 Mbit/s V.85 (MBT-1234-620XX)**
Alcatel

- **Equipo multiplex digital de 34/140 Mbit/s (MBT-1140-622XX)**
Alcatel

- **Sistema de transmisión digital a 140 Mbit/s por fibra óptica (MBT-1530-663XX)**
Alcatel

- **Sistema de línea por fibra óptica 4 x 140 Mbit/s (FL 5401)**
Alcatel

- **Equipo multiplex digital modular 2/8/34/140 Mbit/s (ZFH-40102)**
Ericsson

- **Equipo terminal de línea óptica de 140 Mbit/s (ZFM-49503)**
Ericsson

- **Sistema de línea por fibra óptica a 565 Mbit/s (ZAM 565-4)**
Ericsson

- **Sistema multiplex 34/140 Mbit/s (8TR 644)**
AT&T

- **Sistema óptico de transmisión a 140 Mbit/s (8TR 684)**
AT&T

- **Sistema de línea óptica y Muldex de 565 Mbit/s (8TR 695)**
AT&T

- **MINI-LINK Mk II**
SK/MT

- **Optical attenuation test set (K1186)**
Siemens

- **Optical attenuator (MN924A)**
Anritsu

- **Optical power level meter (OLP-2)**
WG (Wandel & Goltermann)

- **Los servicios de Telecomunicaciones**
ra-ma
José A. Carballar Falcón