

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Eléctrica y  
Electrónica



**“Operación y Mantenimiento de  
MUX MIC 2/8/34 y 34/140 MBPS  
y Líneas Ópticas a 140 MBPS”**

**TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL  
Para Optar el Título Profesional de  
*INGENIERO ELECTRONICO***

**Ronie Rogger Gonzáles Garay**

***Promoción 1979 - 2***

**LIMA - PERU - 1995**

A mi esposa Cathy e  
hijos Laure y José

## SUMARIO

La instalación y puesta en servicio del cinturón óptico digital a 140 Mbps fue un reto para el personal que trabaja en el área de operación y mantenimiento de equipos electrónicos de transmisión de la CPTSA, debido a que se instaló equipos de alta tecnología, como la fibra óptica multimodo la cual puede llevar hasta 1920 conversaciones telefónicas, y que una avería en cualquiera de ellos involucra una baja calidad en el servicio que brinda la CPTSA a sus usuarios. Es por ello que el personal de esa área debe conocer el funcionamiento de los equipos de transmisión a su cargo, así como el uso de los equipos de medición usados para el mantenimiento, por lo que su capacitación es constante, para que en el caso de producirse una avería, como las dos veces que se rompió el cable de fibra óptica, la solución a dicho problema se debe realizar en el menor tiempo posible.

**"OPERACION Y MANTENIMIENTO DE MUX MIC 2/8/34 Y 34/140 MBPS  
Y LINEAS OPTICAS A 140 MBP"**

# EXTRACTO

**TESIS** : " OPERACION Y MANTENIMIENTO DE MUX MIC  
2/8/34 Y 34/140 MBPS Y LINEAS OPTICAS  
A 140 MBPS "

**AUTOR** : Ronie Rogger Gonzales Garay

**PARA OPTAR EL**

**TITULO**

**PROFESIONAL DE** : Ingeniero Electrónico

**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Lima - 1994**

---

En el Capitulo I : Red de Transmisiones en la Compañía Peruana de Teléfonos S.A.

En este capítulo se explica en forma breve la evolución de los sistemas digitales en la red telefónica de la CPTSA hasta la instalación del cinturón óptico digital. Se menciona los primeros sistemas MIC instalados que interconectan dos centrales telefónicas analógicas, y luego los sistemas digitales que interconectan una central telefónica digital y una central telefónica analógica, así como la interconexión entre dos centrales telefónicas

digitales, mediante el uso del cinturón óptico digital.

En el Capítulo II Descripción de los equipos.

En este capítulo se describe los equipos que intervienen en el cinturón óptico digital a 140 Mbps, la descripción es hasta el nivel de las tarjetas que forman parte de cada equipo, lo cual es necesario que el personal que trabaja en operación y mantenimiento los conozca para poder actuar de una manera rápida y efectiva en el caso de una avería, así como para la reparación de las tarjetas averiadas.

En el Capítulo III Operación y Mantenimiento de los equipos.

En este capítulo se indica las mediciones que deben hacerse en algunos equipos para el mantenimiento preventivo, también se indica el procedimiento a seguir en caso de un mantenimiento correctivo. Asimismo, se explica en forma breve la Red de Telesupervisión Centralizada instalada por ALCATEL, la cual nos informa en tiempo "real" a través de periféricos, el estado (presencia de alarmas) de los equipos vigilados, también se da una descripción de la "maqueta de pruebas" instalada por nosotros mismos y que es utilizada para la reparación y/o prueba de las tarjetas averiadas, así como para la enseñanza al personal que recién ingresa al área de operación y mantenimiento.

En el Capítulo IV : Anexos.

En este capítulo se dan las características eléctricas y mecánicas de los equipos aquí descritos, así como algunas recomendaciones CCITT en las cuales se ha basado la empresa ALCATEL para la fabricación de los equipos.

## INDICE

	Pág.
INTRODUCCION . . . . .	1
<b>CAPITULO I</b>	
<b>RED DE TRANSMISIONES EN LA COMPAÑIA PERUANA</b>	
<b>DE TELEFONOS . . . . .</b>	<b>3</b>
1.1 Cinturón óptico digital 140 Mbps . . . . .	7
<b>CAPITULO II</b>	
<b>DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS . . . . .</b>	<b>11</b>
2.1 Equipo terminal numérico de extremo 30	
canales-MIC 3G . . . . .	11
2.1.1 Generalidades . . . . .	11
2.1.2 Estructura de la señal numérica . . . . .	12
2.1.3 Criterio de pérdida y recuperación de	
enclavamiento de trama . . . . .	14
2.1.4 Funcionamiento de cada unidad . . . . .	16
2.1.4.1 Tarjeta de 10 canales de audio-frecuencia . . . . .	16
2.1.4.2 Tarjeta de órganos generales . . . . .	19
2.1.4.3 Tarjeta de alimentación y alarma . . . . .	24
2.1.5 Código HDB-3 . . . . .	24
2.2 Equipo de señalización 3G . . . . .	28
2.2.1 Generalidades . . . . .	28
2.2.2 Funcionamiento de cada unidad . . . . .	29
2.2.2.1 Tarjeta de 5 adaptadores de salida de	
señalización . . . . .	29

## VIII

2.2.2.2	Tarjeta de 5 adaptadores de entrada de señalización . . . . .	30
2.2.2.3	Tarjeta de dos uniones distantes IT16 . . . . .	31
2.2.2.4	Tarjeta de órganos generales de señalización	33
2.2.2.5	Tarjeta convertidor 48V/5V . . . . .	34
2.3	Equipo terminal numérico de multiplexaje de 2-8-34 Mbps (TNM 2-8-34) . . . . .	34
2.3.1	Generalidades . . . . .	34
2.3.2	Funcionamiento de cada unidad . . . . .	40
2.3.2.1	Tarjeta canal y unión HDB-3 de 2 Mbps . . . . .	40
2.3.2.2	Tarjeta órganos generales de 8 Mbps . . . . .	42
2.3.2.3	Tarjeta canal y unión HDB-3 de 8 Mbps . . . . .	43
2.3.2.4	Tarjeta órganos generales emisión de 34 Mbps (OGEm 34 Mbps) . . . . .	44
2.3.2.5	Tarjeta órganos generales recepción de 34 Mbps (OGRec 34 Mbps) . . . . .	45
2.3.2.6	Tarjeta canal y unión HDB-3 de 34 Mbps . . . . .	46
2.3.2.7	Tarjeta de alarmas . . . . .	46
2.3.2.8	Bloques convertidores . . . . .	46
2.4	Equipo terminal numérico de multiplexaje 34-140 Mbps . . . . .	47
2.4.1	Generalidades . . . . .	47
2.4.2	Funcionamiento de cada unidad . . . . .	51
2.4.2.1	Tarjeta unión y canal emisión-recepción a 34 Mbps . . . . .	51
2.4.2.2	Tarjeta órganos generales emisión a 140 Mbps (OGEm) . . . . .	52
2.4.2.3	Tarjeta órganos generales recepción a	

140 Mbps (OGRec) . . . . .	52
2.4.2.4 Tarjeta unión CMI a 140 Mbps (CMI 140) . . . . .	53
2.4.2.5 Tarjeta de alarmas . . . . .	54
2.4.2.6 Bloques convertidores . . . . .	54
2.4.3 Código CMI . . . . .	54
2.5 Equipo terminal de enlaces ópticos a 140 Mbps . . . . .	55
2.5.1 Generalidades . . . . .	55
2.5.2 Funcionamiento de cada unidad . . . . .	56
2.5.2.1 Tarjeta unión emisión "Uni Em CMI 140" (JEm CMI 140) . . . . .	56
2.5.2.2 Tarjeta módulo óptico emisión CMI 140 (MOEm CMI 140) . . . . .	58
2.5.2.3 Tarjeta de unión recepción CMI 140 (JRec CMI 140) . . . . .	60
2.5.2.4 Tarjeta módulo óptico recepción CMI 140 (MORec CMI 140) . . . . .	61
2.5.2.5 Tarjeta de televigilancia TVig ETL Opt CMI 140 . . . . .	61
2.5.2.6 Tarjeta franja de operación TVig ETL Opt CMI 140 . . . . .	62
2.5.2.7 Tarjeta franja de alarmas TVig ETL Opt CMI 140 . . . . .	62
2.5.2.8 Equipos de canales de servicio . . . . .	63
2.6 Fibra óptica . . . . .	63

### CAPITULO III

OPERACION Y MANTENIMIENTO . . . . .	66
3.1 Operación . . . . .	68

3.2	Mantenimiento . . . . .	68
3.2.1	Mantenimiento preventivo . . . . .	68
3.2.2	Mantenimiento correctivo . . . . .	68
3.3	Red de Telesupervisión . . . . .	69
3.4	Averías . . . . .	73
3.5	Reparación de tarjetas . . . . .	74
<b>ANEXOS</b>	. . . . .	<b>76</b>
<b>RECOMENDACIONES CCITT</b>	. . . . .	<b>90</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	. . . . .	<b>159</b>

## INTRODUCCION

El presente trabajo tiene el propósito de explicar la operación y mantenimiento de los equipos de transmisión instalados el año 1985 por la firma francesa ALCATEL. Para lograr este propósito primero se describe la operación de cada uno de los equipos de transmisión, luego el mantenimiento preventivo y correctivo y de los medios con los que se cuenta para mantener operativos los equipos de transmisión; en la parte de anexos se indican las características eléctricas y mecánicas de cada uno de ellos, así como algunas recomendaciones del CCITT (Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico).

MIC es el método de modulación, en que se mide cíclicamente la amplitud de la señal de voz, que generalmente varía a cada momento, y el valor medido se convierte en un código binario. Esta transformación de la señal en un número binario ha permitido obtener un sistema cuasi insensible a las perturbaciones del medio de transmisión.

Con el uso de los multiplexores de nivel superior se llega a velocidades de transmisión elevadas, lo que nos permite enviar una mayor información por un soporte de transmisión, tal es el caso del cinturón óptico digital instalado en CPTSA en el que la velocidad de transmisión es de 140 Mbps, lo que nos permite transmitir 1920 canales

telefónicos por una fibra óptica. La fibra óptica es el medio portador de la mayor capacidad existente, que elimina prácticamente todas las limitaciones de ancho de banda y transporte de todo tipo de señales, sin embargo su capacidad máxima así como su utilización total está limitada a la evolución de los equipos de transmisión así como del costo.

## CAPITULO I RED DE TRANSMISIONES EN LA COMPANIA PERUANA DE TELEFONOS

Antes del año 1972, la interconexión entre las centrales telefónicas existentes (Pentaconta y Rotary) se hacía por cables troncaleros y usaban un par de hilos de cobre por troncal telefónica. Ese año se instalaron 19 sistemas MIC (un sistema MIC está formado por dos multiplexores MIC -uno en cada extremo- unidas por una línea de 2 Mbps. usando para ello dos pares de hilos de cobre del cable troncalero) de la firma BTM (Bell Telephone Manufacturing) y que interconectaban algunas centrales telefónicas, de acuerdo a la configuración de la Fig. 1. Como por cada sistema MIC se puede intercambiar información de 30 troncales telefónicas, se lograba un ahorro de pares de cobre del cable troncalero.

Con el Plan de Expansión de 150000 líneas, se instalaron centrales telefónicas digitales NEAX-61, así como los multiplexores MIC y líneas de 2 Mbps de la firma NEC (Nippon Electric Company) con los cuales se interconectaban las centrales digitales entre sí y centrales digitales con centrales analógicas, de acuerdo a la configuración de la Fig. 2

El año 1985 se instaló el cinturón óptico digital 140 Mbps (Fig. 3) por la firma francesa LTT-THOMSON (en la actualidad ALCATEL) así como los multiplexores para poder subir desde 2 Mbps hasta los 140 Mbps necesarios para la

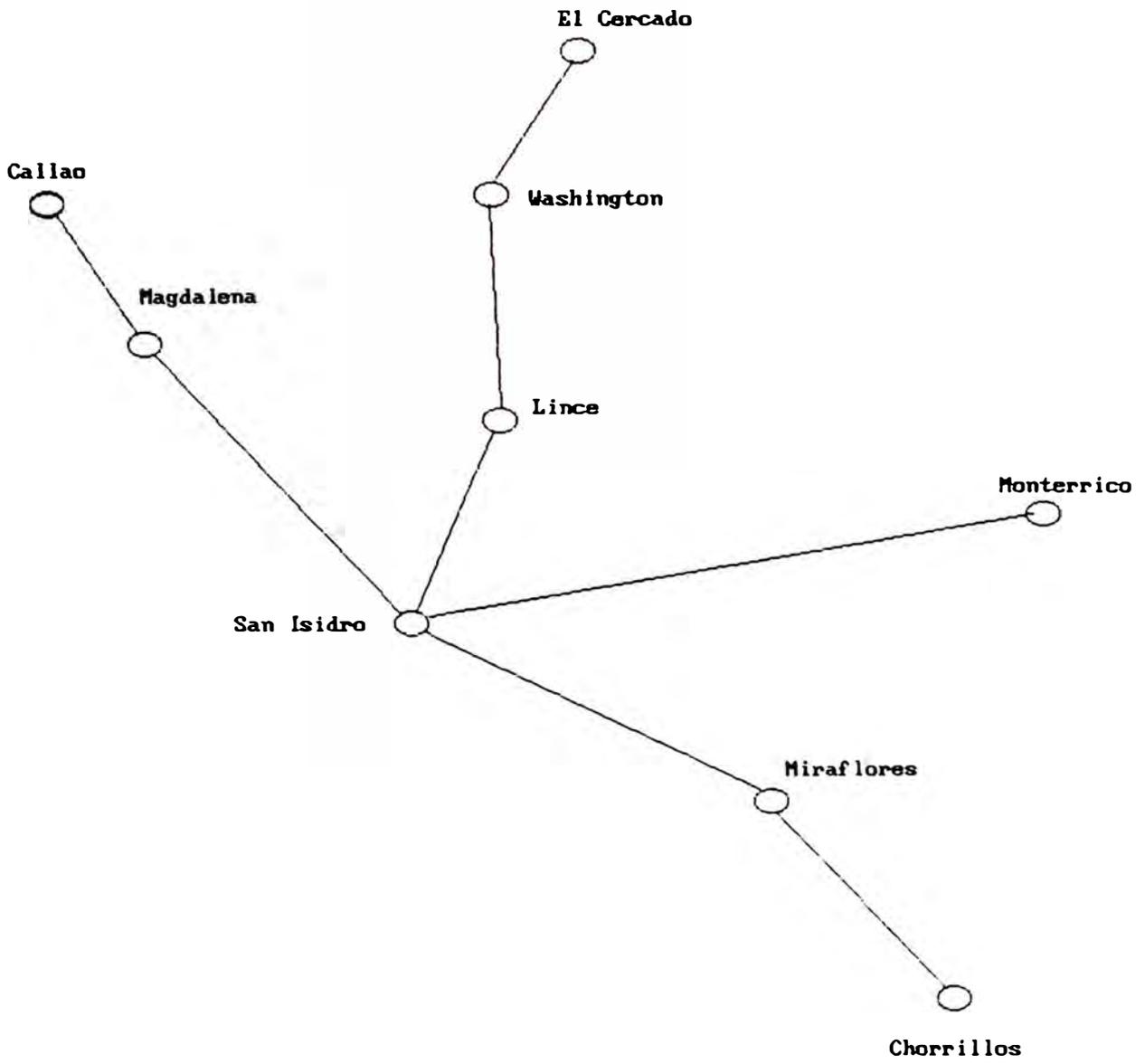


Fig. 1 LINEAS 2 Mbps BTM

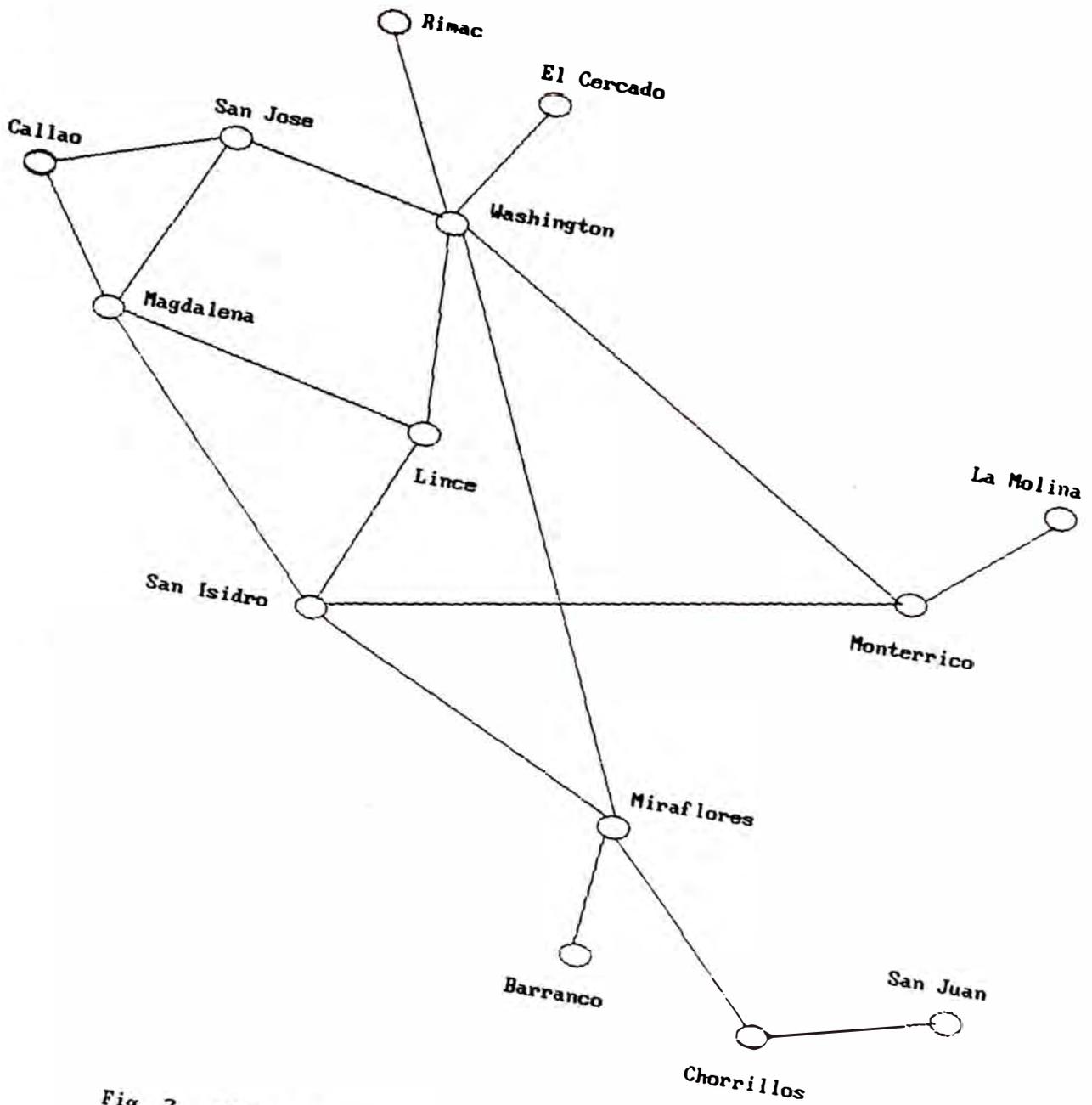
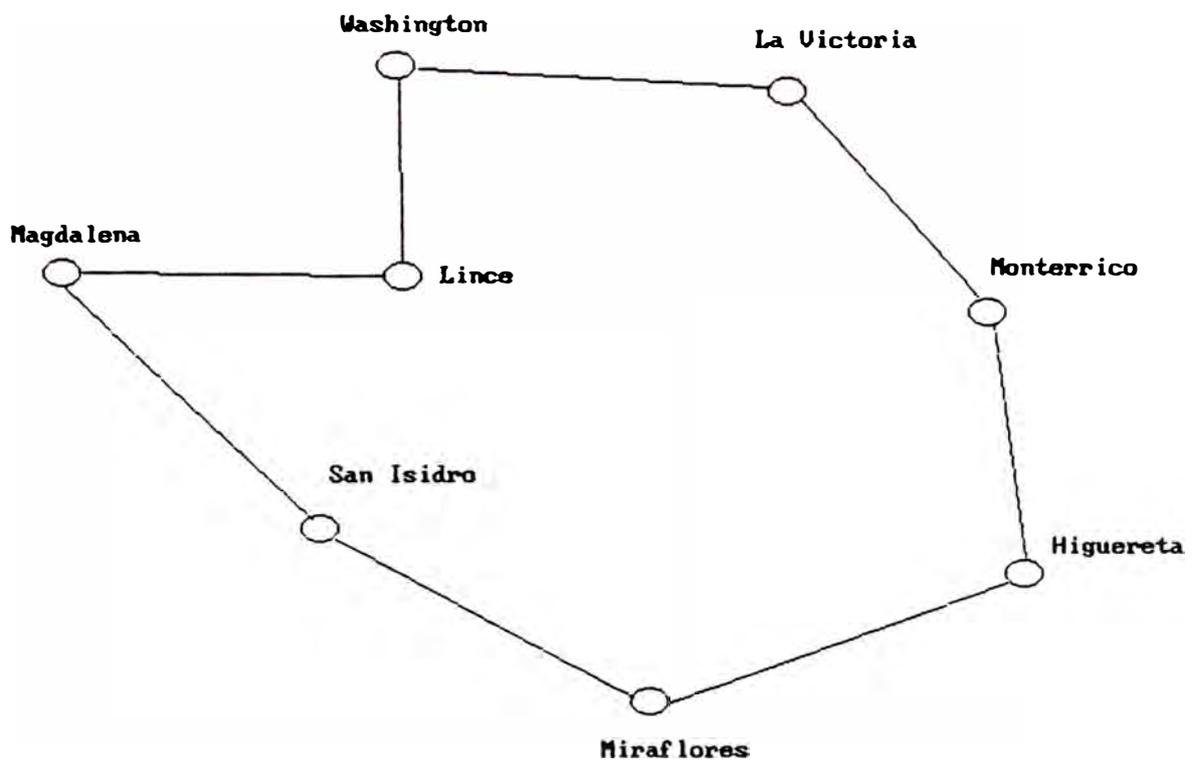


Fig. 2 LINEAS 2 Mbps NEC



**Fig. 3** Cinturon Optico Digital ALCATEL

transmisión por el cinturón óptico. Asimismo, el año 1985 se inició la instalación de los sistemas de radio enlace 140 Mbps de la firma TELETTRA para atender las zonas Norte y Centro de Lima.

En la actualidad se está instalando fibra óptica monomodo a velocidades de 140 Mbps y 565 Mbps para la interconexión de las nuevas centrales telefónicas.

### 1.1 Cinturón óptico digital 140 Mbps

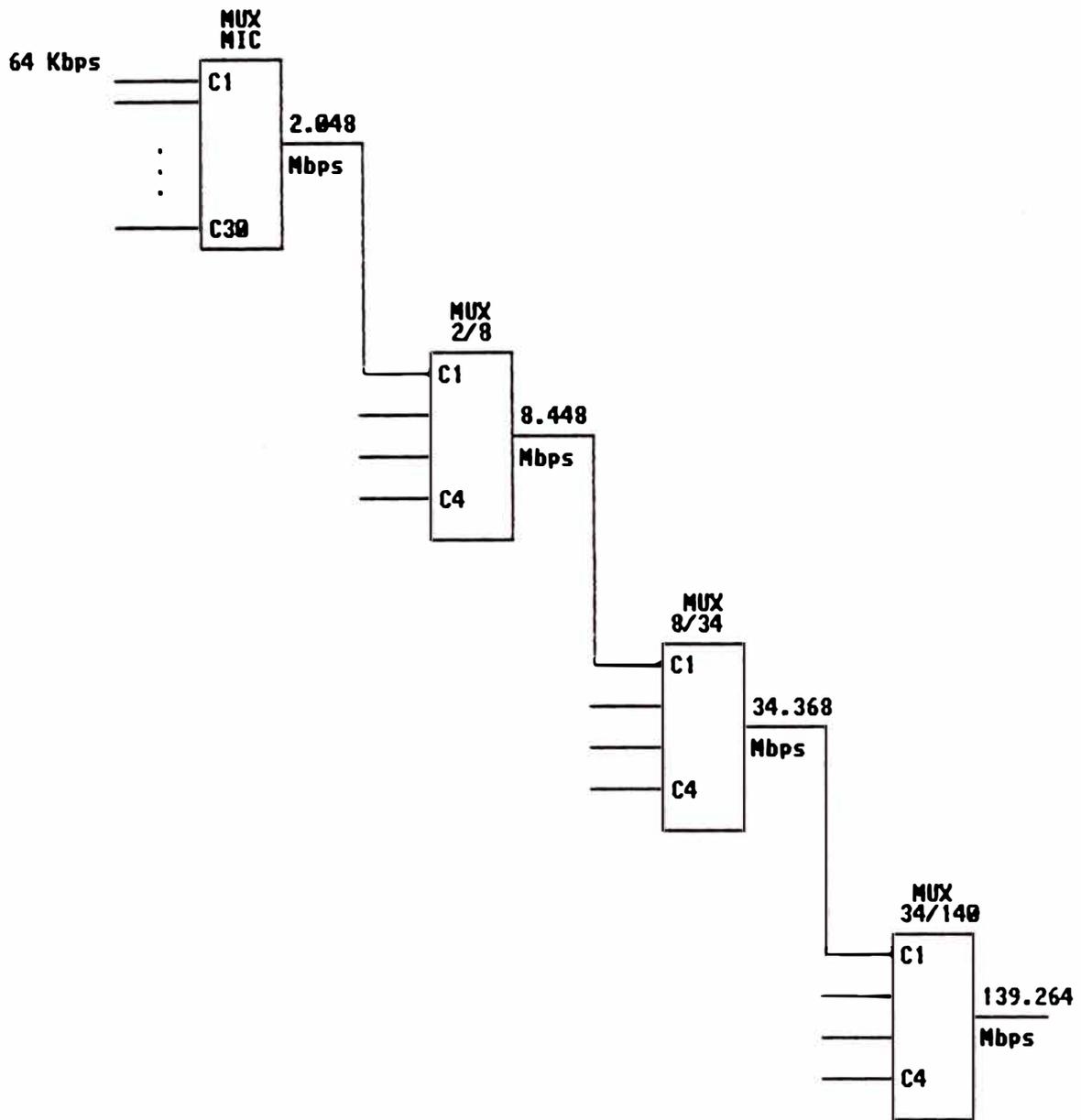
CCITT recomienda en su libro rojo (Rec. G.702) que se utilicen las siguientes velocidades binarias jerárquicas en las redes digitales cuya velocidad binaria de primer nivel es 2 Mbps (Fig. 4)

Primer nivel	2 Mbps	30 canales telefónicos
Segundo nivel	8 Mbps	120 canales telefónicos
Tercer nivel	34 Mbps	480 canales telefónicos
Cuarto nivel	140 Mbps	1920 canales telefónicos

Los equipos que intervienen en el cinturón óptico digital 140 Mbps instalado para CPTSA por la firma ALCATEL son

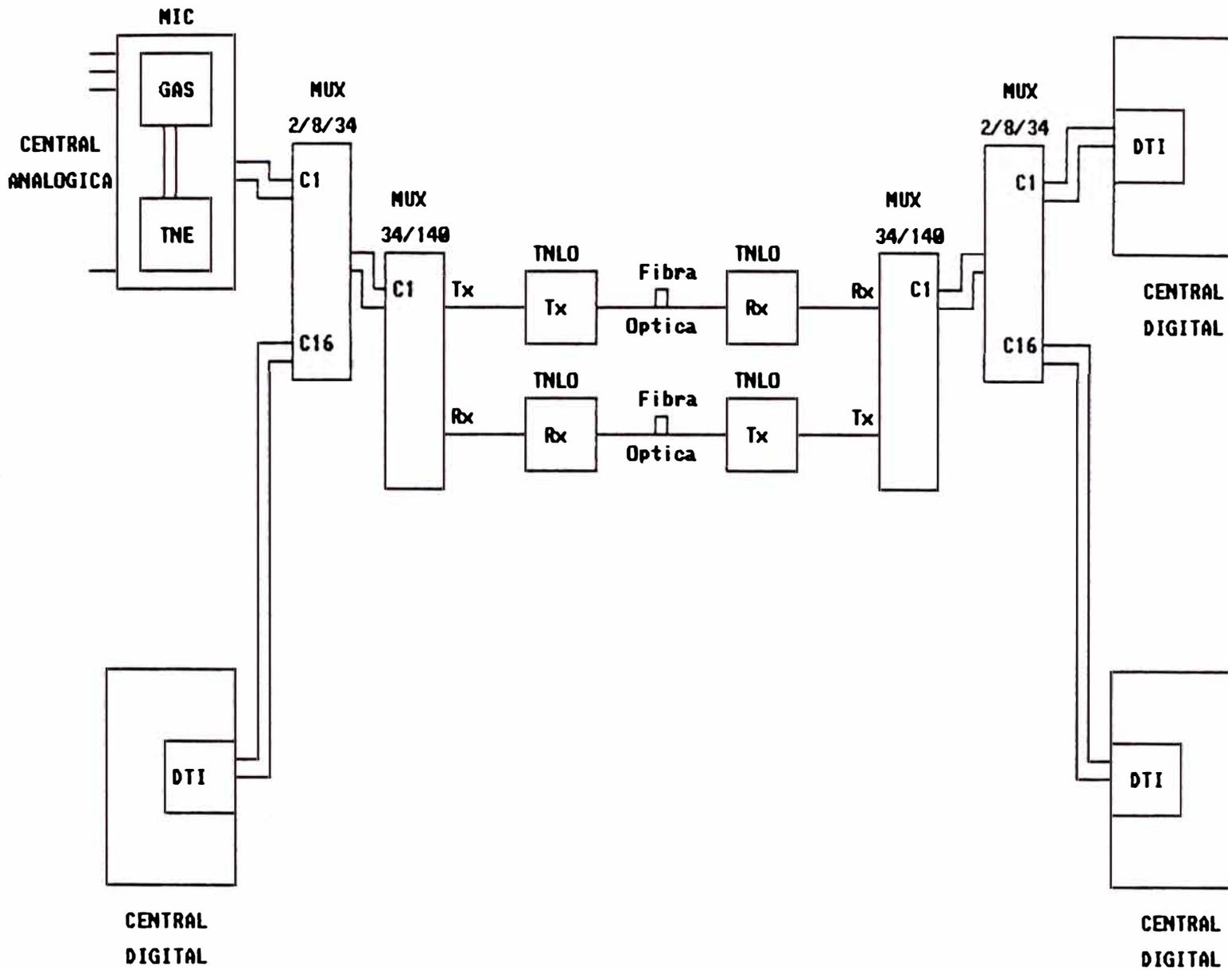
- Equipo Terminal Numérico de Extremo 30 canales
- Equipo de Señalización 3G
- Multiplexor 2/8/34 Mbps
- Multiplexor 34/140 Mbps
- Terminal Numérico de Línea Óptica
- Fibra óptica multimodo.

En la Fig. 5 se dan dos ejemplos de interconexión entre centrales usando el cinturón óptico digital. Uno de ellos entre una central analógica -que usa el equipo MIC- y una central digital; y el otro es entre dos centrales digitales.



2.048 Mbps	8.448 Mbps	34.368 Mbps	139.264 Mbps
Primer Nivel	Segundo Nivel	Tercer Nivel	Cuarto Nivel

Fig. 4 Jerarquia digital



**NOTA:**

- TNE : Equipo Terminal Numerico
- GAS : Senalizacion
- MUX : Multiplexor
- TNLO: Terminal Numerico de Linea Optica
- DTI : Digital Trunk Interface

Fig. 5 Ejemplos de interconexion entre centrales usando el cinturon optico digital.  
 analogica-digital  
 digital-digital

## CAPITULO II DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS

### 2.1 Equipo terminal numérico de extremo 30 canales -MIC 3G

#### 2.1.1 Generalidades

El equipo de multiplexación MIC transforma un conjunto de 30 señales telefónicas analógicas de frecuencias vocales, en un solo tren de informaciones binarias de alta velocidad (2 Mbps) y viceversa. Inserta ó extrae de dicho tren, otro tren de informaciones binarias de velocidad más reducida (64 Kbps) que representa la señalización. Dichas operaciones se efectúan en varias etapas; estas son en la emisión:

- codificación MIC individual de cada canal audio-frecuencia.

elaboración del código binario de emisión por multiplexación temporal de las informaciones por transmitir (señales de voz, de señalización, de datos, de informaciones de alarma).

- transcodificación del código binario en el código HDB-3 utilizado para la transmisión en línea.

En la recepción, se efectúan las operaciones inversas:

- transcodificación del código HDB-3 recibido en

código binario.

vigilancia de la trama recibida.

decodificación MIC de cada canal que permite la restitución de la señal de frecuencias vocales.

El equipo permite también la visualización y la operación de las informaciones de alarma provenientes de los extremos local y distante.

### 2.1.2 Estructura de la señal numérica

El código binario, elaborado antes de la transcodificación, consta de una serie de intervalos de tiempo (IT) compuestos de 8 elementos binarios. Una trama MIC consta de una serie de 32 IT sucesivos, numerados de 0 a 31. La frecuencia de repetición de una trama es de 8 Khz, la duración de un IT es de 3,9  $\mu$ s aproximadamente. Una multitrama MIC consta de una serie de 16 tramas sucesivas numeradas de 0 a 15. La frecuencia de repetición de una multitrama es de 500 Hz.

Cada uno de los IT 1 a 15 y 17 a 31 de la trama recibe una palabra de ocho elementos binarios que resulta de la codificación de la muestra del canal al cual está asociado.

Un intervalo de tiempo cero (IT0) de cada dos tramas lleva la palabra de enclavamiento de trama que consta de los elementos binarios No. 2 a 8, siendo el elemento binario No. 1 un elemento de

reserva fijado en 1. Los elementos binarios No. 1, 4, 5, 6, 7, 8 de los IT0 que no llevan la palabra de enclavamiento de trama son elementos binarios de reserva. Están fijados en 1. No obstante, los cinco últimos pueden utilizarse para funciones opcionales. El elemento binario No. 2 está fijado en 1 para evitar una eventual imitación de la palabra de enclavamiento de trama. El elemento binario No. 3 sirve para transmitir hacia el extremo distante la indicación de defecto detectado en la trama de recepción.

Los cuatro primeros elementos binarios del IT16 de la trama 0 de la multitrama se fijan en 0 y forman la palabra de enclavamiento de multitrama (EncMT). El elemento binario No. 6 de este IT16 (trama 0) es asignado a la transmisión de alarma de pérdida de enclavamiento de multitrama hacia el extremo distante, y los elementos binarios libres No. 5, 7 y 8 pueden ser utilizados para funciones opcionales.

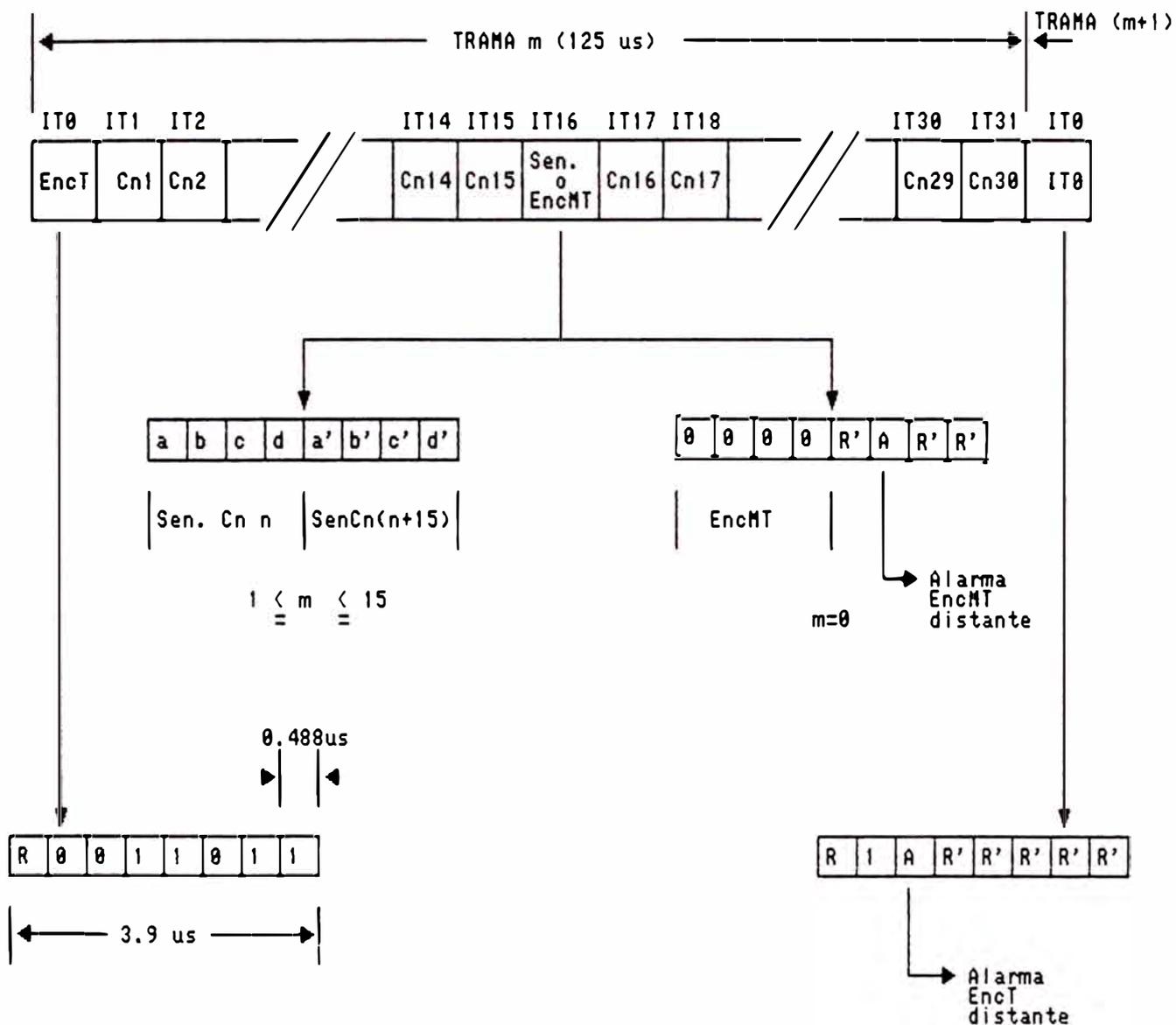
El IT16 de las tramas 1 a 15 de la multitrama es asignado a la señalización: los cuatro primeros elementos binarios a, b, c, d transmiten las informaciones de señalización del canal de rango n ( n comprendido entre 1 y 15) y los cuatro últimos elementos binarios a', b', c', d', las informaciones de señalización del canal de

rango  $n+15$ . Si los elementos  $b$  y  $b'$  ó  $c$  y  $c'$  ó  $a$  y  $d'$  no se utilizan, se fijan respectivamente en 1, 0, 1.

La Fig. 6 representa la organización de la trama y la multitrama.

### 2.1.3 Criterio de pérdida y recuperación de enclavamiento de trama

El enclavamiento de trama se pierde cuando se reciben con error cuatro señales consecutivas de EncT. En este caso, el automatismo de recuperación de enclavamiento de trama decidirá que este enclavamiento está efectivamente recuperado cuando se detecta la presencia de tres señales de EncT consecutivas conectas. En caso contrario, efectuará una nueva búsqueda de la señal de EncT.



- IT : Intervalo de Tiempo
- Cn : Canal
- EncMT : Enclavamiento de multitrama
- EncT : Enclavamiento de trama
- Sen : Senalizacion
- a,b,c,d : Elementos binarios de senalizacion
- a',b',c',d' : Elementos binarios de senalizacion
- A : Elemento binario de transmision de alarma
- R : Elemento binario de reserva (uso internacional)
- R' : Elemento binario de reserva (uso nacional)

Fig. 6 Organizacion de la trama y multitrama

#### 2.1.4 Funcionamiento de cada unidad

La Fig. 7 nos muestra el diagrama de bloques de un equipo terminal numérico de extremo 30 canales MIC 3G.

##### 2.1.4.1 Tarjeta de 10 canales de audio-frecuencia

La tarjeta de 10 canales audio-frecuencia sirve de interfaz entre diez canales de baja frecuencia (BF) a 2 hilos/4 hilos y el dispositivo de multiplexación de un equipo terminal de extremo 30 canales MIC. En la trama MIC, dichos canales son numerados de  $n$  a  $n+4$  y de  $n+15$  a  $n+19$ , teniendo  $n$  los valores de 1, 6 ó 11 según el emplazamiento de la tarjeta en el chasis.

Para cada canal, se efectúan las siguientes funciones en la emisión:

- adaptación a la estructura de la línea 2 ó 4 hilos
  - adaptación a las características de transmisión: impedancia y nivel.
  - filtrado de la señal: limitación del espectro de frecuencias a 3400 Hz, limitación de la amplitud de las señales parásitas.
- transformación de la señal de frecuencias vocales en informaciones binarias e inserción de éstas últimas en el intervalo de tiempo correspondiente al canal, mediante las

siguientes operaciones:

- . **muestreo:** consiste en reemplazar la señal analógica a procesar, por una serie de valores instantáneos recogidos de la señal misma, a intervalos regulares ( $f=8\text{Khz}$ ),
- . **cuantificación:** consiste en reemplazar el valor efectivo de la amplitud de una muestra por el valor entero más cercano de una serie discreta de amplitudes denominados niveles; se obtiene un error que se traduce en una distorsión de cuantificación.
- . **compresión:** esta operación permite obtener una relación de señal a ruido de cuantificación sensiblemente constante para una gran dinámica de la amplitud de las señales de voz.
- . **codificación:** hace corresponder a cada uno de los niveles de cuantificación un número binario de 8 bits.

Los 10 intervalos de tiempo que resultan de la codificación MIC de los 10 canales audio-frecuencia son agrupados para formar la señal Código Voz 1, 2 ó 3 según el emplazamiento de la tarjeta en el chasis.

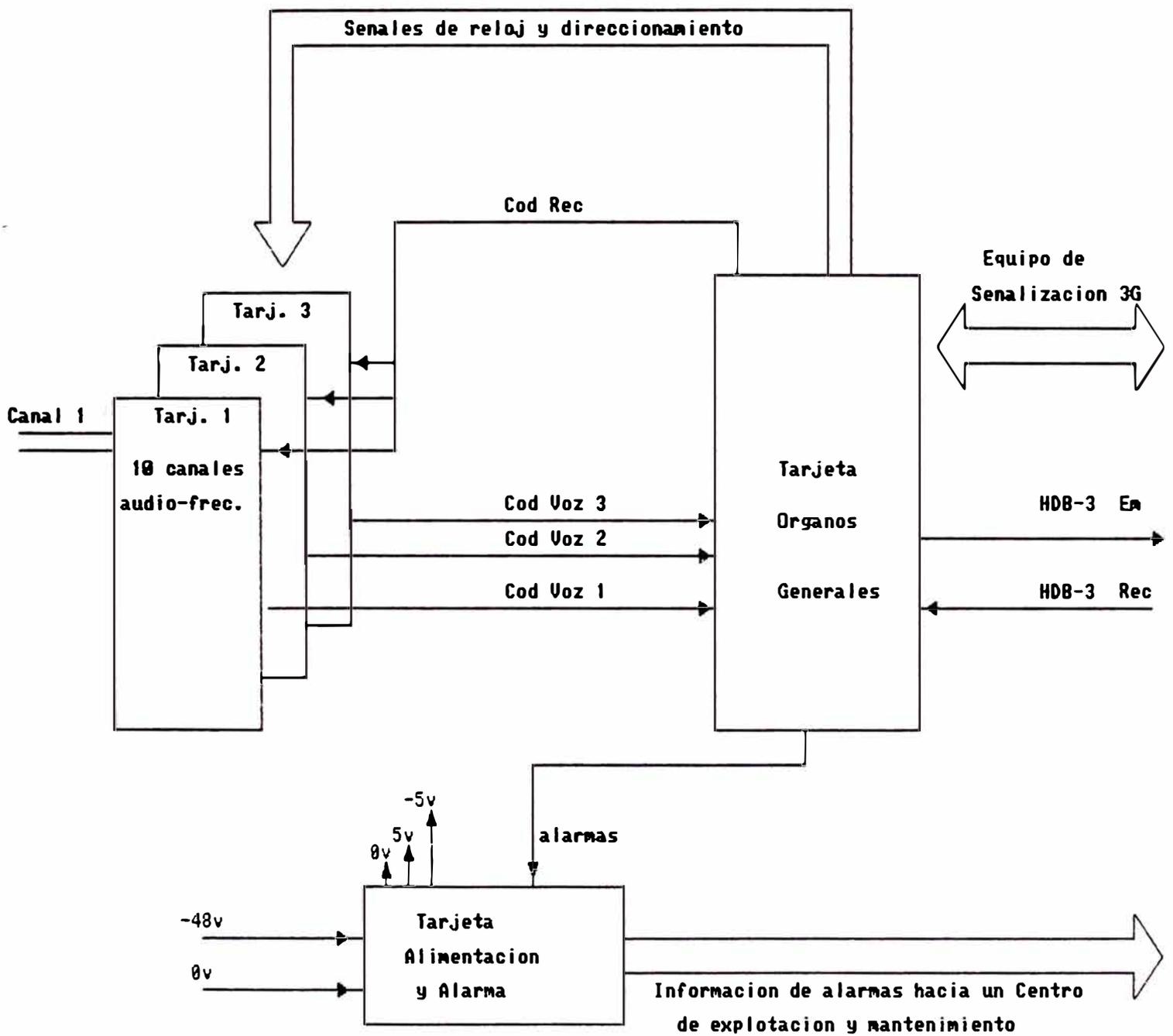


Fig. 7 Diagrama de bloques de un equipo MIC 3G

En la recepción, se efectúan las siguientes funciones :

- bloqueo de los canales si un defecto "EncT" o "PorErrEncT" es detectado en la trama recibida,
- selección del intervalo correspondiente al canal procesado, en el código binario recepción,
- decodificación MIC; el número binario de 8 bits es convertido en valor de tensión cuya amplitud y el signo corresponden a los de la muestra que ha sido codificada en el otro extremo; los valores sucesivos forman la señal "PAM Rec",
- filtrado de la señal "PAM Rec" que permite reconstituir la señal de frecuencias vocales,
- adaptación a las características (impedancia, nivel) y a la estructura (2 hilos ó 4 hilos) de la línea de transmisión.

#### **2.1.4.2 Tarjeta de órganos generales**

La tarjeta de Organos Generales permite las siguientes funciones en un equipo terminal de extremo 30 canales MIC:

- base de tiempo general,
- unión HDB-3.
- unión de sincronización (Unión Sinc).
- unión contradireccional (Unión Loc IT16).
- agrupamiento de alarmas (Agr Ala).

#### **BASE DE TIEMPO GENERAL:**

Permite las siguientes funciones en un equipo

terminal de extremo MIC 30 canales :

**a) En la emisión:**

- la elaboración de las señales que sirven para validar los diferentes periféricos del MIC en la emisión: tarjetas de canales, unión local IT16.
- la constitución del "Código de Voz" a partir de las señales de código de voz provenientes de las tres tarjetas de canales y la vigilancia del funcionamiento de los circuitos de codificación MIC.
- la generación de los intervalos de tiempo cero (ITO) de la trama MIC.
- la constitución de la trama por multiplexación digital de las informaciones por transmitir: voz, señalización, datos, alarma distante (en el caso de pérdida de enclavamiento de trama o de falta de reloj recepción o de porcentaje de error  $\geq 10^{-3}$  ).

**b) En la recepción:**

- la elaboración de las señales que sirven para validar los diferentes periféricos del MIC en la recepción, a partir del reloj y del código recepción.
- la vigilancia de la trama recepción:
  - . verificación de los criterios de pérdida y de recuperación de la palabra de enclavamiento de trama.

. cuenta del porcentaje de error en la palabra de enclavamiento de trama.

indicación de defectos porcentaje de error  $\geq 10^{-3}$ , pérdida de enclavamiento de trama ó falta de reloj, alarma distante.

### **UNIÓN HDB-3:**

Permite las siguientes funciones en un equipo de extremo MIC 30 canales:

**a) En la emisión:** la transformación del código binario ("Cod Em") proveniente de la base de tiempo emisión, en un código bipolar HDB-3 destinado a ser emitido en la línea.

**b) En la recepción:**

la regeneración de la señal HDB-3 recibida proveniente del equipo de línea, en una gama de 0 a 6 dB a 1024 Khz.

la transcodificación del código bipolar HDB-3 en código binario ("Cod Rec").

. la recuperación del reloj recepción a partir de la señal HDB-3 recibida.

. la vigilancia de la transmisión de la señal SIA (Señal Indicadora de Alarma) y la señalización de su presencia por una alarma.

### **UNION DE SINCRONIZACIÓN (Unión Sinc):**

Permite la elaboración del reloj de emisión de 2048 Khz. Cuando la señal MIC se utiliza como soporte de canales de datos sincrónicos, los relojes de los dos sentidos de transmisión del

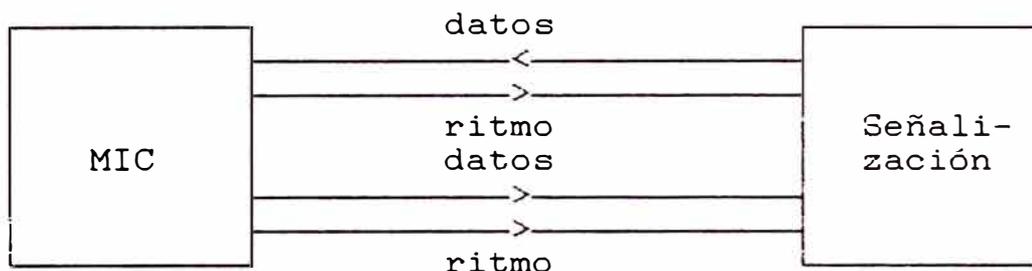
enlace MIC deben ser sincronizados. Para ello, en uno de los extremos del enlace, el reloj de 2048 Khz recuperado en la recepción ó una señal de reloj exterior sirven para sincronizar el reloj emisión despues de la supresión de jitter.

El supresor de jitter incluye un oscilador de cuarzo de frecuencia controlada por tensión (VCXO Voltage Controlled Crystal Oscillator) incorporado en un bucle de enclavamiento de fase. En caso de desaparición de la frecuencia de sincronización, este dispositivo suministra una señal de ritmo de 2048 Khz dentro de los límites de estabilidad en frecuencia de la señal y permite así el mantenimiento del funcionamiento de la parte emisión del equipo de modulación. En el caso de transmisión asincrónica, este oscilador funciona en carrera libre y su frecuencia ( $2048 \text{ Khz} \pm 50 \cdot 10^{-6} \text{ ppm}$ ) sirve de piloto para el sentido emisión. La unión de sincronización permite por otra parte suministrar a equipos exteriores un ritmo de 2048 Khz.

#### **UNIÓN CONTRADIRECCIONAL (Unión Loc IT16):**

Las informaciones de señalización relativas a los 30 canales del equipo MIC 3G son transmitidas entre el equipo de señalización y el equipo terminal de extremo mediante una unión contradireccional de 64 Kbps. Se utiliza el término "contradireccional" para designar una

unión a través del cual, para una dirección solamente, la información y sus señales de ritmo asociadas son transmitidas en sentido inverso.



**Fig. 8 Unión Contradireccional**

#### **AGRUPAMIENTO DE ALARMAS (Agr Ala):**

La función Agrupamiento de Alarmas se encuentra sometida a las informaciones siguientes acerca del estado de funcionamiento del equipo MIC:

- "DSG" (desenclavamiento del supresor de jitter) proveniente de la unión de sincronización.
- "FalSL" (falta señal de datos de 64 Kbps) proveniente de la unión contradireccional.
- "SIA" (presencia de la señal de indicación de alarma en el código 2 Mbps recibido), proveniente de la unión HDB-3.
- "PEncT + FaltR" (pérdida de enclavamiento de trama o falta de reloj).
- "PorErrEncT" (porcentaje de error en el enclavamiento de trama).

- "eb3Rec" (estado del bit No. 3 de los ITO sin la palabra de enclavamiento de trama).

A partir de todas las informaciones mencionadas, el dispositivo de agrupamiento de alarmas permite las siguientes funciones

la indicación visual de los defectos.

- el agrupamiento de las indicaciones de defectos locales y distantes del equipo de extremo 30 canales MIC y la transmisión de las informaciones de alarma a la tarjeta de "Alimentación y de alarma" en forma de alarmas lógicas mayor ó menor, según la importancia del defecto.

#### **2.1.4.3 Tarjeta de alimentación y alarma**

Es común a dos equipos terminales de extremo 30 canales MIC. Permite las siguientes funciones:

- la elaboración de las tensiones de alimentación +5V y -5V a partir de -48V.

el mando de alarma en el caso de falla en la alimentación.

la transmisión sincrónica en forma serial de las informaciones de alarmas mayores y menores, hacia un Sistema de Explotación y de Mantenimiento (Red de Telesupervisión).

#### **2.1.5 Código HDB-3:**

El código AMI (Alternate Mark Inversion) es un código pseudo-ternario en el cual un "1" binario es representado alternativamente por un

impulso positivo y otro negativo (relación cíclica 50%) y un "0" binario, por una señal nula.

El código HDB-3 (High Density Binary -3) se deriva del código bipolar AMI, modificado de manera tal de evitar la presencia en línea de series de más de tres ceros consecutivos. Es un código tal que

- un "1" binario esta representado alternativamente ya sea por un impulso positivo o por un impulso negativo,
- un "0" binario es representado por una señal nula, pero está permitido hasta un máximo de tres ceros consecutivos, una cantidad mayor de ceros comprometería la recuperación del ritmo.

Toda secuencia binaria de cuatro "0" consecutivos se emite en bipolar en forma 000V o 000V. El impulso V, llamado Violación, es un elemento no nulo que viola la ley de bipolaridad y, por consiguiente, tiene el mismo signo que el elemento no nulo anterior. El impulso B, llamado de relleno, es un elemento no nulo que respeta la ley de bipolaridad.

De ello resulta que, en una señal codificada HDB-3:

- el número de impulsos (positivos y negativos juntos) es siempre par en el intervalo de

tiempo de dos impulsos de violación.

- las polaridades de dos impulsos de violación sucesivos son de signo opuesto.

El reconocimiento de la secuencia de sustitución se efectúa por la detección de dos impulsos de igual polaridad, separados por dos o tres elementos nulos según que la secuencia de sustitución sea B00V o 000V.

La inserción del elemento de relleno tiene por objeto lograr, a nivel de la línea de transmisión, una señal bipolar simétrica y en consecuencia una componente continua nula.

La señal HDB-3 contiene la información de ritmo.

La Fig. 9 nos dá un ejemplo de codificación HDB-3.

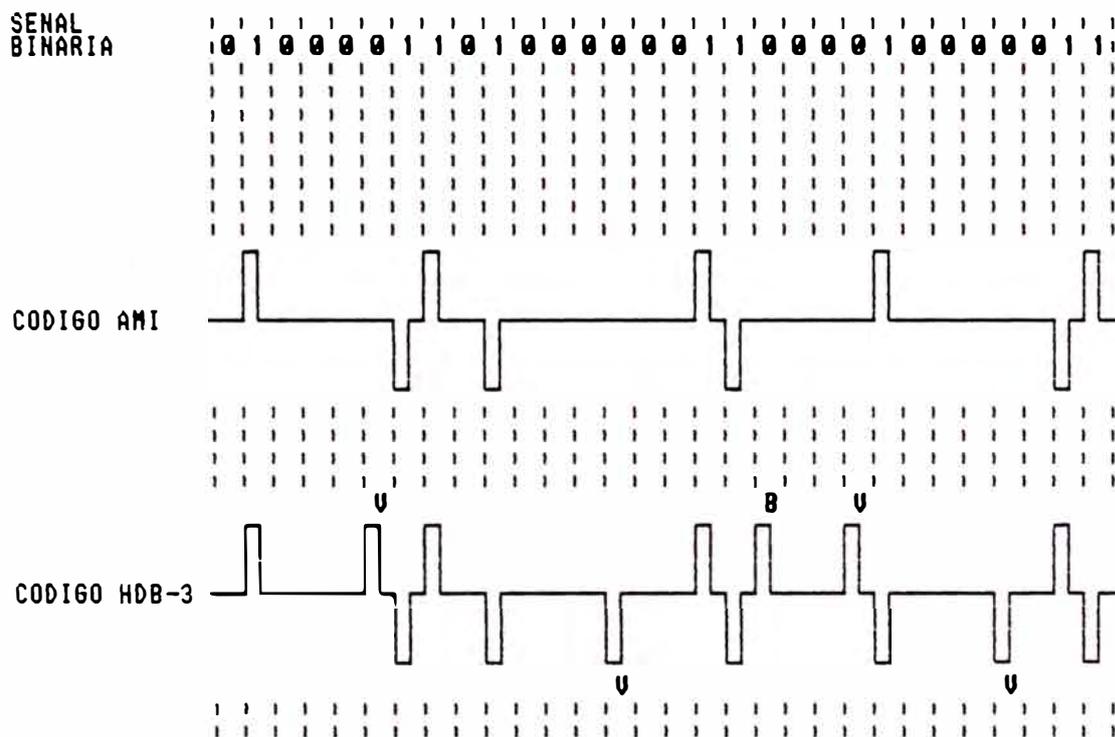


Fig. 9 Código AMI y HDB-3

## **2.2 Equipo de señalización 3G**

### **2.2.1 Generalidades**

El equipo de señalización 3G efectúa el tratamiento de la señalización entre un conmutador provisto de juntores electromecánicos (Central Telefónica Analógica) y un enlace MIC de 30 canales.

#### **La señalización es transmitida:**

entre el conmutador y el equipo de señalización, mediante inversiones de polaridades y variaciones de corriente en los hilos a y b, conectados en derivación en la línea de dos hilos del canal de audiofrecuencia correspondiente.

entre el equipo de señalización y el equipo MIC asociado, por una unión contradireccional de 64 Kbps.

El estado presentado por los juntores de salida y entrada en los hilos a y b de cada canal varía en función de las diferentes fases de una comunicación. El equipo de señalización tiene, para cada canal, un adaptador de señalización que permite mostrar, frente al juntor al cual está conectado, el estado del juntor del otro extremo.

#### **Tratamiento de la señalización:**

El equipo de señalización efectúa las

siguientes funciones:

**a) En la emisión:**

- para cada uno de los 30 canales de audiofrecuencia al cual está conectado, la transformación de los estados eléctricos presentados por el juntor, en datos binarios de señalización.
- la multiplexación de los datos de señalización y la constitución de un tren binario de 64 Kbps ("Señ Em Lin") para ser insertado en una trama numérica de 2048 Kbps del equipo MIC correspondiente.

**b) En la recepción:**

- del tren de datos binarios de 64 Kbps ("Señ Rec Lin") recibido del equipo MIC, la demultiplexación de los datos binarios de señalización.
- para cada canal de señalización, la transcodificación de los datos binarios de señalización en mandos de polaridad en los hilos a y b del canal, el estado presentado siendo idéntico al del juntor del otro extremo.

## **2.2.2 Funcionamiento de cada unidad**

### **2.2.2.1 Tarjeta de 5 adaptadores de salida de señalización**

La tarjeta de 5 adaptadores de salida de señalización está situada frente a un juntor de

salida de una central analógica.

Efectúa:

en un sentido, la emisión de los elementos binarios de señalización correspondientes al estado de las polaridades presentadas por el junctor salida, hacia la tarjeta Organos Generales de Señalización (OGSeñ) del equipo. en el otro sentido, la conversión de los elementos binarios de señalización, transmitidos por la tarjeta OGSeñ, en mandos de polaridad sobre los hilos a y b.

Esta tarjeta permite el tratamiento de cinco canales de señalización, de rango  $n$  a  $n+4$ ,  $n$  dependiendo de la ubicación de la tarjeta en el chasis.

La tarjeta de 5 adaptadores de salida de señalización forma parte del equipo de señalización 3G; está generalmente asociada a cinco otras tarjetas idénticas, o puede combinarse con tarjetas de 5 adaptadores de entrada de señalización, el conjunto asegura el tratamiento de 30 canales de señalización relativos a un grupo de 30 canales audiofrecuencias de un equipo MIC.

#### **2.2.2.2 Tarjeta de 5 adaptadores de entrada de señalización**

La tarjeta de 5 adaptadores de entrada de señalización está situada frente a un junctor de

entrada de una central analógica.

Efectúa:

- en un sentido, la conversión de los elementos binarios de señalización transmitidos por la Tarjeta de Organos Generales de Señalización (OGSeñ), en mandos de polaridad sobre los hilos a y b.

en el otro sentido, la emisión de los elementos binarios de señalización correspondientes al estado de las polaridades presentadas por el junctor entrada, hacia la tarjeta Organos Generales de Señalización (OGSeñ) del equipo.

Esta tarjeta permite el tratamiento de cinco canales de señalización, de rango  $n$  a  $n+4$ ,  $n$  dependiendo de la ubicación de la tarjeta en el chasis.

La tarjeta de 5 adaptadores de entrada de señalización forma parte del equipo de señalización 3G; está generalmente asociada a cinco otras tarjetas idénticas, o puede combinarse con tarjetas de 5 adaptadores de salida de señalización, el conjunto asegura el tratamiento de 30 canales de señalización relativos a un grupo de 30 canales audiofrecuencias de un equipo MIC.

#### **2.2.2.3 Tarjeta de dos uniones distantes IT16**

La tarjeta de dos uniones distantes IT16 sirve de soporte a dos circuitos idénticos que permiten

cada uno, con el equipo de extremo MIC asociado, un enlace contradireccional de 64 Kbps que permite la transmisión de las informaciones de señalización relativas a los 30 canales del extremo MIC y su inserción en el IT16 de la trama numérica de 2048 Kbps.

Además, esta tarjeta permite la detección de los siguientes defectos en las señales del sentido recepción de cada uno de los dos canales:

- la pérdida de enclavamiento de multitrama.
- la pérdida del reloj recepción.
- la pérdida de la señal de datos.
- la presencia de la señal de indicación de alarma.
- la presencia de la alarma de servicio.

Para cada uno de los dos canales, permite la señalización luminosa de ciertos defectos en función de los mandos recibidos de la tarjeta de Organos Generales de Señalización (OGSeñ), mediante los siguientes indicadores luminosos:

- "Enc MT" : pérdida de enclavamiento de multitrama.
- "Enc MT Dist" : defecto detectado por el equipo de señalización distante (pérdida de enclavamiento de multitrama, falta de reloj de recepción, falta de señal de recepción).
- "SIA" : presencia de la señal de indicación de

alarma en lugar de los datos recepción de señalización; dicha señal se emite ya sea mediante el equipo MIC distante o el equipo MIC local.

"Serv" alarma servicio emitida por el equipo MIC local en caso de detección de defectos "P Enc T + Falt R" o "Por Err/Enc T" en uno de los extremos MIC local o distante.

Recibe igualmente de la tarjeta OGSeñ el mando de encendido del indicador luminoso "Ocup" (Ocupación) cuyo tiempo de encendido es proporcional a la cantidad de canales ocupados.

#### 2.2.2.4 Tarjeta de órganos generales de señalización

La tarjeta de Organos Generales de Señalización (OGSeñ) efectúa las siguientes funciones:

direccionamiento de las tarjetas de uniones IT16 (Uni IT16) y de las tarjetas de adaptadores.

transcodificación entre las tarjetas Uni IT16 y las tarjetas de adaptadores.

- mando del funcionamiento de las tarjetas convertidor 48V/5V.

tratamiento de las informaciones de alarma de las tarjetas Uni IT16 y de las tarjetas convertidor 48V/5V.

- generación de las alarmas de estación mayor y

menor.

transmisión en serie de las informaciones de alarma hacia un Sistema de Explotación y Mantenimiento (Red de Telesupervisión).

intercambio de datos con un microterminal de mantenimiento.

#### **2.2.2.5 Tarjeta convertidor 48V/5V**

Esta tarjeta suministra la tensión de alimentación -5V/0V, necesaria para los equipos de un chasis de señalización 3G, a partir de la fuente de energía -48V.

Puede asociarse a otra tarjeta convertidor idéntica en el mismo chasis de señalización 3G, el conjunto constituye un equipo con protección (1+1) de la tensión de alimentación -5V/0V. La tarjeta de Organos Generales de Señalización (OGSeñ) manda el funcionamiento de la tarjeta convertidor o del equipo con protección (1+1), a partir de las informaciones suministradas por dichas tarjetas.

Sin embargo, una sólo tarjeta convertidor es necesaria y suficiente para el funcionamiento de todas las tarjetas de un chasis de señalización.

### **2.3 Equipo terminal numérico de multiplexaje de 2-8-34 Mbps (TNM 2-8-34)**

#### **2.3.1 Generalidades**

El equipo Terminal Numérico de Multiplexaje 2-8-34 Mbps (TNM 2-8-34) constituye el conjunto

de multiplexaje de "P" líneas de 2048 Kbps y de "N" líneas de 8444 Kbps, tales como  $P+4N < 16$ , en una señal de línea de 34368 Kbps. Este equipo realiza también la operación inversa, el demultiplexaje. Las características de estos equipos cumplen con las recomendaciones CCITT.

El TNM 2-8-34 puede asociarse directamente o por medio de un repartidor numérico:

- del lado "acceso 2 Mbps" a:
  - . un Terminal Numérico de Extremo MIC 30 canales
  - . un Terminal Numérico de línea 2 Mbps.
  - . etc.
- del lado acceso 8 Mbps" a:
  - . un Terminal Numérico de línea 8 Mbps.
  - . un Terminal Numérico de Multiplexaje 2-8 Mbps.
  - . etc.

El multiplexaje de los 16 canales de 2 Mbps se realiza en dos tiempos

- formación de canales de 8 Mbps por multiplexaje de cuatro canales de 2 Mbps.
- formación del canal de 34 Mbps por multiplexaje de los cuatro canales de 8 Mbps obtenidos.

Esta separación de los dos multiplexajes permite la sustitución sin ningún problema, de cualquier grupo (A,B,C,D) de cuatro afluentes de 2 Mbps por un afluente de 8 Mbps.

Todos los canales en entrada y en salida del TNM 2-8-34 soportan trenes de información en código HDB-3.

#### **PRINCIPIO DEL MULTIPLEXAJE:**

Antes de realizar el multiplexaje es necesario hacer las señales componentes sincrónicas. El procedimiento empleado, el método por justificación positiva, consiste en elevar el caudal  $F_e$  de cada señal componente a un canal ( $D_e$ ) ligeramente superior  $D_e = (1 + \epsilon)F_e$ .

La diferencia de los caudales se llena entonces con elementos binarios ("eb") suplementarios, llamados elementos binarios de justificación (J).

En el momento del multiplexaje, los cuatro canales componentes se entrelazan en un orden determinado, luego hay inserción de la palabra de enclavamiento de trama SEncT y de los "eb" libres para llegar a la señal multiplexada.

#### **PRINCIPIO DEL DEMULTIPLEXAJE:**

En el sentido recepción, se efectúan las operaciones inversas para demultiplexar la señal recibida en cuatro señales componentes.

Para este demultiplexaje, el TNM realiza las funciones siguientes:

- la reconstitución de las señales relojes de

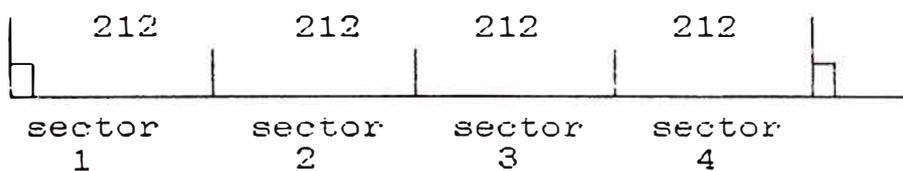
34368 KHz y de 8448 KHz.

- la detección de la palabra de enclavamiento de trama de cada señal compuesta.
- el enclavamiento de trama después de la recepción de tres palabras consecutivas de enclavamiento de trama.
- el demultiplexaje temporal de la señal compuesta en cuatro señales componentes con supresión de los elementos de servicio: palabra de enclavamiento y "eb", bits de indicación de justificación, bits de justificación.
- la recuperación de los ritmos de 8448 Kbps y de 2048 KHz.

## TRAMA DE 8 MBPS:

SECTOR	DENOMINACION	ELEMENTOS BINARIOS
1	Señal de enclavamiento de trama ( 1111010000 ) 1er. eb de servicio: alar. distante segundo eb de servicio ( en "1" ) eb de los afluentes.	1 a 10 11 12 13 a 212
2	eb de indicación de justificación canal 1 canal 2 canal 3 canal 4 eb de los afluentes	1 2 3 4 5 a 212
3	eb de indicación de justificación eb de los afluentes	1 a 4 5 a 212
4	eb de indicación de justificación eb de justificación eventual procedente de los afluentes canal 1 canal 2 canal 3 canal 4 eb de los afluentes	1 a 4 5 6 7 8 9 a 212

Longitud de la trama : 848 bits





### 2.3.2 Funcionamiento de cada unidad

La Fig. 10 nos muestra el diagrama de bloques del TNM 2-8-34.

#### 2.3.2.1 Tarjeta canal y unión HDB-3 de 2 Mbps

Esta tarjeta sirve de unión entre las líneas de transmisión y la tarjeta de Organos Generales 8 Mbps. Se compone de dos partes:

- emisión, la cual asegura las funciones siguientes:

- . amplificación de la señal HDB-3 de 2048 Kbps recibida.
- . recuperación del ritmo 2 Mbps a partir de la señal HDB-3 recibida.
- . detección de la ausencia de señal de 2 Mbps.
- . transcodificación HDB-3 - binario.
- . resincronización del canal de 2 Mbps sobre el ritmo propio del multiplexor por justificación positiva.
- . la formación de una señal indicación de alarma ("SIA" secuencia todo "1") y de una justificación apropiada.

- recepción, la cual asegura las funciones siguientes:

- . la regeneración del caudal propio de la señal componente.

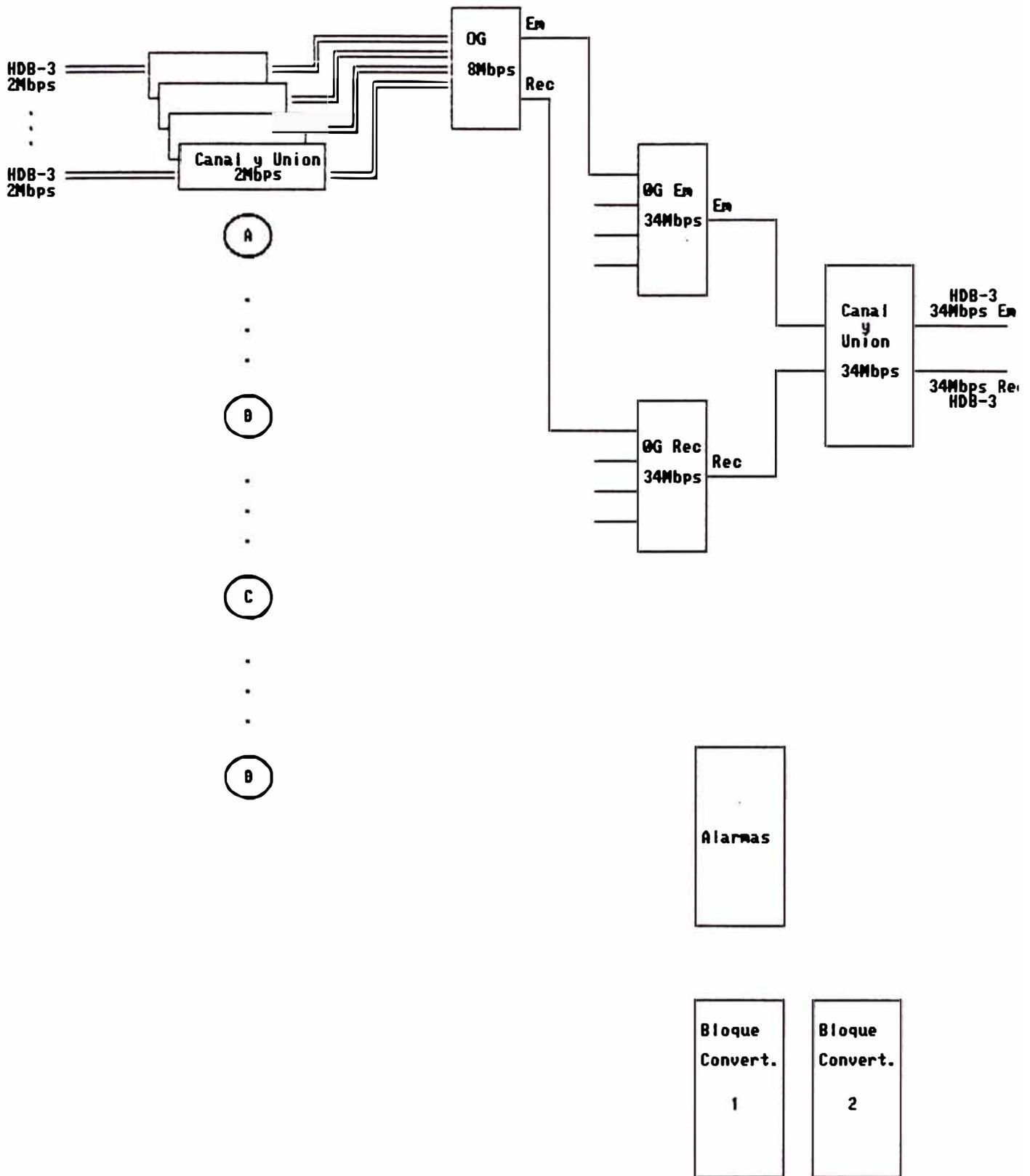


Fig. 10 Diagrama de bloques del TNM 2-8-34

- . la restitución del canal de 2 Mbps a su caudal de origen por eliminación de los bits de justificación y de indicación de justificación, proceso llamado desjustificación
- . la transcodificación binario-HDB-3.
- . la formación de la SIA en el momento de la pérdida del enclavamiento de trama o de la ausencia del reloj de 8 MHz o de 34 MHz.
- . la amplificación y la adaptación de la señal para la transmisión en línea.

#### **2.3.2.2 Tarjeta órganos generales de 8 Mbps**

Esta tarjeta Organos Generales de 8 Mbps (OG 8 Mbps) es la interfase entre la tarjeta Organos Generales Emisión de 34 Mbps (en el sentido emisión) o la tarjeta de Organos Generales Recepción de 34 Mbps (en el sentido recepción) y las tarjetas Canal y Unión HDB-3 de 2 Mbps.

En el sentido emisión, asegura el multiplexaje 2-8 Mbps de los cuatro canales componentes (del mismo grupo) con la inserción de los elementos binarios suplementarios:

- la palabra de enclavamiento de trama "1111010000" (SEncT),
- el "eb" reserva:
  - eb11 a "1" si hay pérdida de EncT.
  - eb12 a "1" si hay detección de SIA.
- los "eb" de justificación, para suministrar una

señal de 8448 Kbps ("Flujo 8 MHz Em").

En el sentido recepción, asegura:

- la generación de las señales necesarias para el demultiplexaje de la trama de 8448 Kbps.
- el demultiplexaje 8-2 Mbps de los cuatro canales componentes (canales 1, 2, 3, 4 Rec 2 Mbps) y de los elementos binarios.
- la sincronización de la base de tiempo recepción por detección de SEncT y control de esta PEncT en cada trama.
- la detección de la señal de indicación de alarma de 8 Mbps.

#### **2.3.2.3 Tarjeta canal y unión HDB-3 de 8 Mbps**

Esta tarjeta "Canal y Unión HDB-3 de 8 Mbps" puede sustituir a cualquier grupo (A, B, C, D) de 1 a 4 tarjetas "Canal y Unión HDB-3 de 2 Mbps" y a la tarjeta "Organos Generales de 8 Mbps" asociada a este grupo. Es la interfase entre las líneas de transmisión de 8 Mbps y las dos tarjetas "Organos Generales Emisión de 34 Mbps y Recepción de 34 Mbps".

Su posición es en el lugar de la tarjeta "Organos Generales de 8 Mbps".

Realiza las siguientes funciones :

**a) En el sentido emisión:**

- . la regeneración de la señal de línea de 8 Mbps recibida.

la recuperación del ritmo 8 MHz de la señal

de línea.

la transcodificación HDB-3 - binario.

- . la elevación del caudal por justificación positiva, es decir incorporación de los "eb" de indicación de justificación y de justificación.
- . la detección y la señalización por indicador luminoso de la ausencia de señal de 8 Mbps (FaltR).
- . la formación de una señal de indicación de alarma (SIA).

**b) En el sentido recepción .**

- . el cambio de ritmo para suministrar la señal de 8 Mbps de origen (desjustificación) por supresión de los "eb" de justificación y de indicación de justificación.
- . la formación de la SIA en el caso de una pérdida de enclavamiento o de una falta de reloj de 34 MHz.
- . la transcodificación binario-HDB-3.

**2.3.2.4 Tarjeta órganos generales emisión de 34 Mbps (OGEm 34 Mbps)**

Esta tarjeta "Organos Generales Emisión de 34 Mbps" sirve de interfase entre la tarjeta "Canal y Unión HDB-3 de 34 Mbps" y "Organos Generales de 8 Mbps"(OG 8 Mbps) o "Canal y Unión HDB-3 de 8 Mbps" (Uni HDB-3 8 Mbps).

Multiplexa los cuatro canales de 8 Mbps en un

canal de 34 Mbps. Asegura las funciones siguientes:

la generación y la emisión hacia las tarjetas "OG 8 Mbps" o "Uni HDB-3 8 Mbps" y hacia las tarjetas "Canal y Unión HDB-3 de 2 Mbps" de las señales de ritmo necesarias para los multiplexajes 2-8 y 8-34 Mbps.

el multiplexaje propiamente dicho de las cuatro señales de 8 Mbps con agregación de las informaciones de trama :

. palabra de enclavamiento de trama.

bits de servicio (eb11 se pone a "1" si hay pérdida de enclavamiento de trama).

#### **2.3.2.5 Tarjeta órganos generales recepción de 34 Mbps (OGRec 34 Mbps)**

Esta tarjeta "Organos Generales Recepción de 34 Mbps" sirve de interfase entre la tarjeta "Canal y Unión HDB-3 de 34 Mbps" y "Organos Generales de 8 Mbps" (OG 8 Mbps) o "Canal y Unión HDB-3 de 8 Mbps" (Uni HDB-3 8 Mbps). Recibe la señal binaria de 34 Mbps y la demultiplexa en cuatro señales de 8Mbps. Realiza las siguientes funciones :

- la detección de la palabra de enclavamiento de trama para sincronizar la base de tiempo del demultiplexador.

la generación de las señales necesarias para restituir su ritmo de origen a los

canales de 8 Mbps.

- el demultiplexaje propiamente dicho de los cuatro canales de 8 Mbps.
- la detección, el tratamiento y la señalización por indicadores luminosos de las alarmas "FaltR 34 MHz", "Def 34 MHz", "PEncT", "SIA".

#### **2.3.2.6 Tarjeta canal y unión HDB-3 de 34 Mbps**

Esta tarjeta "Canal y Unión HDB-3 de 34 Mbps" es la interfaz entre las tarjetas "OGEm 34 Mbps" o "OGRec 34 Mbps" y la línea de transmisión de 34 Mbps.

#### **2.3.2.7 Tarjeta de alarmas**

Reúne las indicaciones de alarma y las procesa. Elabora señales de información de alarma para un Sistema de Explotación y Mantenimiento, y dos señales de alarma (mayor y menor) destinadas a la señalización visual o de estación.

#### **2.3.2.8 Bloques convertidores**

A partir de -48V, dos bloques convertidores suministran simultáneamente al equipo la energía de +10V y +5V necesarios para su funcionamiento.

En caso de avería de uno de los convertidores, este envía una señal de falla a la tarjeta de alarmas. El otro convertidor continua suministrando al equipo la energía necesaria.

## 2.4 Equipo terminal numérico de multiplexaje 34-140 Mbps

### 2.4.1 Generalidades

El Equipo Terminal Numérico 34-140 Mbps (TNM 34-140) constituye el conjunto de multiplex temporal de varias líneas a 34 Mbps y permite transmitir cuatro canales de 34368 Kbps por un canal principal de 139264 Kbps.

Un TNM puede ser utilizado en varias configuraciones de operación que se distinguen unas de otras por los materiales acoplados al equipo.

El TNM puede ir asociado con :

- lado acceso 34 Mbps :
  - . un terminal numérico de multiplex TNM 8-34.
  - . un terminal numérico de línea coaxial a 34 Mbps.
  - . un terminal numérico de multiplex TNM 2-8-34.
  - . un sistema de radio-enlace a 34 Mbps.
  - . un terminal numérico de línea óptica a 34 Mbps.
- lado acceso 140 Mbps :
  - . un terminal numérico de línea coaxial a 140 Mbps.
  - . un terminal numérico multiplexor 34-140 Mbps.
  - . un terminal numérico de línea óptica a 140 Mbps.

- . un sistema de radio-enlace a 140 Mbps.
- . etc.

El Equipo TNM 34-140 tiene la función, en la emisión, de multiplexar en el tiempo 4 señales digitales plesiócronicas a 34368 Kbps, en una sola señal digital a 139264 Kbps. En la recepción el equipo realiza la operación inversa.

Antes de realizar el multiplexaje, es necesario hacer que las señales componentes sean sincronicas. El proceso empleado, el método por justificación positiva, consiste en elevar cada señal integrante a una velocidad ligeramente superior a su velocidad normal De  $(1 + \epsilon) * F_e$ .

La diferencia de las velocidades queda compensada en este caso por elementos binarios adicionales, llamados de justificación (J)

En el multiplexaje, los cuatro canales componentes son entrelazados en un orden determinado y luego hay inserción de la palabra de enclavamiento de trama (palabra EncT) y de los "eb" libres para llegar a la señal multiplexada de 139264 Kbps.

En el sentido recepción, las operaciones inversas se efectúan para demultiplexar la señal a 140 Mbps en cuatro señales de 34 Mbps. Para

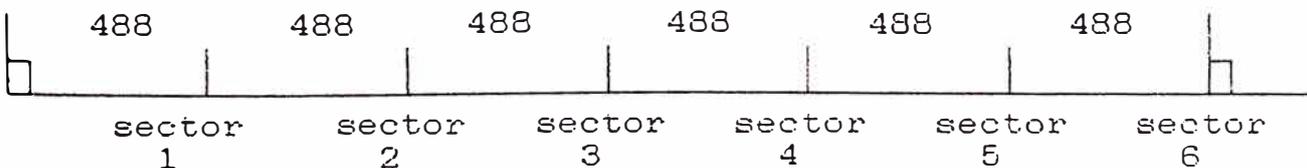
dicho demultiplexaje se realiza las siguientes funciones:

- la reconstitución de la señal reloj a 139264 KHz.
- la detección de la palabra de enclavamiento de trama en la señal a 140 Mbps.
- el enclavamiento de trama después de la recepción de tres palabras consecutivas de enclavamiento de trama.
- el demultiplexaje temporal de la señal a 140 Mbps en cuatro señales a 34 Mbps con supresión de los elementos de servicio : palabra de enclavamiento de trama, eb de reserva, bits de indicación de justificación, bits de justificación.
- la recuperación de los ritmos a 34368 KHz.

## TRAMA DE 140 MBPS:

SECTOR	DENOMINACION	ELEMENTOS BINARIOS
1	Señal de enclavamiento de trama ( 11110100000 ) 1er. eb de servicio: alar. distante segundo, tercero y cuarto eb de servicio ( en "1" ) eb de los afluentes.	1 a 12 13 14 a 16 17 a 488
2	eb de indicación de justificación canal 1 canal 2 canal 3 canal 4 eb de los afluentes	1 2 3 4 5 a 488
3	eb de indicación de justificación eb de los afluentes	1 a 4 5 a 488
4	eb de indicación de justificación eb de los afluentes	1 a 4 5 a 488
5	eb de indicación de justificación eb de los afluentes	1 a 4 5 a 488
6	eb de indicación de justificación eb de justificación eventual procedente de los afluentes canal 1 canal 2 canal 3 canal 4 eb de los afluentes	1 a 4 5 6 7 8 9 a 488

Longitud de la trama : 2928 bits



## 2.4.2 Funcionamiento de cada unidad

### 2.4.2.1 Tarjeta unión y canal emisión-recepción a 34 Mbps

Esta tarjeta está integrada por dos partes bien distintas :

- una parte Emisión que, primeramente, eleva la velocidad de la señal a 34 Mbps recibida; luego emite hacia la tarjeta OGEm una señal afluyente constituida por los bits de datos, elementos de indicación de justificación y el eventual elemento de justificación.
- una parte Recepción que recibe de la tarjeta OGRec los datos en base a los cuales restituye el mensaje original a 34 Mbps.

Esta tarjeta realiza las siguientes funciones :

#### a) En emisión :

- la regeneración de la señal HDB-3 recibida.
- la recuperación de la señal de ritmo a 34368 MHz.
- la detección de la ausencia de la señal a 34 Mbps.
- la decodificación HDB-3-binario.
- el cambio de ritmo por justificación positiva.

#### b) En recepción :

- la regeneración de la velocidad propia de la señal componente.

- la formación de la SIA en caso de una pérdida de alineación o de una falta de reloj a 140 MHz.
- la codificación binaria-HDB-3 y la formación de la señal HDB-3 emitida.

#### **2.4.2.2 Tarjeta órganos generales emisión a 140 Mbps (OGEm)**

Esta tarjeta realiza las siguientes funciones:

- la generación de la señal de ritmo a 139264 KHz por medio de un oscilador de cuarzo.
- la distribución hacia las tarjetas de canal de las señales necesarias para la sincronización de los trenes digitales componentes.
- el multiplexaje propiamente dicho de las señales componentes sincronizadas y de señal de enclavamiento.
- la emisión de los bits de servicio de la trama.

#### **2.4.2.3 Tarjeta órganos generales recepción a 140 Mbps (OGRec)**

Esta tarjeta recibe la señal binaria a 140 Mbps emitida por la tarjeta Unión CMI a 140 Mbps. Realiza las siguientes funciones :

- la sincronización de la base de tiempo recepción con el ritmo de la trama recibida por reconocimiento de la palabra de enclavamiento de trama.

- la detección de la señal de indicación de alarma a 140 Mbps.
- la detección de la pérdida de enclavamiento de trama.
- la detección de la alarma "Ala Dist".
- el demultiplexaje para obtener las señales componentes sincronizadas.
- el demultiplexaje para obtener los elementos binarios de reserva.
- la generación de las informaciones necesarias para la reconstitución de las señales de canal de ritmo de 34 Mbps.
- la generación de la señal de control de la emisión de la SIA a 34 Mbps en las señales componentes (control SIA).
- el encendido en la cara frontal de la tarjeta de los indicadores luminosos "Ala Dist", "SIA", y "PEncT".

#### **2.4.2.4 Tarjeta unión CMI a 140 Mbps (CMI 140)**

Esta tarjeta es la interfaz entre el equipo TNM 34-140 y una línea de transmisión CMI a 140 Mbps, dividiéndose en dos partes bien distintas:

- a) la unión emisión que realiza la codificación binario-CMI.
- b) la unión recepción que realiza :
  - la ecualización de la señal CMI (0-12 dB a 69632 KHz).
  - la recuperación del ritmo a 139264 KHz.

la decodificación CMI-binario.

la detección de ausencia de señal a 140 Mbps.

#### **2.4.2.5 Tarjeta de alarmas**

Reúne las indicaciones de alarma y las procesa. Elabora cinco señales de información de alarma para ser transmitidas hacia un Sistema de Explotación y Mantenimiento y dos señales de alarma (mayor y menor) destinadas a la señalización visual o de estación.

#### **2.4.2.6 Bloques convertidores**

A partir de -48V, dos bloques convertidores suministran simultáneamente al equipo la energía de +5V y -5.2V necesaria para su funcionamiento.

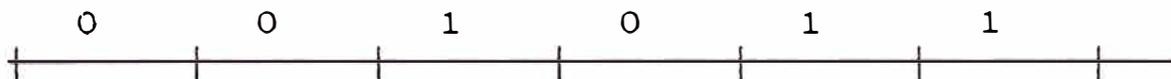
En caso de avería de uno de los convertidores, este envía una señal de falla a la tarjeta de Alarmas. El otro convertidor continua suministrando al equipo la energía necesaria.

#### **2.4.3 Código CMI**

El código CMI (Coded Mark Inversion) es un código sin retorno a cero con dos niveles, tal que:

- el "0" binario está codificado por dos niveles de amplitud A1 y A2, haciendo cada uno un intervalo de media unidad de tiempo.
- el "1" binario está codificado alternativamente por una de las dos amplitudes A1 ó A2, de anchura igual a una unidad de tiempo.

Elemento  
binario



Nivel A2



Nivel A1



## 2.5 Equipo terminal de enlaces ópticos a 140 Mbps

### 2.5.1 Generalidades

El equipo terminal de enlaces ópticos de 140 Mbps "ETL Opt CMI 140" es un equipo de transmisión destinado al encaminamiento, en fibras ópticas de tipo multimodo, de señales numéricas codificadas CMI a 139264 Kbps.

La Fig. 11 nos muestra un esquema sinóptico del equipo terminal numérico de enlaces ópticos (TNLO).

El terminal numérico de línea óptica permite las siguientes funciones :

**a) Emisión de impulsos luminosos.**

La señal CMI de 140 Mbps es amplificada y luego convertida en pulsos luminosos mediante un diodo laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Dichos impulsos son emitidos en la fibra óptica.

**b) Recepción de los impulsos luminosos.**

La señal luminosa se convierte en señal eléctrica mediante un fotodiodo APD (Avalanche Photodiode) de Germanio. La señal detectada es amplificada y convertida en señal CMI.

Permite, además, la transmisión de los canales de servicio que facilitan la operación del sistema.

**2.5.2 Funcionamiento de cada unidad****2.5.2.1 Tarjeta unión emisión "Uni Em CMI 140"  
(JEm CMI 140)**

La tarjeta de unión emisión "Uni Em CMI 140" integrada en un terminal numérico de línea óptica, efectúa la adaptación de las señales entre una unión CMI y el módulo óptico.

Un amplificador igualador adapta la señal CMI entrante "Ent". El ritmo de transmisión de esta señal se recupera para servir de sincronización para la regeneración de la señal CMI "Em". En ausencia de la señal de entrada, se sustituye la señal CMI, por una señal de indicación de alarma.

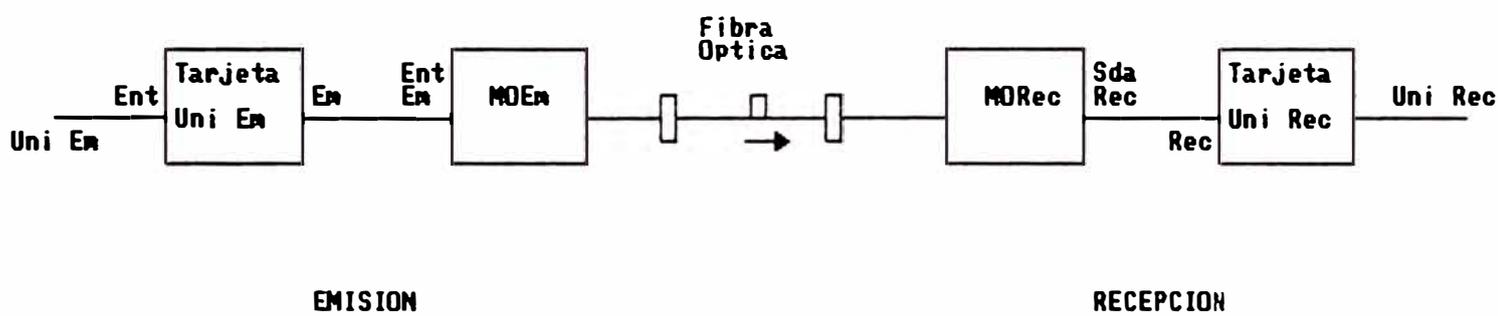


Fig. 11 Esquema sinoptico del TNLO

### 2.5.2.2 Tarjeta módulo óptico emisión CMI 140 (MOEm CMI 140)

El módulo óptico emisión (MOEm CMI 140) integrado en un terminal numérico de línea óptica de 140 Mbps, permite la transformación de una señal eléctrica en una señal óptica.

La emisión óptica se efectúa mediante una cabeza óptica (Fig. 12). Esta consta :

- de un diodo laser productor de fotones (pines 3,4).
- de una fibra intermedia de acoplamiento.
- de un fotodiodo rápido de control de la potencia óptica de salida (pines 5,6).
- de un sensor de temperatura (pines 1,2).
- de un elemento Peltier para el enfriamiento (pines 7,8).
- de una fibra de cebado (pigtail).
- de una caja hermética de protección.

La señal CMI de 140 Mbps proveniente de la tarjeta unión emisión puede mandar con corriente el diodo laser.

Asimismo, las señales provenientes de la tarjeta de televigilancia y de los canales de servicio han sido adaptadas con corriente para modular el punto de funcionamiento del diodo laser.

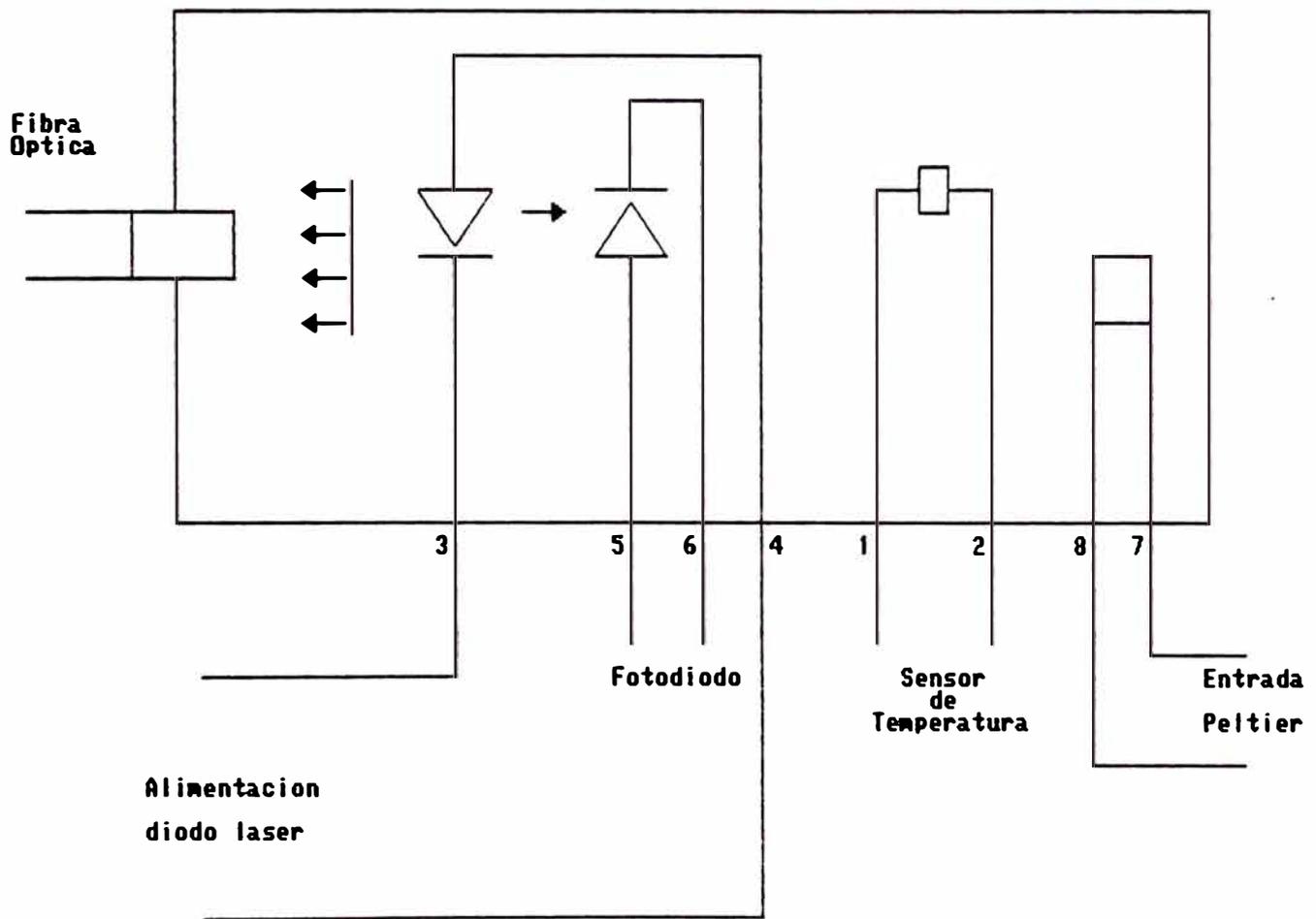


Fig. 12 Esquema del diodo laser

Un montaje de regulador permite mantener la potencia media de emisión dentro de la zona de funcionamiento correcto. Un montaje que utiliza el principio del elemento Peltier, posicionado dentro de la cabeza óptica, regula en 18 °C la temperatura del diodo laser. El principio del elemento Peltier dice: "Si dos conductores de naturaleza diferente y de temperaturas diferentes se ponen en contacto, se produce una corriente que va de un conductor a otro. Contrariamente, si una corriente eléctrica recorre esos dos conductores, una cara disipa calor mientras que la otra absorbe calor, esta segunda cara, llamada fría, se utiliza para enfriar el laser".

#### **2.5.2.3 Tarjeta de unión recepción CMI 140 (JRec CMI 140)**

La tarjeta de unión recepción "Uni Rec CMI 140" (JRec CMI 140) integrada en un terminal numérico de línea óptica, efectúa la adaptación de las señales entre el módulo de recepción y una unión CMI

El ritmo de transmisión se recupera a partir de la señal CMI procedente del módulo óptico de recepción, para servir de sincronización para la regeneración de la señal.

En ausencia de la señal de entrada o en presencia de una señal que tenga una tasa de errores superior a  $10^{-3}$ , se substituye la señal CMI por una señal de indicación de alarma.

#### **2.5.2.4 Tarjeta módulo óptico recepción CMI 140 (MORec CMI 140)**

El módulo óptico recepción (MORec CMI 140) integrado en un terminal numérico de línea óptica de 140 Mbps, permite la transformación de una señal óptica en una señal eléctrica.

La señal óptica recibida en el extremo de la fibra óptica es transformada en una señal eléctrica mediante un fotodiodo APD Germanio.

La señal CMI 140 Mbps es amplificada y luego es transmitida a la tarjeta unión recepción.

Dos bucles de servocontrol controlan automáticamente la ganancia del módulo óptico de recepción; el primero modifica la ganancia del amplificador y el segundo la sensibilidad del fotodiodo.

#### **2.5.2.5 Tarjeta de televigilancia TVig ETL Opt CMI 140**

La vigilancia se efectúa mediante un muestreo de las informaciones en los TNL Opticos de un mismo grupo (hasta cinco grupos de 5 enlaces ópticos en cada bastidor), estas informaciones recolectadas son procesadas y almacenadas en la unidad central.

#### 2.5.2.6 Tarjeta franja de operación TVig ETL Opt CMI 140

La franja de operación permite la utilización de las informaciones recogidas por un máximo de cinco tarjetas de televigilancia. La operación se efectúa en tres etapas:

- recolectar las informaciones:
  - . las informaciones almacenadas y procesadas por las tarjetas de televigilancia.
  - . alarmas de convertidores que alimentan a los terminales ópticos y de defecto de funcionamiento de la tarjeta de televigilancia.
- procesar las informaciones:
  - . las informaciones recolectadas son almacenadas y luego interpretadas, antes de ser visualizadas y transferidas.
- visualizar:
  - . los defectos que ocurren en los enlaces vigilados son visualizados.
  - . asimismo estas informaciones son enviadas hacia un sistema de explotación y mantenimiento.

#### 2.5.2.7 Tarjeta franja de alarmas TVig ETL Opt CMI 140

La franja de alarmas permite la utilización de las informaciones recogidas por un máximo de cinco tarjetas de televigilancia. La operación se

efectúa en dos etapas:

recolectar las informaciones:

- . las informaciones almacenadas y procesadas por las tarjetas de televigilancia.
- . alarmas de convertidores que alimentan a los terminales ópticos y de defecto de funcionamiento de la tarjeta de televigilancia.

procesar las informaciones:

- . las informaciones recolectadas son almacenadas y luego interpretadas por la activación de alarmas.

#### **2.5.2.8 Equipos de canales de servicio**

Este equipo permite la conexión de uno a tres canales de servicio. El primer canal o "canal operador" se utiliza para comunicar entre las estaciones terminales locales y distantes de un mismo enlace. Los otros dos, opcionales, pueden utilizarse como un segundo canal de servicio y para la transmisión de datos numéricos.

### **2.6 Fibra óptica**

El cable de fibra óptica es de estructura llamada de "juncos cilíndricos ranurados". Cada fibra óptica se coloca en una de las ranuras abiertas en la periferie de un junco cilíndrico de material plástico constituida sobre un elemento central de acero. Cada junco contiene así 10 a 12 fibras (cualquier otra cantidad de fibras es posible: hasta

12 fibras por junco, y por ensamblado de varios juncos se constituyen cables de gran capacidad). Ver Fig. 13 y Fig. 14. La protección de este junco esta garantizada por el empleo de un tubo de aluminio de un espesor aproximado de 1 mm. Para el caso de cables para tendido en ductos (caso CPTSA), esta envoltura metálica va recubierta de una funda de protección de polietileno.

La fibra óptica es de índice gradual del tipo multimodo, de dimensiones 50/125  $\mu\text{m}$  (Rec. G651 del CCITT). Esta fibra presenta una atenuación característica de 2 dB/Km incluido los empalmes.

El tipo de empalme de fibra óptica utilizado durante la instalación es el de fusión.

El número de fibras ópticas instaladas en los enlaces del cinturón óptico son :

ENLACE	NUMERO DE FIBRAS	LONGITUD DEL ENLACE (Km)
WASHINGTON-LINCE	10	2.7
LINCE-MAGDALENA	10	4.4
MAGDALENA-SAN ISIDRO	10	5.5
SAN ISIDRO-MIRAFLORES	10	4.5
MIRAFLORES-HIGUERETA	10	3.3
HIGUERETA-MONTEERRICO	10	8.1
MONTEERRICO-LA VICTORIA	12	6.6
LA VICTORIA-WASHINGTON	12	3.7

## CABLES DE FIBRAS OPTICAS

### Composición de los cables propuestos

Los cables comprenden una cantidad de 10 o 12 fibras ópticas. Cada fibra se coloca en una de las ranuras trazadas en la periferia de un junco de materia plástica. Este procedimiento de realización de los cables esta generalizado por la Administración francesa.

### Cable de 10 y 12 fibras opticas para instalacion en ductos

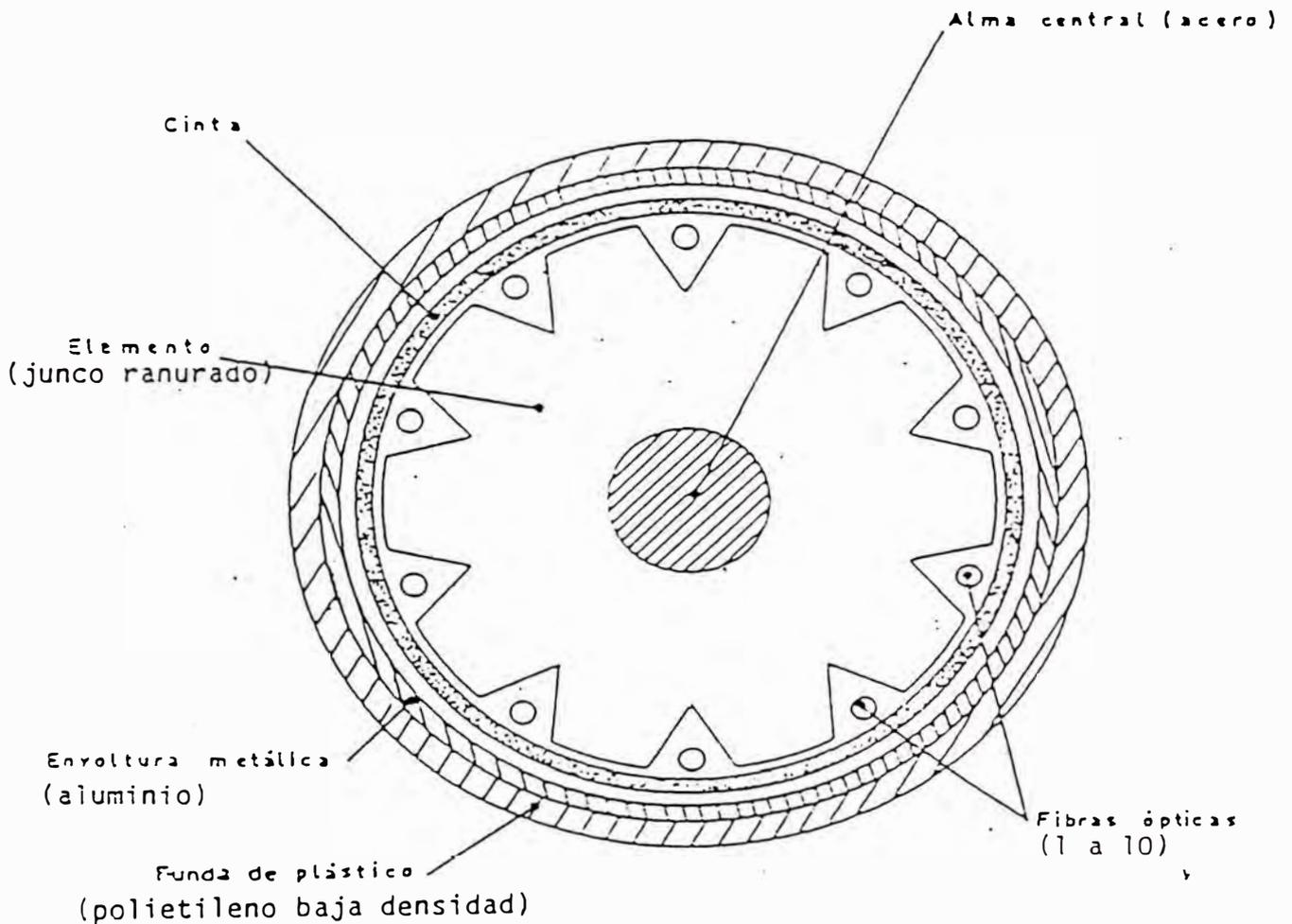


Fig. 13

Cable de 12 fibras ópticas para instalación en ductos

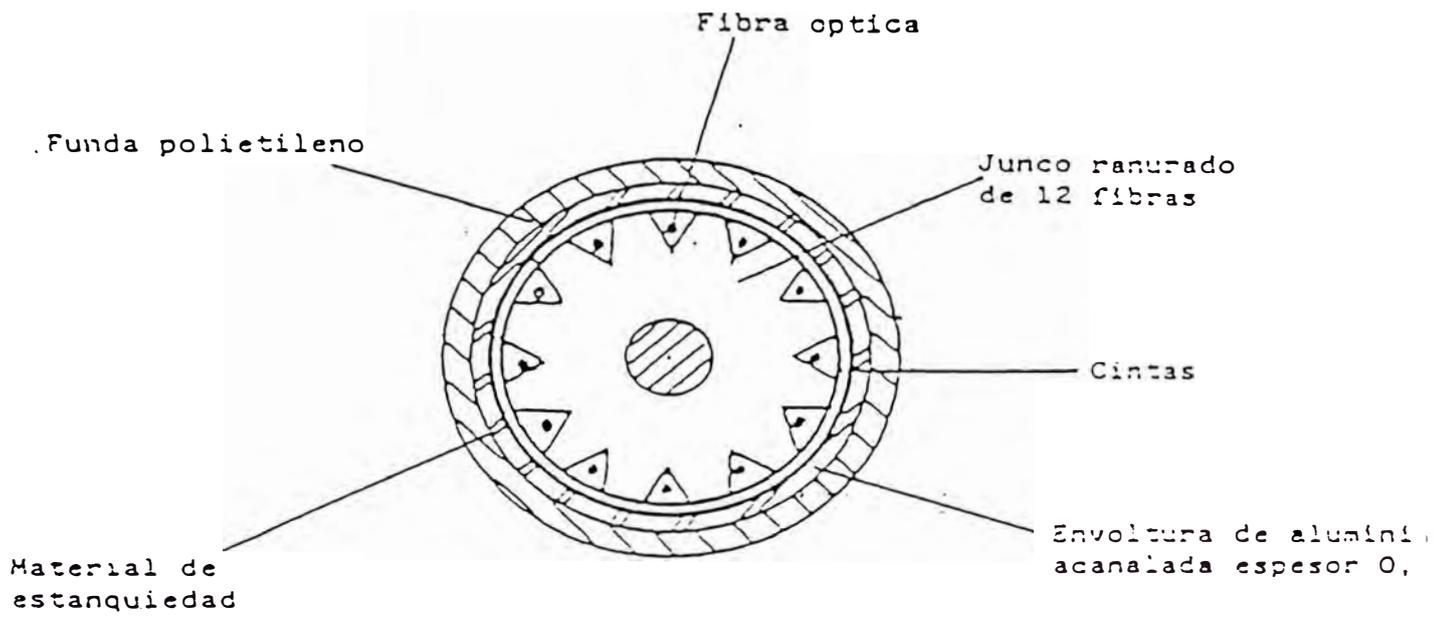


Fig. 14

BALANCE OPTICO DE LOS ENLACES

CARACTERISTICAS	VALORES TIPICOS							
	Washington Lince	Lince Magdalena	Magdalena San Isidro	San Isidro Miraflores	Miraflores Higuereta	Higuereta Monterrico	Monterrico San Luis	San Luis Washington
Potencia Emitida	0dBm	0dBm	0dBm	0dBm	0dBm	0dBm	0dBm	0dBm
Sensibilidad Receptor	-30dBm	-30dBm	-30dBm	-30dBm	-30dBm	-30dBm	-30dBm	-30dBm
Margen Sistema	4dB	4dB	4dB	4dB	4dB	4dB	4dB	4dB
Dinámica Receptor	15dB	15dB	15dB	15dB	15dB	15dB	15dB	15dB
Pérdidas Admisibles en Línea	26dB	26dB	26dB	26dB	26dB	26dB	26dB	26dB
Atenuación Cable empalmado (2dB/km)	7,4dB	8,8dB	11dB	9dB	6,6dB	16,2dB	13,2dB	7,4dB
Conectores de Extremidad (1dB x 2)	2dB	2, dB	2dB	2dB	2dB	2dB	2dB	2dB
Total Balance Pérdidas	9,4dB	10,8dB	13dB	11dB	8,6dB	18,2dB	15,2dB	9,4dB
Margen de Reserva	16,6dB	15,2dB	13dB	15dB	17,4dB	7,8dB	10,8dB	16,6dB
Atenuación Complementaria Mínima	5,6dB	4,2dB	2dB	4dB	6,4dB	0dB	0dB	5,6dB

El umbral del receptor óptico es -30dBm y su dinámica de 15dB, en consecuencia, el nivel máximo admisible a la entrada del receptor óptico es -15dBm

## **CAPITULO III** **OPERACION Y MANTENIMIENTO**

### **3.1 Operación**

Si el funcionamiento de todos los equipos es correcto, todos los indicadores luminosos permanecen apagados. La detección de un defecto local o distante de un equipo MIC o TNM (Terminal Numérico Multiplexor) es señalada por un conjunto de alarmas que se diferencian por la naturaleza del defecto.

### **3.2 Mantenimiento**

#### **3.2.1 Mantenimiento preventivo**

El material no tiene piezas que sufran desgastes rápidos con el tiempo. El mantenimiento preventivo se limita a la verificación de las tensiones suministradas por las tarjetas de alimentación, así como comprobar que ningún indicador luminoso de cada tarjeta esté encendido.

#### **3.2.2 Mantenimiento correctivo**

Cuando se enciende un indicador luminoso en cualquier tarjeta, significa que hay una alarma. además se enciende el indicador luminoso de alarma Mayor o menor según sea el caso.

El mantenimiento correctivo de ciertas

tarjetas implica la puesta fuera de servicio del equipo por lo que es indispensable operar metódicamente para detectar y cambiar la tarjeta defectuosa en poco tiempo.

**Principio de la reparación:** El principio de la reparación consiste:

en localizar con precisión la tarjeta defectuosa.

en reemplazar la tarjeta defectuosa por una tarjeta idéntica tomada del lote de material de repuesto. La reparación de la tarjeta defectuosa se realizará en el laboratorio donde se disponga del material apropiado para el análisis de los defectos.

- en verificar que el material esté nuevamente en estado de funcionamiento.

Mientras esté la avería los indicadores de alarma Mayor y/o alarma menor permanecerán encendidos. Después de la reparación estos indicadores deberán apagarse.

### **3.3 Red de Telesupervisión**

CPTSA cuenta con una Red de Transmisión Digital en la cual hay equipos MIC, Multiplexores 2/8/34 Mbps y 34/140 Mbps, enlaces ópticos a 140 Mbps, radio enlace a 140 Mbps.

distribuidos en toda su área de concesión, por lo que su operación debe de ser supervisada constantemente, para tener una Red siempre operativa.

Para la supervisión de todos estos equipos se ha instalado un Sistema de Telesupervisión, la cual nos permite -en tiempo real- centralizar las informaciones relativas a los equipos vigilados.

El sistema de telesupervisión tiene por función efectuar la centralización de informaciones relativas a la vigilancia continua del estado operacional de la Red de Transmisión Digital de la CPTSA. Con este sistema y con el uso de periféricos, un operador del centro principal de operación puede saber en tiempo real el estado de la Red y además facilitar el mantenimiento de dichos sistemas localizando los equipos defectuosos e indicando el tipo y la naturaleza de los defectos.

El sistema de telesupervisión tiene una estructura de tres niveles (Ver Fig.15):

**Primer nivel:** Está constituido por estaciones remotas que adquieren las informaciones procedentes de los equipos vigilados. Estas estaciones son de dos tipos:

. OSIRIS, que permiten la adquisición de

informaciones en forma paralela.

. **SEMBIS**, que permiten la adquisición de informaciones en forma serial.

**Segundo nivel:** Está constituido por dos centros de adquisición secundaria (CAS) situados en Washington y Monterrico. Estos centros efectúan una concentración de las informaciones procedentes de las estaciones remotas que les están asignadas.

**Tercer nivel:** Está constituido por un centro de supervisión APIS situado en el Centro Principal de Explotación de Lince. Todas las informaciones reunidas son centralizadas en el mencionado centro y son presentadas a los operadores a través de los periféricos.

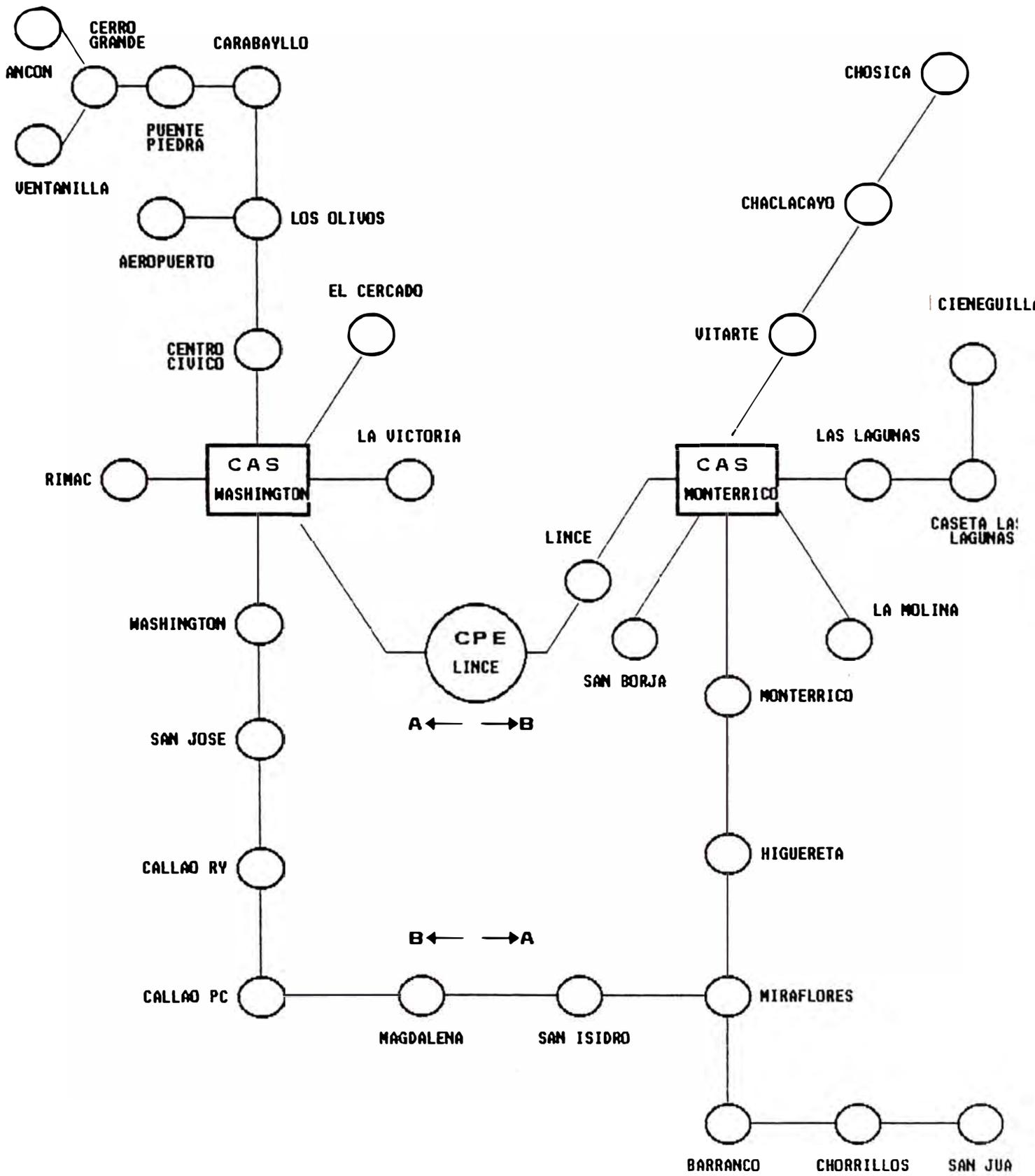


Fig. 15 Red de Telesupervision CPTSA



Además, cabe indicar que el cable de fibra óptica sufrió dos cortes, uno de ellos en el tramo de Monterrico-La Victoria durante los trabajos de construcción del Trébol de Monterrico (Enero 1992) y el otro en el tramo Miraflores-San Isidro (Junio 1994), en los cuales se realizaron las mangas y empalmes necesarios para que quede operativa nuevamente en el menor tiempo posible.

### 3.5 Reparación de tarjetas

Para la reparación de unidades, se ha instalado una maqueta de pruebas en el laboratorio, y con la ayuda de planos, e instrumentos se reparan todas las unidades malogradas.

La maqueta de pruebas consta de los siguientes equipos:

- Multiplexor MIC NEC.

- Equipo terminal de línea NEC.

- Atenuador de línea de 2Mbps.

- Terminal Numérico de Extremo 30 canales ALCATEL.

- Equipo de Señalización (GAS)

- Multiplexor 2/8/34 Mbps ALCATEL.

- Multiplexor 34/140 Mbps ALCATEL.

- Terminales de Línea Óptico (Transmisor y Receptor) ALCATEL.

- Atenuador óptico.

La Fig.16 nos muestra el diagrama de bloques y la conexión entre los equipos antes mencionados.

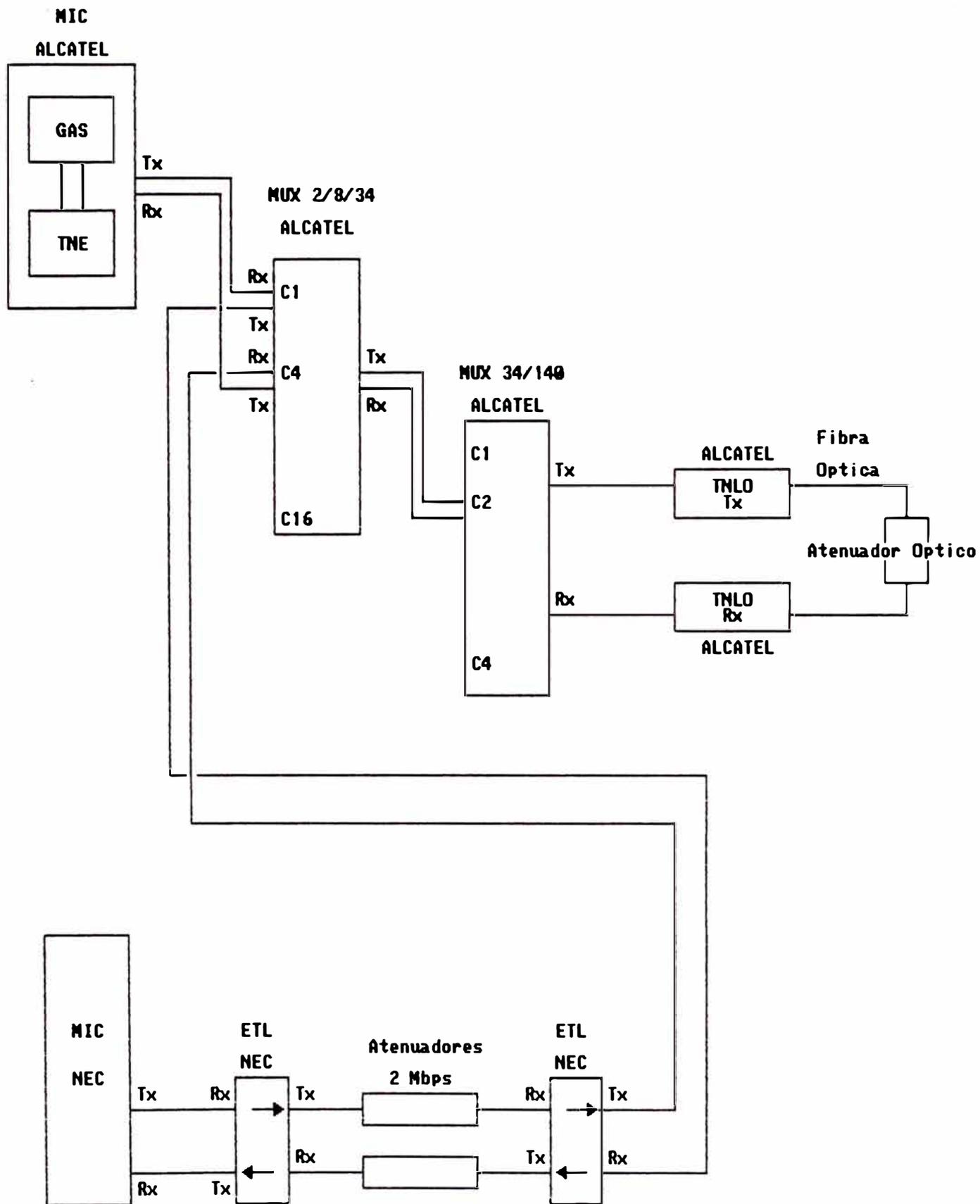


Fig. 16 Diagrama de bloques de la Maqueta de Pruebas

# A N E X O S

## ANEXO I

### 1.1 Características generales del equipo terminal numérico de extremo 30 canales MIC-3G

#### 1.1.1 Características eléctricas

##### Uniones audio-frecuencia:

número de canales : 30

- explotación : 2 hilos ó 4 hilos.
- ancho de banda : 300-3400 Hz.
- regulación de nivel por salto de 0,5 dB.

nivel de sobrecarga + 3.14 dBm0.

impedancia característica 600 ohmios  
simétrica.

##### Unión de 2048 Kbps:

- tipo : 4 hilos

impedancia 120 ohmios simétricos ó 75  
ohmios no simétricos.

código HDB-3

tensión de emisión 3V cresta/120 ohmios  
2.37V cresta/75 ohmios.

- atenuación máxima recepción : 6 dB a 1024 KHz.
- velocidad : 2048 Kbps ± 50 ppm.

##### Uniones digitales de 64 Kbps:

- unión codireccional:

datos (IT6 y/o IT22)

señalización por canal común (IT16)

- unión contradireccional : señalización canal por canal (IT16).

**Unión de sincronización:**

- sincronización de los relojes de emisión:
  - . por el ritmo de la señal digital recibida.
  - . por reloj externo.

**Supervisión y alarmas:**

Cualquier detección de defecto en el equipo MIC da lugar a:

- una indicación visual (indicadores luminosos),
- una alarma de estación mayor ó menor,
- una transmisión en serie de las informaciones de alarmas hacia un Sistema de Explotación y Mantenimiento.

Los defectos señalados por los indicadores luminosos son:

- defecto de las tarjetas de canales : TC1, TC2, TC3,
- desenclavamiento del supresor de jitter : DSG,
- falta de señal en la entrada de unión local IT16 : FalSL.
- porcentaje de error : Por Err EncT.
- pérdida de enclavamiento de trama o falta de reloj : EncT.
- defecto EncT o Por Err EncT en el extremo distante : Trm Dist.
- detección de la Señal de Indicación de Alarma: SIA.

- alarma de alimentación : Def Ali.

Cualquier defecto provoca igualmente la iluminación de uno de los indicadores luminosos:

- alarma mayor : Ala M,

- alarma menor : Ala m.

**Alimentación:**

- tensión de entrada : -48V (-40V a -57V).

**Parámetros de definición:**

- velocidad de muestreo : 8 Khz

- ley de codificación : tipo A = 87,6 (Rec. G711 CCITT),

- número de niveles de cuantificación : 256,

- número de intervalos de tiempo (IT) por trama: 32,

- número de bits por IT : 8,

- número de tramas por multitrama : 16.

**1.1.2 Características mecánicas**

**Dimensiones del chasis:**

. ancho : 470.6 mm,

. altura : 265.7 mm,

. profundidad : 258 mm.

Este chasis puede contener hasta cuatro equipos Terminales de Extremo MIC 30 canales.

- Peso : 17 Kg. aprox. (chasis completamente equipado).

Un equipo MIC consta de las siguientes tarjetas:

- tres tarjetas de 10 canales audio-frecuencia.

- una tarjeta de Organos Generales,
- una tarjeta de Alimentación y Alarma, común a dos equipos MIC,
- una tarjeta opcional, la tarjeta Adaptador de datos local (ADL), común a dos equipos MIC.

Las conexiones con los equipos exteriores se efectúan mediante conectores laterales enchufables.

### 1.1.3 Características climáticas

- Funcionamiento garantizado de 0 °C a +50 °C.

## ANEXO II

### 2.1 Características generales del equipo de señalización 3G

#### 2.1.2 Características eléctricas:

##### **Enlaces de audiofrecuencia:**

- número de canales: 2 \* 30,
- explotación 2 hilos : hilos a y b,
- alta impedancia en la banda de frecuencias  
300- 3400 Hz,
- potenciales en los hilos a y b : -48V/0V.

##### **Uniones contradireccionales:**

##### Accesos "Señ Em Lin" y "Señ Rec Lin"

- impedancia : 120 ohmios simétrica,
- naturaleza de la señal:
  - . señal binaria,
  - . velocidad : 64 Kbps,
  - . codificación : bipolar
- atenuación admisible : 3 dB a 32 KHz.

##### Accesos "(R+Sinc) Em Lin" y "(R+Sin) Rec Lin"

- impedancia : 120 ohmios simétrica,
- naturaleza de la señal:
  - . ritmos compuestos de 64 KHz y 8 KHz.

##### **Supervisión y alarmas :**

Toda detección de defecto en el equipo de

señalización da lugar a :

- una indicación visual (indicadores luminosos),
- una alarma de estación mayor o menor,
- el bloqueo del juntor,
- la transmisión de las informaciones de alarma hacia un sistema de Explotación y Mantenimiento.

Los defectos señalados por los indicadores luminosos son :

- ausencia de la tensión secundaria del alimentador : "Def Ali",
- pérdida de enclavamiento de multitrama : "Enc MT",
- indicación de defecto por el equipo de señalización distante : "Enc MT dist",
- presencia de la señal de indicación de alarma: "SIA",
- alarma de servicio que indica un defecto del equipo MIC: "Serv",
- alarma software : "up",
- alarma mayor : "Ala M",
- alarma menor : "Ala m".

**Alimentación :**

- para los circuitos : -48V/0V.

### 2.1.3 Características mecánicas

**Dimensiones del chasis:**

- . ancho : 470,6 mm,
- altura : 265,7 mm.

. profundidad : 258 mm.

Este chasis puede contener hasta dos Equipos de Señalización 3G.

Peso 13 Kg. aprox. (chasis completamente equipado).

El equipamiento del chasis es el siguiente:

una tarjeta de dos uniones distantes IT16,

una tarjeta de Organos Generales de Señalización,

una a doce tarjetas de cinco adaptadores salida de señalización, y/o de cinco adaptadores llegada de señalización,

- una tarjeta convertidor 48V/5V (se puede poner otra tarjeta convertidor opcional).

Las conexiones con los equipos exteriores se efectúan por medio de conectores laterales enchufables.

#### **2.1.4 Características climáticas**

- Temperatura normal de funcionamiento entre +15 °C y +45 °C.

## ANEXO III

### 3.1 Características generales del equipo terminal numérico de multiplexaje 2-8-34 Mbps (TNM 2-8-34)

#### 3.1.1 Características eléctricas

##### Unión a 2048 Kbps:

- tipo : 4 hilos.
- impedancia característica : 120 ohmios a 1 MHz.
- código : HDB-3.
- amplitud pico a pico en la emisión :  $6 \pm 0.6$  V.
- atenuación en la recepción a 1024 KHz : 0 a 6 dB.
- velocidad : 2048 Kbps  $\pm$  50 ppm.

##### Unión a 8448 Kbps:

- tipo : coaxial.
- impedancia nominal a 1 MHz : 75 ohmios.
- código : HDB-3.
- amplitud pico a pico en en la emisión :  $4.74 \pm 0.47$  V.
- atenuación en la recepción a 4224 KHz : 0 a 10 dB.
- velocidad: 8448 Kbps  $\pm$  30 ppm.

##### Unión a 34368 Kbps:

- tipo : coaxial.

- impedancia nominal a 1 MHz : 75 ohmios.
- código : HDB-3,
- amplitud pico a pico en en la emisión :  $2 \pm 0,2$  V.
- atenuación en la recepción a 17184 KHz : 0 a 12 dB,
- velocidad: 34368 Kbps  $\pm$  20 ppm.

**Alarmas:**

- defectos señalados por los indicadores luminosos:
  - . defecto convertidor: "Def",
  - . falta reloj recepción 34 MHz (tarjeta Uni HDB-3 34 Mbps): "FaltR Rec",
  - . señal indicación de alarma de 34 Mbps (tarjeta OGREC 34 Mbps) : "SIA",
  - . pérdida de enclavamiento de trama de 34 Mbps (tarjeta OGREC 34 Mbps) : "PEncT",
  - . alarma distante de 34 Mbps (tarjeta OGREC 34 Mbps) : "Ala Dist",
  - . señal indicación de alarma de 8 Mbps (tarjeta OG 8 Mbps): "SIA",
  - . pérdida de enclavamiento de trama de 8 Mbps (tarjeta OG 8 Mbps) : "PEncT",
  - . alarma distante de 8 Mbps (tarjeta OG 8 Mbps) : "Ala Dist",
  - . falta reloj recepción 8 MHz (tarjeta Cnl Uni HDB-3 8 Mbps): "FaltR 8 MHz",
  - . falta reloj recepción 2 MHz (tarjeta Cnl

- Uni HDB-3 2 Mbps): "FaltR",
- . alarma Mayor : "Ala M",
  - . alarma menor : "Ala m".

**Alimentaciones:**

- tensión de alimentación : -48V (-40V a -60V),
- tensión suministradas a las tarjetas :  
+10V/0V y +5V/0V.

**3.1.2 Características mecánicas**

- Dimensiones
  - . altura : 176,7 mm,
  - . anchura : 520 mm,
  - . profundidad : 252,5 mm.
- Peso : 10,5 Kg. (totalmente equipado).

**3.1.3 Características climáticas**

- Temperatura de funcionamiento : +10 °C a  
+45 °C.

## ANEXO IV

### 4.1 Características generales del equipo terminal numérico de multiplexaje 34-140 Mbps (TNM 34-140)

#### 4.1.1 Características eléctricas

##### Unión a 34368 Kbps:

- soporte: par coaxial,
- impedancia : 75 ohmios,
- código : HDB-3,
- amplitud pico a pico en la emisión :  $1 \pm 0,1$  V,
- velocidad : 34368 Kbps.

##### Unión a 139264 Kbps:

- soporte : par coaxial,
- impedancia : 75 ohmios,
- código : CMI,
- amplitud pico a pico en la emisión :  $1 \pm 0,1$  V,
- velocidad : 139264 Kbps.

##### Alarmas:

- Defectos señalados por indicadores luminosos:
  - . falta señal a 140 Mbps : "Fal Señ 140 Mbps",
  - . defecto convertidor : "Def",
  - . señal de indicación de alarma 140 Mbps : "SIA",
  - . pérdida de enclavamiento de trama 140 Mbps:

"PEncT".

- . alarma distante 140 Mbps : "Ala Dist".
- . falta señal a 34 Mbps : "Fal Señ 34 Mbps".
- . alarma Mayor : "Ala M".
- . alarma menor : "Ala m".

#### 4.1.2 Características mecánicas

- Dimensiones:
- altura : 176,7 mm
- anchura : 530 mm
- profundidad : 252,5 mm
- Peso : 8 Kg.

#### 4.1.3 Características climáticas

- temperatura de funcionamiento : +10 °C a 45 °C.

## ANEXO V

### 5.1 Características generales del equipo terminal numérico de enlaces ópticos a 140 Mbps (TNLO)

#### 5.1.1 Características eléctricas

- Acceso alimentación:
  - alimentación del equipo : -48V
  - potencia máxima absorbida, terminal de 25 enlaces ópticos: 400 W.
- Accesos de los equipos asociados:
  - Acceso "Uni Em CMI" (JEm CMI)
    - . conforme a la Rec. G703 del CCITT
    - . máxima atenuación de línea a 69632 KHz : 12 dB.
    - . impedancia de entrada : 75 ohmios desbalanceado.
  - Acceso "Uni Rec CMI" (JRec CMI)
    - . conforme a la Rec. G703 del CCITT
    - . impedancia de salida : 75 ohmios desbalanceado.

#### 5.1.2 Características climáticas

- Temperatura de funcionamiento garantizado:  
+5°C a +50°C

#### 5.1.3 Características ópticas

- Sistema óptico  
El sistema óptico incluye el conjunto de

emisor óptico, línea óptica, receptor óptico. Permite la transferencia de las informaciones mediante ondas luminosas del emisor hacia el receptor.

- ley de codificación : CMI.
- longitud de onda : 1,3  $\mu\text{m}$ .
- atenuación típica : -30 dBm.
- atenuación garantizada : -28 dBm.
- emisión óptica:
- fuente óptica : diodo laser
- longitud de onda : 1300 nm, +25nm -30 nm.
- potencia óptica en el conector : -6 dBm a -8 dBm.
- Recepción óptica:
- detección óptica : fotodiodo APD Germanio 1,3  $\mu\text{m}$ .
- línea óptica:
- fibra óptica de índice gradual.
  - . diámetro del núcleo : 50  $\pm$  3  $\mu\text{m}$ .
  - . diámetro de la coraza : 125  $\pm$  3  $\mu\text{m}$ .
  - . apertura numérica : 0,17 a 0,23
  - . atenuación inferior a 1 dB/Km.

## RECOMENDACIONES CCITT

Se adjuntan las Recomendaciones CCITT G.651, G.702, G.703,  
G.711.

## 6.5 Cables de fibra óptica

### Recomendación G.651

#### CARACTERÍSTICAS DE UN CABLE DE FIBRA ÓPTICA MULTIMODO DE ÍNDICE GRADUAL DE 50/125 $\mu\text{m}$

(Málaga-Torremolinos, 1984; modificada en Melbourne, 1988)

El CCITT,

*considerando que*

- (a) los cables de fibra óptica multimodo de índice gradual se utilizan ampliamente en las redes de telecomunicaciones;
- (b) las aplicaciones potenciales previstas pueden exigir fibras multimodo que difieran en:
  - la naturaleza de su material,
  - las características geométricas,
  - la región (o regiones) de longitud de onda de trabajo,
  - las características de transmisión y ópticas,
  - los aspectos mecánicos y ambientales;
- (c) que podrán prepararse Recomendaciones sobre diferentes tipos de fibras multimodo cuando hayan progresado suficientemente los estudios sobre su utilización práctica,

*recomienda*

una fibra multimodo de índice gradual que puede ser utilizada en la región de 850 nm, o en la región de 1300 nm, o bien en ambas regiones de longitudes de onda simultáneamente.

Esta fibra puede utilizarse para transmisión analógica y digital.

Sus características geométricas, ópticas y de transmisión se describen más adelante.

El significado de los términos utilizados en esta Recomendación se exponen en el anexo A y las directrices que han de seguirse en las mediciones para verificar las diversas características se indican en el anexo B.

Los anexos A y B podrán convertirse en Recomendaciones separadas a medida que se adopten otras Recomendaciones sobre fibras multimodo.

### 1 Características de la fibra

En este § 1 se tratan aquellas características que aseguran la interconexión de las fibras con pérdidas bajas y aceptables.

En este punto sólo se recomiendan características intrínsecas de la fibra (que no dependen de la fabricación del cable). Éstas serán igualmente aplicables a fibras individuales, fibras incorporadas en un cable y enrollada en una bobina, y a fibras en cable instalado.

#### 1.1 Características geométricas de la fibra

##### 1.1.1 Diámetro del núcleo

El valor nominal recomendado del diámetro del núcleo es 50  $\mu\text{m}$ .

La desviación del diámetro del núcleo no debe exceder los límites de  $\pm 6\%$  ( $\pm 3 \mu\text{m}$ ).

##### 1.1.2 Diámetro del revestimiento

El valor nominal recomendado del diámetro del revestimiento es 125  $\mu\text{m}$ .

La desviación del diámetro del revestimiento no debe exceder de  $\pm 2,4\%$  ( $\pm 3 \mu\text{m}$ ).

##### 1.1.3 Error de concentricidad

Se recomienda que el error de concentricidad sea inferior al 6%.

## *No circularidad*

### *.1 No circularidad del núcleo*

Se recomienda que la no circularidad del núcleo sea inferior al 6%.

### *.2 No circularidad del revestimiento*

Se recomienda que la no circularidad del revestimiento sea inferior al 2%.

## *1. Propiedades ópticas de la fibra*

### *1.1 Perfil del índice de refracción*

Se espera que los perfiles del índice de refracción de las fibras a las que se refiere esta Recomendación sean casi parabólicos.

### *Apertura numérica*

El valor óptimo de la apertura numérica (AN) dependerá de la aplicación particular para la cual ha de utilizarse la fibra y en particular de la eficacia requerida del acoplamiento de la fuente, de la mayor atenuación debida a los efectos de la microflexión que pueden tolerarse y de la respuesta global requerida en banda de base.

Los valores empleados corrientemente en la práctica se encuentran en la gama de 0,18 a 0,24.

Cualquiera que sea el valor real que se emplee, éste no deberá diferir del valor nominal elegido en más del 0,02.

### *Propiedades de los materiales de la fibra*

#### *Materiales de la fibra*

Deben indicarse las sustancias utilizadas en la fabricación de la fibra.

*Nota* – Debe procederse con cuidado al empalmar por fusión fibras de diferentes sustancias. Resultados visuales de pruebas realizadas indican que pueden obtenerse características adecuadas de pérdida en los empalmes y de resistencia mecánica cuando se empalman fibras diferentes de alto contenido de sílice.

## *2 Materiales protectores*

Deben indicarse las propiedades físicas y químicas del material utilizado para el recubrimiento primario de la fibra, y la mejor manera de retirarlo (si es necesario). En el caso de una fibra con una sola envoltura, se darán indicaciones similares.

### **Especificaciones de los largos de fabricación**

Como las características geométricas y ópticas de las fibras son apenas afectadas por el proceso de cableado, lo recomendado en este § 2 se refiere principalmente a las características de transmisión de los largos de fabricación cableados.

Las características de transmisión dependen en gran medida de la longitud de onda utilizada para transportar la información.

Las condiciones ambientales y de prueba son capitales y se describen en las directrices sobre métodos de pruebas.

La distribución de probabilidad estadística de las características de transmisión de las fibras dependerá del año y de los procedimientos de fabricación. En consecuencia, al especificar los límites de las características de transmisión se deberá tener en cuenta dicha distribución. Por ejemplo, en el caso de ciertas aplicaciones, puede suceder que un límite particular no abarque el 100% de la producción y que, de hecho, represente tan solo una pequeña parte de la producción total. El aspecto económico desempeñará un papel importante en la especificación de los límites para las aplicaciones particulares.

### *Coefficiente de atenuación*

Los cables de la fibra óptica tratados en esta Recomendación tienen generalmente coeficientes de atenuación inferiores a 4 dB/km en la región de longitudes de onda de 850 nm y a 2 dB/km en la de 1300 nm.

*Nota 1* – Los valores más bajos de coeficiente de atenuación dependen del proceso de fabricación de la composición de la fibra y del diseño de la fibra y el cable. Se han obtenido valores comprendidos entre 2,5 dB/km en la región de 850 nm y entre 0,5 y 0,8 dB/km en la de 1300 nm.

*Nota 2* – En ciertos casos, las fibras podrían utilizarse en ambas regiones de longitudes de onda.

### *Respuesta en banda de base*

La respuesta en banda de base comprende los efectos de distorsión modal y de dispersión cromática. Para algunas aplicaciones, los efectos de dispersión cromática son insignificantes y pueden pasarse por alto.

La respuesta en banda de base se presenta en el dominio de la frecuencia. Las Administraciones que se ven utilizar el dominio del tiempo podrán hacerlo mediante operaciones matemáticas. Para este propósito se debe disponer de la respuesta en amplitud y en fase.

Por convenio, la respuesta en banda de base está referida linealmente a 1 km.

#### *2.1 Respuesta en amplitud en la anchura de banda de distorsión modal*

La respuesta en amplitud en la anchura de banda de distorsión modal se especifica en la forma de valor de anchura de banda entre los puntos ópticos a  $-3$  dB (eléctricos a  $-6$  dB) de la característica de amplitud total en función de la frecuencia corregida a efectos de la dispersión cromática. También se debiera presentar una curva más completa de la respuesta en la anchura de banda total.

Los cables de fibra óptica tratados en esta Recomendación generalmente tienen anchuras de banda de distorsión modal normalizadas superiores a 200 MHz · km en las regiones de 850 nm y de 1300 nm, aunque no necesariamente al mismo tiempo.

*Nota 1* – Los valores superiores de la anchura de banda de distorsión modal normalizada dependen del proceso de fabricación, de la composición de la fibra y del diseño de la fibra y el cable; se han obtenido valores superiores a 1000 MHz · km en la región de 850 nm y de 2000 MHz · km en la región de 1300 nm.

*Nota 2* – En ciertos casos, las fibras podrían utilizarse en ambas regiones de longitudes de onda.

#### *2.2 Anchura de banda de distorsión modal: respuesta de fase*

No se recomienda ningún valor, pues la información de la respuesta de fase sólo se requiere en casos especiales.

#### *2.2.3 Dispersión cromática*

Cuando se le solicite, el fabricante de las fibras ópticas deberá indicar los valores de coeficiente de dispersión cromática total del tipo de fibra en la región (o regiones) de longitudes de onda de trabajo. El método de prueba figura en la sección V del anexo B a la Recomendación G.652.

*Nota 1* – En el caso de fibras multimodo, el mecanismo de dispersión cromática predominante es la dispersión debida al material.

*Nota 2* – Valores típicos del coeficiente de dispersión cromática en fibras ópticas de sílice de gran pureza son los siguientes:

Longitud de onda (nm)	Coefficiente de dispersión cromática [ps/(nm · km)]
850	$\leq 120$
1300	$\leq 6$

### 3 Secciones elementales de cable

Según se define en la Recomendación G.601 (término 1008), una sección elemental de cable incluye un cierto número de largos de fabricación empalmados. En el § 2 de esta Recomendación se indican los requisitos aplicables a los largos de fabricación. Los parámetros de transmisión en secciones elementales de cable deben tener en cuenta no sólo la calidad de los distintos largos de cable sino también, entre otras cosas, factores tales como los empalmes, los conectores (si los hay) y los efectos de acoplamiento de modos que pueden afectar a la anchura de banda y a la atenuación.

Además, tanto las características de transmisión de las fibras en largos de fabricación, como los empalmes, los conectores, etc., tendrán una cierta distribución de probabilidad que, con frecuencia, debe ser tenida en cuenta si se desea obtener los diseños más económicos. Los siguientes puntos de esta sección deben ser leídos teniendo presente la naturaleza estadística de los diversos parámetros.

#### 3.1 Atenuación

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

$$A = \sum_{n=1}^m \alpha_n \cdot L_n + a_r \cdot x + a_c \cdot y$$

donde:

$\alpha_n$  = coeficiente de atenuación de la  $n$ -ésima fibra en la sección elemental de cable,

$L_n$  = longitud de la  $n$ -ésima fibra,

$m$  = número total de fibras concatenadas en la sección elemental de cable,

$a_r$  = pérdida media por empalme,

$x$  = número de empalmes en la sección elemental de cable,

$a_c$  = pérdida media de los conectores de línea,

$y$  = número de conectores de línea en la sección elemental de cable (en su caso).

*Nota 1* – Las pérdidas  $a_r$  y  $a_c$  de los empalmes y conectores de línea se definen por lo general en condiciones de equilibrio de distribución modal. En la explotación real pueden producirse diferencias apreciables.

*Nota 2* – La fórmula anterior no incluye la pérdida de los conectores de equipos.

*Nota 3* – En el diseño global de un sistema debe preverse un margen para el cable en previsión de futuras modificaciones de la configuración de éste (empalmes adicionales, largos de cable suplementarios, efectos de envejecimiento, variaciones debidas a la temperatura, etc.).

*Nota 4* – Se toma la pérdida media para la pérdida de empalmes y conectores. El presupuesto de atenuación utilizado en el diseño de un sistema real debe tener en cuenta las variaciones estadísticas de estos parámetros.

#### 3.2 Respuesta en banda base (anchura de banda óptica global a $-3$ dB)

La respuesta en banda base se da en el dominio de la frecuencia e incluye los efectos de la distorsión modal y de la dispersión cromática, y se puede representar mediante la siguiente expresión:

$$B_T = \left[ B_{\text{modal}}^{-2} + B_{\text{cromática}}^{-2} \right]^{-\frac{1}{2}}$$

donde:

$B_T$  = la anchura de banda global (incluida la distorsión modal y la dispersión cromática),

$B_{\text{modal}}$  = la anchura de banda de distorsión modal,

$B_{\text{cromática}}$  = la anchura de banda cromática (véase la nota 3).

*Nota 1* – Se supone que la respuesta en banda base de distorsión modal de la fibra y el espectro de la fuente tienen una distribución gaussiana.

*Nota 2* – Para algunas aplicaciones, el efecto de la dispersión cromática es insignificante, en cuyo caso ésta puede despreciarse.

*Nota 3* – La anchura de banda cromática total,  $B_{\text{cromática}}$ , es inversamente proporcional al largo de la sección y, suponiendo que el espectro de la fuente es gaussiano, se puede expresar así:

$$B_{\text{cromática}} \text{ (MHz)} = (\Delta\lambda \cdot D(\lambda) \cdot 10^{-6} \cdot L/0,44)^{-1}$$

donde:

- $\Delta\lambda$  = anchura espectral de radiación entre puntos al 50% de amplitud (nm),
- $D(\lambda)$  = coeficiente de dispersión cromática [ps/(nm · km)],
- $L$  = largo de sección (km).

### 3.2.1 Anchura de banda de distorsión modal

Los valores de la anchura de banda de distorsión modal en una sección elemental de cable se obtienen de la correspondiente especificación de la fibra. No obstante, es posible que la anchura de banda de distorsión modal, de la sección elemental de cable no sea una adición lineal de las respuestas individuales, debido al acoplamiento de modos y a otros efectos que se producen en los empalmes y, algunas veces, a lo largo de la fibra.

La anchura de banda de distorsión modal para una sección elemental de cable viene dada por:

$$B_{\text{modal total}} = \left\{ \sum_1^x B_{\text{modal } n}^{\frac{-1}{\gamma}} \right\}^{-\gamma}$$

donde

- $B_{\text{modal total}}$  = anchura de banda de distorsión modal total de una sección elemental de cable,
- $B_{\text{modal } n}$  = anchura de banda de distorsión modal, en MHz, de la  $n$ -ésima fibra de una sección elemental de cable,
- $x$  = número total de fibras concatenadas en una sección elemental de cable,
- $\gamma$  = factor de concatenación de anchura de banda de distorsión modal.

*Nota* – El valor de  $\gamma$ , factor de concatenación de anchura de banda de distorsión modal, está generalmente comprendido entre 0,5 y 1,0 dependiendo su valor preciso de los efectos del acoplamiento de modos en los empalmes, la compensación de perfil alfa, la longitud de onda de anchura de banda máxima, etc. En determinadas circunstancias, pueden obtenerse también valores menores. Para una fibra dada, el valor apropiado de  $\gamma$  que ha de aplicarse puede hallarse empíricamente y, normalmente, puede obtenerse del fabricante del cable o de las fibras.

## ANEXO A

(a la Recomendación G.651)

### Significado de los términos utilizados en la Recomendación

#### A.1 método de prueba alternativo (MPA)

Método en el que se mide una característica recomendada de una clase específica de fibra óptica o de cable de fibra óptica de una manera acorde con la definición de esta característica y da resultados reproducibles que pueden relacionarse con los del método de prueba de referencia y con el uso práctico.

#### A.2 coeficiente de atenuación

En una fibra óptica, atenuación por unidad de longitud.

*Nota* – La atenuación es la tasa de decrecimiento de la potencia óptica media con respecto a la distancia a lo largo de la fibra y viene definida por la ecuación:

$$P(z) = P(0) 10^{-(\alpha z/10)}$$

donde

- $P(z)$  = potencia a la distancia  $z$  a lo largo de la fibra,
- $P(0)$  = potencia en  $z = 0$ ,
- $\alpha$  = coeficiente de atenuación en dB/km si  $z$  viene en km.

A partir de esta ecuación se obtiene el coeficiente de atenuación:

$$\alpha = - \frac{10 \log_{10} [P(z)/P(0)]}{z}$$

Esto presupone que  $\alpha$  es independiente de  $z$ .

### A.3 anchura de banda (de una fibra óptica)

Valor numéricamente igual a la menor de las frecuencias para las que la magnitud de la función de transferencia de banda base de una fibra óptica decrece hasta una fracción especificada, generalmente  $-3$  dB entre puntos ópticos ( $-6$  dB entre puntos eléctricos), del valor para la frecuencia cero.

*Nota* — La anchura de banda está limitada por varios mecanismos: en el caso de las fibras multimodo los principales son la distorsión modal y la dispersión cromática.

### A.4 dispersión cromática

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

*Nota* — La dispersión cromática puede deberse a una o más de las siguientes contribuciones: dispersión debida al material, dispersión debida al guiaoondas, dispersión debida al perfil de índice. La dispersión por polarización no produce efectos apreciables en las fibras circularmente simétricas.

### A.5 coeficiente de dispersión cromática

Dispersión cromática por unidad de anchura espectral de la fuente y unidad de longitud de la fibra. Suele expresarse en ps/(nm · km).

### A.6 revestimiento

Material dieléctrico de una fibra óptica que rodea al núcleo.

### A.7 supresor de modos de revestimiento

Dispositivo que favorece la conversión de los modos de revestimiento en modos de radiación.

### A.8 núcleo

La región central de una fibra óptica, a través de la cual se transmite la mayor parte de la potencia óptica.

### A.9 superficie del núcleo

En una sección transversal de una fibra óptica, superficie en la cual el índice de refracción, en todas partes (salvo alguna eventual depresión del índice) es mayor que el índice de refracción de la región homogénea más interna del revestimiento en una fracción determinada de la diferencia entre el índice de refracción máximo del núcleo y el índice de refracción de la región homogénea más interna del revestimiento.

*Nota* — La superficie del núcleo es la superficie de la menor sección transversal de una fibra, excluida toda depresión en el índice, comprendida en el lugar geométrico de los puntos en que el índice de refracción  $n_3$  viene dado por:

$$n_3 = n_2 + k(n_1 - n_2) \text{ (véase la figura A-1/G.651)}$$

donde:

$n_1$  = máximo índice de refracción del núcleo de la fibra,

$n_2$  = índice de refracción de la región homogénea más interna del revestimiento de la fibra,

$k$  = es una constante.

*Nota* — A menos que se especifique otra cosa, se supone un valor de  $k$  de 0,05.

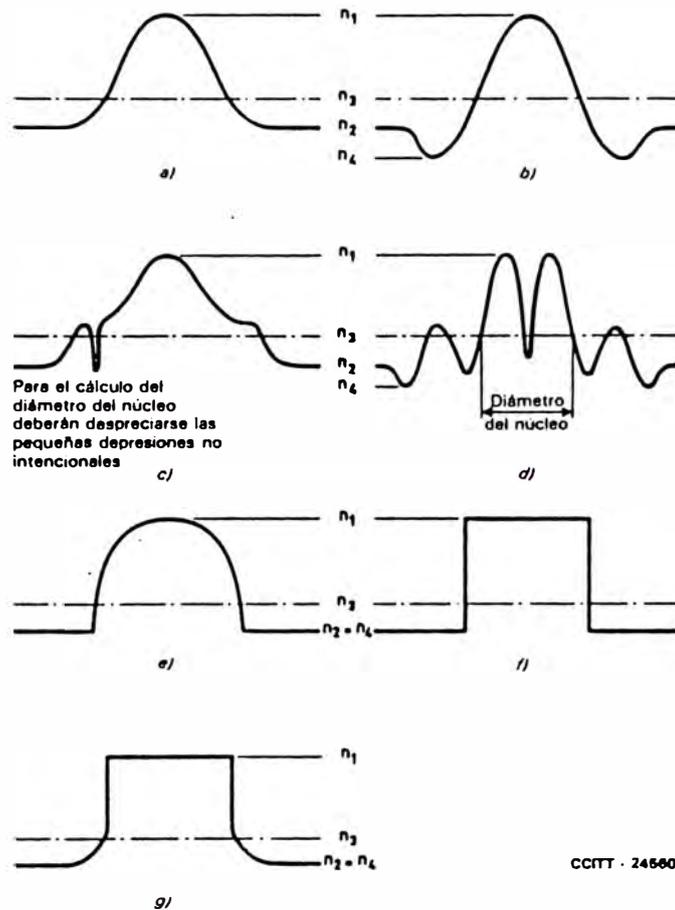


FIGURA A-1/G.651  
Algunos perfiles del índice de refracción

**A.10 centro del núcleo (del revestimiento)**

En una sección transversal de una fibra óptica, es el centro del círculo que se ajusta mejor al límite exterior de la superficie del núcleo (o revestimiento).

*Nota 1* — Estos centros pueden no coincidir.

*Nota 2* — Debe especificarse el método de mejor ajuste.

**A.11 diámetro del núcleo (o del revestimiento)**

Diámetro del círculo que define el centro del núcleo (o del revestimiento).

**A.12 desviación del diámetro del núcleo (o del revestimiento)**

Diferencia entre los valores real y nominal del diámetro del núcleo (o del revestimiento).

**A.13 error de concentricidad del núcleo/revestimiento**

Distancia entre el centro del núcleo y el centro del revestimiento dividida por el diámetro del núcleo.

#### A.14 campo de tolerancia del núcleo (o del revestimiento)

En una sección transversal de una fibra óptica, región entre el círculo que circunscribe la superficie del núcleo (o del revestimiento) y el mayor de los círculos concéntricos con el primero, que se ajustan a la superficie del núcleo (o del revestimiento). Ambos círculos tendrán el mismo centro que el núcleo (o el revestimiento).

#### A.15 plantilla de campo próximo de cuatro círculos concéntricos

Plantilla constituida por cuatro círculos concéntricos que se aplica al diagrama de radiación de campo próximo de la fibra.

*Nota* – La plantilla se utiliza normalmente como comprobación global de la aceptabilidad de los diversos parámetros geométricos de la fibra en un proceso simple.

#### A.16 plantilla de índice de refracción de cuatro círculos concéntricos

Plantilla constituida por cuatro círculos concéntricos que se aplica al perfil del índice de refracción completo de la fibra.

*Nota* – La plantilla se utiliza normalmente como comprobación global de la aceptabilidad de los diversos parámetros geométricos de la fibra en un proceso simple.

#### A.17 máxima apertura numérica teórica

Valor teórico de la apertura numérica calculado a partir de los valores del índice de refracción del núcleo y del revestimiento, y dado por la fórmula:

$$AN_{i\max} = (n_1^2 - n_2^2)^{\frac{1}{2}}$$

donde

$n_1$  índice de refracción del núcleo,

$n_2$  índice de refracción de la región homogénea más interna del revestimiento.

*Nota* – La relación entre AN (véase A.21) y  $AN_{i\max}$  se da en la sección I del anexo B, § B.2.2.

#### A.18 filtro de modos

Dispositivo diseñado para aceptar o rechazar uno o varios modos determinados.

#### A.19 mezclador de modos

Dispositivo para inducir la transferencia de energía entre modos en una fibra óptica, mezclando efectivamente los modos.

*Nota* – Se utiliza frecuentemente para conseguir una distribución de modos que sea independiente de las características de la fuente.

#### A.20 no circularidad del núcleo (superficie del revestimiento)

Diferencia entre los diámetros de los dos círculos definidos por el campo de tolerancia del núcleo (superficie del revestimiento) dividida por el diámetro del núcleo (superficie del revestimiento).

#### A.21 apertura numérica

La apertura numérica AN es el seno del ángulo mitad del vértice del cono de rayos más grande que puede entrar o salir del núcleo de una fibra óptica, multiplicado por el índice de refracción del medio en que se encuentra el vértice del cono.

## A.22 superficie de referencia

Superficie cilíndrica de una fibra óptica a la que se hace referencia al efectuar las uniones.

*Nota* – La superficie de referencia suele ser el revestimiento o la superficie del recubrimiento primario. Sólo en circunstancias poco frecuentes podría ser la superficie del núcleo.

## A.23 método de prueba de referencia (MPR)

Método de prueba en el que se mide una característica recomendada de una clase específica de fibra óptica o de cable de fibra óptica estrictamente de acuerdo con la definición de esta característica, y que da resultados exactos, reproducibles y relacionables con el uso práctico.

## A.24 perfil del índice (de refracción)

Distribución del índice de refracción a lo largo de un diámetro de una fibra óptica.

# ANEXO B

(a la Recomendación G.651)

## Métodos de prueba

Por regla general, se indican en este anexo el método de prueba de referencia y los métodos de prueba alternativos para cada parámetro y se prevé que tanto el MPR como los MPA sean adecuados para fines normales de aceptación de productos. Sin embargo, al emplear un MPA puede haber alguna discrepancia, por lo que se recomienda que se emplee el MPR como técnica destinada a proporcionar resultados de medición definitivos.

### Sección I – *Método de prueba de referencia y métodos de prueba alternativos para la medición de parámetros geométricos y ópticos*

#### B.1 *Introducción*

##### B.1.1 *Consideraciones generales*

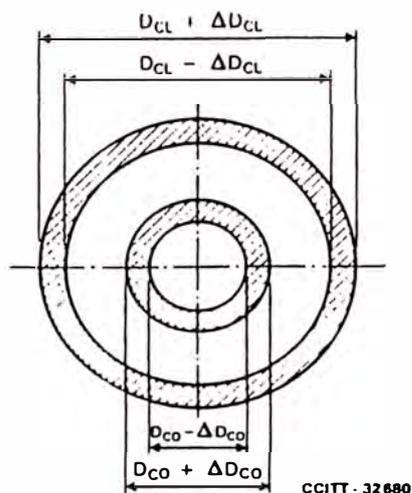
Se supone que los parámetros geométricos y ópticos que son objeto de esta Recomendación, se medirán solamente en fábrica o en los laboratorios de ciertas Administraciones que deseen verificarlos con miras al diseño de sistemas o para otros fines. Por tanto, se ha previsto que las mediciones se efectuarán ya sea en muestras constituidas por largos de fibra o en muestras tomadas de largos de fabricación de cables.

El diámetro y la no circularidad del núcleo se definen utilizando como base el perfil del índice de refracción. Los parámetros restantes pueden derivarse a partir del perfil del índice de refracción. En consecuencia, todos los parámetros geométricos y ópticos que son objeto de esta Recomendación y sus tolerancias en su caso, podrían obtenerse mediante una sola prueba básica.

##### B.1.1.1 *Campo de tolerancia de cuatro círculos*

Un modo sencillo de verificar los parámetros geométricos de la fibra es el método del «campo de tolerancia de cuatro círculos», que no es un requisito adicional impuesto a las características geométricas de la fibra sino otra comprobación global de las mismas. Si aparece cualquier discrepancia entre los resultados de este método y los de la comprobación de las diferentes características individuales, la referencia será esta última.

El método del «campo de tolerancia de cuatro círculos» se basa en la plantilla representada en la figura B-1/G.651, donde los diámetros de los dos círculos concéntricos correspondientes al núcleo (cuyo diámetro es  $D_{co}$ ) son respectivamente  $D_{co} - 4 \mu\text{m}$  y  $D_{co} + 4 \mu\text{m}$  y los diámetros de los dos círculos concéntricos correspondientes al revestimiento (cuyo diámetro es  $D_{CL}$ ) son respectivamente  $D_{CL} - 5 \mu\text{m}$  y  $D_{CL} + 5 \mu\text{m}$ . Este método puede aplicarse a los datos obtenidos por el método de prueba de referencia (plantilla del índice de refracción de cuatro círculos concéntricos) o por el método de prueba alternativo (plantilla del campo próximo de cuatro círculos concéntricos).



- $D_{CO}$  Diámetro nominal del núcleo
- $\Delta D_{CO}$  Tolerancia del círculo relativo al núcleo =  $4 \mu\text{m}$
- $D_{CL}$  Diámetro nominal del revestimiento
- $\Delta D_{CL}$  Tolerancia del círculo relativo al revestimiento =  $5 \mu\text{m}$

FIGURA B-1/G.651

#### B.1.1.2 Factor de calidad intrínseca

La AN teórica máxima, el diámetro del núcleo, el error de concentricidad y la no circularidad del núcleo se desvían simultáneamente con respecto a sus valores nominales en formas tales que pueden sumarse o compensarse unas con otras. Para tener debidamente en cuenta estos efectos se ha calculado una pérdida teórica por empalme utilizando los valores de estos parámetros geométricos y ópticos medidos por métodos de prueba existentes. Puede suponerse una distribución gaussiana o en régimen permanente de la potencia en función del ángulo. El factor de calidad intrínseca (FCI) puede calcularse como la media de las pérdidas teóricas por empalme en los dos sentidos de transmisión cuando la fibra sometida a prueba está empalmada a una fibra de características nominales con una desalineación nula de las superficies de referencia. Un valor de FCI de 0,27 dB es compatible con las tolerancias individuales recomendadas en el § 1. Si aparece cualquier discrepancia entre los resultados obtenidos con el método FCI y los de la comprobación de las diferentes características, la referencia será esta última.

#### B.1.2 Características geométricas

Los diámetros del núcleo y del revestimiento de la fibra sometida a prueba, así como los centros del núcleo y del revestimiento, se pueden determinar a partir de un número adecuado de puntos, distribuidos convenientemente en la frontera núcleo/revestimiento, y en la superficie exterior del revestimiento, respectivamente.

Si se adopta un explorador de barrido por cuadrículas, se debe seleccionar un número mayor de puntos a fin de garantizar una distribución lo suficientemente regular.

El error de concentricidad se puede calcular a partir de la distancia entre el centro del núcleo y el centro del revestimiento.

Las no circularidades del núcleo y del revestimiento se pueden determinar a partir del campo de tolerancia.

### B.2 Métodos de prueba de referencia para parámetros geométricos y método de prueba alternativo para la apertura numérica: técnica del campo próximo refractado

#### B.2.1 Consideraciones generales

La medición del campo próximo refractado es simple, segura y da directamente la variación del índice de refracción en toda la sección transversal de la fibra (núcleo y revestimiento). La medición puede hacerse con buena resolución y calibrarse para obtener valores absolutos del índice de refracción.

En la figura B-2a/G.651 se muestra un diagrama esquemático de la medición. La técnica consiste en la exploración de un punto luminoso enfocado a través del extremo de la fibra. El dispositivo óptico de inyección se dispone de forma que desborde la apertura numérica de la fibra. El extremo de la fibra se sumerge en un líquido de índice ligeramente superior al del revestimiento. Parte de la luz es guiada por la fibra y el resto aparece como un cono hueco fuera de la fibra. Se coloca un disco sobre el eje del núcleo para asegurarse de que sólo llegue al detector la luz refractada. La salida del detector se amplifica y visualiza como eje y de un registrador x-y; la excitación del eje x se obtiene por control de la posición del punto luminoso enfocado en el extremo de la fibra. En la figura B-2b/G.651 se muestra un perfil de índice típico de una fibra multimodo de índice gradual.

La resolución óptica, y por tanto la posibilidad de resolver detalles del perfil, depende del tamaño del punto luminoso enfocado. Ésta depende de la apertura numérica de la lente de enfoque y del tamaño del disco. Sin embargo, la posición de los rasgos más acusados puede resolverse con una exactitud mucho mayor que ésta, según el tamaño del escalón en los sistemas motores por pasos, o según la exactitud del control de posición en los sistemas analógicos.

### B.2.2 Apertura numérica y diferencia de índice de refracción

La apertura numérica teórica máxima se define como:

$$AN_{i, \text{máx}} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

La diferencia de índice se define como:

$$\Delta n = n_1 - n_2$$

La diferencia de índice relativa se define como:

$$\Delta = (n_1 - n_2)/n_1$$

donde:

$n_1$  = índice de refracción máximo del núcleo de la fibra,

$n_2$  = índice de refracción de la región más profunda del revestimiento.

Los valores de  $n_1$  y  $n_2$  pueden determinarse por la técnica del campo próximo refractado, y a partir de ellos pueden calcularse  $AN_{i, \text{máx}}$ ,  $\Delta n$  y  $\Delta$ .

La máxima apertura numérica teórica  $AN_{i, \text{máx}}$  determinada de esta forma puede ser superior (ordinariamente del 5% al 7%) a la apertura numérica  $AN$  por el MPR.

### B.2.3 Equipo de prueba

En la figura B-3/G.651 se muestra un diagrama esquemático del equipo de prueba.

#### B.2.3.1 Fuente

Se necesita un láser estable con una potencia de algunos milivatios en el modo TEM<sub>00</sub>.

Puede utilizarse un láser HeNe, cuya longitud de onda es de 633 nm, pero debe aplicarse un factor de corrección a los resultados para su extrapolación a diferentes longitudes de onda. Debe señalarse que la medición a 633 nm puede no dar una información completa para las longitudes de onda superiores; en particular, las impurezas no uniformes de una fibra pueden afectar a la corrección.

Se introduce una placa de un cuarto de onda para cambiar la polarización del haz de línea circular, pues la reflectividad de la luz en un interfaz aire-vidrio depende mucho del ángulo y de la polarización.

Un hueco de alfiler en el foco de la lente 1 actúa como filtro espacial.

#### B.2.3.2 Condiciones de inyección

El dispositivo óptico de inyección, que se dispone de forma que desborde la apertura numérica de la fibra, enfoca un haz luminoso sobre el extremo plano de la fibra. El eje óptico del haz luminoso no debe estar a más de 1° del eje de la fibra. La resolución del equipo la determina el tamaño del punto enfocado, que debe ser lo más pequeño posible para hacer máxima la resolución, p.ej., inferior a 1,5 μm. El equipo permite la exploración del punto enfocado a lo largo del diámetro de la fibra.

#### B.2.3.3 Célula líquida

El líquido en la célula debe tener un índice de refracción algo mayor que el del revestimiento de la fibra.

#### B.2.3.4 *Detección*

La luz refractada se capta y se lleva al detector de cualquier manera conveniente, pero debe captarse toda la luz refractada. Puede determinarse por cálculo el tamaño necesario del disco y su posición a lo largo del eje central.

#### B.2.4 *Preparación de la fibra sometida a prueba*

Se requiere un largo de fibra de 1 m aproximadamente.

Se quita el recubrimiento primario de la fibra en la sección sumergida en la célula líquida.

Los extremos de la fibra deben estar limpios y tener una superficie suave, y hallarse en posición perpendicular al eje de la fibra.

#### B.2.5 *Procedimiento*

Véase el diagrama esquemático del aparato de prueba (figura B-3/G.651).

##### B.2.5.1 *Representación del perfil de la fibra*

El extremo de inyección de la fibra que ha de medirse se sumerge en una célula líquida cuyo índice de refracción es ligeramente superior al del revestimiento de la fibra. La fibra se retroilumina con la luz de una lámpara de tungsteno. Las lentes 2 y 3 producen una imagen enfocada de la fibra.

A la vez que se ajusta la posición de la lente 3 para centrar y enfocar la imagen de la fibra, el haz láser se centra y enfoca simultáneamente en la fibra.

Se centra el disco en el cono de salida. Con fibras multimodo, el disco se dispone sobre el eje óptico de forma que sólo bloquee los modos de propagación de fuga. Los modos refractados que pasan por el disco se captan y enfocan en un fotodiodo.

Se hace desplazar el punto láser enfocado sobre el extremo de la fibra y se obtiene directamente una representación de la variación del índice de refracción de ésta.

##### B.2.5.2 *Calibración del equipo*

El equipo se calibra con la fibra fuera de la célula líquida. Durante la medición, el ángulo del cono luminoso varía según el índice de refracción visto en el punto de entrada a la fibra (de ahí la variación de la potencia que atraviesa el disco). Una vez sacada la fibra y conocidos el índice del líquido y el espesor de la célula, puede simularse este cambio del ángulo desplazando el disco a lo largo del eje óptico. Desplazando el disco a cierto número de posiciones determinadas de antemano puede trazarse a escala el perfil en función de índice relativo. El índice absoluto, es decir,  $n_1$  y  $n_2$ , sólo puede determinarse si se conoce con exactitud el índice del revestimiento o del líquido a la longitud de onda y a la temperatura en que se efectúa la medición.

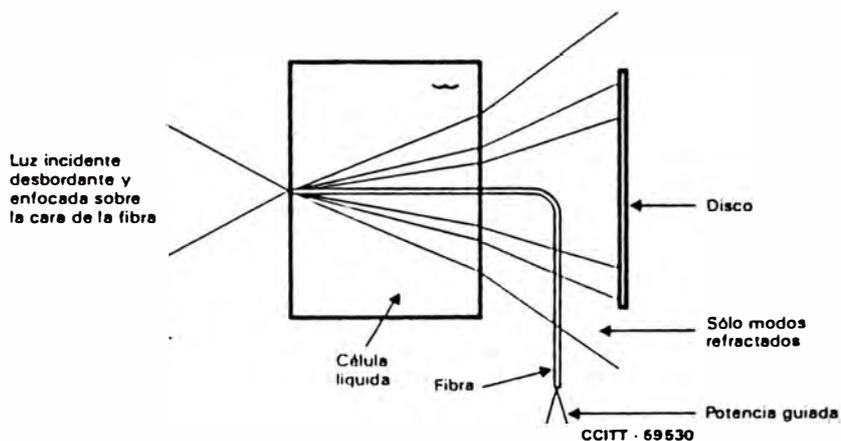
#### B.2.6 *Presentación de los resultados*

Deberán indicarse los siguientes pormenores:

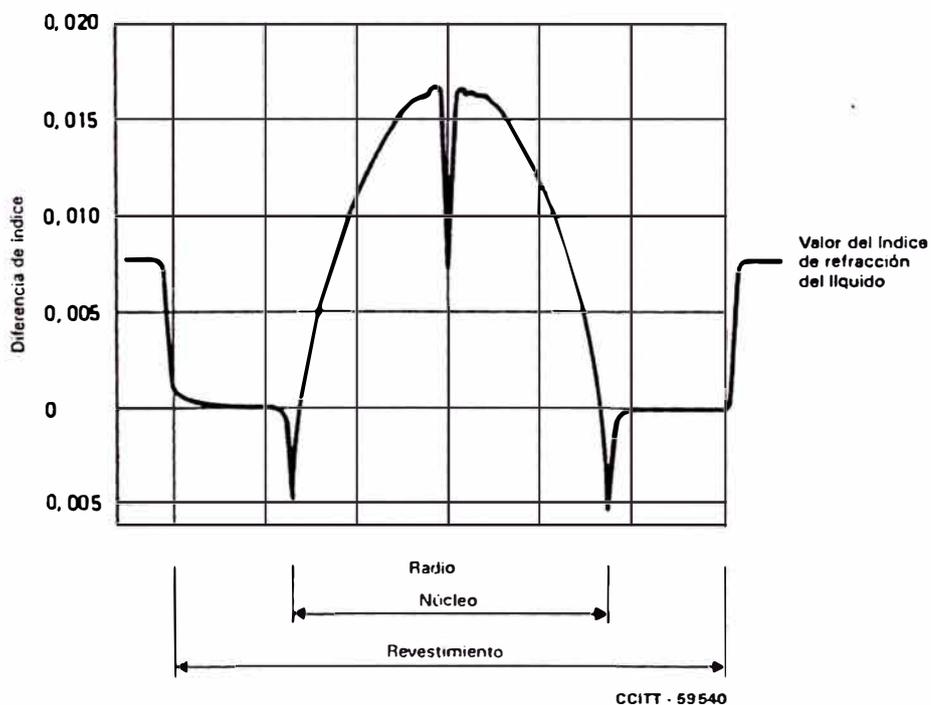
- a) Disposición del montaje de prueba y procedimiento de corrección de la longitud de onda, así como indicación de la técnica de exploración utilizada.
- b) Identificación de la fibra.
- c) Según los requisitos de la especificación:
  - i) perfiles a través de los centros del núcleo y del revestimiento, calibrados para la longitud de onda de funcionamiento;
  - ii) perfiles a lo largo de los ejes mayor y menor del núcleo, calibrados para la longitud de onda de funcionamiento;
  - iii) perfiles a lo largo de los ejes mayor y menor del revestimiento, calibrados para la longitud de onda de funcionamiento;
  - iv) exploración de barrido a través de toda la fibra, si se adopta;
  - v) diámetro del núcleo<sup>1)</sup>;
  - vi) diámetro del revestimiento<sup>1)</sup>;
  - vii) error de concentricidad núcleo/revestimiento;
  - viii) no circularidad del núcleo;

<sup>1)</sup> Véase el apéndice I.

- ix) no circularidad del revestimiento;
  - x) apertura numérica teórica máxima:  $AN_{m\acute{a}x}$ ;
  - xi) diferencia de índice:  $\Delta n$ ;
  - xii) diferencia de índice relativa:  $\Delta$ .
- d) Indicación de la exactitud y la repetibilidad.
- e) Temperatura de la muestra y condiciones ambientales (si es necesario).



**FIGURA B-2a/G.651**  
Técnica del campo próximo refractado - Diagrama esquemático



**FIGURA B-2b/G.651**  
Perfil del índice típico de una fibra de índice gradual obtenido por la técnica del campo próximo refractado

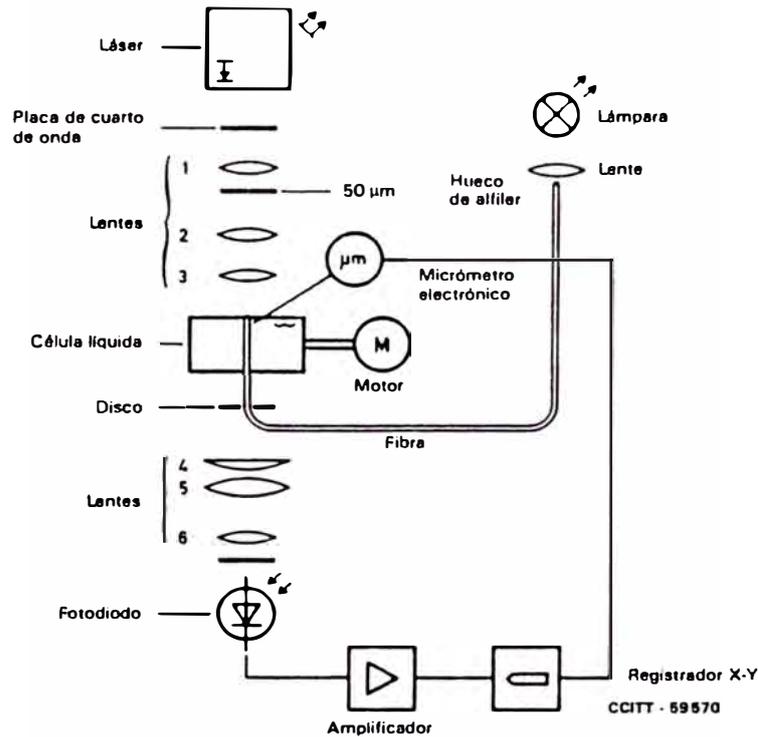


FIGURA B-3/G.651

Disposición típica del montaje de prueba con la técnica del campo próximo refractado

### B.3 Método de prueba alternativo para parámetros geométricos: técnica de campo próximo transmitido

#### B.3.1 Consideraciones generales

Puede aplicarse la técnica de campo próximo para la medición de las características geométricas y del perfil del índice de refracción de las fibras ópticas multimodo. Se efectúan tales mediciones de una manera conforme a la definición, y los resultados podrán reproducirse, y relacionarse con el método de prueba de referencia y el uso en la práctica.

La medición se basa en la exploración de una imagen magnificada del extremo de salida de la fibra que se prueba, sobre una sección transversal donde está colocado el detector.

Cuando se miden las características geométricas de la fibra, puede aplicarse la plantilla de campo próximo de cuatro círculos concéntricos a una imagen agrandada de la fibra detectada por métodos de evaluación objetiva, apropiados para lograr un alto grado de exactitud y reproducibilidad. Se señala, en particular, que el diámetro del núcleo ha de medirse teniendo en cuenta el mismo factor adoptado para el método de prueba de referencia.

#### B.3.2 Aparatos de prueba

En la figura B-4/G.651 se representa un esquema del aparato de prueba.

##### B.3.2.1 Fuente luminosa

La fuente luminosa será incoherente, ajustable en intensidad y estable en posición, intensidad y longitud de onda durante un periodo de tiempo suficientemente largo para que pueda realizarse el procedimiento de medición. Se recomienda la longitud de onda de 633 nm. Si es necesario, se utilizará una segunda fuente luminosa para la medición de la longitud de onda.

### B.3.2.2 *Condiciones de inyección*

La óptica de inyección, que se dispondrá de modo que desborde sobre la sección de la fibra, aplicará un haz luminoso a un foco situado en el extremo plano de entrada de la fibra.

En el caso de las fibras de 50/125  $\mu\text{m}$  de índice gradual, las condiciones de inyección desbordante se obtienen con un cono luminoso cuya anchura entre puntos de amplitud mitad medida desde el campo próximo sea superior a 70  $\mu\text{m}$  y cuya anchura en la apertura numérica ( $AN$ ), medida desde el campo lejano sea mayor que una  $AN$  de 0,3.

### B.3.2.3 *Supresor de modos propagados por el revestimiento*

Se empleará un supresor adecuado de los modos propagados por el revestimiento. Este dispositivo suprime la potencia óptica que se propaga por el material que envuelve al núcleo y asegura que todos los modos de propagación de fuga serán eliminados de la fibra. Cuando se midan las características geométricas del revestimiento únicamente, el supresor de modo de los propagados por el revestimiento no podrá estar presente.

### B.3.2.4 *Espécimen*

El espécimen será un tramo corto de la fibra óptica que ha de medirse. Se retirará el recubrimiento primario de la sección de la fibra insertada en el supresor de modos. Los extremos de la fibra deberán estar limpios, lisos y perpendiculares al eje de la fibra.

*Nota* – Esta medición puede efectuarse en pedazos muy cortos de fibra (por ejemplo, unos centímetros). En este caso, las condiciones de inyección se ajustarán para obtener una intensidad uniforme en el revestimiento por debajo del 15% de la intensidad luminosa máxima en el núcleo.

### B.3.2.5 *Dispositivo óptico de magnificación*

El dispositivo óptico de magnificación consistirá en un sistema óptico (por ejemplo un objetivo de microscopio) que magnifica el campo próximo de la salida del espécimen, y lo focaliza en el plano del detector de exploración. La apertura numérica y, por consiguiente, el poder de resolución del dispositivo óptico deberá ser compatible con la exactitud de medición requerida y no será inferior a 0,3. La magnificación se escogerá de modo que sea compatible con la resolución especial deseada, y se anotará.

### B.3.2.6 *Detector*

Se utilizará un detector apropiado que permitirá obtener la intensidad punto a punto del diagrama de campo próximo magnificado. Por ejemplo, podrá emplearse cualquiera de las siguientes técnicas.

- a) fotodetector de exploración con abertura de «hueco de alfiler»;
- b) espejo de exploración con abertura de hueco de alfiler fija y fotodetector;
- c) vidicon de exploración, dispositivos acoplados por carga u otros dispositivos de reconocimiento de diagrama/intensidad.

El comportamiento del detector deberá ser lineal (o será linealizado) en toda la gama de intensidades observadas. La zona sensible del detector será pequeña con relación a la imagen ampliada del extremo de salida de la fibra, y se registrará.

### B.3.2.7 *Amplificador*

Se utilizará un amplificador para aumentar el nivel de la señal. Su anchura de banda se escogerá según el tipo de exploración utilizado. Cuando se explora el extremo de salida de la fibra con sistemas mecánicos u ópticos, suele modularse la fuente óptica. Cuando se adopta este procedimiento, el amplificador deberá estar asociado a la frecuencia de modulación de la fuente. La sensibilidad del sistema de detección debe ser prácticamente lineal.

### B.3.2.8 *Almacenamiento de datos*

Los datos medidos de la repartición de la intensidad de campo próximo pueden registrarse y presentarse en forma adecuada de conformidad con la técnica de exploración y los requisitos de la especificación.

## B.3.3 *Procedimiento*

### B.3.3.1 *Calibración de los equipos*

Deberá medirse la magnificación del sistema óptico explorando la longitud del espécimen, cuyas dimensiones se conocen ya con exactitud suficiente. Se registrará dicha magnificación.

### B.3.3.2 Medición

El extremo de inyección de la fibra se alineará con el haz de inyección, y el extremo de salida de la fibra se alineará con el eje óptico del dispositivo óptico de magnificación. La imagen focalizada del extremo de salida de la fibra será explorada por el detector, de conformidad con los requisitos de la especificación. La focalización se efectuará con la máxima exactitud, a fin de reducir los errores dimensionales debidos a la exploración de una imagen mal focalizada.

### B.3.4 Presentación de los resultados

Se presentarán los siguientes detalles:

- a) configuración del montaje de prueba, con indicación de la técnica de exploración utilizada;
- b) características de inyección (dimensión y  $AN$  del punto de inyección);
- c) longitud de onda y anchura espectral al 50%;
- d) identificación y longitud de la fibra;
- e) tipo de supresor de modos de revestimiento (en su caso);
- f) magnificación del equipo;
- g) tipo y dimensiones del detector de exploración;
- h) temperatura de la muestra y condiciones ambientales (en caso necesario);
- i) indicación de la exactitud y repetibilidad;
- j) según los requisitos de la especificación:
  - i) perfiles a través de los centros del núcleo y del revestimiento;
  - ii) perfiles a lo largo de los ejes mayor y menor del núcleo;
  - iii) perfiles a lo largo de los ejes mayor y menor del revestimiento;
  - iv) diagrama de la exploración sobre toda la cara del extremo de la fibra, si se adopta;
  - v) parámetros dimensionales resultantes, como: diámetros del núcleo y del revestimiento<sup>2)</sup>, no circularidad del núcleo y del revestimiento, error de concentricidad núcleo/revestimiento, etc.

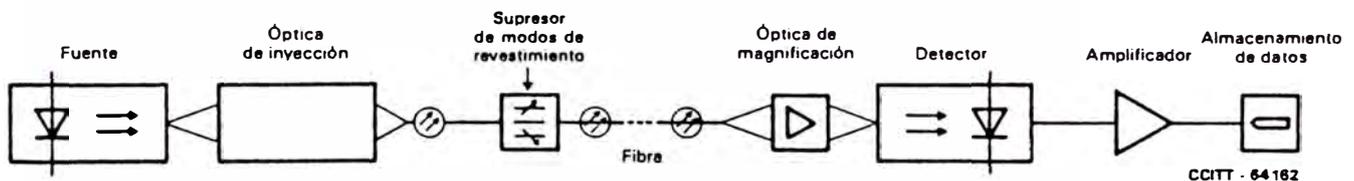


FIGURA B-4/G.651

Configuración de prueba típica de la técnica de campo próximo

## B.4 Método de prueba de referencia para la apertura numérica — Distribución en el campo lejano

### B.4.1 Objetivo

Este método de medición se aplica a las fibras de índice gradual para determinar la apertura numérica midiendo la distribución de la luz en el campo lejano.

### B.4.2 Preparación del espécimen

Se toma una muestra de unos 2 m de longitud en un extremo de la fibra que ha de medirse. La muestra ha de ser suficientemente recta para que no se produzcan pérdidas por flexión. Los extremos de la muestra deberán estar muy limpios, planos y perpendiculares al eje de la fibra.

<sup>2)</sup> Véase el apéndice I.

### B.4.3 Equipo

#### B.4.3.1 Fuente luminosa

Se empleará una fuente luminosa no coherente, ajustable en intensidad y estable en posición, intensidad y longitud de onda durante un periodo de tiempo suficientemente largo para completar el procedimiento de medición.

#### B.4.3.2 Detector

El detector tendrá una característica lineal en toda la gama de medición requerida. (La corriente de salida del detector deberá ser una función lineal de potencia luminosa recibida.)

#### B.4.3.3 Condiciones de inyección

Véase el § B.3.2.2.

#### B.4.3.4 Supresor de modos de revestimiento

Véase el § B.3.2.3.

#### B.4.3.5 Visualización

Por ejemplo, registrador XY, pantalla.

### B.4.4 Procedimiento

#### B.4.4.1 Principio de la medición (figura B-5/G.651)

La intensidad radiante (potencia luminosa por unidad de ángulo sólido) se determina como una función del ángulo polar de un plano del eje de la fibra (diagrama de radiación). La distancia  $d$  entre el extremo de la muestra y el detector ha de ser grande en relación con el diámetro del núcleo de la fibra óptica.

Soluciones posibles:

- muestra fija, detector de gran superficie fijo;
- muestra fija, detector lineal de pequeña superficie desplazable;
- muestra lineal desplazable, detector de pequeña superficie fijo;
- muestra fija, detector de pequeña superficie con desplazamiento angular;
- extremo de la muestra giratorio, detector de pequeña superficie fijo.

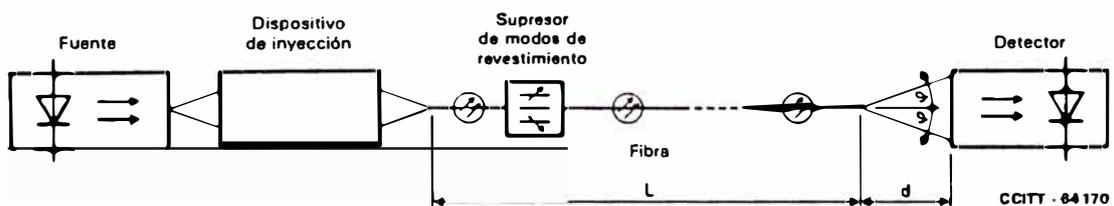


FIGURA B-5/G.651

Principio de medición de la distribución en el campo lejano transmitido

#### B.4.4.2 Preparación

Se fija la muestra en el portamuestras y se le inyecta la luz de conformidad con el § B.4.3.3.

#### B.4.4.3 Medición

La intensidad radiante se determina en función del ángulo polar en un plano del eje de la fibra.

#### B.4.5 Resultados

Las fibras tratadas en esta Recomendación tienen un perfil del índice de refracción casi parabólico. Por lo tanto, para las condiciones de inyección de § B.4.3.3 (distribución de modo uniforme), la curva de intensidad radiante en campo lejano puede aproximarse, en la región por encima del 10% de la intensidad máxima, por la siguiente parábola:

$$P(\varphi) = P(0) [1 - (\text{sen } \varphi / AN)^2]$$

Se determina entonces el ángulo  $\varphi$  por el punto de intersección de esta parábola con el eje de abscisas. Por lo general, basta con determinar el ángulo  $\varphi$  adoptando el 5% de la máxima intensidad radiante para el total de la curva de intensidad radiante.

La apertura numérica es:

$$AN = \text{sen } \varphi.$$

#### B.4.6 Presentación de los resultados

Se indicarán los siguientes detalles:

- a) configuración del montaje de prueba, con indicación de la técnica de exploración utilizada;
- b) características de inyección (dimensión y AN del cono de inyección);
- c) longitud de onda y anchura espectral;
- d) tipo de supresor de modos de revestimiento (si se utiliza);
- e) condiciones de exploración;
- f) identificación y longitud de la fibra;
- g) temperatura de la muestra y condiciones ambientales (si es necesario);
- h) indicación de exactitud y repetibilidad;
- i) apertura numérica resultante.

### APÉNDICE I

(a la sección I del anexo B a la Recomendación G.651)

En este apéndice se exponen los cálculos que pueden efectuarse para obtener las posiciones de los centros del núcleo y del revestimiento, así como sus diámetros.

#### I.1 Centro y diámetro del núcleo

El diámetro y el centro del núcleo se determinan mediante una cantidad suficiente de exploraciones a través de una sección de la fibra con el valor  $k$  apropiado. En cada exploración se obtienen dos puntos de la frontera núcleo/revestimiento. Los puntos deberán estar distribuidos de forma uniforme en el perímetro del núcleo, al menos aproximadamente.

Sean:

- $x_i, y_i$  las coordenadas cartesianas del punto  $i$ -ésimo de la frontera,  
 $a_c, b_c$  las coordenadas cartesianas del centro del núcleo,  
 $R_c$  el radio del núcleo,  
 $z, m_i$  las variables intermedias  $z = a_c^2 + b_c^2 - R_c^2$  y  $m_i = x_i^2 + y_i^2$ .

Los parámetros desconocidos  $a_c, b_c$  y  $R_c$  se obtienen buscando el círculo que mejor represente, según la regla de ajuste por los mínimos cuadrados, la frontera experimental entre el núcleo y el revestimiento. El algoritmo de cálculo consiste en hacer mínima, respecto de los parámetros  $a_c, b_c$  y  $z$ , la magnitud:

$$\begin{aligned} M &= \sum_i \left[ (x_i - a_c)^2 + (y_i - b_c)^2 - R_c^2 \right]^2 \\ &= \sum_i (x_i^2 + y_i^2 - 2a_c x_i - 2b_c y_i + z)^2 \end{aligned}$$

La anulaci3n de las tres derivadas parciales de  $M$  respecto de  $a_c$ ,  $b_c$  y  $z$  arroja un sistema de tres ecuaciones lineales que reviste la forma matricial siguiente:

$$\begin{bmatrix} 2 \sum_i x_i^2 & 2 \sum_i x_i y_i & - \sum_i x_i \\ 2 \sum_i x_i y_i & 2 \sum_i y_i^2 & - \sum_i y_i \\ 2 \sum_i x_i & 2 \sum_i y_i & - N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_c \\ b_c \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_i m_i x_i \\ \sum_i m_i y_i \\ \sum_i m_i \end{bmatrix}$$

Las sumas se efectúan de  $i = 1$  a  $i = N$ , siendo

$N$  el númer total de puntos medidos.

La inversi3n numérica de este sistema de los valores de  $a_c$ ,  $b_c$  y  $z$ , lo que permite deducir el de  $R_c$ .

El centro del núcleo es el punto de coordenadas  $a_c$  y  $b_c$ , y su diámetro es  $D_c = 2 R_c$ .

## I.2 Centro y diámetro del revestimiento

El mismo procedimiento de cálculo y las mismas definiciones que para el núcleo permiten determinar:

- las coordenadas del centro del revestimiento  $a_g$  y  $b_g$ ,
- el radio del revestimiento  $R_g$ .

El centro del revestimiento es el punto de coordenadas  $a_g$  y  $b_g$  y su diámetro es  $D_g = 2 R_g$ .

## Sección II – Método de prueba de referencia y métodos de prueba alternativos para las mediciones de atenuaci3n

### B.1 Introducci3n

#### B.1.1 Objetivos

Las mediciones de atenuaci3n tienen por objeto proporcionar un medio que permita asignar cierto valor del coeficiente de atenuaci3n a un largo de fibra de modo que los valores de atenuaci3n de cada tramo puedan sumarse para determinar la atenuaci3n total de un cable compuesto de varios tramos concatenados.

#### B.1.2 Defini3n

La atenuaci3n  $A(\lambda)$  y una longitud de onda  $\lambda$  entre dos secciones transversales 1 y 2 de una fibra separadas por una distancia  $L$  se define por:

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

donde  $P_1(\lambda)$  es la potencia óptica que atraviesa la secci3n transversal 1 y  $P_2(\lambda)$  es la potencia óptica que atraviesa la secci3n transversal 2 a la longitud de onda  $\lambda$ . Para una fibra uniforme en condici3n de equilibrio, es posible calcular la atenuaci3n por unidad de longitud, o el coeficiente de atenuaci3n

$$\alpha(\lambda) = \frac{A(\lambda)}{L} \left[ \frac{\text{dB}}{\text{unidad de longitud}} \right]$$

que es independiente de la longitud elegida de la fibra.

*Nota 1* – Los valores de atenuaci3n especificados para los largos de fabricaci3n deben medirse a la temperatura ambiente (es decir, un valor único en la gama de + 10 °C a + 35 °C).

### B.1.3 Descripción

Se han sugerido tres métodos para las mediciones de atenuación.

B.1.3.1 La *técnica de la fibra cortada* es una aplicación directa de la definición, en la cual se miden los niveles de potencia  $P_1$  y  $P_2$  en dos puntos de la fibra sin modificar las condiciones de entrada.  $P_2$  es la potencia que sale por el extremo de la guía y  $P_1$  es la potencia que emerge de un punto cercano al de entrada, después de cortada la fibra.

B.1.3.2 La *técnica de la pérdida de inserción* es en principio similar a la técnica de la fibra cortada, pero  $P_1$  es la potencia que emerge de la salida del sistema de inyección. La atenuación medida es la suma de la atenuación de largo de fibra insertado y la atenuación causada por la conexión entre el sistema de inyección y la fibra medida. Es necesario corregir el resultado para tener en cuenta las pérdidas de la conexión.

B.1.3.3 La *técnica del retroesparcimiento* es una manera indirecta de determinar la atenuación midiendo las potencias retroesparcidas a través de dos secciones transversales de la fibra.

### B.1.4 Campo de aplicación

En general, se ha reconocido que la técnica de la fibra cortada es la que da resultados más exactos. Pero en muchas situaciones su naturaleza destructiva constituye una desventaja.

Con la técnica de la pérdida de inserción se evita cortar una parte de la fibra, si bien a expensas de la exactitud.

La técnica del retroesparcimiento es un método no destructivo, aplicado en un solo extremo, pero está limitada en su alcance, y a veces también en su exactitud.

Analizadas las ventajas y los inconvenientes de los tres métodos, se ha elegido la técnica de la fibra cortada como método de prueba de referencia.

## B.2 Método de prueba de referencia: la técnica de fibra cortada

### B.2.1 Condiciones de inyección

#### B.2.1.1 Definición de las condiciones de inyección

Las condiciones de inyección son de capital importancia a la hora de determinar si se han cumplido los objetivos especificados. Las condiciones de inyección deben reflejar aproximadamente la distribución de modos en equilibrio (DME) que se supone existe cuando la distribución de potencia de los diagramas de campo a la salida de la fibra es esencialmente independiente de la longitud de ésta.

#### B.2.1.2 Técnicas de inyección

En la figura B-6/G.651 se muestra un montaje genérico para conseguir la inyección con distribución de modos en equilibrio (DME).



FIGURA B-6/G.651

Condiciones de inyección genéricas

#### B.2.1.2.1 *Supresor de modos propagados por el revestimiento*

Favorece la conversión de los modos que se propagan por el revestimiento en modos de radiación; como resultado desaparecen en la fibra los modos que se propagan por su revestimiento.

#### B.2.1.2.2 *Filtro de modos*

Es un dispositivo utilizado para seleccionar, rechazar o atenuar uno o varios modos determinados; debe asegurar el establecimiento de una distribución de modos próxima a la DME.

#### B.2.1.2.3 *Mezclador de modos*

Es un dispositivo utilizado para inducir la transferencia de energía entre modos en una fibra óptica, y debe proporcionar una distribución de modos que sea independiente de las características de la fuente.

*Nota 1* – Pueden utilizarse disposiciones ópticas adecuadas que produzcan una distribución próxima a la distribución de modos en equilibrio directamente en el extremo de entrada de la fibra sometida a prueba. En este caso se necesita un dispositivo único para la realización de las tres funciones de la figura B-6/G.651.

#### B.2.1.3 *Ejemplo*

Con una fibra de 50/125  $\mu\text{m}$  homogénea de índice gradual y baja atenuación, que tiene una apertura numérica de 0,2 y se utiliza a 850 nm, puede obtenerse una aproximación de la distribución de modos en equilibrio si después del punto de corte se observan las siguientes características:

- a) el valor de la anchura al 50% del haz luminoso, medida desde el campo próximo, es 26  $\mu\text{m}$ ;
- b) la apertura numérica para el valor de anchura al 50%, medida desde el campo lejano, es 0,11  $\mu\text{m}$ .

Se supone que los esquemas de campo próximo y de campo lejano tienen forma aproximadamente gaussiana.

Para obtener este equilibrio de la distribución modal puede utilizarse el montaje mostrado en la figura B-6/G.651.

El haz de inyección incide con el extremo de inyección de la fibra en forma de un punto centrado en el núcleo de la fibra con la intensidad luminosa con una anchura al 50% de campo próximo no inferior a 70  $\mu\text{m}$  y una apertura numérica para la anchura al 50% de campo lejano no inferior a 0,3 a través de la zona central de 70  $\mu\text{m}$  central del cono (para fibras con  $AN < 0,25$ ).

El eje del haz de inyección coincide con el eje de la fibra.

El mezclador de modos debe comprender una configuración de fibras adecuada (por ejemplo, secuencia escalón-gradual-escalón o una secuencia de flexión).

El filtro de modo adopta la forma de un mandril en torno al cual se arrolla la fibra sometida a prueba, con baja tensión y en una longitud del mandril no superior a 20 mm.

El diámetro del mandril puede diferir de una fibra a otra; son comunes los valores en la gama de 18 a 22 mm, con cinco vueltas de fibra.

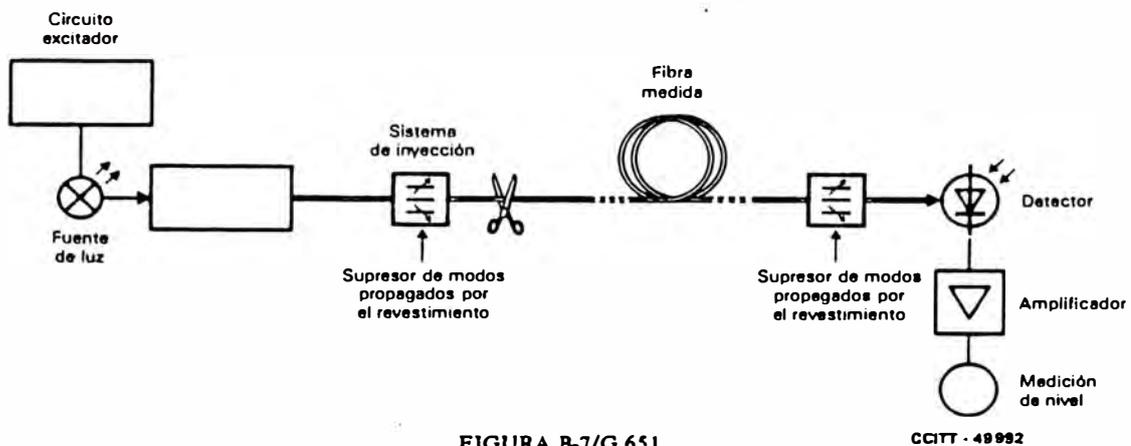
El diámetro exacto del mandril lo determina el fabricante de la fibra o cable, de manera que los diagramas de campo próximo y de campo lejano en los dos metros de fibra siguientes al filtro de modo y al supresor de modos propagados por el revestimiento sean los mismos que se obtienen con un largo de fibra o de fibras empalmadas (normalmente superior a 5 km) dotado de una distribución de modos estable.

A menudo, el supresor de modos propagados por el revestimiento consiste en un material que tiene un índice de refracción igual o superior al del revestimiento de la fibra.

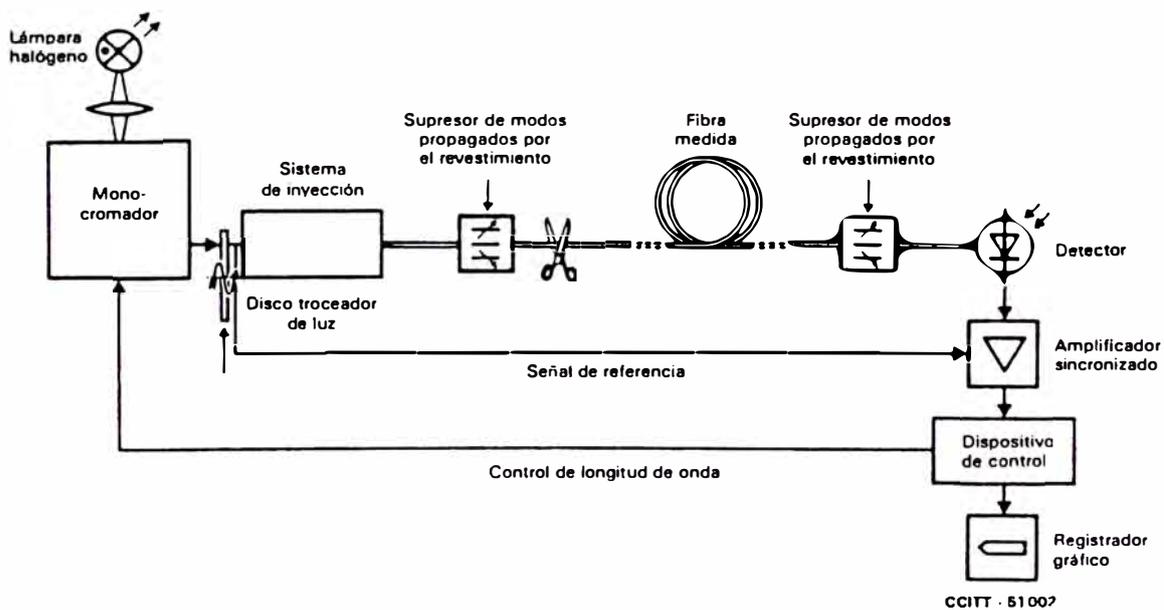
### B.2.2 *Equipo y procedimiento*

#### B.2.2.1 *Tipos de mediciones*

Se pueden efectuar mediciones a una o más longitudes de onda específicas, aunque también es posible que se requiera la respuesta espectral en una gama de longitudes de onda. En las figuras B-7/G.651 y B-8/G.651 se presentan, a título de ejemplo, equipos de prueba adecuados.



**FIGURA B-7/G.651**  
**Montaje del equipo de prueba utilizado para realizar mediciones de atenuación en longitudes de onda discretas**



**Montaje del equipo de prueba utilizado para realizar mediciones de atenuación en una gama de longitudes de onda**

**FIGURA B-8/G.651**  
**Técnica de la fibra cortada**

### B.2.2.2 Fuente óptica

Debe utilizarse una fuente de radiación adecuada, como una lámpara, un láser o un diodo foto-emisor (LED). La elección de la fuente depende del tipo de medición. La fuente debe ser estable en posición, intensidad y longitud de onda durante un periodo de tiempo suficientemente largo para que pueda aplicarse el procedimiento de medición completo. La anchura espectral, entre puntos al 50% de amplitud deberá especificarse de modo que sea pequeña en comparación con cualquier propiedad de la atenuación espectral de la fibra.

La fibra debe estar alineada con el cono de inyección, o conectada coaxialmente con una fibra de inyección.

### B.2.2.3 Detector óptico

Se utilizará un detector de gran superficie a fin de que toda la radiación en el cono (o conos) de salida sea interceptada. La respuesta espectral debe ser compatible con las características espectrales de la fuente. La detección debe ser uniforme y tener características lineales.

Es costumbre modular la fuente de luz para mejorar la relación señal/ruido en el receptor. Si se emplea este procedimiento, el detector debe estar asociado a un sistema de tratamiento sincronizado con la frecuencia de modulación de la fuente. La sensibilidad del sistema de detección debe ser prácticamente lineal.

### B.2.2.4 Montaje de inyección

Véase el § B.2.1.

### B.2.2.5 Procedimiento

- 1) La fibra que se desea medir se introduce en el montaje de medida. Se mide y registra la potencia  $P_2$ .
- 2) Manteniendo constante las condiciones de inyección, se corta la fibra a cierta distancia (por ejemplo, a 2 metros del punto de inyección). Se mide y registra la potencia  $P_1$  que se obtiene en el punto en que se ha cortado la fibra.
- 3) La atenuación de la fibra entre los puntos en que se han medido las potencias  $P_1$  y  $P_2$  puede calcularse utilizando la fórmula de la definición, introduciendo los valores medidos de  $P_1$  y  $P_2$ .

### B.2.3 Presentación de los resultados

Deberá presentarse la siguiente información detallada:

- a) Tipo y característica de la medición.
- b) Técnica de inyección.
- c) Montaje de la prueba.
- d) Temperatura de la muestra y condiciones ambientales (cuando sea necesario).
- e) Identificación de la fibra.
- f) Longitud de la muestra de fibra y longitud a que se corta la fibra.
- g) Atenuación medida (para la muestra) a la longitud de onda seleccionada.
- h) Atenuación en dB. Es posible, en algunos casos, convertir ésta en un coeficiente de atenuación en dB/km.
- i) Para las mediciones de la pérdida espectral, los resultados deben presentarse en forma de una curva de atenuación en función de la longitud de onda.

### B.3 Primer método de medición alternativo: técnica de la pérdida de inserción

#### B.3.1 Condiciones de inyección

Las condiciones de inyección requeridas son similares a las indicadas en el § B.2.1.

#### B.3.2 Equipo y procedimiento

##### B.3.2.1 Tipos de mediciones

Se pueden realizar mediciones a una o más longitudes de onda discretas, aunque también se puede necesitar una respuesta espectral en una gama de longitudes de onda. En la figura B-9/G.651 se muestra el diagrama de una configuración de prueba adecuada (a – calibración, b – medición).

**B.3.2.2 Fuente óptica**

Véase el § B.2.2.2.

**B.3.2.3 Detector óptico**

Véase el § B.2.2.3.

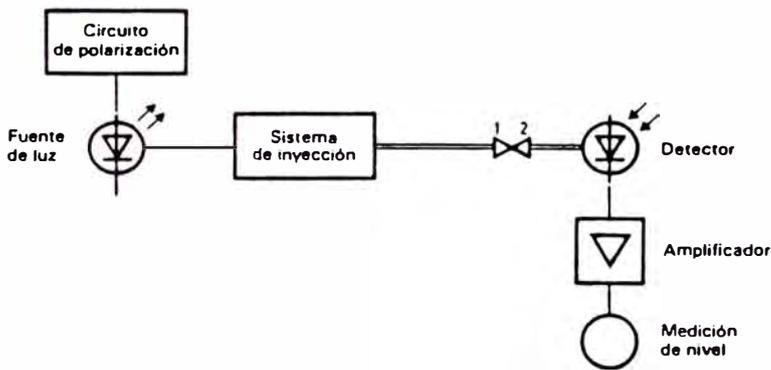
**B.3.2.4 Montaje de inyección**

Véase el § B.2.1.

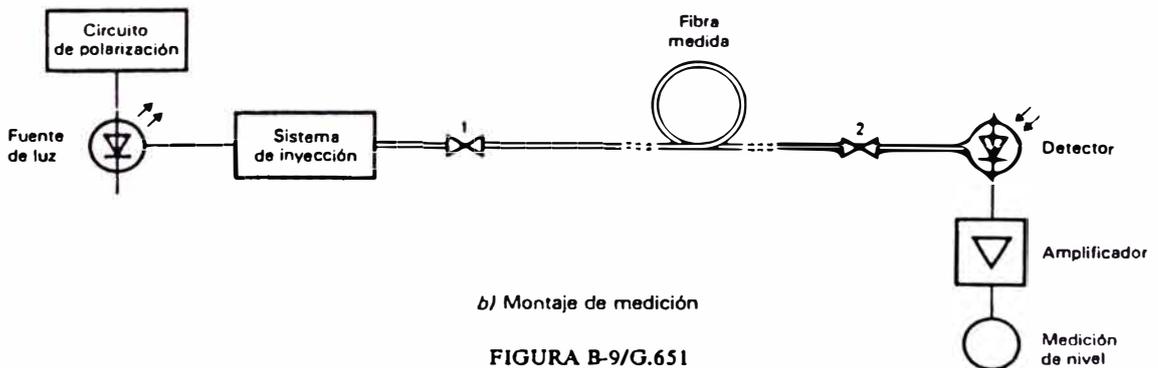
**B.3.2.5 Dispositivo de acoplamiento**

La técnica de la pérdida de inserción requiere un dispositivo muy preciso de acoplamiento de fibra a fibra, para asegurar que las pérdidas de acoplamiento sean mínimas y los resultados fiables.

Este dispositivo de acoplamiento puede ser mecánico, con supervisión visual del ajuste, o un conector que asegure que queden alineados los núcleos de las fibras.



a) Montaje de calibración



b) Montaje de medición

**FIGURA B-9/G.651**  
**Técnica de la pérdida de inserción**

CCITT - 59 590

#### B.3.2.6 *Procedimiento*

- 1) Se comienza por calibrar el circuito de medición a fin de obtener un nivel de referencia de entrada  $P_1$ .
- 2) La fibra que se desea medir se coloca en el montaje de medida y se ajusta el acoplamiento de modo que se obtenga un nivel máximo en el detector óptico. Se mide y registra la potencia de salida  $P_2$ .
- 3) Se calcula la atenuación como se indica en el § B.1.2. Esta es la suma de la atenuación del largo de fibra insertado y de la atenuación debida a la conexión entre los dispositivos de acoplamiento y la fibra medida.

#### B.3.3 *Presentación de los resultados*

Deberá presentarse la siguiente información detallada:

- a) Tipo y características de la medición.
- b) Técnica de inyección.
- c) Montaje de la prueba.
- d) Temperatura de la muestra y condiciones ambientales (cuando sea necesario).
- e) Identificación de la fibra.
- f) Longitud de la muestra.
- g) Atenuación medida (para la muestra) a la longitud de onda seleccionada.
- h) Atenuación del conector y su tolerancia.
- i) Atenuación en dB. Es posible, en algunos casos, convertir ésta en un coeficiente de atenuación en dB/km.
- j) Para las mediciones de la pérdida espectral, los resultados deben presentarse en forma de una curva de atenuación en función de la longitud de onda.

#### B.4 *Segundo método de medición alternativo: técnica del retroesparcimiento*

*Nota* – Se describe un procedimiento para medir la atenuación de una muestra homogénea de cable de fibra óptica. Esta técnica puede aplicarse para determinar la continuidad óptica, defectos físicos, la calidad de los empalmes, la luz retroesparcida en cables de fibra óptica y la longitud de la fibra.

##### B.4.1 *Condiciones de inyección*

Para la medición de la atenuación pueden aplicarse las técnicas descritas en el § 2.1. Para otras pruebas, las condiciones de inyección pueden depender de las características que deban medirse.

En todos los casos, a fin de reducir las reflexiones de Fresnel a la entrada de la fibra, pudieran utilizarse varios dispositivos tales como polarizadores o sustancias para la adaptación de índices. Las pérdidas de inserción deben reducirse al mínimo.

##### B.4.2 *Equipo y procedimiento*

###### B.4.2.1 *Consideraciones generales*

El nivel de la señal óptica retrodifusa será normalmente pequeño y estará próximo al nivel de ruido. Por tanto, a fin de mejorar la relación señal/ruido y la gama de medición dinámica, se acostumbra a utilizar una fuente de luz de alta potencia y aplicar un tratamiento a la señal detectada. Además, cuando se requiera una resolución espacial de gran exactitud quizá sea necesario ajustar la anchura del impulso a fin de obtener un compromiso entre resolución y energía del impulso. Se puede emplear un núcleo especial para reducir al mínimo las reflexiones de Fresnel. Un ejemplo de equipo se muestra en la figura B-10/G.651.

###### B.4.2.2 *Fuente óptica*

Debe utilizarse una fuente óptica estable, de alta potencia y de longitud de onda adecuada, como por ejemplo un láser semiconductor. Se registrará la longitud de onda de la fuente. La anchura del impulso y la frecuencia de repetición deberán elegirse de modo que estén en consonancia con la resolución deseada y la longitud de la fibra. Deben suprimirse los efectos ópticos no lineales de acceso a la fibra medida.

#### B.4.2.3 *Detección óptica*

Se utilizará un detector óptico que intercepte la mayor cantidad posible de la potencia óptica retroesparcida. La respuesta del detector será compatible con los niveles y las longitudes de onda de la señal detectada. En las mediciones de atenuación, la respuesta del detector debe ser esencialmente lineal.

Es necesario un tratamiento de la señal para mejorar la relación señal/ruido, y conviene que el sistema de detección presente una respuesta logarítmica.

Después del detector debe haber un amplificador que eleve el nivel de la señal a un valor adecuado para su tratamiento. La anchura de banda del amplificador resultará de un compromiso entre resolución en el tiempo y reducción del ruido.

#### B.4.2.4 *Montaje de inyección*

Véanse los § B.2.1 y B.4.1.

#### B.4.2.5 *Procedimiento*

- 1) La fibra que se va a medir se alinea con el dispositivo de acoplamiento.
- 2) La potencia retroesparcida se analiza por medio de un procesador de señales y se registra a escala logarítmica. La figura B-10/G.651 muestra una curva típica.
- 3) Si la curva registrada tiene una pendiente aproximadamente constante (región b de la figura B-10/G.651), la atenuación entre dos puntos *A* y *B* de la curva, que corresponden a dos secciones transversales de la fibra, viene dada por

$$A(\lambda)_{A-B} = \frac{1}{2} (V_A - V_B) \quad \text{dB}$$

donde  $V_A$  y  $V_B$  son los niveles de potencia correspondientes dados en escala logarítmica.

- 4) Si así se requiere, podrán hacerse mediciones bidireccionales, las cuales serán acompañadas de cálculos numéricos para mejorar la calidad de los resultados y tal vez para permitir una distinción entre los efectos debidos al envejecimiento y los debidos a imperfecciones.

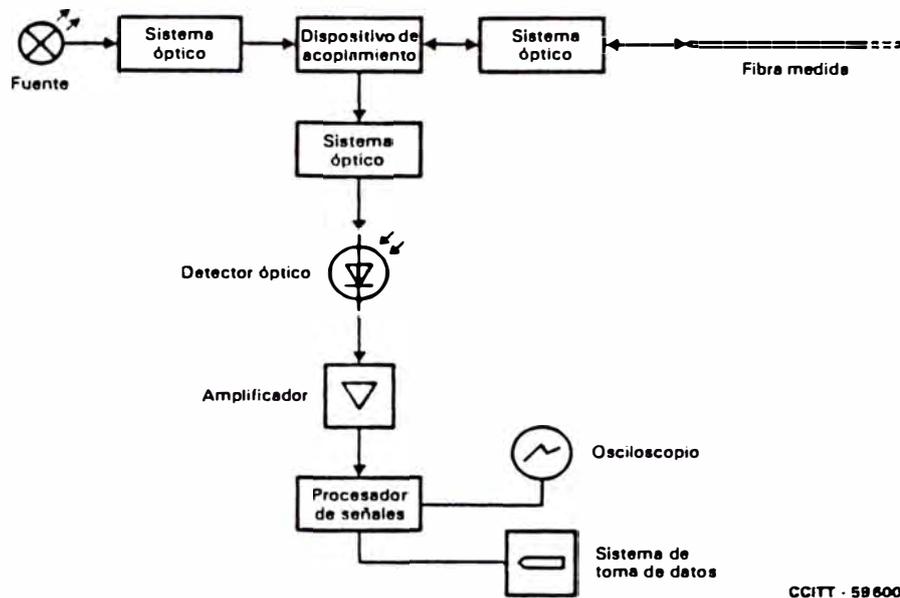
#### B.4.3 *Presentación de los resultados*

Deberá presentarse la siguiente información detallada:

- a) Tipos y características de la medición.
- b) Técnicas de inyección.
- c) Montaje de la prueba.
- d) Temperatura de la muestra y condiciones ambientales (cuando sea necesario).
- e) Identificación de la fibra.
- f) Longitud de la muestra.
- g) Tiempo de subida, anchura, y frecuencia de repetición de los impulsos.
- h) Tipo de tratamiento de señal utilizado.
- i) La curva registrada en una escala logarítmica, con la atenuación de la muestra, y en ciertas condiciones el coeficiente de atenuación en dB/km.

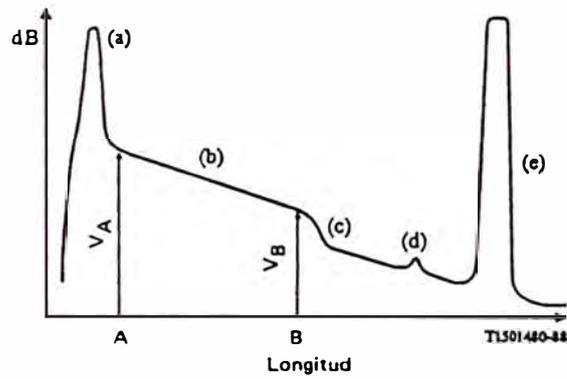
Un análisis completo de la curva registrada (figura B-10/G.651) revela que, independientemente de la medición de atenuación, cuando se emplea la técnica del retroesparcimiento pueden supervisarse muchos otros fenómenos, a saber:

- a) la reflexión causada por el dispositivo de acoplamiento en el extremo de entrada de la fibra;
- b) la zona de pendiente constante;
- c) la discontinuidad debida a un defecto local, empalme o acoplamiento;
- d) la reflexión debida a un defecto dieléctrico;
- e) la reflexión en el otro extremo de la fibra.



CCITT - 59 600

a) Esquema del equipo



b) Ejemplo de curva de potencia retroesparcida

FIGURA B-10/G.651  
Técnica del retroesparcimiento

### Sección III – Método de prueba de referencia para mediciones de la respuesta de banda de base

#### B.1 Objetivos

La respuesta en banda base de la fibra se puede describir en el dominio del tiempo por medio de su respuesta a los impulsos  $g(t)$ , o en el dominio de la frecuencia por medio de su respuesta de frecuencia  $G(f)$ . La función  $g(t)$  puede describirse como la función que convolucionada con el impulso de entrada de potencia óptica en la fibra da el impulso de salida de potencia óptica de la fibra.  $G(f)$  es la razón, a cualquier frecuencia, entre la modulación sinusoidal de la potencia óptica introducida en la fibra y la modulación sinusoidal de la potencia óptica obtenida a la salida de la fibra.

Las respuestas en banda base en el dominio de la frecuencia y en el dominio del tiempo en un sistema lineal están relacionadas por la ecuación:

$$G(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} g(t) \exp(-j2\pi ft) dt$$

La respuesta en banda base se presenta en el dominio de la frecuencia.

Si se desea una representación en el dominio del tiempo, es posible obtenerla mediante operaciones matemáticas. Para ésto se necesitarían las respuestas de amplitud y de fase.

La respuesta de amplitud se especifica en forma de anchura de banda óptica entre puntos a  $-3$  dB (eléctrica entre puntos a  $-6$  dB) de la curva amplitud/frecuencia. Debe darse también una curva más completa.

Para minimizar las variaciones de medición asociadas con respuestas en banda de base de forma irregular, puede ajustarse una función gaussiana a la respuesta en banda base  $G(f)$ .

Como la respuesta de fase sólo se requiere en casos especiales, no se recomiendan valores de la misma.

#### B.2 Método de prueba de referencia

##### B.2.1 Aparato de prueba

La figura B-11/G.651 muestra un diagrama esquemática de la configuración de prueba.

##### B.2.1.1 Fuente luminosa

Se utilizará una fuente luminosa láser. Debe ser estable en posición, intensidad y longitud de onda. Su longitud de onda central ( $\lambda$ ) estará dentro de  $\pm 20$  nm del valor nominal elegido entre las gamas indicadas en el cuadro B-1/G.651 y, además, la anchura espectral ( $\Delta\lambda$ ) entre puntos de amplitud mitad no excederá el valor correspondiente indicado en el cuadro B-1/G.651.

CUADRO B-1/G.651

Anchura entre raya de intensidad mitad de la fuente luminosa

$\lambda$ (nm)	$\Delta\lambda$ (nm)
800-900	5
1200-1350	10

El medio (impulsional o sinusoidal) por el cual se modula el láser ha de poder funcionar a frecuencias más allá de aquellas a las que la respuesta de la fibra medida cae a  $-3$  dB de nivel óptico.

La emisión máxima ha de rebasar sustancialmente la emisión espontánea y la profundidad de modulación ha de ser tan grande como lo permita la relación de extinción, a fin de obtener una relación señal/ruido máxima. Se tendrá cuidado de que la fuente luminosa no fluctúe («chirp»).

Si para la modulación se escoge una forma de onda sinusoidal, la modulación de salida se divide, frecuencia por frecuencia, por la modulación de entrada. Si la forma de onda de modulación escogida es un impulso de múltiples componentes, es necesario, como paso preliminar, efectuar la transformación de Fourier, mediante filtrado analógico o procesamiento digital de la señal recibida.

#### B.2.1.2 *Condiciones de inyección*

La condición de medición adecuada puede obtenerse por dos medios:

- a) distribución uniforme de la potencia de los modos (inyección con desbordamiento) con una distribución espacial uniforme mayor que el núcleo de la fibra y una distribución angular lambertiana correspondiente a la apertura númeroada de la fibra de prueba;
- b) una inyección en régimen permanente que se aproxime mucho a las condiciones reales de inyección en régimen permanente.

*Nota relativa al punto b)* – Debe tenerse el cuidado de que las condiciones de inyección no limiten la excitación de modos por debajo del régimen permanente, especialmente para longitudes de menos de 2 km.

#### B.2.1.3 *Detector*

Se utilizará un fotodiodo de alta velocidad para interceptar el volumen modal total de salida de la fibra.

La anchura de banda del fotodiodo y del dispositivo electrónico siguiente ha de ser suficiente para mantener la relación señal/ruido requerida hasta la frecuencia más alta para la que han de obtenerse resultados. El sistema detector ha de ser lineal con respecto a la potencia de entrada dentro de los límites de medición. En la eventualidad de que el detector tenga una gama lineal inadecuada, tal vez sea necesario insertar un filtro de densidad neutra previamente calibrado a la longitud de onda de funcionamiento para atenuar una señal excesivamente intensa, de modo que el detector funcione siempre en su gama de sensibilidad lineal.

#### B.2.1.4 *Sistema de presentación de salida*

El sistema de presentación de la salida ha de ser capaz de registrar o visualizar la amplitud de la modulación de salida con respecto a escalas calibradas ordinarias o logarítmicas de la potencia o la frecuencia. En el caso de modulación por impulsos, un paso intermedio puede comprender el registro de la forma de onda del impulso con respecto a una escala de tiempo calibrada.

### B.2.2 *Procedimiento*

#### B.2.2.1 *Preparación de la fibra para las pruebas*

Debe eliminarse el recubrimiento primario de las partes de la fibra que han de introducirse en los supresores de modos propagados por el revestimiento.

Los extremos de la fibra han de estar muy limpios, lisos y perpendiculares al eje de la fibra. Las mediciones en fibras que no forman parte de cables han de efectuarse con la fibra suelta en el tambor para evitar el acoplamiento de modos por inducción desde el exterior.

#### B.2.2.2 *Medición*

Se comienza por conectar el emisor y el receptor mediante una guía óptica corta de prueba y la potencia del emisor se ajusta de modo que se obtenga una señal en la gama lineal del receptor. Para uso como método de prueba de referencia en condiciones de explotación, la respuesta específica del instrumento debe almacenarse en esta etapa, para uso ulterior, ya sea bajo forma de respuesta de impulso, o de frecuencia, según convenga.

La fibra a medir se intercala entonces entre el emisor y el receptor, y se mide y registra su salida. Para uso como método de prueba de referencia de fibras independientes, se corta entonces la fibra en un punto a una distancia conveniente del supresor de modos de propagación por el revestimiento (en caso de utilizarse este supresor) del extremo transmisor, o del filtro de modos y, teniendo cuidado de no perturbar las condiciones de inyección, se mide y registra la salida de la fibra cortada. La región de operación del fotodiodo receptor ha de ser igual en todas las etapas, en la medida de lo posible.

Los conjuntos de datos de amplitud en el dominio de la frecuencia, bien obtenidos directamente o por transformación desde el dominio del tiempo, correspondientes a la señal de salida de la fibra medida y a la respuesta específica del instrumento (incluida la fibra cortada) se dividen entonces (o se sustraen, si están presentados en escala logarítmica), frecuencia por frecuencia, la primera por la última, para obtener la respuesta en frecuencia de la fibra.

### B.2.3 Presentación de los resultados

Deberá presentarse la siguiente información detallada:

- Tipo y característica de la medición.
- Técnica de inyección.
- Configuración de prueba, incluidas, la longitud de onda y la anchura espectral entre puntos de amplitud mitad.
- Temperatura de la muestra y condiciones ambientales (cuando sea necesario).
- Identificación de la fibra.
- Longitud de la muestra.
- Anchura de banda (incluidos los efectos de dispersión cromática) definida por el punto óptico a  $-3$  dB de la característica de amplitud/frecuencia y, en caso necesario, las características de amplitud/frecuencia y/o de fase, completas.
- Para el largo de fabricación, el valor, si es necesario, de la anchura de banda referida a 1 km (debe indicarse la fórmula aplicada).
- Como se especifica en g), la anchura de banda medida incluye los efectos de dispersión modal y de dispersión cromática. En caso necesario, la anchura de banda modal  $B_{\text{modal}}$  (expresada en MHz) se puede obtener como sigue, suponiendo que tanto el espectro de la fuente como la respuesta en banda de base modal de la fibra tienen forma gaussiana:

$$B_{\text{modal}} = \left[ (1/B_T)^2 - (M(\lambda) \Delta\lambda \cdot L \cdot 10^{-6}/0,44)^2 \right]^{-1/2}$$

donde:

- $B_T$  = anchura de banda medida de la fibra,
- $M(\lambda)$  = coeficiente de dispersión cromática [(ps/nm · km)],
- $\Delta\lambda$  = anchura espectral de la fuente luminosa entre puntos al 50% de amplitud (nm),
- $L$  = longitud de la fibra (expresada en km).

*Nota* – El equipo y procedimiento anteriormente indicados son aplicables únicamente a las características básicas del método de prueba de referencia. Se supone que la instrumentación detallada incorporará todas las medidas necesarias para garantizar la estabilidad, supresión del ruido, etc., y que, en los procedimientos de procesamiento de datos, con inclusión de muestreo, funciones de ponderación, truncación, etc., se tratará por todos los medios de garantizar un equilibrio satisfactorio entre las ventajas y los inconvenientes de las técnicas escogidas.

En los resultados se incluirán detalles de tales procedimientos junto con información cuantitativa.

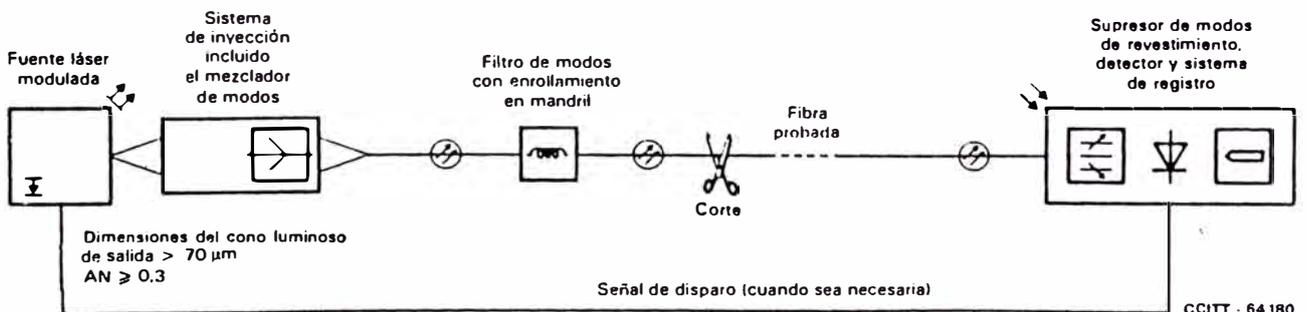


FIGURA B-11/G.651  
Configuración de prueba típica

VELOCIDADES BINARIAS DE LA JERARQUÍA DIGITAL

El CCITT,

*considerando*

(a) que las velocidades binarias de la jerarquía digital son las que sirven o servirán de base para los niveles más altos de la jerarquía digital, si tales niveles existen (véase la Recomendación G.701, definición 4003);

(b) que la especificación de las velocidades binarias jerárquicas es necesaria para evitar la proliferación de normas de interfaz en las redes digitales;

(c) que es preferible efectuar la interconexión internacional de los componentes de redes digitales a velocidades binarias jerárquicas;

(d) que al determinar las velocidades binarias jerárquicas hay que tener en cuenta varios factores relacionados con los servicios, los medios de transmisión y la red, como por ejemplo:

- características y método adecuado de codificación de las señales analógicas;
- velocidades binarias de las señales digitales de origen;
- utilización de los medios de transmisión disponibles;
- compatibilidad con sistemas múltiplex analógicos;
- modularidad y flexibilidad en el agrupamiento y encaminamiento de grupos de señales de origen,

*recomienda*

que se utilicen las siguientes velocidades binarias como velocidades binarias jerárquicas en las redes digitales:

Nivel jerárquico digital	Velocidades binarias jerárquicas (kbit/s) para redes cuya jerarquía digital se basa en una velocidad binaria de primer nivel de	
	1544 kbit/s	2048 kbit/s
1	64	64
2	1544	2 048
3	6312	8 448
4	32 064	44 736
4	97 728	139 264

En las figuras 1/G.702 y 2/G.702 se presentan sólo las velocidades binarias jerárquicas recomendadas, con referencia a las Recomendaciones conexas sobre interfaces de red, equipos múltiplex y secciones/sistemas de línea digital.

Es posible que existan también Recomendaciones sobre los puntos siguientes, pero no están identificadas en las figuras 1/G.702 y 2/G.702:

- equipos múltiplex que funcionan entre niveles no adyacentes de la jerarquía digital;
- interfaces de red, equipos múltiplex y secciones/sistemas de línea digital a velocidades binarias no jerárquicas.

En el anexo A a esta Recomendación se ofrecen las directrices para las velocidades binarias utilizables disponibles para los servicios.

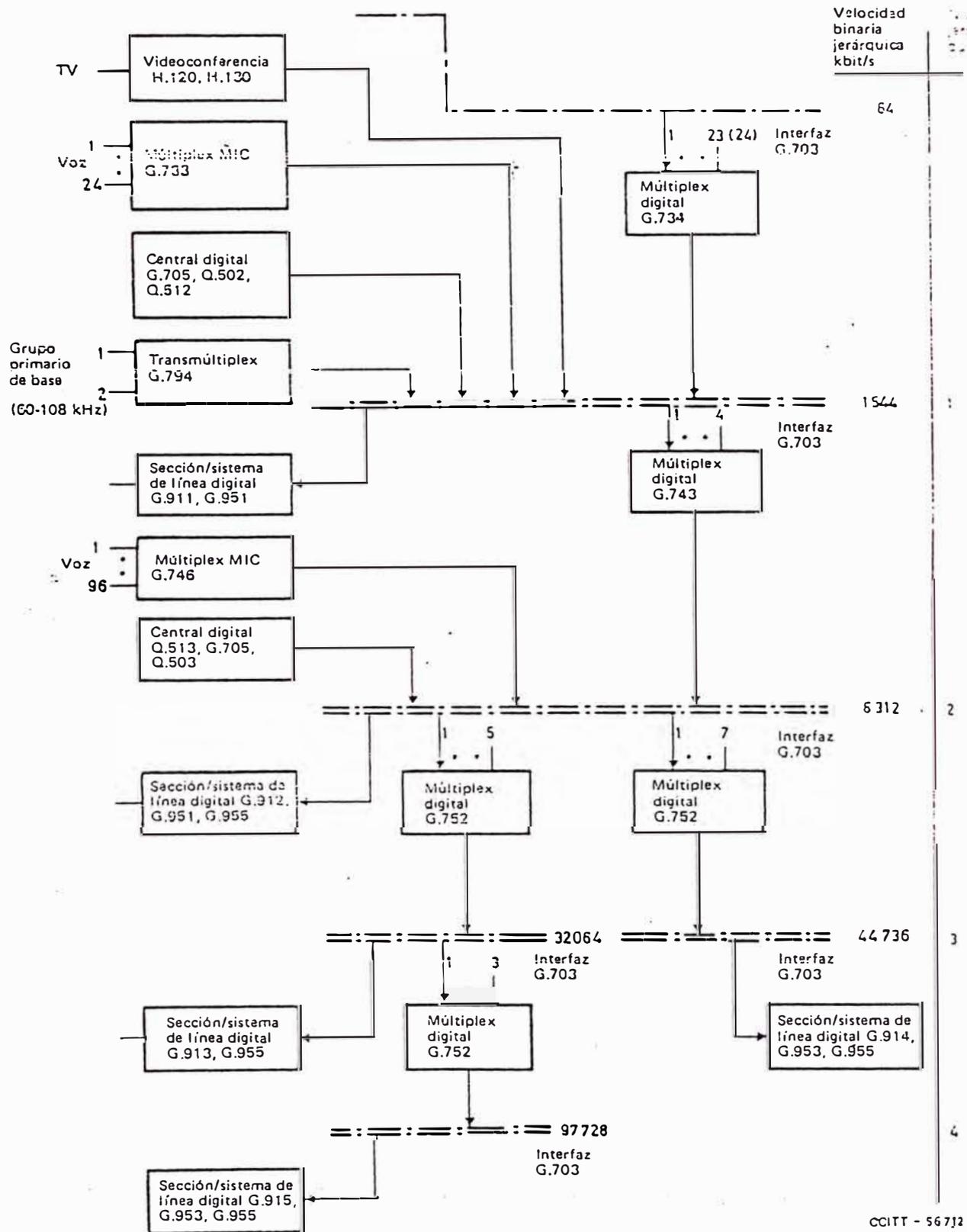


FIGURA 1/G.702

Velocidades binarias jerárquicas para redes cuya jerarquía digital se basa en la velocidad binaria de primer nivel de 1544 kbit/s

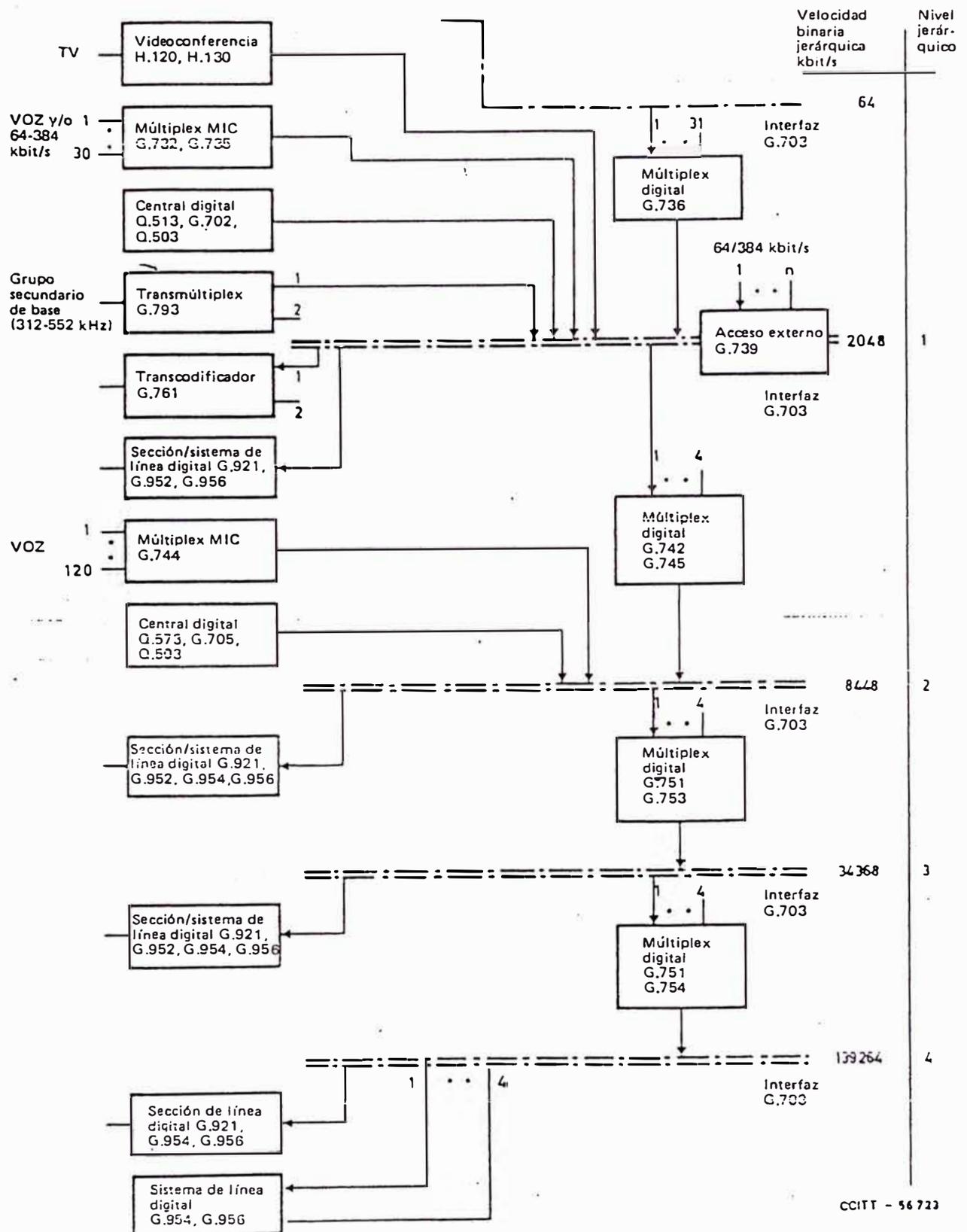


FIGURA 2/G.702

Velocidades binarias jerárquicas para redes cuya jerarquía digital se basa en la velocidad binaria de primer nivel de 2048 kbit/s

## ANEXO A

(a la Recomendación G.702)

### Velocidades binarias utilizables disponibles para los servicios

En el caso del acceso a la RDSI para los servicios de banda ancha, en las Recomendaciones de serie I.200 se especifican las velocidades binarias hasta el primer nivel de jerarquía.

En general, con referencia a las velocidades binarias disponibles para el transporte de las señales de servicio, se aplicarán las siguientes directrices:

A.1 En el caso de las redes que utilizan las jerarquías basadas en la velocidad primaria de 1544 kbit/s, se ha establecido el principio por el que algunos bits de la trama deben reservarse, en particular para el control de extremo a extremo de la calidad de los trayectos digitales cuando hay varias secciones digitales en tándem. Un ejemplo de la aplicación de este principio lo ofrece la velocidad de 1544 kbit/s, en la que se reservan algunos bits a tal fin (véase la Recomendación G.704). Dicho principio no implica por necesidad que existe ninguna restricción básica con respecto a la provisión de la jerarquía completa de velocidades binarias. Por ejemplo, a 6312 kbit/s no existe ninguna restricción fundamental respecto de la utilización de la capacidad total del trayecto digital. No obstante, quizá sea preciso tomar en cuenta los principios mencionados.

A.2 En el caso de redes que utilizan la jerarquía basada en 2048 kbit/s, no hay ninguna restricción básica a la utilización de la capacidad total del trayecto digital. Sin embargo, se reconoció que la compatibilidad con las estructuras de trama recomendadas para los diversos niveles de la jerarquía de 2 Mbit/s (por ejemplo, utilización de los mismos esquemas de alineación de trama) podría ser una solución preferida, puesto que ofrece las siguientes ventajas:

- utilización de los mismos dispositivos de codificación para las aplicaciones conmutadas y no conmutadas;

- control de la calidad de extremo a extremo realizada por la red cuando la entidad de mantenimiento que termina el servicio (por ejemplo, el dispositivo de codificación) no pertenece a la red;

- posibilidad de realizar otras funciones necesarias de gestión de red, según las aplicaciones.

Podría reconsiderarse la preferencia por la compatibilidad de las estructuras de trama recomendadas para las aplicaciones en las que puedan identificarse importantes restricciones sobre la utilización eficaz de la capacidad del trayecto digital.

### Recomendación G.703

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS DE LOS INTERFACES DIGITALES JERÁRQUICOS

(Ginebra, 1972, modificada posteriormente)

#### El CCITT

##### *considerando*

que se necesitan especificaciones sobre interfaces para poder interconectar los componentes de las redes digitales (secciones digitales, equipo múltiplex, centrales) a fin de formar un enlace digital internacional o una conexión digital internacional;

que la Recomendación G.702 define los niveles jerárquicos;

que la Recomendación G.704 trata de las características funcionales de los interfaces asociados con los modos de la red;

que la serie I.430 de Recomendaciones trata de las características de la capa 1 para los interfaces usuario-red de la RDSI;

##### *recomienda*

que las características físicas y eléctricas de los interfaces, a las diferentes velocidades binarias jerárquicas, estén conformes a la descripción dada en la presente Recomendación.

*Observación 1* — Las características de los interfaces a las velocidades binarias no jerárquicas se especifican en las Recomendaciones pertinentes sobre el equipo.

*Observación 2* — Las especificaciones de los valores de fluctuación de fase contenidas en los § 6, 7, 8 y 9 están destinadas a su aplicación en los puntos de interconexión internacional.

*Observación 3* — Los interfaces descritos en los § 2 a 9 de la presente Recomendación corresponden a los accesos T (acceso de salida) y T' (acceso de entrada) conforme se recomienda para la interconexión en la Recomendación AC/9 del CCIR con referencia al Informe AH/9 de la Comisión de Estudio 9 del CCIR (en dicho Informe se definen los puntos T y T').

## 1 Interfaz a 64 kbit/s

### 1.1 Requisitos funcionales

1.1.1 Para el diseño del interfaz se han recomendado los requisitos fundamentales siguientes:

1.1.2 Tres señales atraviesan el interfaz en los dos sentidos, transmisión y recepción, a saber:  
la señal de información a 64 kbit/s;  
la señal de temporización de 64 kHz;  
la señal de temporización de 8 kHz.

*Observación 1* — Se debe generar una señal de temporización de 8 kHz, pero no será obligatorio para el equipo en el lado de servicios del interfaz (por ejemplo, señales de datos o señalización) utilizar la señal de temporización de 8 kHz procedente del multiplex MIC o del equipo de acceso a un intervalo de tiempo, ni proporcionar una señal de temporización de 8 kHz al equipo MIC.

*Observación 2* — La detección de una avería en un punto situado hacia el origen puede transmitirse a través de un interfaz a 64 kbit/s enviando una señal de indicación de alarma (AIS), interrumpiendo la señal de temporización de 8 kHz en el sentido de recepción, o de ambas formas.

1.1.3 El interfaz debe ser independiente de la secuencia de bits a 64 kbit/s.

*Observación 1* — Pueden transmitirse a través del interfaz señales a 64 kbit/s sin ninguna restricción. Sin embargo, esto no implica que puedan realizarse, sobre una base global, trayectos a 64 kbit/s no sujetos a restricción alguna. Esto se debe a que algunas Administraciones se proponen instalar o están instalando vastas redes compuestas de secciones de línea digital cuyas características no permiten la transmisión de largas secuencias de 0. (La Recomendación G.733 prevé equipos multiplex MIC con características apropiadas para estas secciones de línea digital.) En lo que respecta específicamente a fuentes de trenes binarios con temporización de octetos, en redes digitales a 1544 kbit/s se exige que haya, por lo menos, un 1 binario en cada uno de los octetos de una señal digital a 64 kbit/s. En los trenes binarios no sujetos a temporización de octetos, la señal a 64 kbit/s no podrá tener más de 7 ceros consecutivos.

*Observación 2* — Aunque el interfaz es independiente de la secuencia de bits, la utilización de la señal AIS (secuencia todos 1) puede dar lugar a la imposición de ciertas limitaciones de menor importancia a la fuente de 64 kbit/s. Por ejemplo, una señal de alineación de trama todos 1 podría ocasionar problemas.

1.1.4 Se han previsto tres tipos de interfaces

#### 1.1.4.1 Interfaz codireccional

El término codireccional se utiliza para describir un interfaz a través del cual la información y las señales de temporización asociadas se transmiten en el mismo sentido (véase la figura 1/G.703).

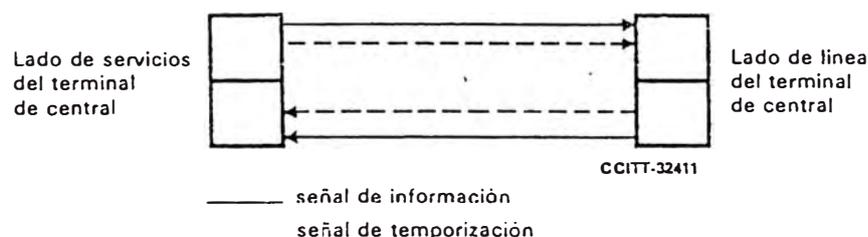


FIGURA 1/G.703  
Interfaz codireccional

### 1.1.4.2 Interfaz de reloj centralizado

El término reloj centralizado se utiliza para describir un interfaz donde, para ambos sentidos de transmisión de la señal de información, las señales de temporización asociadas tanto al terminal de central en el lado de línea como al terminal de central en el lado de servicios se toman de un reloj centralizado que puede derivarse, por ejemplo, de ciertas señales de línea de llegada (véase la figura 2/G.703).

*Observación* – El interfaz codireccional o el interfaz de reloj centralizado deben utilizarse para redes sincronizadas y para redes plesiócronas cuyos relojes tengan la estabilidad requerida (véase la Recomendación G.811), a fin de asegurar un intervalo adecuado entre los deslizamientos.

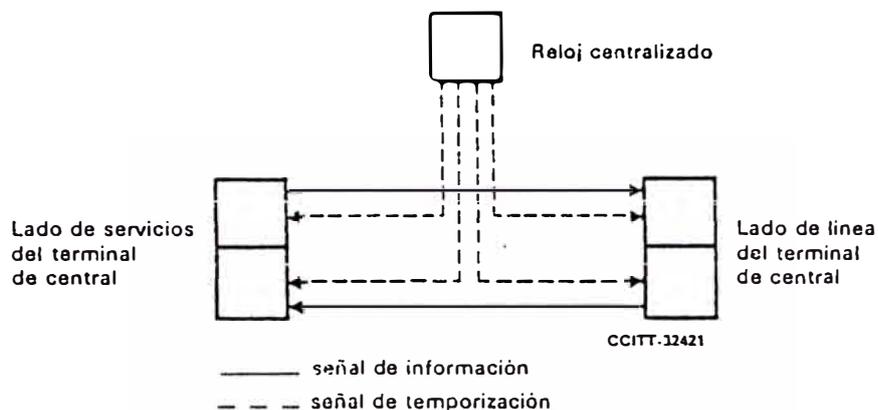


FIGURA 2/G.703  
Interfaz de reloj centralizado

### 1.1.4.3 Interfaz contradireccional

El término contradireccional se utiliza para caracterizar un interfaz a través del cual las señales de temporización asociadas a ambas direcciones de transmisión se dirigen hacia el lado de servicios (por ejemplo, datos o señalización) del interfaz (véase la figura 3/G.703).

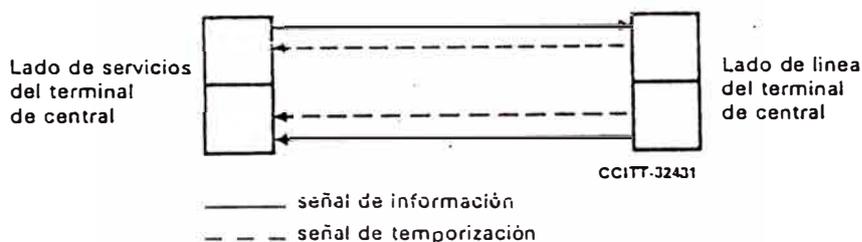


FIGURA 3/G.703  
Interfaz contradireccional

## 1.2 Características eléctricas

### 1.2.1 Características eléctricas del interfaz codireccional a 64 kbit/s

#### 1.2.1.1 Consideraciones generales

1.2.1.1.1 Velocidad binaria nominal: 64 kbit/s.

1.2.1.1.2 Tolerancia máxima para las señales transmitidas a través del interfaz:  $\pm 100$  ppm.

1.2.1.1.3 Las señales de temporización de 64 kHz y 8 kHz se transmitirán codireccionalmente con la señal de información.

1.2.1.1.4 Se utilizará un par simétrico para cada sentido de transmisión; se recomienda la utilización de transformadores.

1.2.1.1.5 Reglas de conversión de código:

*Paso 1* — Un periodo de un bit a 64 kbit/s se divide en cuatro intervalos unitarios.

*Paso 2* — Un 1 binario se codifica como un bloque constituido por los cuatro bits siguientes:

1 1 0 0

*Paso 3* — Un 0 binario se codifica como un bloque constituido por los cuatro bits siguientes:

1 0 1 0

*Paso 4* — La señal binaria se convierte en una señal de tres niveles alternando la polaridad de los bloques consecutivos.

*Paso 5* — La alternancia de la polaridad de los bloques se viola cada octavo bloque. El bloque con violación indica el último bit de un octeto.

Estas reglas de conversión se ilustran en la figura 4/G.703.

1.2.1.2 Especificaciones en los accesos de salida (véase el cuadro 1/G.703)

1.2.1.3 Especificaciones en los accesos de entrada

La señal digital presentada en los accesos de entrada deberá corresponder a la definición precedente, con las modificaciones que introduzcan las características de los pares de interconexión. La atenuación de estos pares está comprendida entre 0 y 3 dB a la frecuencia de 128 kHz. Esta atenuación tendrá en cuenta posibles pérdidas debidas a la presencia de un repartidor digital entre los equipos.

*Observación* — Si el par simétrico está blindado, el blindaje se conectará a tierra en el acceso de salida, y se preverá, en caso necesario, su conexión a tierra en el acceso de entrada.

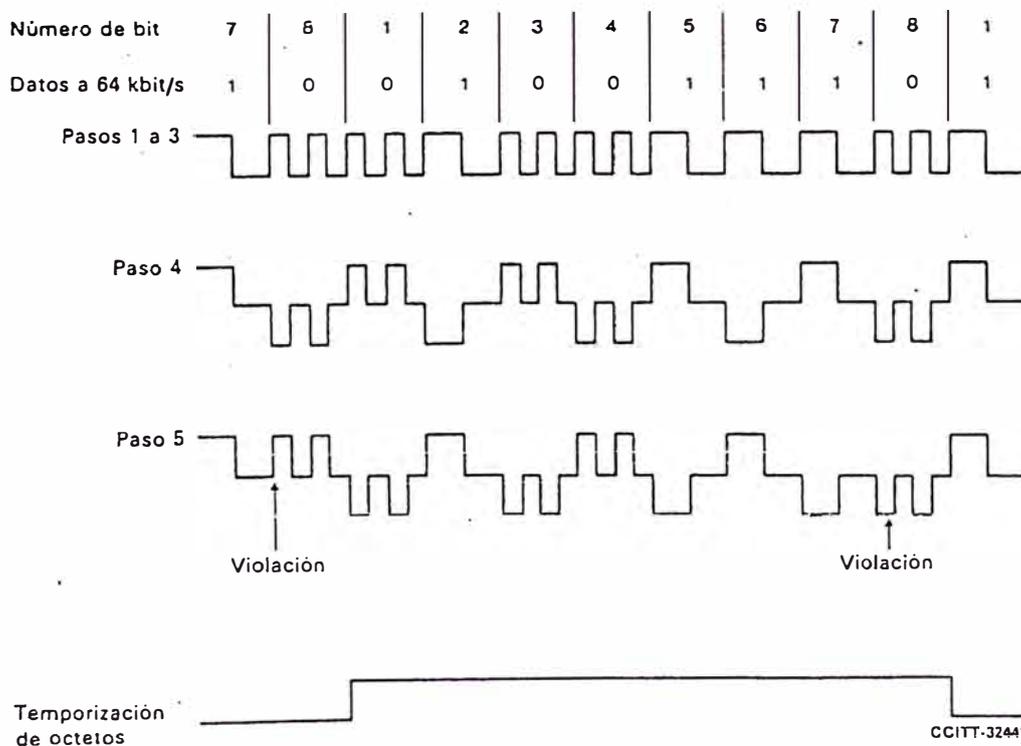
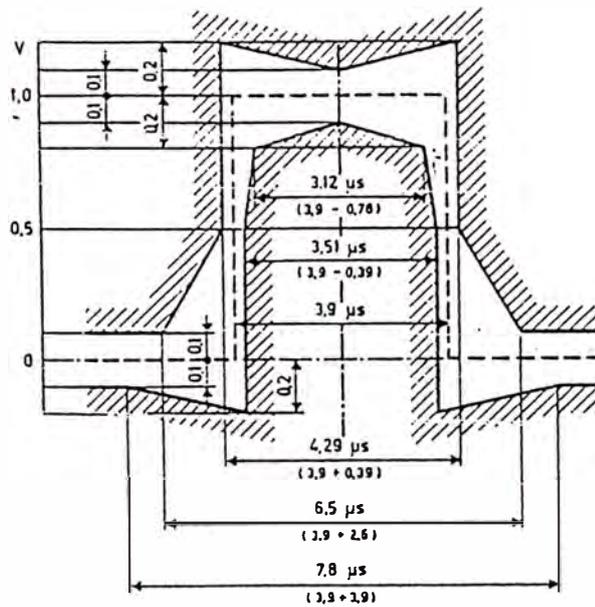
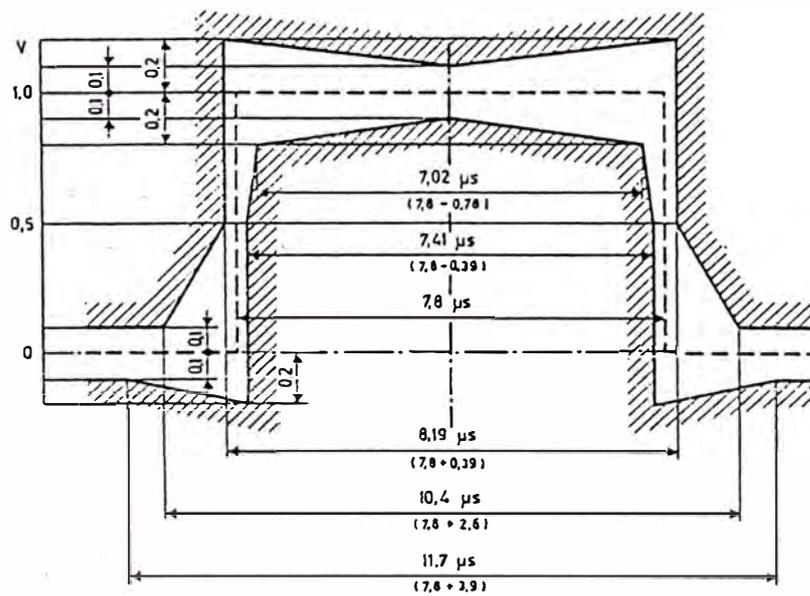


FIGURA 4/G.703



a) Plantilla para un impulso simple



CCITT-16320

b) Plantilla para un impulso doble

Observación — Los límites se aplican a impulsos de cualquier polaridad.

FIGURA 5/G.703

Plantillas para los impulsos en el caso de un interfaz codireccional a 64 kbit/s

CUADRO 1/G.703

Velocidad de símbolos	256 kbaudios
Forma del impulso (forma nominal, rectangular)	Todos los impulsos de una señal válida deben ajustarse a la plantilla de la figura 5/G.703, sea cual fuere la polaridad
Par(es) en cada sentido de transmisión	Un par simétrico
Impedancia de carga de prueba	120 ohmios, resistiva
Tensión de cresta nominal de una «marca» (impulso)	1,0 V
Tensión de cresta de un «espacio» (ausencia de impulso)	0 V ± 0,10 V
Anchura nominal del impulso	3,9 µs
Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos en el centro del intervalo unitario	De 0,95 a 1,05
Relación entre la anchura de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto de semiamplitud nominal	De 0,95 a 1,05

1.2.2 Características eléctricas del interfaz de reloj centralizado a 64 kbit/s

1.2.2.1 Consideraciones generales

1.2.2.1.1 Velocidad binaria nominal: 64 kbit/s. La tolerancia viene determinada por la estabilidad del reloj de la red (véase la Recomendación G.811).

1.2.2.1.2 Para cada sentido de transmisión deberá haber un par simétrico de hilos para la señal de datos. Además, deberá haber pares simétricos de hilos para transportar la señal de temporización compuesta (64 kHz y 8 kHz) de la fuente de reloj central al equipo terminal de central. Se recomienda la utilización de transformadores.

1.2.2.1.3 Reglas de conversión de código

Las señales de datos se codifican en código AMI y los impulsos tienen una relación de trabajo de 100%. Las señales compuestas de temporización transportan la información de temporización de bits a 64 kHz en código AMI con una relación de trabajo de 50 a 70%, y la información sobre la fase del octeto a 8 kHz mediante violaciones a la regla de codificación. La estructura de las señales y sus relaciones de fase nominales se muestran en la figura 6/G.703.

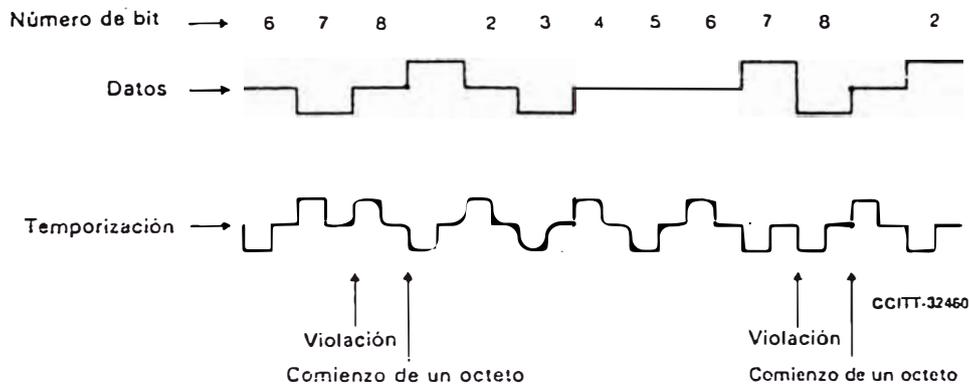


FIGURA 6/G.703  
Estructura de las señales en los accesos de salida del terminal de central para el interfaz de reloj centralizado a 64 kbit/s

La corriente de datos en los accesos de salida debe temporizarse por el frente anterior del impulso de temporización, y el instante de detección en los accesos de entrada debe temporizarse por el frente posterior de cada impulso de temporización.

#### 1.2.2.2 Características de los accesos de salida (véase el cuadro 2/G.703).

CUADRO 2/G.703

Parámetros	Datos	Temporización
Forma del impulso	Forma nominal rectangular, con tiempos de establecimiento y caída inferiores a 1 $\mu$ s	Forma nominal rectangular, con tiempos de establecimiento y caída inferiores a 1 $\mu$ s
Impedancia de carga nominal de prueba	110 ohmios, resistiva	110 ohmios, resistiva
Tensión de cresta de una « marca » (impulso)	a) $1,0 \pm 0,1$ V b) $3,4 \pm 0,5$ V	a) $1,0 \pm 0,1$ V b) $3,0 \pm 0,5$ V
Tensión de cresta de un « espacio » (ausencia de impulso)	a) $0 \pm 0,1$ V b) $0 \pm 0,5$ V	a) $0 \pm 0,1$ V b) $0 \pm 0,5$ V
Anchura nominal del impulso	a) 15,6 $\mu$ s b) 15,6 $\mu$ s	a) 7,8 $\mu$ s b) 9,8 a 10,9 $\mu$ s

*Observación* — La elección entre los juegos de parámetros a) y b) permite tener en cuenta diferentes ambientes de ruido de central y diferentes longitudes máximas de cable entre los tres equipos de central implicados.

#### 1.2.2.3 Características de los accesos de entrada

Las señales digitales presentadas en los accesos de entrada deberán corresponder a la definición precedente, con las modificaciones que introduzcan las características de los pares de interconexión. Los parámetros variables del cuadro 2/G.703 permitirán obtener distancias de interconexión máximas típicas de 350 a 450 m.

#### 1.2.2.4 Características del cable

Las características de transmisión del cable que ha de utilizarse deben seguir estudiándose.

### 1.2.3 Características eléctricas del interfaz contradireccional a 64 kbit/s

#### 1.2.3.1 Consideraciones generales

1.2.3.1.1 Velocidad binaria: 64 kbit/s.

1.2.3.1.2 Tolerancia máxima para las señales que se transmitan por el interfaz:  $\pm 100$  ppm.

1.2.3.1.3 Para cada sentido de transmisión deberá haber dos pares simétricos: uno para la señal de datos y otro para una señal de temporización compuesta (64 kHz y 8 kHz). Se recomienda la utilización de transformadores.

*Observación* — Si es necesario, a escala nacional, proporcionar una indicación de alarma separada a través del interfaz, esto puede realizarse interrumpiendo la señal de temporización de 8 kHz en el sentido de que se trate, es decir, inhibiendo las violaciones de código introducidas en la señal de temporización compuesta correspondiente (véase más adelante).

#### 1.2.3.1.4 Reglas de conversión de código

Las señales de datos se codifican en código AMI y los impulsos tienen una relación de trabajo del 100%. Las señales compuestas de temporización transportan la información de temporización de bits a 64 kHz mediante el empleo del código AMI con una relación de trabajo del 50%, y la información sobre la fase de la señal de temporización de octetos a 8 kHz, introduciendo violaciones a la regla de codificación. La estructura de las señales y sus relaciones de fase en los accesos de salida de datos se muestran en la figura 7/G.703.

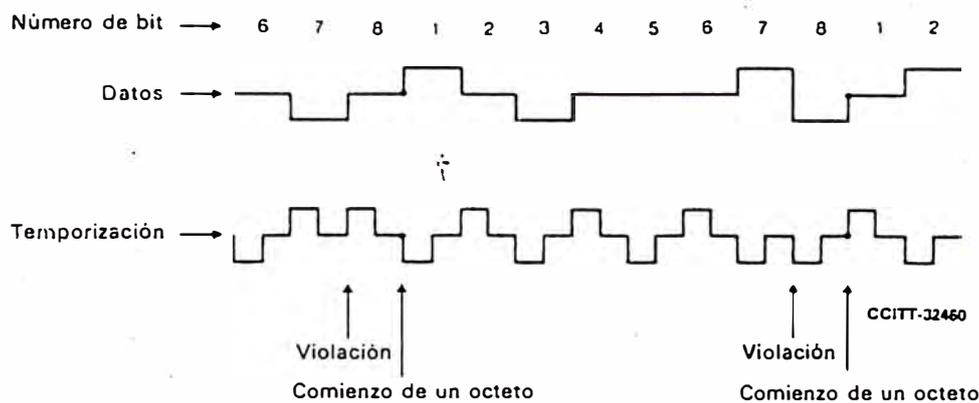


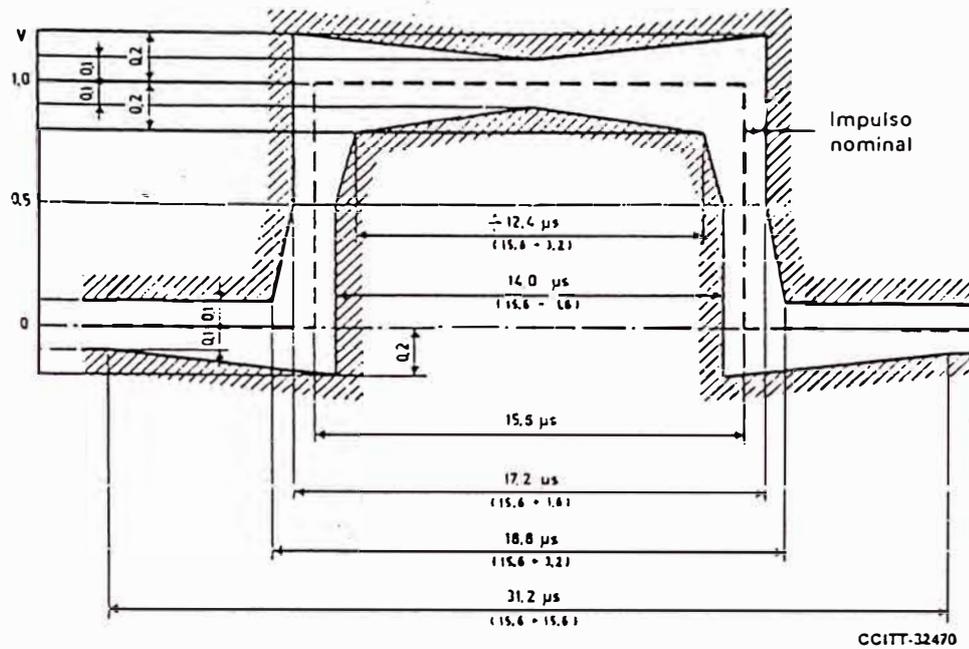
FIGURA 7/G.732  
Estructura de las señales en los accesos de salida de datos para el interfaz  
contradireccional a 64 kbit/s

Los impulsos de datos recibidos del lado de servicios (por ejemplo: datos o señalización) del interfaz se retardarán algo en relación con los impulsos de temporización correspondientes. El instante de detección de un impulso de datos recibido del lado de línea (por ejemplo: MIC) del interfaz deberá situarse, pues, en el flanco anterior del siguiente impulso de temporización.

1.2.3.1.5... Especificaciones en los accesos de salida (véase el cuadro 3/G.703).

CUADRO 3/G.703

Parámetros	Datos	Temporización
Forma del impulso (forma nominal, rectangular)	Todos los impulsos de una señal válida deben ajustarse a la plantilla de la figura 8/G.703, sea cual fuere la polaridad	Todos los impulsos de una señal válida deben ajustarse a la plantilla de la figura 9/G.703, sea cual fuere la polaridad
Par(es) en cada sentido de transmisión	Un par simétrico	Un par simétrico
Impedancia de carga de prueba	120 ohmios, resistiva	120 ohmios, resistiva
Tensión de cresta nominal de una «marca» (impulso)	1,0 V	1,0 V
Tensión de cresta de un «espacio» (ausencia de impulso)	0 V ± 0,1 V	0 V ± 0,1 V
Anchura nominal del impulso	15,6 μs	7,8 μs
Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos en el centro del intervalo de un impulso	De 0,95 a 1,05	De 0,95 a 1,05
Relación entre la anchura de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto de semi-amplitud nominal	De 0,95 a 1,05	De 0,95 a 1,05



**Observación 1** — Cuando un impulso va inmediatamente seguido de otro de polaridad opuesta, los límites de tiempo para el paso por los puntos de amplitud cero de los impulsos serán  $\pm 0,8 \mu\text{s}$ .

**Observación 2** — Los instantes en los que debe producirse la transición de un estado a otro de la señal de datos los determina la señal de temporización. En el lado de servicios (p.e., datos o señalización) del interfaz es esencial que estas transiciones no sean iniciadas antes de los instantes definidos por la señal de temporización recibida.

FIGURA 8/G.703

Plantilla para el impulso de datos en el caso de un interfaz contradireccional a 64 kbit/s

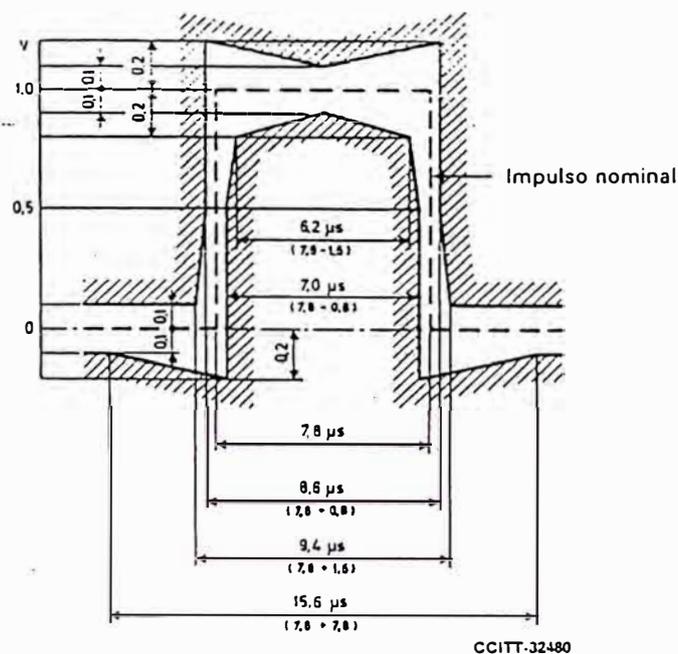


FIGURA 9/G.703

Plantilla para el impulso de temporización en el caso de un interfaz contradireccional a 64 kbit/s

### 1.2.3.1.6 Especificaciones en los accesos de entrada

Las señales digitales presentadas en los accesos de entrada deberán corresponder a la definición precedente, con las modificaciones que introduzcan las características de los pares de interconexión. La atenuación de estos pares está comprendida entre 0 y 3 dB, a la frecuencia 32 kHz. Esta atenuación tendrá en cuenta posibles pérdidas debidas a la presencia de un repartidor digital entre los equipos.

*Observación* — Si los pares simétricos están blindados, los blindajes deben conectarse a tierra en el acceso de salida, y se tomarán medidas para, en caso necesario, conectarlos también a tierra en el acceso de entrada.

## 2 Interfaz a 1544 kbit/s

2.1 La interconexión de señales a 1544 kbit/s a los fines de la transmisión se hace en un repartidor digital.

2.2 La velocidad binaria de la señal debe ser de 1544 kbit/s  $\pm$  50 partes por millón (ppm).

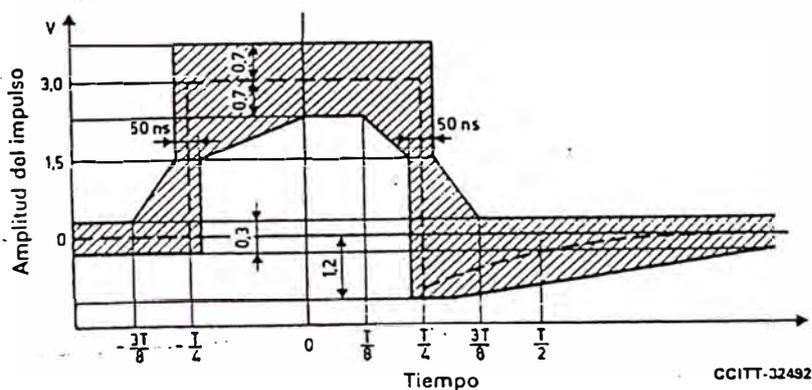
2.3 Se utilizará un par simétrico para cada sentido de transmisión. El jack del repartidor conectado a un par por el que llegan las señales al repartidor se denomina jack de entrada.

El jack del repartidor conectado a un par por el que salen las señales del repartidor se denomina jack de salida.

2.4 La impedancia de carga de prueba será de 100 ohmios, resistiva.

2.5 - Se utilizará un código AMI (bipolar) o un código B8ZS. La conexión de sistemas de línea exige un contenido de señal apropiado para garantizar una información de temporización adecuada. Esto puede efectuarse bien mediante codificación B8ZS, mediante pseudoaleatorización, o bien, no permitiendo más de 15 espacios entre marcas sucesivas y asegurando una densidad media de marcas de, por lo menos, 1 de 8.

2.6 La forma de un impulso aislado medido en el jack de salida o en el de entrada deberá estar comprendido dentro de los límites de la plantilla de la figura 10/G.703 y cumplir las demás condiciones indicadas en el cuadro 4/G.703. Para formas de impulso que cumple esta plantilla, la suboscilación de cresta no debe ser superior al 40% del valor de cresta del impulso (marca).



T Anchura del intervalo de tiempo

FIGURA 10/G.703

Plantilla para el impulso en el caso de un interfaz a 1544 kbit/s

-- La tensión en un intervalo de tiempo que contenga un 0 (espacio) no será superior al mayor de los dos valores siguientes: valor producido en dicho intervalo de tiempo por otros impulsos (marcas) conformes a la plantilla de la figura 10/G.703 o  $\pm$  0,1 de la amplitud de cresta del impulso (marca).

CUADRO 4/G.703  
Interfaz digital a 1544 kbit/s<sup>a)</sup>

Ubicación		Repartidor digital
Velocidad binaria		1544 kbit/s
Par(es) en cada sentido de transmisión		Un par simétrico
Código		AMI <sup>b)</sup> o B8ZS <sup>c)</sup>
Impedancia de carga de prueba		100 ohmios, resistiva
Forma nominal del impulso		Rectangular
Nivel de la señal <sup>d)</sup>	Potencia a 772 kHz	De +12 dRm a +19 dRm
	Potencia a 1544 kHz	Por lo menos 25 dB por debajo del nivel de potencia a 772 kHz

<sup>a)</sup> La plantilla del impulso para el interfaz digital de primer orden se reproduce en la figura 10/G.703.

<sup>b)</sup> Véase el § 2.5.

<sup>c)</sup> El código B8ZS es un código AMI modificado en el cual se reemplazan ocho ceros consecutivos por 000+−0−+ si el impulso precedente era +; y por 000−+0+− si era −.

<sup>d)</sup> El nivel de la señal es el nivel de potencia medido en una banda de 3 kHz en el jack de entrada para una secuencia «todos 1» transmitida.

### 3 Interfaz a 6312 kbit/s

3.1 La interconexión de señales a 6312 kbit/s a los fines de la transmisión se hace en el repartidor digital.

3.2 La velocidad binaria de la señal debe ser de 6312 kbit/s  $\pm$  30 ppm.

3.3 Se utilizará un par simétrico con una impedancia característica de 110 ohmios, o un par coaxial con una impedancia característica de 75 ohmios, para cada sentido de transmisión. El jack del repartidor conectado a un par por el que llegan las señales al repartidor se denomina jack de entrada. El jack del repartidor conectado a un par por el que salen las señales del repartidor se denomina jack de salida.

3.4 La impedancia de carga de prueba será resistiva de 110 o de 75 ohmios según proceda.

3.5 Se utilizará un código pseudoternario como se indica en el cuadro 5/G.703.

3.6 La forma de un impulso aislado medido en el jack de salida o en el de entrada deberá quedar dentro de los límites de la plantilla de la figura 11/G.703 o la de la figura 12/G.703, y cumplir las demás condiciones indicadas en el cuadro 5/G.703.

3.7 La tensión en un intervalo de tiempo que contenga un 0 (espacio) no será superior al mayor de los dos valores siguientes: valor producido en dicho intervalo por otros impulsos (marcas) conformes a la plantilla de la figura 11/G.703, o  $\pm$  0,1 de la amplitud de cresta del impulso (marca).

### 4 Interfaz a 32 064 kbit/s

4.1 La interconexión de señales a 32 064 kbit/s para fines de transmisión se efectúa en un repartidor digital.

4.2 La señal deberá tener una velocidad binaria de 32 064 kbit/s con una tolerancia de  $\pm$  10 ppm.

4.3 Se utilizará un par coaxial para cada sentido de transmisión. El jack del repartidor conectado a un par coaxial por el que entran las señales en el repartidor se denomina jack de entrada. El jack del repartidor conectado a un par coaxial por el que salen las señales del repartidor se denomina jack de salida.

**CUADRO 5/G.703**  
Interfaz digital a 6312 kbit/s<sup>a)</sup>

Ubicación	Repartidor digital					
Velocidad binaria	6312 kbit/s					
Par(es) en cada sentido de transmisión	Un par simétrico	Un par coaxial				
Código	B6ZS <sup>b)</sup>	B8ZS <sup>c)</sup>				
Impedancia de carga de prueba	110 ohmios, resistiva	75 ohmios, resistiva				
Forma nominal del impulso	Rectangular, determinada por la atenuación del cable (véase la figura 11/G.703)	Rectangular (véase la figura 12/G.703)				
Nivel de la señal <sup>1</sup>	Cuando se transmite una secuencia todos 1 deben obtenerse los siguientes niveles de potencia, medidos en una banda de 3 kHz :  <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">3156 kHz : de 0,2 a 7,3 dBm</td> <td style="width: 50%;">3156 kHz : de 6,2 a 13,3 dBm</td> </tr> <tr> <td>6312 kHz : -20 dBm o menos</td> <td>6312 kHz : -14 dBm o menos</td> </tr> </table>		3156 kHz : de 0,2 a 7,3 dBm	3156 kHz : de 6,2 a 13,3 dBm	6312 kHz : -20 dBm o menos	6312 kHz : -14 dBm o menos
3156 kHz : de 0,2 a 7,3 dBm	3156 kHz : de 6,2 a 13,3 dBm					
6312 kHz : -20 dBm o menos	6312 kHz : -14 dBm o menos					

<sup>a)</sup> En las figuras 11/G.703 y 12/G.703 se reproduce la plantilla del impulso para el interfaz digital de segundo orden.

<sup>b)</sup> El código B6ZS es un código AMI modificado en el cual seis ceros consecutivos se reemplazan por 0+ -0 -+ si el impulso anterior era +, y por 0 -+0 + - si era -.

<sup>c)</sup> El código B8ZS es un código AMI modificado en el cual se reemplazan ocho ceros consecutivos por 000+ -0 -+ si el impulso precedente era +, y por 000 -+0 + - si era -.

4.4 La impedancia de carga de prueba deberá ser de 75 ohmios  $\pm$  5%, resistiva, y el método de prueba deberá ser directo.

4.5 Se utilizará un código AMI pseudoaleatorizado.

4.6 La forma de un impulso aislado medido en el jack de entrada deberá estar comprendida en la plantilla de la figura 13/G.703.

4.7 La tensión en un intervalo de tiempo que contenga un 0 (espacio) no será superior al mayor de los dos valores siguientes: el valor producido en ese intervalo de tiempo por otros impulsos (marcas) comprendidos en la plantilla de la figura 13/G.703, o  $\pm$  0,1 de la amplitud de cresta del impulso (marca).

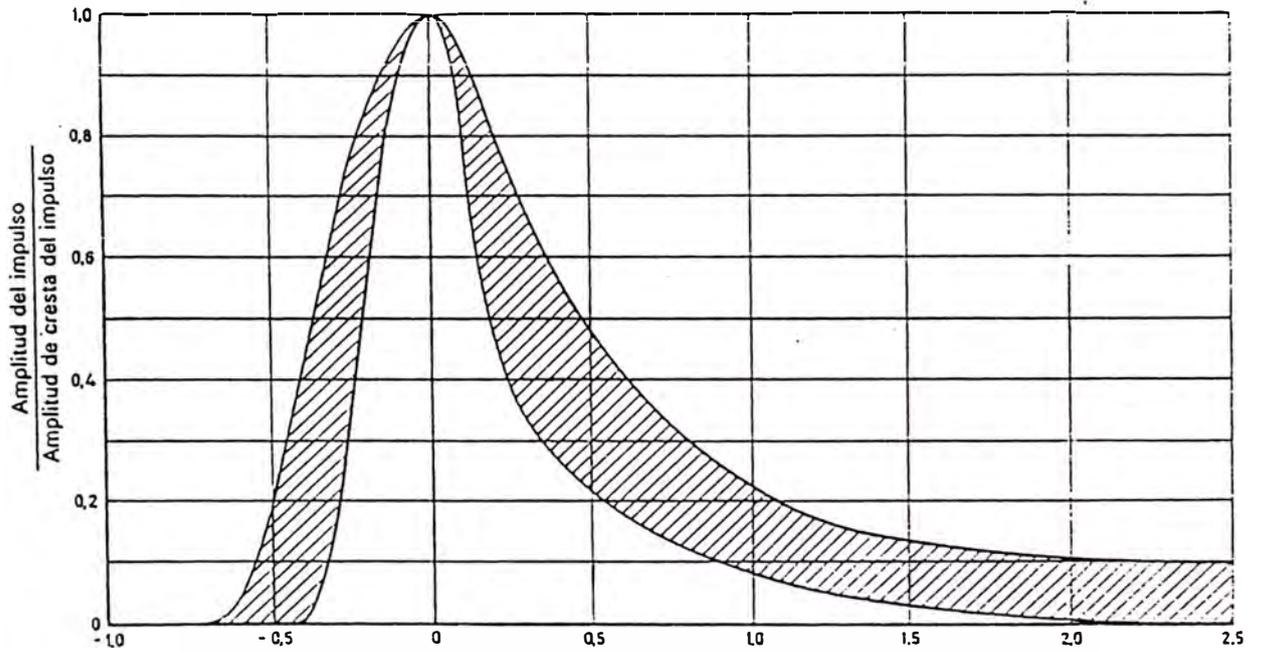
4.8 Para una secuencia «todos uno» transmitida, la potencia medida en una banda de 3 kHz en el jack de entrada será la siguiente:

16 032 kHz: de +5 dBm a +12 dBm,

32 064 kHz por lo menos 20 dB por debajo del nivel de potencia a 16 032 kHz.

Impedancia de los conectores y pares coaxiales en el repartidor: 75 ohmios  $\pm$  5%.

	T	Fórmula de la curva
Curva inferior	$T \leq -0,41$	0
	$-0,41 \leq T \leq 0,24$	$0,5 \left[ 1 + \operatorname{sen} \frac{\pi}{2} \left( 1 + \frac{T}{0,205} \right) \right]$
	$0,24 \leq T$	$0,331 e^{-1,9(T-0,3)}$
Curva superior	$T \leq -0,72$	0
	$-0,72 \leq T \leq 0,2$	$0,5 \left[ 1 + \operatorname{sen} \frac{\pi}{2} \left( 1 + \frac{T}{0,36} \right) \right]$
	$0,2 \leq T$	$0,1 + 0,72 e^{-2,13(T-0,2)}$

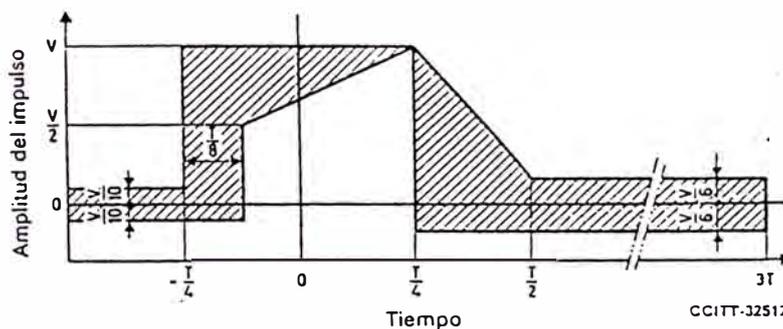


Intervalos de tiempo normalizados con respecto al punto en que se produce la cresta (T)

CCITT-32501

FIGURA 11/G.703

Plantilla del impulso para el interfaz de pares simétricos a 6312 kbit/s



CCITT-32512

T Anchura del intervalo de tiempo

FIGURA 12/G.703

Plantilla del impulso para el interfaz de pares coaxiales a 6312 kbit/s

	T	Fórmula de la curva
Curva inferior	$-0,36 \leq T < -0,30$	$5,76 T + 2,07$
	$-0,30 \leq T < 0$	$0,5 \left[ 1 + \operatorname{sen} \frac{\pi}{2} \left( 1 + \frac{T}{0,25} \right) \right]$
	$0 \leq T < 0,22$	$0,5 \left[ 1 + \operatorname{sen} \frac{\pi}{2} \left( 1 + \frac{T}{0,16} \right) \right]$
	$0,22 \leq T$	$0,11 e^{-3,42 (T - 0,3)}$
Curva superior	$-0,65 \leq T < 0$	$1,05 [1 - e^{-4,6 (T + 0,65)}]$
	$0 \leq T < 0,25$	$0,5 \left[ 1 + \operatorname{sen} \frac{\pi}{2} \left( 1 + \frac{T}{0,28} \right) \right]$
	$0,25 \leq T$	$0,11 + 0,407 e^{-2,1 (T - 0,29)}$

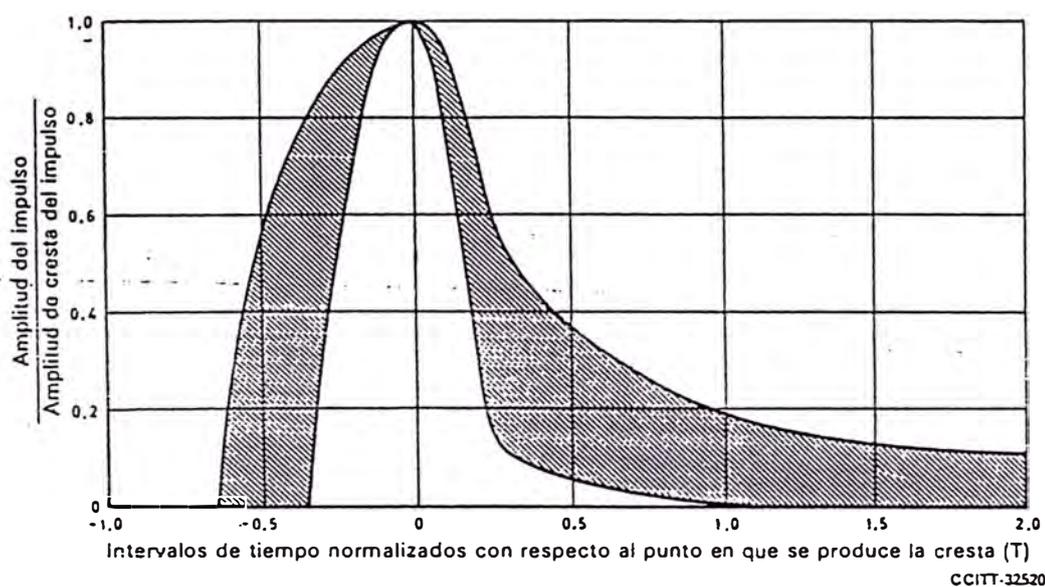


FIGURA 13/G. 703  
Plantilla del impulso para el interfaz de pares coaxiales a 32 064 kbit/s

## 5 Interfaz a 44 736 kbit/s

- 5.1 La interconexión de señales a 44 736 kbit/s para fines de transmisión se hace en un repartidor digital.
- 5.2 La velocidad binaria de la señal debe ser de 44 736 kbit/s  $\pm$  20 ppm.
- 5.3 Se utilizará un par coaxial para cada sentido de transmisión. El jack del repartidor conectado a un par coaxial por el que entran las señales al repartidor se denomina jack de entrada. El jack del repartidor conectado a un par por el que salen las señales del repartidor se denomina jack de salida.
- 5.4 La impedancia de carga de prueba será de 75 ohmios  $\pm$  5%, resistiva, y el método de prueba será directo.
- 5.5 Se utilizará un código bipolar como el especificado en el § 5.5.1.

### 5.5.1 Código B3ZS

El código B3ZS (*bipolar with three-zero substitution*) es una versión modificada del formato bipolar de impulsos, denominada código bipolar con sustitución de tres ceros. Los bits lógicos 1 tienen un ciclo de trabajo del 50%, y son, generalmente, positivos y negativos alternativamente con respecto al nivel lógico cero. Las excepciones están constituidas por aquellos casos en que aparecen tres ceros lógicos consecutivos en el tren de

bits. En el formato B3ZS, cada bloque de tres ceros consecutivos se sustituye por B0V o 00V, donde B representa un impulso conforme a la regla bipolar y V representa un impulso que viola la regla bipolar. Se elige entre B0V y 00V de tal manera que el número de impulsos B entre impulsos V consecutivos sea impar. Deben insertarse bits de alineación de trama de conformidad con la Recomendación G.752.

5.6 La forma de un impulso aislado medido en el jack de entrada deberá ajustarse a la plantilla de la figura 14/G.703.

5.7 La tensión en un intervalo de tiempo que contenga un cero (espacio) no será superior al mayor de los dos valores siguientes: el valor producido en dicho intervalo de tiempo por otros impulsos (marcas) conformes a la plantilla de la figura 14/G.703 o  $\pm 0,05$  de la amplitud de cresta del impulso (marca).

5.8 Cuando se transmita una secuencia todos 1, la potencia medida en una banda de 3 kHz en el jack de entrada deberá ser la siguiente:

22 368 kHz: de  $-1,8$  a  $+5,7$  dBm,

44 736 kHz: por lo menos 20 dB por debajo del nivel de potencia a 22 368 kHz.

5.9 El repartidor digital para señales a 44 736 kbit/s tendrá las características especificadas en los § 5.9.1 y 5.9.2.

5.9.1 La atenuación entre los jacks de entrada y de salida en el repartidor será la siguiente:

$0,60 \pm 0,55$  dB a 22 368 kHz

(para cualquier combinación de características de atenuación uniforme o conformada).

5.9.2 Impedancia de los conectores y cables coaxiales en el repartidor: 75 ohmios  $\pm 5\%$ .

	T	Fórmula de la curva
Curva inferior	$T \leq -0,36$	0
	$-0,36 \leq T \leq 0,28$	$0,5 \left[ 1 + \operatorname{sen} \frac{\pi}{2} \left( 1 + \frac{T}{0,18} \right) \right]$
	$0,28 \leq T$	$0,11 e^{-3,42(T-0,3)}$
Curva superior	$T \leq -0,65$	0
	$-0,65 \leq T \leq 0$	$1,05 [1 - e^{-4,6(T+0,65)}]$
	$0 \leq T \leq 0,36$	$0,5 \left[ 1 + \operatorname{sen} \frac{\pi}{2} \left( 1 + \frac{T}{0,34} \right) \right]$
	$0,36 \leq T$	$0,05 + 0,407 e^{-1,84(T-0,36)}$

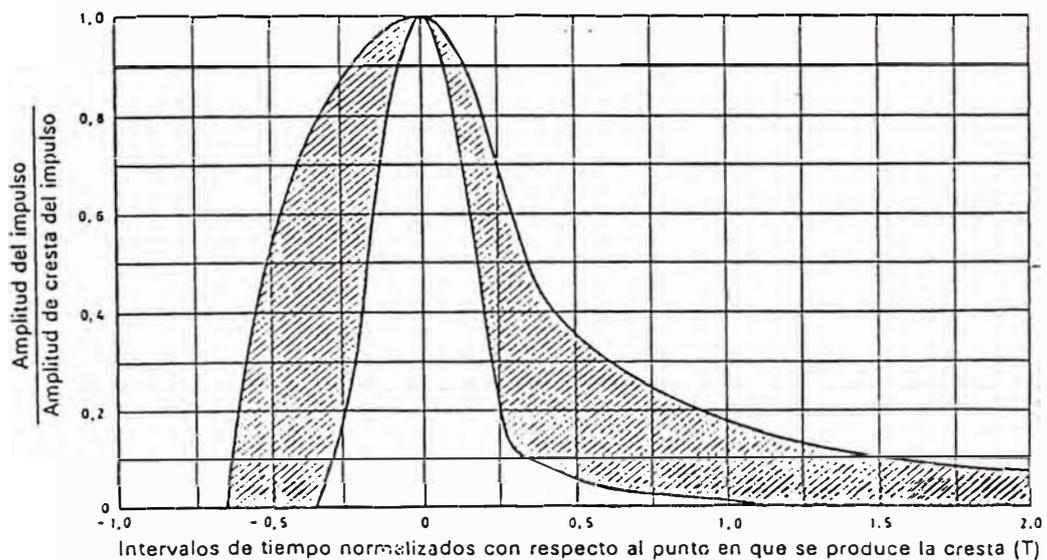


FIGURA 14/G.703

Plantilla del impulso para el interfaz de pares coaxiales a 44736 kbit/s

## 6 Interfaz a 2048 kbit/s

### 6.1 Características generales

Velocidad binaria: 2048 kbit/s  $\pm$  50 ppm

Código: HDB3 (bipolar de alta densidad de orden 3) (la descripción de este código figura en el anexo A)

### 6.2 Especificaciones en los accesos de salida (véase el cuadro 6/G.703)

CUADRO 6/G.703

Forma del impulso (forma nominal: rectangular)	Todas las marcas de una señal válida deberán ajustarse a la plantilla (figura 15/G.703), independientemente del signo. El valor V corresponde al valor nominal de cresta	
Par(es) en cada sentido de transmisión	Un par coaxial (véase el § 6.4)	Un par simétrico (véase el § 6.4)
Impedancia de carga de prueba	75 ohmios, resistiva	120 ohmios, resistiva
Tensión nominal de cresta de una marca (impulso)	2,37 V	3 V
Tensión de cresta de un espacio (ausencia de impulso)	0 $\pm$ 0,237 V	0 $\pm$ 0,3 V
Anchura nominal del impulso	244 ns	
Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto medio del intervalo de un 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	
Fluctuación de fase máxima cresta a cresta en un acceso de salida	Véase el § 2 de la Recomendación G.823	

### 6.3 Especificaciones en los accesos de entrada

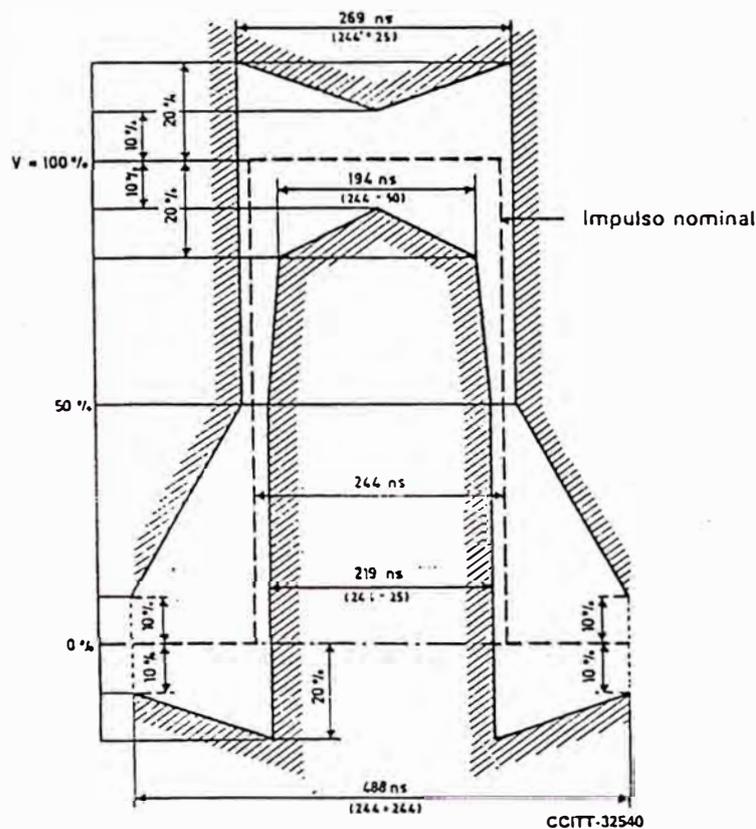
La señal digital presentada en los accesos de entrada deberá corresponder a la definición precedente, con las modificaciones que introduzcan las características de los pares de interconexión. La atenuación de estos pares deberá seguir una ley  $\sqrt{f}$  y la atenuación a la frecuencia de 1024 kHz deberá estar comprendida entre 0 y 6 dB. Esta atenuación tendrá en cuenta posibles pérdidas debidas a la presencia de un repartidor digital entre los accesos.

En lo relativo a la fluctuación de fase que ha de tolerarse en los accesos de entrada, véase el § 3 de la Recomendación G.823.

La pérdida de retorno en los accesos de entrada deberá tener los siguientes valores mínimos provisionales:

Frecuencias correspondientes al porcentaje de la velocidad binaria nominal	Pérdida de retorno
2,5 a 5%	12 dB
5 a 100%	18 dB
100 a 150%	14 dB

*Nota* — La necesidad de incluir en la presente Recomendación un requisito en materia de inmunidad a la interferencia se halla en estudio.



*Observación* — V corresponde al valor de cresta nominal.

FIGURA 15/G.703

Plantilla para el pulso en el caso de un interfaz a 2048 kbit/s

#### 6.4 Puesta a tierra del conductor exterior o del blindaje

El conductor exterior del par coaxial o el blindaje del par simétrico deberán conectarse a tierra en el acceso de salida; también deberá preverse la conexión a tierra de este conductor exterior o del blindaje en el acceso de entrada, si es necesario.

7 Interfaz a 8448 kbit/s

7.1 Características generales

Velocidad binaria: 8448 kbit/s  $\pm$  30 ppm

Código: HDB3 (la descripción de este código figura en el anexo A)

7.2 Especificaciones en los accesos de salida (indicadas en el cuadro 7/G.703)

CUADRO 7/G.703

Forma del impulso (forma nominal : rectangular)	Todas las marcas de una señal válida deberán ajustarse a la plantilla (figura 16/G.703), independientemente del signo
Par(es) en cada sentido de transmisión	Un par coaxial (véase el § 7.4)
Impedancia de carga de prueba	75 ohmios, resistiva
Tensión nominal de cresta de una marca (impulso)	2,37 V
Tensión de cresta de un espacio (ausencia de impulso)	0 $\pm$ 0,237 V
Anchura nominal del impulso	59 ns
Relación entre las anchuras de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto medio del intervalo de un impulso	De 0,95 a 1,05
Relación entre las anchuras de los impulsos positivos y los negativos para los puntos de semiamplitud nominal	De 0,95 a 1,05
Fluctuación de fase máxima cresta a cresta en un acceso de salida	Véase el § 2 de la Recomendación G.823

7.3 Especificaciones en los accesos de entrada

La señal digital presentada en los accesos de entrada deberá corresponder a la definición precedente, con las modificaciones que introduzcan las características de los pares de interconexión. La atenuación de estos pares deberá seguir una ley  $\sqrt{f}$  y la atenuación a la frecuencia de 4224 kHz deberá estar comprendida entre 0 y 6 dB. Esta atenuación tendrá en cuenta posibles pérdidas debidas a la presencia de un repartidor digital entre los

En lo relativo a la fluctuación de fase que ha de tolerarse en los accesos de entrada, véase el § 3 de la Recomendación G.823.

La pérdida de retorno en los accesos de entrada deberá tener los siguientes valores mínimos provisionales:

Frecuencias correspondientes al porcentaje de la velocidad binaria nominal	Pérdida de retorno
2,5 a 5%	12 dB
5 a 100%	18 dB
100 a 150%	14 dB

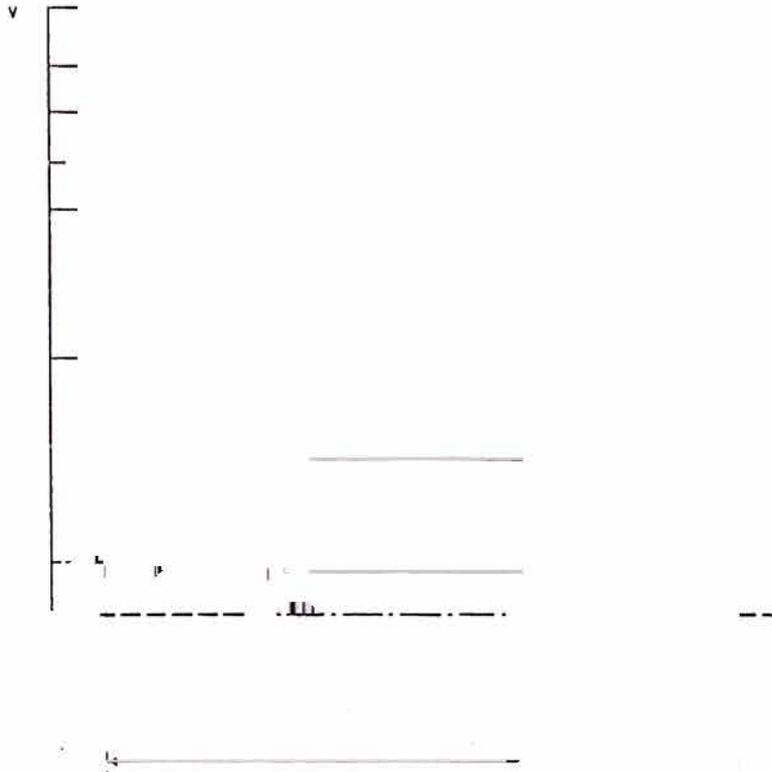


FIGURA 16/G.703  
Plantilla para el impulso en el caso de un interfaz a 8448 kbit/s

*Nota* — La necesidad de incluir en la presente Recomendación un requisito en materia de inmunidad a la interferencia se halla en estudio.

#### 7.4 *Puesta a tierra del conductor exterior o del blindaje*

El conductor exterior del par coaxial deberá conectarse a tierra en el acceso de salida y también deberá preverse la conexión a tierra de este conductor en el acceso de entrada, si es necesario.

### 8 Interfaz a 34 368 kbit/s

#### 8.1 *Características generales*

Velocidad binaria: 34 368 kbit/s  $\pm$  20 ppm

Código: HDB3 (en el anexo A figura una descripción de este código)

#### 8.2 *Especificación en los accesos de salida* (indicada en el cuadro 8/G.703)

#### 8.3 *Especificaciones en los accesos de entrada*

La señal digital presentada en los accesos de entrada deberá corresponder a la definición precedente, con las modificaciones que introduzcan las características del cable de interconexión. Deberá asegurarse que la atenuación de este cable siga una ley  $\sqrt{f}$  y que la atenuación a la frecuencia de 17 184 kHz esté comprendida entre 0 y 12 dB.

En lo relativo a la fluctuación de fase que ha de tolerarse en los accesos de entrada, véase el § 3 de la Recomendación G.823.

CUADRO 8/G.703

Forma del impulso (forma nominal : rectangular)	Todas las marcas de una señal válida deberán ajustarse a la plantilla (figura 17/G.703), independientemente del signo
Par(es) en cada sentido de transmisión	Un par coaxial (véase el § 8.4)
Impedancia de carga de prueba	75 ohmios, resistiva
Tensión nominal de cresta de una marca (impulso)	1,0 V
Tensión de cresta de un espacio (ausencia de impulso)	$0 \pm 0,1$ 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 del intervalo de un 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
Fluctuación de fase máxima cresta a cresta en un acceso de salida	Véase el § 2 de la Recomendación G.823

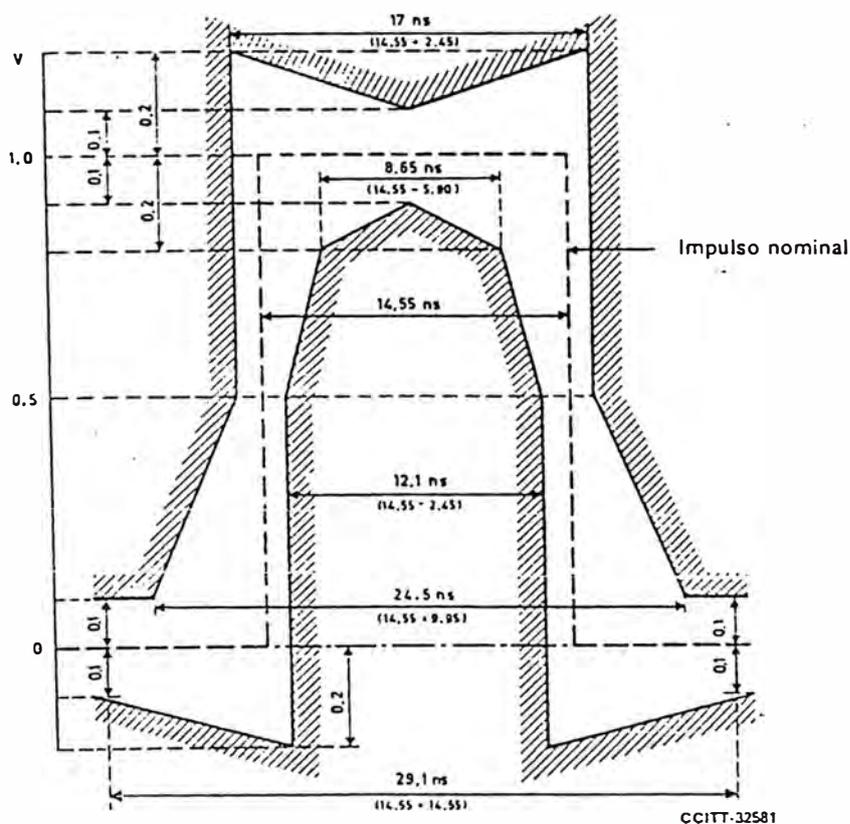


FIGURA 17/G.703

Plantilla para el impulso en el caso de un interfaz a 34368 kbit/s

La pérdida de retorno en los accesos de entrada deberá tener los siguientes valores mínimos provisionales:

Frecuencias correspondientes al porcentaje de la velocidad binaria nominal	Pérdida de retorno
2,5 a 5%	12 dB
5 a 100%	18 dB
100 a 150%	14 dB

*Nota* — La necesidad de incluir en la presente Recomendación un requisito en materia de inmunidad a la interferencia se halla en estudio.

### 3.4 Puesta a tierra del conductor exterior o del blindaje

*Observación* — El conductor exterior del par coaxial deberá conectarse a tierra en el acceso de salida; también deberá preverse la conexión a tierra de este conductor en el acceso de entrada, si es necesario.

## 9 Interfaz a 139 264 kbit/s

### 9.1 Características generales

Velocidad binaria: 139 264 kbit/s  $\pm$  15 ppm

Código: CMI (Coded Mark Inversion)

El código CMI es un código de 2 niveles sin retorno a cero en el cual el 0 binario se codifica de manera que los dos niveles de amplitud,  $A_1$  y  $A_2$ , se obtienen consecutivamente, cada uno durante un periodo igual a la mitad de un intervalo unitario ( $T/2$ ).

El 1 binario se codifica de modo que los niveles de amplitud,  $A_1$  y  $A_2$ , se obtienen alternativamente cada uno durante un periodo igual a un intervalo unitario completo ( $T$ ).

En la figura 18/G.703 se da un ejemplo.

*Observación 1* — Para el 0 binario, existe siempre una transición positiva en el punto medio del intervalo de tiempo unitario binario.

*Observación 2* — Para el 1 binario:

- existe una transición positiva al comienzo del intervalo de tiempo unitario binario si el nivel precedente era  $A_1$ ;
- existe una transición negativa al comienzo del intervalo de tiempo unitario binario si el último 1 binario estaba codificado en el nivel  $A_2$ .

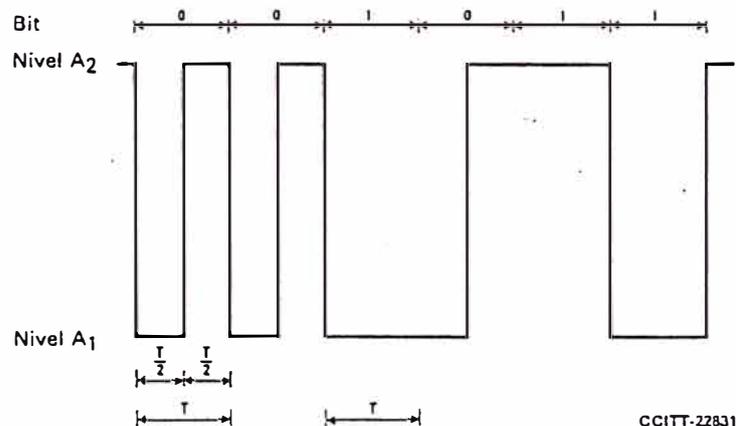


FIGURA 18/G.703

Ejemplos de señal binaria codificada en CMI

9.2

*Especificaciones en los accesos de salida (indicadas en el cuadro 9/G.703)*

*Observación 1* – Se considera que un método basado en la medición de los niveles de la componente fundamental y del segundo (y posiblemente del tercer) armónico de una señal correspondiente a todos 0 binarios y todos 1 binarios es adecuado para verificar el cumplimiento de los requisitos indicados en el cuadro 9/G.703.

Los valores pertinentes están en estudio.

*Observación 2* – Las plantillas de las figuras 19/G.703 y 20/G.703 se dan sólo como indicación, y no deben utilizarse necesariamente para mediciones.

9.3 *Especificaciones en los accesos de entrada*

La señal digital presentada en el acceso de entrada debe ser conforme a las indicaciones del cuadro 9/G.703, teniendo en cuenta las modificaciones producidas por las características del par coaxial de interconexión.

Debe suponerse que la atenuación del par coaxial sigue aproximadamente una ley  $\sqrt{f}$  y que la pérdida de inserción máxima es de 12 dB a 70 MHz.

En lo relativo a la fluctuación de fase que ha de tolerarse en los accesos de entrada, véase el § 3 de la Recomendación G.823.

La característica de pérdida de retorno debe ser la misma que la especificada para el acceso de salida.

CUADRO 9/G.703

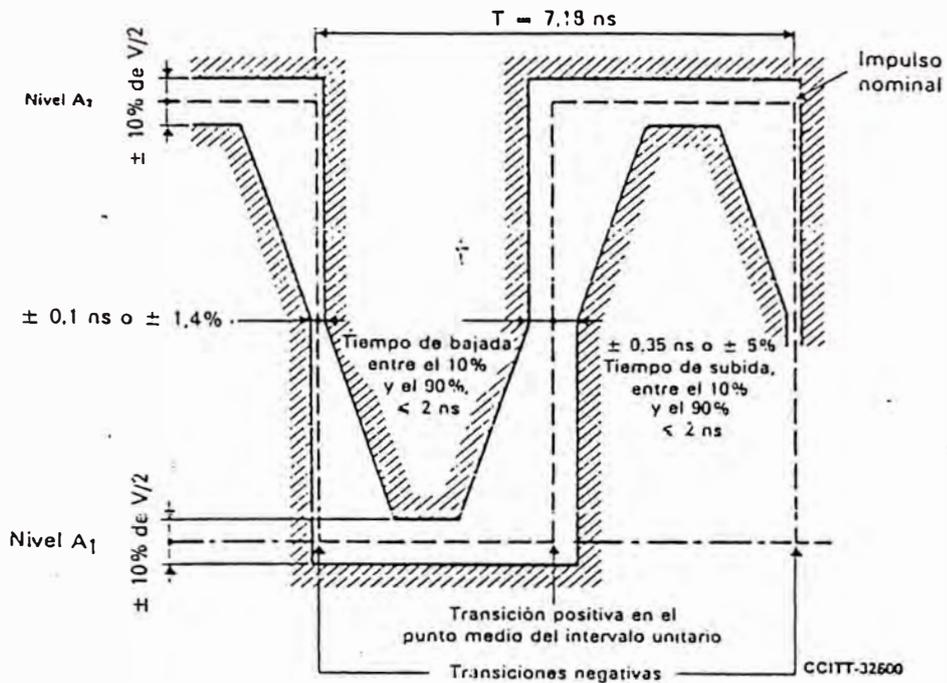
Forma nominal de los impulsos	Rectangular
Partes en cada sentido de transmisión	Un par coaxial
Impedancia de carga de prueba	75 ohmios, resistiva
Tensión cresta a cresta	1 ± 0,1 voltios
Sobreoscilación	< 5% de la tensión medida de cresta a cresta
Tiempo de subida entre el 10% y el 90% de la amplitud medida	< 2 ns
Tolerancia para la temporización de las transiciones (referida al valor medio de los puntos de semiamplitud de transiciones negativas)	Transiciones negativas : ± 0,1 ns Transiciones positivas en los extremos del intervalo unitario : ± 0,5 ns Transiciones positivas en el punto medio del intervalo unitario : + 0,35 ns
Pérdida de retorno	≥ 15 dB en la gama de frecuencias de 7 MHz a 210 MHz
Fluctuación de fase cresta a cresta máxima en un acceso de salida	Véase el § 2 de la Recomendación G.823

9.4 *Puesta a tierra del conductor exterior o del blindaje*

El conductor exterior del par coaxial debe estar conectado a tierra en el acceso de salida y debe preverse la puesta a tierra de este conductor, si es necesario, en el acceso de entrada.

10 *Interfaz de sincronización a 2048 kHz**Características generales*

Se recomienda la utilización de este interfaz en todas aquellas aplicaciones donde se necesite sincronizar un equipo digital mediante una señal de sincronización externa de 2048 kHz.

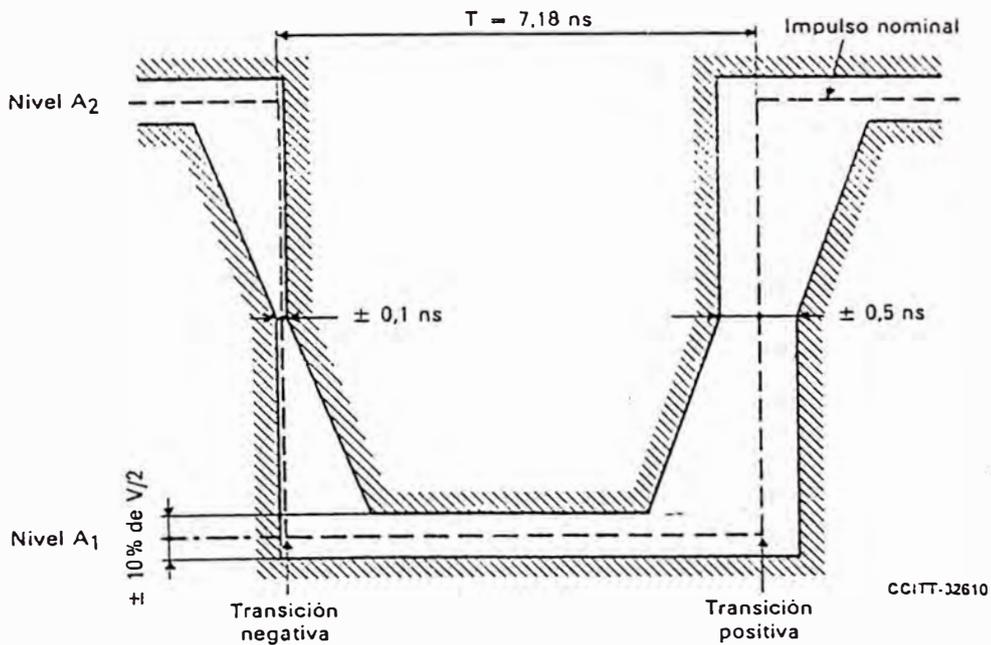


Observación 1 - V es la amplitud nominal cresta a cresta.

Observación 2 - La plantilla no incluye la tolerancia para la sobreoscilación; véase el cuadro 9/G.703.

FIGURA 19/G.703

Plantilla para un impulso que corresponde a un 0 binario



Observación 1 - El impulso inverso tendrá las mismas características.

Observación 2 - V es la amplitud nominal cresta a cresta.

Observación 3 - La plantilla no incluye la tolerancia para la sobreoscilación; véase el cuadro 9/G.703.

FIGURA 20/G.703

Plantilla para un impulso que corresponde a un 1 binario

10.2 Especificaciones en el acceso de salida (véase el cuadro 10/G.703)

CUADRO 10/G.703

Frecuencia	2048 kHz $\pm$ 50 ppm	
Forma de los impulsos	La señal debe ajustarse a la plantilla (figura 21/G.703) El valor V corresponde al valor de cresta máximo El valor $V_1$ corresponde al valor de cresta mínimo	
Tipo de par	Par coaxial (véase la observación en el § 10.3)	Par simétrico (véase la observación en el § 10.3)
Impedancia de carga de prueba	75 ohmios, resistiva	120 ohmios, resistiva
Tensión de cresta máxima ( $V_{op}$ )	1,5	1,9
Tensión de cresta mínima ( $V_{op}$ )	0,75	1,0
Fluctuación de fase máxima en el acceso de entrada	En estudio	

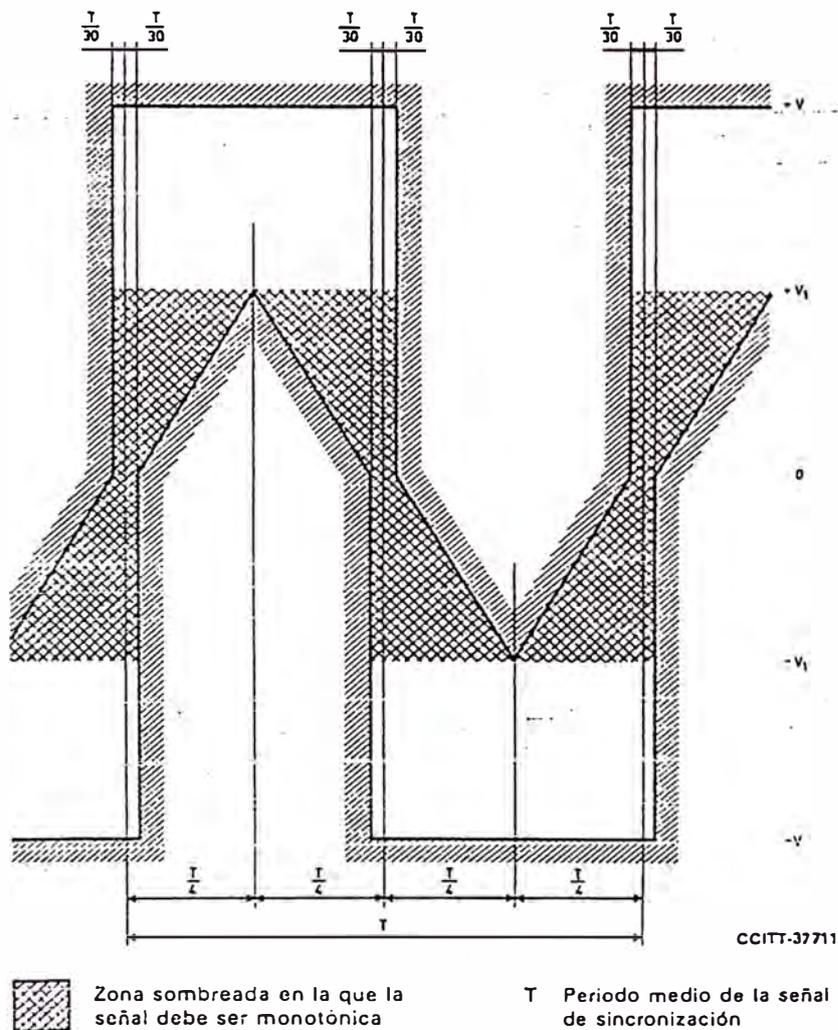


FIGURA 21/G.703  
Forma de la onda en un acceso de salida

### 10.3 Especificaciones en los accesos de entrada

La señal presentada en los accesos de entrada deberá corresponder a la definición precedente, con las modificaciones que introduzcan las características del par de interconexión.

Se supone que la atenuación de este par obedece a la ley  $\sqrt{f}$ , y la atenuación a la frecuencia de 2048 kHz deberá estar comprendida entre 0 y 6 dB (valor mínimo). Esta atenuación deberá tomar en cuenta cualquier pérdida provocada por la presencia de un repartidor digital entre los equipos.

El acceso de entrada deberá ser capaz de tolerar una señal digital con estas características eléctricas, pero modulada por una fluctuación de fase. Los valores de la fluctuación de fase se hallan en estudio.

La atenuación de retorno a 2048 kHz debe ser  $\geq 15$  dB.

**Observación** — El conductor exterior del par coaxial o el blindaje del par simétrico deberán conectarse a tierra en el acceso de salida; también deberá preverse la conexión a tierra de estos elementos en el acceso de entrada, si es necesario.

## 11 Interfaz a 97 728 kbit/s

11.1 La interconexión de señales a 97 728 kbit/s a los fines de la transmisión se hace en un repartidor digital.

11.2 La velocidad binaria de la señal debe ser de 97 728 kbit/s  $\pm 10$  partes por millón (ppm).

11.3 Se utilizará un par coaxial para cada sentido de transmisión. El jack del repartidor conectado a un par por el que llegan las señales al repartidor se denomina jack de entrada. El jack del repartidor conectado a un par por el que salen las señales del repartidor se denomina jack de salida.

11.4 La impedancia de carga de prueba será de 75 ohmios  $\pm 5\%$ , resistiva.

11.5 Se utilizará un código AMI<sup>1)</sup> aleatorizado.

11.6 La forma de la señal a 97728 kbit/s en el acceso de salida estará comprendida dentro de los límites de la plantilla de la figura 22/G.703. La forma de la señal en el jack de entrada estará modificada por las características del cable de interconexión.

11.7 Los conectores y los pares en cable en el repartidor tendrán una resistencia de 75 ohmios  $\pm 5\%$ .

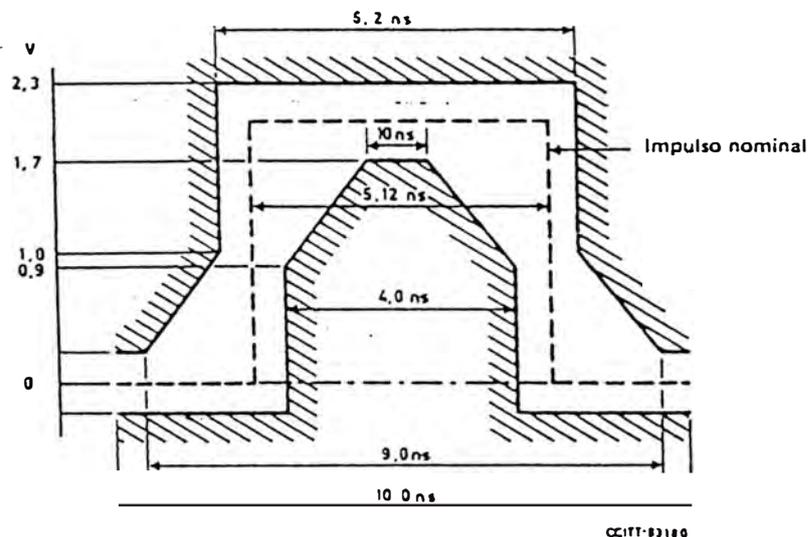


FIGURA 22/G.703  
Plantilla del impulso en el acceso de salida a 97 728 kbit/s

<sup>1)</sup> Un código AMI se aleatoriza mediante un aleatorizador de cinco pasos, con reiniciación y con el polinomio generador  $x^5 + x^3 + 1$ .

## ANEXO A

(a la Recomendación G.703)

### Definición del código HDB3 (high density bipolar 3)

Para convertir una señal binaria en una señal HDB3 se aplican las siguientes reglas de codificación:

- 1) La señal HDB3 es pseudoternaria: sus tres estados se designan por  $B_+$ ,  $B_-$  y 0.
- 2) Los 0 de la señal binaria se codifican como 0 en la señal HDB3, pero en el caso de secuencias de cuatro 0 se aplican reglas particulares (véase el § 4).
- 3) Los 1 de la señal binaria se codifican alternadamente como  $B_+$  y  $B_-$  en la señal HDB3 (inversión de marcas alternada AMI). Cuando se codifican secuencias de cuatro 0, se introducen violaciones de la regla de inversión de marcas alternada (véase el § 4).
- 4) Las secuencias de cuatro 0 de la señal binaria se codifican de acuerdo a lo siguiente:
  - a) El primer 0 de la secuencia se codifica como 0 si el 1 precedente de la señal HDB3 tiene una polaridad opuesta a la de la violación precedente y no constituye una violación; se codifica como un 1, que no constituye una violación (es decir,  $B_+$  o  $B_-$ ), si el 1 precedente de la señal HDB3 tiene la misma polaridad que la violación precedente o constituye en sí mismo una violación.  
Esta regla asegura que las violaciones consecutivas sean de polaridad alternada, lo cual impide la introducción de una componente continua.
  - b) El segundo y tercer 0 de la secuencia se codifican siempre como 0.
  - c) El último 0 de la secuencia de cuatro se codifica como un 1 de polaridad tal que viole la regla de inversión de marcas alternada. Estas violaciones se designan  $V_+$  o  $V_-$ , según su polaridad.

### Recomendación G.704

#### CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LOS INTERFACES ASOCIADOS CON NODOS DE LA RED

(Málaga-Torremolinos, 1984)

##### Consideraciones generales

En esta Recomendación se dan las características funcionales de los interfaces asociados con:

nodos de la red, en especial, equipos multiplex digitales sincrónicos y centrales digitales en redes digitales integradas (RDI) para telefonía y redes digitales de servicios integrados (RDSI) y, equipo de multiplexación MIC.

En la Recomendación G.703 se especifican las características eléctricas de estos interfaces.

Cabe señalar que esta Recomendación no se aplica necesariamente a aquellos casos en los que las señales que atraviesan los interfaces se destinan a conexiones no conmutadas, tales como el transporte de señales de banda ancha codificadas (por ejemplo señales de radiodifusión, TV o señales radiofónicas multiplexadas que no precisan un encaminamiento individual en la RDSI), véase también el anexo A a la Recomendación G.702.

*Observación 1* — Las estructuras de trama recomendadas en esta Recomendación no se aplican a ciertas señales de mantenimiento, tales como la señal «todos unos» transmitida durante las condiciones de avería, u otras señales transmitidas durante las condiciones de fuera de servicio.

*Observación 2* — Las Recomendaciones pertinentes para cada equipo correspondiente tratan las estructuras de trama asociadas con los equipos de multiplexación digital que utilizan justificación.

#### 4.3.3 *Fluctuación de fase a la salida*

La fluctuación de fase a la salida se halla en estudio.

#### 4.3.4 *Deslizamientos*

Véanse los § 3 y 4 de la Recomendación G.822.

#### 4.3.5 *Formas del alineador de trama*

Véase el § 8 de la Recomendación G.811.

## 7.1 Codificación de señales analógicas mediante modulación por impulsos codificados

### Recomendación G.711

#### MODULACIÓN POR IMPULSOS CODIFICADOS (MIC) DE FRECUENCIAS VOCALES

*(Ginebra, 1972; modificada posteriormente)*

##### 1 Consideraciones generales

Se recomienda el empleo de las siguientes características para la codificación de señales de frecuencias vocales.

##### 2 Velocidad de muestreo

El valor nominal recomendado es de 8000 muestras por segundo con una tolerancia de 50 partes por millón (ppm).

##### 3 Ley de codificación

3.1 Para los circuitos internacionales deben utilizarse ocho dígitos binarios por muestra.

3.2 Se recomiendan dos leyes de codificación, designadas ley A y ley  $\mu$ . Las definiciones de estas leyes se encuentran en los cuadros 1a/G.711 y 1b/G.711, y en los cuadros 2a/G.711 y 2b/G.711, respectivamente.

Si se utiliza la ley  $\mu$  en redes que requieran la supresión de la señal de carácter «todos 0», la señal de carácter correspondiente a valores de entrada negativos comprendidos entre valores de decisión 127 y 128, será 00000010, y el valor a la salida del decodificador será -7519. Al valor de salida del decodificador corresponde el número 125.

3.3 El número de valores cuantificados viene dado por la ley de codificación.

3.4 Los trayectos digitales entre países que hayan adoptado leyes de codificación diferentes deberán efectuar la transmisión con señales codificadas según la ley A. Cuando los dos países hayan adoptado la misma ley, deberá utilizarse esa ley en los trayectos digitales entre los mismos. Incumbirá a los países que utilicen la ley  $\mu$  efectuar toda conversión necesaria.

3.5 Las reglas para la conversión se dan en los cuadros 3/G.711 y 4/G.711.

##### 4 Relación entre las leyes de codificación y el nivel de la señal de frecuencias vocales

La relación entre las leyes de codificación de los cuadros 1/G.711 y 2/G.711 y el nivel de la señal de frecuencias vocales se define como sigue:

En una salida de audiofrecuencia cualquiera del multiplexor MIC debe haber una señal sinusoidal de 1 kHz con un nivel nominal de 0 dBm0 al aplicarse a la entrada del decodificador la secuencia periódica de señales de carácter del cuadro 5/G.711 para la ley A y del cuadro 6/G.711 para la ley  $\mu$ .

El nivel de sobrecarga teórica resultante ( $T_{\text{máx}}$ ) es de +3,14 dBm0 para la ley A y de +3,17 dBm0 para la

CUADRO 11 G.711  
Ley A: valores de entrada positivos

1	2	3	4	5	6	7	8
Número de los segmentos	Número de intervalos x dimensión de los intervalos	Valor en los extremos de los segmentos	Número de los valores de decisión $n$	Valor de decisión $x_n$ (véase la observación 1)	Señal de carácter antes de la inversión de los bits pares	Valor a la salida del decodificador $y_n$ (véase la observación 3)	Número de los valores a la salida del decodificador
					Número de los bits 1 2 3 4 5 6 7 8		
		4096	(128)	(4096)			
7	16 x 128		127	3968	1 1 1 1 1 1 1 1	4032	127
					(véase la observación 2)		
6	16 x 64	2048	113	2176	1 1 1 1 0 0 0 0	2112	113
			112	2048	(véase la observación 2)		
5	16 x 32	1024	97	1088	1 1 1 0 0 0 0 0	1056	97
			96	1024	(véase la observación 2)		
4	16 x 16	512	81	544	1 1 0 1 0 0 0 0	528	81
			80	512	(véase la observación 2)		
3	16 x 8	256	65	272	1 1 0 0 0 0 0 0	244	65
			64	256	(véase la observación 2)		
2	16 x 4	128	49	136	1 0 1 1 0 0 0 0	132	49
			48	128	(véase la observación 2)		
1	32 x 2	64	33	68	1 0 1 0 0 0 0 0	66	33
			32	64	(véase la observación 2)		
			1	2			
			0	0	1 0 0 0 0 0 0 0		

Observación 1 - 4096 unidades de valor normalizado corresponden a  $T_{\text{máx.}} = 3,14 \text{ dBm0}$ .

Observación 2 - Las señales de carácter se obtienen invirtiendo los bits pares de las señales de la columna 6. Antes de esta inversión, la señal de carácter correspondiente a los valores de entrada positivos comprendidos entre dos valores de decisión sucesivos  $n$  y  $n + 1$  (véase la columna 4) es  $(128 + n)$  expresado como un número binario.

Observación 3 - El valor a la salida del decodificador es  $y_n = \frac{x_{n-1} + x_n}{2}$  para  $n = 1, \dots, 127, 128$ .

Observación 4 -  $x_{128}$  es un valor virtual de decisión.

CUADRO 1b/G.711

Ley A: valores de entrada negativos

1	2	3	4	5	6	7	8
Número de los segmentos	Número de intervalos × dimensión de los intervalos	Valor en los extremos de los segmentos	Número de los valores de decisión $n$	Valor de decisión $x_n$ (véase la observación 1)	Señal de carácter antes de la inversión de los bits pares	Valor a la salida del decodificador $y_n$ (véase la observación 3)	Número de los valores a la salida del decodificador
					Número de los bits 1 2 3 4 5 6 7 8		
1	32 × 2	-64	0	0	0 0 0 0 0 0 0 0	-1	1
			1	-2	(véase la observación 2)		
2	16 × 4	-128	32	-64	0 0 1 0 0 0 0 0	-66	33
			33	-68	(véase la observación 2)		
3	16 × 8	-256	48	-128	0 0 1 1 0 0 0 0	-132	49
			49	-136	(véase la observación 2)		
4	16 × 16	-512	64	-256	0 1 0 0 0 0 0 0	-264	65
			65	-272	(véase la observación 2)		
5	16 × 32	-1024	80	-512	0 1 0 1 0 0 0 0	-528	81
			81	-544	(véase la observación 2)		
6	16 × 64	-2048	96	-1024	0 1 1 0 0 0 0 0	-1056	97
			97	-1088	(véase la observación 2)		
7	16 × 128	-4096	112	-2048	0 1 1 1 0 0 0 0	-2112	113
			113	-2176	(véase la observación 2)		
			127	-3968	0 1 1 1 1 1 1 1	-4032	128
			(128)	(-4096)			

Observación 1 - 4096 unidades de valor normalizado corresponden a  $T_{\text{máx}} = 3.14 \text{ dBm0}$ .

Observación 2 - Las señales de carácter se obtienen invirtiendo los bits pares de las señales de la columna 6. Antes de esta inversión, la señal de carácter correspondiente a los valores de entrada negativos comprendidos entre dos valores de decisión sucesivos  $n$  y  $n + 1$  (véase la columna 4) es  $n$  expresado como un número binario.

Observación 3 - El valor a la salida del decodificador es  $y_n = \frac{x_{n-1} + x_n}{2}$  para  $n = 1, \dots, 127, 128$ .

Observación 4 -  $x_{128}$  es un valor virtual de decisión.

CUADRO 2a / G.711  
Ley  $\mu$ : valores de entrada positivos

1	2	3	4	5	6	7	8
Número de los segmentos	Número de intervalos $\times$ dimensión de los intervalos	Valor en los extremos de los segmentos	Número de los valores de decisión $n$	Valor de decisión $x_n$ (véase la observación 1)	Señal de carácter	Valor a la salida del decodificador $y_n$ (véase la observación 3)	Número de bits de salida del decodificador
					Número de los bits 1 2 3 4 5 6 7 8		
		8159	(128)	(8159)	-----		
8	16 $\times$ 256		127	7903	1 0 0 0 0 0 0 0	5031	127
					(véase la observación 2)		
7	16 $\times$ 128	4063	113	4319	1 0 0 0 1 1 1 1	4193	113
					(véase la observación 2)		
6	16 $\times$ 64	2015	97	2143	1 0 0 1 1 1 1 1	2079	97
					(véase la observación 2)		
5	16 $\times$ 32	991	81	1055	1 0 1 0 1 1 1 1	1023	81
					(véase la observación 2)		
4	16 $\times$ 16	479	65	511	1 0 1 1 1 1 1 1	495	65
					(véase la observación 2)		
3	16 $\times$ 8	223	49	239	1 1 0 0 1 1 1 1	231	49
					(véase la observación 2)		
2	16 $\times$ 4	95	33	103	1 1 0 1 1 1 1 1	99	33
					(véase la observación 2)		
1	15 $\times$ 2	31	17	35	1 1 1 0 1 1 1 1	33	16
					(véase la observación 2)		
↓	1 $\times$ 1		16	31	(véase la observación 2)		
			2	3	1 1 1 1 1 1 1 0	2	1
			1	1	1 1 1 1 1 1 1 1	0	0
			0	0			

Observación 1 - 8159 unidades de valor normalizado corresponden a  $T_{\text{máx.}} = 3.17 \text{ dBm0}$ .

Observación 2 - La señal de carácter correspondiente a los valores de entrada positivos comprendidos entre dos valores de decisión sucesivos  $n$  y  $n + 1$  (véase la columna 4) es  $(255 - n)$  expresado como un número binario.

Observación 3 - El valor a la salida del decodificador es  $y_0 = x_0 = 0$  para  $n = 0$  e  $y_n = \frac{x_n + x_{n+1}}{2}$  para  $n = 1, 2, \dots, 127$ .

Observación 4 -  $x_{128}$  es un valor virtual de decisión.

CUADRO 2 b/G.711

Ley  $\mu$ : valores de entrada negativos

1	2	3	4	5	6	7	8
Número de los segmentos	Número de intervalos $\times$ dimensión de los intervalos	Valor en los extremos de los segmentos	Número de los valores de decisión $n$	Valor de decisión $x_n$ (véase la observación 1)	Señal de carácter	Valor a la salida del decodificador $y_n$ (véase la observación 3)	Número de los valores a la salida del decodificador
					Número de los bits 1 2 3 4 5 6 7 8		
1	1 $\times$ 1	-31	0	0	0 1 1 1 1 1 1 1	0	0
	15 $\times$ 2		1	-1	0 1 1 1 1 1 1 1	-2	1
16 $\times$ 4			2	-3	(véase la observación 2)	-33	16
	16 $\times$ 8		16	-31	0 1 1 0 1 1 1 1		
2			16 $\times$ 4	17	-35	(véase la observación 2)	-99
	32			-95	0 1 0 1 1 1 1 1		
3	16 $\times$ 8		33	-103	(véase la observación 2)	-231	48
			48	-223	0 1 0 0 1 1 1 1		
4	16 $\times$ 16		49	-239	(véase la observación 2)	-495	64
			64	-479	0 0 1 1 1 1 1 1		
5	16 $\times$ 32		65	-511	(véase la observación 2)	-1023	80
			80	-991	0 0 1 0 1 1 1 1		
6	16 $\times$ 64	81	-1055	(véase la observación 2)	-2079	96	
		96	-2015	0 0 0 1 1 1 1 1			
7	16 $\times$ 128	97	-2143	(véase la observación 2)	-4191	112	
		112	-4063	0 0 0 0 1 1 1 1			
8	16 $\times$ 256	113	-4319	(véase la observación 2)	-7775	126	
		126	-7647	0 0 0 0 0 0 0 1			
		127	-7903	0 0 0 0 0 0 0 0			
		-8159	(128)	(-8159)	-8031	127	

Observación 1 - 8159 unidades de valor normalizado corresponden a  $T_{\text{máx.}} = 3,17 \text{ dBm0}$ .

Observación 2 - La señal de carácter correspondiente a los valores de entrada negativos comprendidos entre dos valores de decisión sucesivos  $n$  y  $n+1$  (véase la columna 4) es  $(127-n)$  expresado como un número binario, para  $n = 0, 1, \dots, 127$ .

Observación 3 - El valor a la salida del decodificador es  $y_0 = x_0 = 0$  para  $n = 0$  e  $y_n = \frac{x_n + x_{n+1}}{2}$  para  $n = 1, 2, \dots, 127$ .

Observación 4 -  $x_{128}$  es un valor virtual de decisión.

CUADRO 3/G.711  
 Conversión de ley  $\mu$  a ley A

<i>Ley <math>\mu</math></i> Valor del nivel a la salida del decodificador	<i>Ley A</i> Valor del nivel a la salida del decodificador	<i>Ley <math>\mu</math></i> Valor del nivel a la salida del decodificador	<i>Ley A</i> Valor del nivel a la salida del decodificador
0	1	44	41
1	1	45	42
2	2	46	43
3	2	47	44
4	3	48	46
5	3	49	48
6	4	50	49
7	4	51	50
8	5	52	51
9	5	53	52
10	6	54	53
11	6	55	54
12	7	56	55
13	7	57	56
14	8	58	57
15	8	59	58
16	9	60	59
17	10	61	60
18	11	62	61
19	12	63	62
20	13	64	64
21	14	65	65
22	15	66	66
23	16	67	67
24	17	68	68
25	18	69	69
26	19	70	70
27	20	71	71
28	21	72	72
29	22	73	73
30	23	74	74
31	24	75	75
32	25	76	76
33	27	77	77
34	29	78	78
35	31	79	79
36	33	80	81
37	34	81	82
38	35	82	83
39	36	83	84
40	37	84	85
41	38	85	86
42	39	86	87
43	40	87	88
		127	128

**Observación 1** — Las señales de entrada a un decodificador de ley A incluirán normalmente la inversión de los bits pares, como se indica en la observación 2 del cuadro 1a/G.711. Por consiguiente, las señales de salida de ley  $\mu$  a ley A deberán presentar una inversión de los bits pares.

**Observación 2** — Este cuadro ha sido modificado ligeramente con respecto a la conversión óptima pues  $\mu$ -80 se convierte a A-81 en lugar de A-80. Esto tiene un efecto insignificante en la calidad de transmisión pero ofrece la posibilidad de obtener la transparencia a 48 kbit/s del convertidor si se tienen en cuenta ciertas inversiones de bit. En el futuro sería posible explotar esta posibilidad. La transparencia puede ilustrarse como sigue:

Entrada								Salida							
Número de bit								Número de bit							
1	2*	3	4*	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
a	o	b	$\bar{b}$	c	d	e	f	a	o	$\bar{b}$	$\bar{b}$	$\bar{c}$	d	$\bar{e}$	f

\* Para el funcionamiento correcto es importante que estos bits se fijen de la manera indicada.

**Observación 3** — Si la conversión  $\mu$ -A va seguida de una conversión A- $\mu$ , la mayoría de los octetos vuelven a sus valores originales. Sólo quedan modificados los octetos que corresponden a los números 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 del valor de salida de codificador de ley  $\mu$  (los números aumentan en 1). Además, en esos octetos cambia solamente el bit 8 (bit menos significativo en MIC). En consecuencia, la doble conversión  $\mu$ -A- $\mu$  es transparente a los bits 1 a 7.

De forma similar, si un conversión A- $\mu$  va seguida de una conversión  $\mu$ -A, se modifican solamente los octetos correspondientes a los números 26, 28, 30, 32, 45, 47, 63 y 80 del valor de salida del decodificador de ley A. También en este caso cambia solamente el bit 8, o sea que la doble conversión A- $\mu$ -A es también transparente a los bits 1 a 7.

Una consecuencia de esta propiedad es que, en la mayor parte de la gama de la señal analógica de frecuencia vocales, la distorsión de cuantificación adicional causada por una conversión  $\mu$ -A- $\mu$  ó A- $\mu$ -A es considerablemente menor que la causada por una conversión  $\mu$ -A ó A- $\mu$  (véase la Recomendación G.113).

CUADRO 4/G.711  
 Conversión de ley  $\lambda$  a ley  $\mu$

<i>Ley <math>\lambda</math></i> Valor del nivel a la salida del decodificador	<i>Ley <math>\mu</math></i> Valor del nivel a la salida del decodificador	<i>Ley <math>\lambda</math></i> Valor del nivel a la salida del decodificador	<i>Ley <math>\mu</math></i> Valor del nivel a la salida del decodificador
1	1	51	52
2	3	52	53
3	5	53	54
4	7	54	55
5	9	55	56
6	11	56	57
7	13	57	58
8	15	58	59
9	16	59	60
10	17	60	61
11	18	61	62
12	19	62	63
13	20	63	64
14	21	64	64
15	22	65	65
16	23	66	66
17	24	67	67
18	25	68	68
19	26	69	69
20	27	70	70
21	28	71	71
22	29	72	72
23	30	73	73
24	31	74	74
25	32	75	75
26	32	76	76
27	33	77	77
28	33	78	78
29	34	79	79
30	34	80	79
31	35	81	80
32	35	82	81
33	36	83	82
34	37	84	83
35	38	85	84
36	39	86	85
37	40	87	86
38	41	88	87
39	42	89	88
40	43	90	89
41	44	91	90
42	45	92	91
43	46	93	92
44	47	94	93
45	48	95	94
46	48	96	95
47	49	97	96
48	49	98	97
49	50	.	.
50	51	.	.
		128	127

Notas relativas al cuadro 4/G.711

*Observación 1* – Las señales de salida de un codificador de ley A presentarán una inversión de los bits pares, aplicada dentro del codificador como se indica en la observación 2 del cuadro 1a/G.711. Por consiguiente, las señales de entrada a un convertidor de la ley A a la ley  $\mu$  estarán ya en dicho estado, de manera que el convertidor debe asegurar la eliminación de la inversión de los bits pares.

*Observación 2* – Este cuadro ha sido modificado ligeramente con respecto a la conversión óptima pues A-80 se convierte a  $\mu$ -79 en lugar de  $\mu$ -80. Esto tiene un efecto insignificante en la calidad de transmisión pero ofrece la posibilidad de obtener la transparencia a 48 kbit/s del convertidor si se tienen en cuenta ciertas inversiones de bit. Además, se obtiene la transparencia A- $\mu$ -A para 7 bits, conforme se explica en la observación 3. En el futuro sería posible explotar estas posibilidades. La transparencia a 48 kbit/s puede ilustrarse como sigue:

Entrada								Salida							
Número de bit								Número de bit							
1	2*	3	4*	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
a	o	b	b	c	d	e	f	a	o	$\bar{b}$	b	$\bar{c}$	d	$\bar{e}$	f

\* Para el funcionamiento correcto es importante que estos bits se fijen de la manera indicada.

*Observación 3* – Si la conversión  $\mu$ -A va seguida de una conversión A- $\mu$ , la mayoría de los octetos vuelven a sus valores originales. Sólo quedan modificados los octetos que corresponden a los números 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 del valor de salida de codificador de ley  $\mu$  (los números aumentan en 1). Además, en esos octetos cambia solamente el bit 8 (bit menos significativo en MIC). En consecuencia, la doble conversión  $\mu$ -A- $\mu$  es transparente a los bits 1 a 7.

De forma similar, si una conversión A- $\mu$  va seguida de una conversión  $\mu$ -A, se modifican solamente los octetos correspondientes a los números 26, 28, 30, 32, 45, 47, 63 y 80 del valor de salida de decodificador de ley A. También en este caso cambia solamente el bit 8, o sea que la doble conversión A- $\mu$ -A es también transparente a los bits 1 a 7.

Una consecuencia de esta propiedad es que, en la mayor parte de la gama de la señal analógica de frecuencias vocales, la distorsión de cuantificación adicional causada por una conversión  $\mu$ -A- $\mu$  ó A- $\mu$ -A es considerablemente menor que la causada por una conversión  $\mu$ -A ó A- $\mu$  (véase la Recomendación G.113).

CUADRO 5/G.711

Ley A							
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	1	1	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	1	0	0

CUADRO 6/G.711

Ley $\mu$							
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	1	1	1	1	0
0	0	0	0	1	0	1	1
0	0	0	0	1	0	1	1
0	0	0	1	1	1	1	0
1	0	0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1
1	0	0	0	1	0	1	1
1	0	0	1	1	1	1	0

## BIBLIOGRAFIA

1. "Equipo Terminal Numérico de Extremo 30 canales" Manual Técnico ALCATEL.
2. "Equipo de Señalización 3G" Manual Técnico ALCATEL.
3. "Equipo Terminal Numérico de Multiplexaje 2-8-34 Mbps" Manual Técnico ALCATEL.
4. "Equipo Terminal Numérico de Multiplexaje 34-140 Mbps" Manual Técnico ALCATEL.
5. "Equipo Terminal de Enlaces Opticos a 140 Mbps" Manual Técnico ALCATEL.
6. "Fibras ópticas en la Red de Telecomunicaciones de Lima", ALCATEL.
7. "Red de Telesupervisión Centralizada Lima" CETT-ALCATEL.
8. "Redes digitales, sistemas de transmisión y equipos de multiplexación" Rec. G700 a G.956 Libro Rojo CCITT.