This electronic version (PDF) was scanned by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an original paper document in the ITU Library & Archives collections.

La présente version électronique (PDF) a été numérisée par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'un document papier original des collections de ce service.

Esta versión electrónica (PDF) ha sido escaneada por el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un documento impreso original de las colecciones del Servicio de Biblioteca y Archivos de la UIT.

هذه النسخة الإلكترونية (PDF) للاتصالات الدولي الاتحاد في والمحفوظات المكتبة قسم أجراه الضوئي بالمسح تصوير نتاج (ITU) والمحفوظات المكتبة قسم في المتوفرة الوثائق ضمن أصلية ورقية وثيقة من نقلاً.

此电子版（PDF版本）由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案室利用存于该处的纸质文件扫描提供。

Настоящий электронный вариант (PDF) был подготовлен в библиотечно-архивной службе Международного союза электросвязи путем сканирования исходного документа в бумажной форме из библиотечно-архивной службы МСЭ.

© International Telecommunication Union

UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

CCITT

COMITÉ CONSULTIVO
INTERNACIONAL
TELEGRÁFICO Y TELEFONICO

LIBRO AZUL

TOMO III – FASCÍCULO III.5

REDES DIGITALES, SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DE LÍNEA DIGITALES

RECOMENDACIONES G.801 A G.961

IX ASAMBLEA PLENARIA
MELBOURNE, 14-25 DE NOVIEMBRE DE 1988

Ginebra 1989

UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

CCITT

COMITÉ CONSULTIVO
INTERNACIONAL
TELEGRÁFICO Y TELEFÓNICO

LIBRO AZUL

TOMO III – FASCÍCULO III.5

REDES DIGITALES, SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DE LÍNEA DIGITALES

RECOMENDACIONES G.801 A G.961

IX ASAMBLEA PLENARIA
MELBOURNE, 14-25 DE NOVIEMBRE DE 1988

Ginebra 1989

ISBN 92-61-03353-9

BIBLIOTHÈQUE DE L' UIT GENÈVE

© UIT

Impreso en Suiza

CONTENIDO DEL LIBRO DEL CCITT EN VIGOR DESPUÉS DE LA NOVENA ASAMBLEA PLENARIA (1988)

LIBRO AZUL

Tomo I

FASCÍCULO I.1 – Actas e Informes de la Asamblea Plenaria.

Lista de las Comisiones de Estudio y de las Cuestiones en estudio.

FASCÍCULO I.2 – Ruegos y Resoluciones.

Recomendaciones sobre la organización de los trabajos del CCITT (serie A).

FASCÍCULO I.3 – Términos y definiciones. Abreviaturas y acrónimos. Recomendaciones sobre los medios de expresión (serie B) y las estadísticas generales de las telecomunicaciones (serie C).

FASCÍCULO I.4 – Índice del Libro Azul.

Tomo II

FASCÍCULO II.1 – Principios generales de tarificación – Tasación y contabilidad en los servicios internacionales de telecomunicación. Recomendaciones de la serie D (Comisión de Estudio III).

FASCÍCULO II.2 – Red telefónica y RDSI – Explotación, numeración, encaminamiento y servicio móvil. Recomendaciones E.100 a E.333 (Comisión de Estudio II).

FASCÍCULO II.3 – Red telefónica y RDSI – Calidad de servicio, gestión de la red e ingeniería de tráfico. Recomendaciones E.401 a E.880 (Comisión de Estudio II).

FASCÍCULO II.4 – Servicios de telegrafía y móvil – Explotación y calidad de servicio. Recomendaciones F.1 a F.140 (Comisión de Estudio I).

FASCÍCULO II.5 – Servicios de telemática, transmisión de datos y teleconferencia – Explotación y calidad de servicio. Recomendaciones F.160 a F.353, F.600, F.601 y F.710 a F.730 (Comisión de Estudio I).

FASCÍCULO II.6 – Servicios de tratamiento de mensajes y guía – Explotación y definición del servicio. Recomendaciones F.400 a F.422 y F.500 (Comisión de Estudio I).

Tomo III

FASCÍCULO III.1 – Características generales de las conexiones y circuitos telefónicos internacionales. Recomendaciones G.100 a G.181 (Comisiones de Estudio XII y XV).

FASCÍCULO III.2 – Sistemas internacionales analógicos de portadoras. Recomendaciones G.211 a G.544 (Comisión de Estudio XV).

FASCÍCULO III.3 – Medios de transmisión – Características. Recomendaciones G.601 a G.654 (Comisión de Estudio XV).

FASCÍCULO III.4 – Aspectos generales de los sistemas de transmisión digital; equipos terminales. Recomendaciones G.700 a G.795 (Comisiones de Estudio XV y XVIII).

FASCÍCULO III.5 – Redes digitales, secciones digitales y sistemas de línea digitales. Recomendaciones G.801 a G.961 (Comisiones de Estudio XV y XVIII).

FASCÍCULO III.6 – Transmisión en línea de señales no telefónicas. Transmisión de señales radiofónicas y de televisión. Recomendaciones de las series H y J (Comisión de Estudio XV).

FASCÍCULO III.7 – Red digital de servicios integrados (RDSI). Estructura general y capacidades de servicio. Recomendaciones I.110 a I.257 (Comisión de Estudio XVIII).

FASCÍCULO III.8 – Red digital de servicios integrados (RDSI). Aspectos y funciones globales de la red, interfaces usuario-red de la RDSI. Recomendaciones I.310 a I.470 (Comisión de Estudio XVIII).

FASCÍCULO III.9 – Red digital de servicios integrados (RDSI). Interfaces entre redes y principios de mantenimiento. Recomendaciones I.500 a I.605 (Comisión de Estudio XVIII).

Tomo IV

FASCÍCULO IV.1 – Principios generales de mantenimiento: mantenimiento de los sistemas de transmisión y de los circuitos telefónicos internacionales. Recomendaciones M.10 a M.782 (Comisión de Estudio IV).

FASCÍCULO IV.2 – Mantenimiento de circuitos internacionales de telegrafía y de telefotografía y de circuitos internacionales arrendados. Mantenimiento de la red telefónica pública internacional. Mantenimiento de sistemas marítimos por satélite y de transmisión de datos. Recomendaciones M.800 a M.1375 (Comisión de Estudio IV).

FASCÍCULO IV.3 – Mantenimiento de circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión. Recomendaciones de la serie N (Comisión de Estudio IV).

FASCÍCULO IV.4 – Especificaciones de los aparatos de medida. Recomendaciones de la serie O (Comisión de Estudio IV).

Tomo V – Calidad de transmisión telefónica. Recomendaciones de la serie P (Comisión de Estudio XII).

Tomo VI

FASCÍCULO VI.1 – Recomendaciones generales sobre la conmutación y la señalización telefónicas. Funciones y flujos de información para los servicios de la RDSI. Suplementos. Recomendaciones Q.1 a Q.118 *bis* (Comisión de Estudio XI).

FASCÍCULO VI.2 – Especificaciones de los sistemas de señalización N.^{os} 4 y 5. Recomendaciones Q.120 a Q.180 (Comisión de Estudio XI).

FASCÍCULO VI.3 – Especificaciones del sistema de señalización N.º 6. Recomendaciones Q.251 a Q.300 (Comisión de Estudio XI).

FASCÍCULO VI.4 – Especificaciones de los sistemas de señalización R1 y R2. Recomendaciones Q.310 a Q.490 (Comisión de Estudio XI).

FASCÍCULO VI.5 – Centrales digitales locales, de tránsito, combinadas e internacionales en redes digitales integradas y en redes mixtas analógico-digitales. Suplementos. Recomendaciones Q.500 a Q.554 (Comisión de Estudio XI).

FASCÍCULO VI.6 – Interfuncionamiento de los sistemas de señalización. Recomendaciones Q.601 a Q.699 (Comisión de Estudio XI).

FASCÍCULO VI.7 – Especificaciones del sistema de señalización N.º 7. Recomendaciones Q.700 a Q.716 (Comisión de Estudio XI).

FASCÍCULO VI.8 – Especificaciones del sistema de señalización N.º 7. Recomendaciones Q.721 a Q.766 (Comisión de Estudio XI).

FASCÍCULO VI.9 – Especificaciones del sistema de señalización N.º 7. Recomendaciones Q.771 a Q.795 (Comisión de Estudio XI).

FASCÍCULO VI.10 – Sistema de señalización digital de abonado N.º 1 (SDA 1), capa enlace de datos. Recomendaciones Q.920 a Q.921 (Comisión de Estudio XI).

FASCÍCULO VI.11 – Sistema de señalización digital de abonado N.º 1 (SDA 1), capa red, gestión usuario-red. Recomendaciones Q.930 a Q.940 (Comisión de Estudio XI).

FASCÍCULO VI.12 – Red móvil terrestre pública, interfuncionamiento con RDSI y RTPC. Recomendaciones Q.1000 a Q.1032 (Comisión de Estudio XI).

FASCÍCULO VI.13 – Red móvil terrestre pública. Parte aplicación móvil e interfaces. Recomendaciones Q.1051 a Q.1063 (Comisión de Estudio XI).

FASCÍCULO VI.14 – Interfuncionamiento con sistemas móviles por satélite. Recomendaciones Q.1100 a Q.1152 (Comisión de Estudio XI).

Tomo VII

FASCÍCULO VII.1 – Transmisión telegráfica. Recomendaciones de la serie R. Equipos terminales para los servicios de telegrafía. Recomendaciones de la serie S (Comisión de Estudio IX).

FASCÍCULO VII.2 – Conmutación telegráfica. Recomendaciones de la serie U (Comisión de Estudio IX).

FASCÍCULO VII.3 – Equipo terminal y protocolos para los servicios de telemática. Recomendaciones T.0 a T.63 (Comisión de Estudio VIII).

FASCÍCULO VII.4 – Procedimientos de prueba de conformidad para las Recomendaciones teletex. Recomendación T.64 (Comisión de Estudio VIII).

FASCÍCULO VII.5 – Equipo terminal y protocolos para servicios de telemática. Recomendaciones T.65 a T.101 y T.150 a T.390 (Comisión de Estudio VIII).

FASCÍCULO VII.6 – Equipo terminal y protocolos para servicios de telemática. Recomendaciones T.400 a T.418 (Comisión de Estudio VIII).

FASCÍCULO VII.7 – Equipo terminal y protocolos para servicios de telemática. Recomendaciones T.431 a T.564 (Comisión de Estudio VIII).

Tomo VIII

FASCÍCULO VIII.1 – Comunicación de datos por la red telefónica. Recomendaciones de la serie V (Comisión de Estudio XVII).

FASCÍCULO VIII.2 – Redes de comunicación de datos: servicios y facilidades, interfaces. Recomendaciones X.1 a X.32 (Comisión de Estudio VII).

FASCÍCULO VIII.3 – Redes de comunicación de datos: transmisión, señalización y conmutación, aspectos de red, mantenimiento, disposiciones administrativas. Recomendaciones X.40 a X.181 (Comisión de Estudio VII).

FASCÍCULO VIII.4 – Redes de comunicación de datos: Interconexión de sistemas abiertos (ISA) – Modelo y notación, definición del servicio. Recomendaciones X.200 a X.219 (Comisión de Estudio VII).

FASCÍCULO VIII.5 – Redes de comunicación de datos: Interconexión de sistemas abiertos (ISA) – Especificación de protocolos, pruebas de conformidad. Recomendaciones X.220 a X.290 (Comisión de Estudio VII).

FASCÍCULO VIII.6 – Redes de comunicación de datos: Interfuncionamiento entre redes, sistemas móviles de transmisión de datos, gestión interredes. Recomendaciones X.300 a X.370 (Comisión de Estudio VII).

FASCÍCULO VIII.7 – Redes de comunicación de datos: Sistemas de tratamiento de mensajes. Recomendaciones X.400 a X.420 (Comisión de Estudio VII).

FASCÍCULO VIII.8 – Redes de comunicación de datos: La guía. Recomendaciones X.500 a X.521 (Comisión de Estudio VII).

Tomo IX – Protección contra las perturbaciones. Recomendaciones de la serie K (Comisión de Estudio V) – Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior. Recomendaciones de la serie L (Comisión de Estudio VI).

Tomo X

FASCÍCULO X.1 – Lenguaje de especificación y descripción funcionales (LED). Criterios para la utilización de técnicas de descripción formal (TDF). Recomendación Z.100 y anexos A, B, C y E, Recomendación Z.110 (Comisión de Estudio X).

FASCÍCULO X.2 – Anexo D a la Recomendación Z.100: Directrices para el usuario del LED (Comisión de Estudio X).

FASCÍCULO X.3 – Anexo F.1 a la Recomendación Z.100: Definición formal del LED. Introducción (Comisión de Estudio X).

FASCÍCULO X.4 – Anexo F.2 a la Recomendación Z.100: Definición formal del LED. Semántica estática (Comisión de Estudio X).

FASCÍCULO X.5 – Anexo F.3 a la Recomendación Z.100: Definición formal del LED. Semántica dinámica (Comisión de Estudio X).

FASCÍCULO X.6 – Lenguaje de alto nivel del CCITT (CHILL). Recomendación Z.200 (Comisión de Estudio X).

FASCÍCULO X.7 – Lenguaje hombre-máquina (LHM). Recomendaciones Z.301 a Z.341 (Comisión de Estudio X).

ÍNDICE DEL FASCÍCULO III.5 DEL LIBRO AZUL

Recomendaciones G.801 a G.961

Redes digitales, secciones digitales y sistemas de línea digitales

Rec. N.º — Página

SECCIÓN 8 – *Redes digitales*

8.0 Aspectos generales de las redes digitales

G.801 Modelos de transmisión digital 3

G.802 Interfuncionamiento de redes basadas en diferentes jerarquías digitales y leyes de codificación de las señales vocales 8

8.1 Objetivos de diseño para las redes digitales

G.810 Consideraciones sobre aspectos de temporización y sincronización 13

G.811 Requisitos de temporización en las salidas de relojes de referencia primarios adecuados para la explotación plesiócrona de enlaces digitales internacionales 16

G.812 Requisitos de temporización en las salidas de relojes subordinados adecuados para la explotación plesiócrona de enlaces digitales internacionales 21

8.2 Objetivos de calidad y disponibilidad

G.821 Característica de error de una conexión digital internacional que forme parte de una red digital de servicios integrados 26

G.822 Objetivos de tasa de deslizamientos controlados en una conexión digital internacional . 36

G.823 Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía de 2048 kbit/s 38

G.824 Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía de 1544 kbit/s 50

SECCIÓN 9 – *Secciones digitales y sistemas digitales de línea*

9.0 Consideraciones generales

G.901 Consideraciones generales sobre las secciones digitales y los sistemas digitales de línea . 57

9.1 Secciones de línea digital a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad primaria de 1544 kbit/s

9.2 Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad primaria de 2048 kbit/s

G.921 Secciones digitales basadas en la jeraquía de 2048 kbit/s 59

9.3 Sistemas de transmisión de línea digital por cable a velocidades binarias no jerárquicas

G.931 Secciones de línea digital a 3152 kbit/s 64

9.4 Sistemas de línea digital con soportes de transmisión MDF

G.941 Sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF 66

9.5 Sistemas de línea digital

G.950 Consideraciones generales sobre los sistemas de línea digital 69

G.951 Sistemas de línea digital basados en la jerarquía de 1544 kbit/s en cables de pares simétricos 70

G.952 Sistemas de línea digital basados en la jerarquía de 2048 kbit/s en cables de pares simétricos 77

G.953 Sistemas de línea digital basados en la jerarquía de 1544 kbit/s en cables de pares coaxiales 84

G.954 Sistemas de línea digital basados en la jerarquía de 2048 kbit/s en cables de pares coaxiales 89

G.955 Sistemas de línea digital basados en la jerarquía de 1544 kbit/s en cables de fibra óptica 101

G.956 Sistemas de línea digital basados en la jerarquía de 2048 kbit/s en cables de fibra óptica 109

9.6 Sección digital y sistemas de transmisión digital para el acceso del cliente a la RDSI

G.960 Sección digital para el acceso a velocidad básica a la RDSI 116

G.961 Sistema de transmisión digital por líneas locales metálicas para el acceso a velocidad basica de la RDSI 153

Suplemento N.° 15 Código cuaternario casi diferencial (código ADQ) 271

Suplemento N.° 27 Interferencia de fuentes externas 271

Suplemento N.° 34 Temperatura de los contenedores subterráneos para la instalación de repetidores . . . 272

Suplemento N.° 35 Directrices relativas a la medición de la fluctuación lenta de fase 276

Suplemento N.° 36 Acumulación de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase en las redes digitales 285

NOTA PRELIMINAR

En este fascículo, la expresión «Administración» se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una Administración de telecomunicaciones como una empresa privada de explotación de telecomunicaciones reconocida.

FASCÍCULO III.5

Recomendaciones G.801 a G.961

REDES DIGITALES, SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DE LÍNEA DIGITALES

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

SECCIÓN 8

REDES DIGITALES

8.0 Aspectos generales de las redes digitales

Recomendación G.801

MODELOS DE TRANSMISIÓN DIGITAL

(Málaga-Torremolinos, 1984)

El CCITT,

considerando

(a) que las redes digitales admiten una gran variedad de conexiones, para las cuales es necesario controlar las degradaciones de transmisión digital y otros parámetros de la calidad de funcionamiento;

(b) que si no se ejerce el control adecuado, en ciertas circunstancias las degradaciones de la transmisión digital causan degradaciones inaceptables del servicio;

(c) que es necesario asignar diversos objetivos de calidad de funcionamiento de red a los elementos de una red digital;

(d) que hay que formular objetivos de diseño de equipos para cada parte digital constituyente;

(e) que es necesario que las redes se configuren a un nivel de calidad de transmisión conforme con las necesidades de diferentes servicios (vocales y no vocales) y, especialmente, los servicios de la RDSI;

(f) que las Administraciones necesitan examinar el efecto sobre la calidad de transmisión de posibles cambios en la asignación de las degradaciones en redes nacionales;

(g) que es necesario someter a prueba reglas nacionales para conformidad «prima facie» con cualesquiera criterios de degradación que puedan ser recomendados por el CCITT para sistemas nacionales e internacionales;

(h) que hay que formular directrices que rijan la utilización de ciertos elementos digitales (por ejemplo, enlaces por satélite, transcodificadores, memorias tampones, dispositivos de multiplicación de circuitos, etc.),

recomienda

que en el estudio de las degradaciones de la transmisión digital y otros parámetros de calidad de funcionamiento se apliquen los siguientes modelos de red y directrices conexas.

1 Introducción

Los modelos de red de transmisión digital son entidades ficticias de una longitud y composición definidas para ser utilizados en el estudio de las degradaciones de la transmisión digital (por ejemplo, errores de bit, fluctuación de fase, fluctuación lenta de fase, tiempo de transmisión, disponibilidad, deslizamientos, etc.). La diversidad de posibles situaciones de red requiere que los modelos individuales representen solamente una pequeña fracción de las entidades reales típicas. Sin embargo, un número limitado de estos modelos (por ejemplo, dos o tres) pueden ser en conjunto suficientemente representativos para proporcionar un instrumento útil que sirva de base para los estudios.

Los modelos de red, cuando son aplicables, tienen en cuenta las siguientes características:

a) reflejan físicamente la longitud de la conexión total con alguna indicación de la frecuencia de ocurrencia;

b) identifican fronteras entre elementos de conmutación y de transmisión;

c) no proporcionan indicación alguna del medio de realización de la transmisión entre elementos de conmutación (por ejemplo, metálico, óptico, radioeléctrico, satélites);

d) describen en detalle la configuración de acceso usuario-red en la porción local (es decir, usuario a central local);

e) tienen en cuenta todos los posibles usos o ser independientes de ellos;

f) reflejan la utilización de elementos de procesamiento digital adicionales requeridos en configuraciones de red particulares, (por ejemplo, convertidores ley A-ley μ, memorias tampones, transcodificadores, etc.).

En esta recomendación no se indica el entorno eléctrico y físico en el cual funcionan los modelos de red. Estos aspectos se están estudiando actualmente. En la aplicación de estos modelos de red al estudio de una degradación digital específica (por ejemplo, errores), puede ser necesario hacer juicios arbitrarios sobre la importancia, en particular, del entorno eléctrico.

2 Conexión ficticia de referencia (XFR)

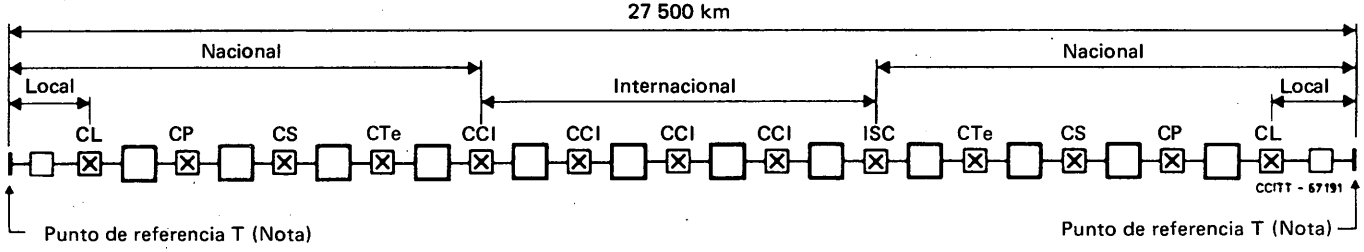
Una XFR digital es un modelo en el cual pueden realizarse estudios relativos a la calidad de funcionamiento global, facilitando así la formulación de normas y objetivos. Para iniciar los estudios dirigidos hacia la calidad de funcionamiento de la RDSI, se considera una conexión totalmente digital a 64 kbit/s. Como es necesario que los objetivos de calidad de funcionamiento de la red global para cualquier parámetro de calidad de funcionamiento concuerden con las necesidades de los usuarios, tales objetivos, en su mayor parte, deben relacionarse con un modelo de red que sea representativo de una conexión muy larga. La XFR que se representa en la figura 1/G.801 sirve a este fin. No representa la poco usual conexión del caso más desfavorable, aunque sí trata de abarcar la gran mayoría de las conexiones para cada relación. Además, el hecho de que es difícil identificar cada realización práctica concebible de una conexión y que no es conveniente elaborar demasiadas opciones, hace naturalmente que pueda resultar necesario modificar la composición de esta «XFR normalizada» para adaptarla a la tarea particular de que se trate. Puede preverse una situación en la cual existan muchas XFR similares para servir a funciones específicas, pero en todos los casos son derivadas de la «XFR normalizada». La posible proliferación de XFR impide su inclusión en esta Recomendación. Puede ser necesario indicar cualquier desviación de la «XFR normalizada» en la Recomendación apropiada a esta degradación o parámetro de calidad de funcionamiento (por ejemplo, véase la Recomendación G.821). No están destinadas a ser utilizadas para el diseño de sistemas de transmisión.

La diversidad de composición es particularmente evidente cuando se hace una distinción entre países de mediana extensión y de gran extensión y, por tanto, es posible que ninguna XFR pueda tener en cuenta tales variaciones. En el proceso de distribución proporcional, la demarcación entre porciones nacionales e internacionales no es importante puesto que en la mayoría de los casos la calidad intrínseca del circuito que comprende ambas porciones es la misma. Sin embargo, en contraste, la longitud total se considera crítica y su elección es independiente del «tamaño del país». En consecuencia, el nivel de degradación experimentado realmente en una conexión real se considera satisfactorio si es compatible con el estipulado para la XFR más larga, teniendo debidamente en cuenta las diferencias entre la construcción de las conexiones ficticia y real. Para una gran proporción de conexiones reales configuradas utilizando diseños de equipo recomendados por el CCITT, es probable que la calidad de funcionamiento real sea considerablemente mejor. Las conexiones conformes a lo especificado por el CCITT que excedan de la conexión ficticia de referencia más larga, sea en longitud o en complejidad, podrían no tener niveles de calidad de funcionamiento controlados; sin embargo, no es probable que los niveles de degradación rebasen en más de dos veces los de la conexión ficticia de referencia más larga, y es muy posible que, gracias a los márgenes de diseño de los componentes individuales del equipo, las degradaciones queden comprendidas dentro de los límites de calidad de funcionamiento de extremo a extremo especificados por el CCITT.

Al formular esta definición de la XFR no se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- aplicaciones marítimas;
- conexiones semiautomáticas (es decir, automático-manuales);
- encaminamiento de reserva en caso de fallo.

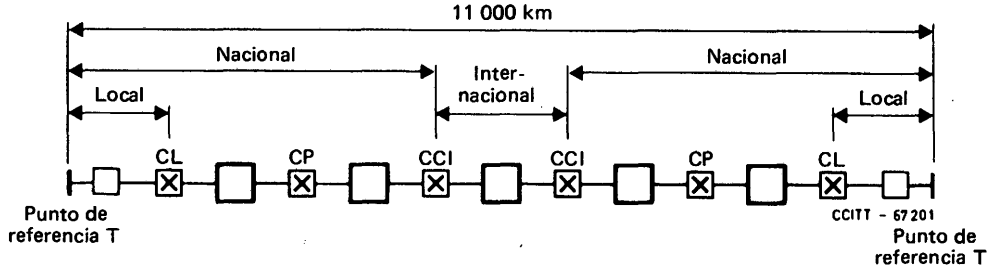
Se han incluido otras dos XFR para facilitar los estudios sobre conexiones más cortas con miras a establecer los niveles de calidad de funcionamiento típico que es probable se logren en circuitos internacionales establecidos frecuentemente. Estas XFR se representan en las figuras 2/G.801 y 3/G.801.



Nota – Recomendación I.411 (aplicable sólo a la RDSI).

FIGURA 1/G.801

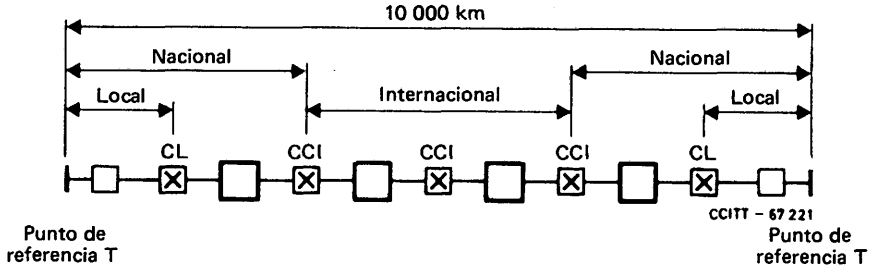
Conexión digital ficticia de referencia normalizada (longitud máxima)



Nota – Para la leyenda, véase la figura 1/G.801.

FIGURA 2/G.801

Conexión digital ficticia de referencia normalizada (longitud media)



Nota – Para la leyenda, véase la figura 1/G.801.

FIGURA 3/G.801

Conexión digital ficticia de referencia normalizada (mediana longitud, con el abonado situado cerca del centro de conmutación internacional (CCI))

3 Enlace digital ficticio de referencia (EDFR)

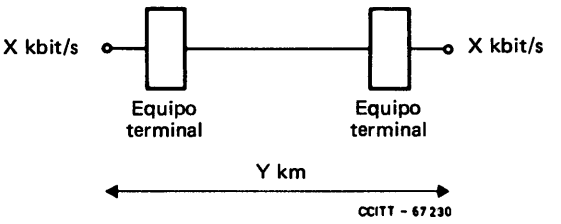
Para facilitar el estudio de las degradaciones de la transmisión digital (por ejemplo, errores de bit, fluctuación de fase, fluctuación lenta de fase, deslizamiento, tiempo de transmisión) es necesario definir modelos de red que comprendan una combinación de diferentes tipos de elementos de transmisión (por ejemplo, sistemas de transmisión, multiplexores, demultiplexores, memorias tampones, transcodificadores). Dicho modelo se define como un enlace digital ficticio de referencia (EDFR). La longitud y la composición exactas con respecto al número, tipo y disposición de los equipos, dependerá de la degradación digital que se estudie. Por ejemplo, para analizar la acumulación de fluctuación de fase en una red habría que incluir tanto los sistemas de transmisión como los múldex para tener en cuenta las diferentes características de fluctuación de fase presentadas por tales tipos de equipos. Además, el enlace digital ficticio de referencia puede considerarse como un elemento constitutivo de una conexión ficticia de referencia, permitiendo así la distribución proporcional de objetivos de calidad de funcionamiento globales a un modelo de menor longitud. La longitud de 2500 km se considera adecuada para un EDFR.

La formulación de tales modelos se estudiará ulteriormente.

En las Recomendaciones del CCIR se utiliza a veces la expresión «trayecto digital ficticio de referencia» (TDFR), que equivale a «enlace digital ficticio de referencia» (EDFR) (véase la definición 3005 de la Recomendación G.701).

4 Sección digital ficticia de referencia (SDFR)

Para acomodar la especificación de calidad de funcionamiento de sistemas de transmisión (es decir, sistemas de línea digital y sistemas radioeléctricos), es necesario introducir una sección digital ficticia de referencia (SDFR). Dicho modelo se define en la figura 4/G.801 para cada nivel de las jerarquías digitales definidas en la Recomendación G.702. Los accesos de entrada y de salida son los «interfaces» recomendados, indicados en la Recomendación G.703 para velocidades binarias jerárquicas. Es probable que las longitudes elegidas como representativas de secciones digitales se encuentren en redes operacionales reales, y son suficientemente largas como para permitir una especificación de calidad de funcionamiento realista para sistemas radioeléctricos digitales. El modelo es homogéneo en cuanto a que no incluye otros equipos digitales tales como multiplexores/demultiplexores. Esta entidad puede formar un elemento componente de un EDFR.



Nota – El valor adecuado de Y depende de la aplicación de la red. Por el momento, se han identificado como necesarias las longitudes de 50 km y 280 km (véase la Recomendación G.921).

FIGURA 4/G.801

Sección digital ficticia de referencia

Es posible relacionar los dos tipos siguientes de requisitos de calidad de funcionamiento con una sección digital ficticia de referencia:

- los objetivos de calidad de funcionamiento de red, que son los objetivos que han de cumplirse en una red real.
- los objetivos de diseño de equipo, que proporcionan orientación al proyectista de sistemas que utiliza medios de transmisión y una técnica de transmisión específicos.

Nota 1 – Los objetivos de diseño de equipo que aparecen normalmente en las Recomendaciones pertinentes de los sistemas de transmisión y conmutación se formulan para asegurar la compatibilidad con los objetivos de calidad de funcionamiento de red correspondientes.

Nota 2 – En la Recomendación G.102 figura una explicación del objetivo de calidad de funcionamiento de red y del objetivo de diseño de equipo.

Nota 3 – La formulación de una entidad homogénea de una longitud realista permite especificar y llevar a cabo las pruebas de aceptación en la puesta en servicio inicial en condiciones operacionales reales.

De manera similar, el CCIR y la CMTT han formulado modelos orientados a los medios y a la aplicación para su utilización en sus estudios. En las siguientes Recomendaciones se describen los modelos pertinentes.

- Recomendación 502-2 (Proyecto). Circuito ficticio de referencia para transmisiones radiofónicas. (Sistemas terrenales y sistemas del servicio fijo por satélite.)
- Recomendación 521-1. Trayecto digital ficticio de referencia para los sistemas del servicio fijo por satélite que utilizan la transmisión digital.
- Recomendación 556. Trayecto digital ficticio de referencia para sistemas de relevadores radioeléctricos para telefonía.

ANEXO A

(a la Recomendación G.801)

Aplicación de modelos ficticios de referencia en la formulación de objetivos de diseño de equipos

Un uso importante de los modelos ficticios de referencia es facilitar la distribución proporcional de objetivos de calidad de funcionamiento de red entre elementos componentes, antes de derivar los objetivos de diseño de equipo. Para lograr este objetivo satisfactoriamente, en la figura A-1/G.801 se muestra una representación en forma de diagrama del método adoptado por el CCITT para la formulación de objetivos de diseño de equipo.

El método reconoce que puede ser necesario establecer, a partir de la «XFR normalizada» una XFR más adecuada que tenga en cuenta mejor la utilización y el parámetro de calidad de funcionamiento de red específico en estudio. La adopción de este método facilitará la formulación de reglas que rijan la utilización de ciertos elementos digitales, tales como enlaces por satélites transcodificadores, memorias tampones, etc.

Se aconsejó a las Administraciones nacionales que elaboren sus propios modelos de red representativos que reflejen las características de su red digital nacional en evolución, a fin de validar «prima facie» la conformidad con las normas internacionales.

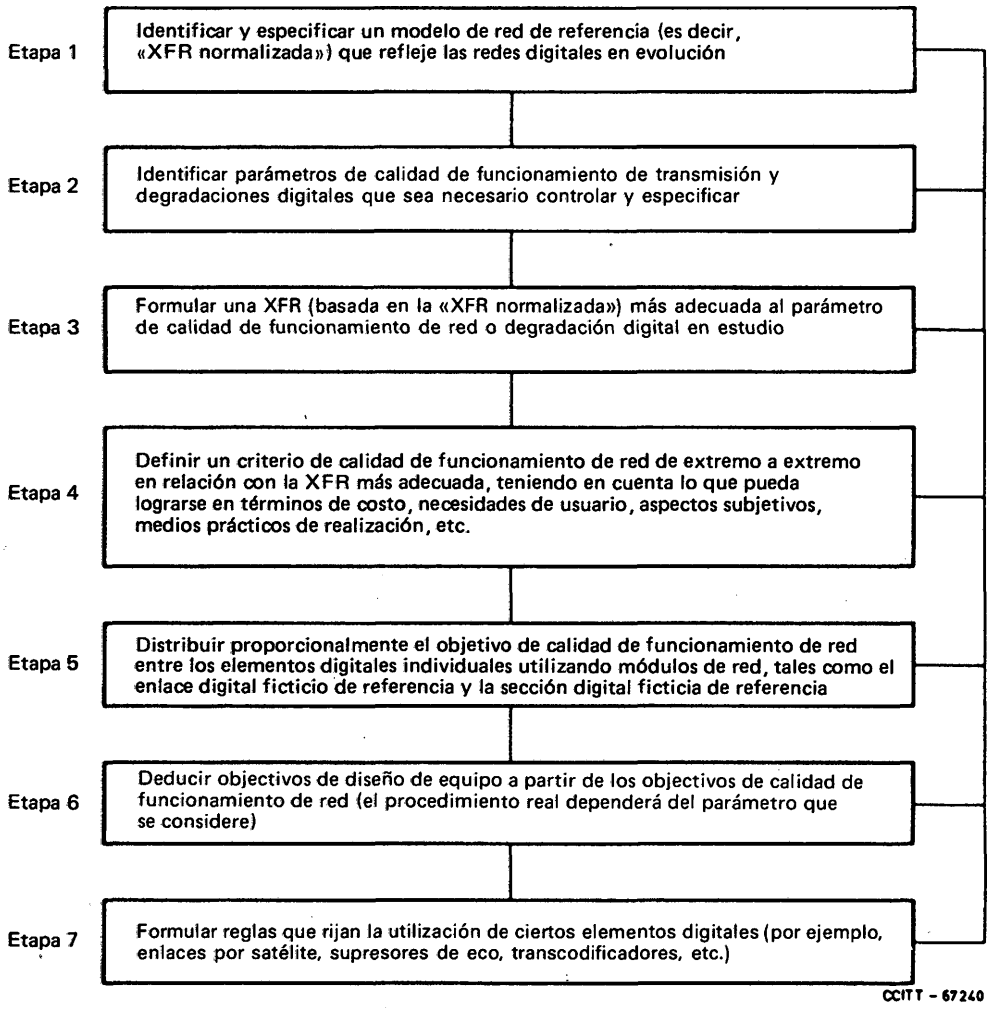


FIGURA A-1/G.801

Establecimiento de objetivos de diseño de equipos basado en la utilización de modelos de red

Recomendación G.802

INTERFUNCIONAMIENTO DE REDES BASADAS EN DIFERENTES JERARQUÍAS DIGITALES Y LEYES DE CODIFICACIÓN DE LAS SEÑALES VOCALES

(Antigua Recomendación G.722 del Tomo III del Libro Amarillo modificada posteriormente)

1 Introducción

Esta Recomendación trata los siguientes aspectos de interfuncionamiento entre redes para el transporte de información digital a 64 kbit/s:

- ley de codificación y regla de conversión para el interfuncionamiento entre redes que utilizan las diferentes leyes de codificación basadas en las Recomendaciones G.711, G.721 y G.722;
- jerarquía de interfuncionamiento entre redes que incorporan las diferentes jerarquías digitales basadas en la Recomendación G.702;
- disposiciones de interfuncionamiento entre redes que incorporan las diferentes jerarquías y leyes de codificación, e
- interconexión por funcionamiento plesiócrono entre redes que tienen sincronización independiente entre sí.

Esta Recomendación es aplicable también a las RDSI para el transporte de los canales B especificados en la Recomendación I.412.

Nota – Las especificaciones futuras sobre canales y sus velocidades binarias necesarias para soportar servicios de banda ancha de RDSI en aplicaciones de cliente a cliente podrían dar lugar a nuevas especificaciones de disposiciones de interfuncionamiento, distintas de las indicadas más adelante.

2 Terminología y definiciones

Los términos utilizados en esta Recomendación y no definidos, se describen en las Recomendaciones G.701 o I.112.

2.1 operación Z

Conversión de la señal de carácter de ley μ «00000000» (octeto todos ceros), en la señal de carácter de ley μ «00000010» en la que el «1» es el bit número 7 del octeto (véase la Recomendación G.711).

Nota – El número de bit indica el orden cronológico de los bits en procesamiento serie.

2.2 conversión de sistemas múltiplex 1,5/2 Mbit/s (CSM 1,5/2 Mbit/s)

Función que reúne las siguientes propiedades:

1) terminación de un enlace digital que funcione a un nivel jerárquico digital de 1544 kbit/s;
2) terminación de un enlace digital que funcione a un nivel jerárquico de interfuncionamiento de 2048 kbit/s; y
3) reorganización de canales de 64 kbit/s entre terminaciones digitales a 1544 kbit/s y 2048 kbit/s.

Nota – Los niveles jerárquicos y las estructuras de trama se especifican en las Recomendaciones G.702 y G.704, respectivamente.

2.3 requisito de densidad de impulsos a 1544 kbit/s

El requisito mínimo para una señal digital completa a 1544 kbit/s es que no haya más de 15 «0» binarios entre «1» binarios sucesivos y que la densidad media de «1» binarios sea por lo menos de uno cada 8 bits. Este requisito se debe al diseño de diversos sistemas existentes (véase la Recomendación G.703).

Además el requisito para una fuente estructurada en octetos en un enlace digital a 1544 kbit/s es que en todos los octetos haya al menos un «1» binario.

3 Capacidad de transferencia a 64 kbit/s sin restricciones de un enlace digital

Los sistemas de transmisión digital de introducción reciente deben disponer de capacidad para ofrecer independencia de la secuencia de bits en los enlaces digitales a 64 kbit/s. Esta capacidad debe activarse en cuanto pueda realizarse en la práctica la capacidad de transferencia a 64 kbit/s sin restricciones.

Sin embargo, durante un periodo de transición, puede proporcionarse por acuerdo bilateral, capacidad de transferencia a 56 kbit/s independiente de la secuencia de bits. (En el anexo A a esta Recomendación se indican limitaciones importantes en los formatos de datos transmitidos por el equipo terminal de datos de origen.)

4 Conversión de ley de codificación entre ley A y ley μ

4.1 *Ley de codificación de un enlace digital internacional*

Los enlaces digitales internacionales entre países que han adoptado leyes de codificación MIC diferentes (ley A o ley μ) deben transportar señales codificadas de acuerdo con la ley A especificada en la Recomendación G.711.

Si ambos países han adoptado la misma ley, debe utilizarse ésa en sus enlaces digitales.

4.2 *Regla de conversión*

La conversión ley A/ley μ necesaria entre países que han adoptado leyes de codificación MIC diferentes la realizará con arreglo a la Recomendación G.711 el país con ley μ. La conversión incluye la inversión de bits pares de la señal de carácter de ley A.

Nota – El emplazamiento de la función de conversión en un país con ley μ se considera asunto nacional que depende de la estructura de las redes digitales nacionales, y se deja a discreción de las Administraciones del país con ley μ.

4.3 *Control de la función de conversión*

En aplicaciones en la red pública conmutada, la activación/desactivación de la función de conversión debe estar bajo el control del sistema de conmutación internacional y se realizará llamada por llamada, según la categoría del servicio solicitado por el protocolo de señalización.

También debe ser posible activar/desactivar esta función de conversión manualmente y/o mediante un terminal de operador en régimen canal por canal o semipermanente. Esta capacidad sería necesaria para configurar circuitos de líneas arrendadas que no pasen a través del sistema de conmutación internacional, o si el sistema de conmutación internacional no fuera capaz de controlar dicha función.

Nota – En las Recomendaciones de las series I.300 e I.500 se especifica el control de la función de conversión en un entorno RDSI.

5 Jerarquía de interfuncionamiento

Para el interfuncionamiento internacional de redes que utilicen diferentes jerarquías digitales especificadas en la Recomendación G.702, debe emplearse la siguiente jerarquía de interfuncionamiento:

2048 – 6312 – 44 736 – 139 264 kbit/s.

No obstante, para el interfuncionamiento de redes con diferentes jerarquías digitales, pero con el nivel primario de 1544 kbit/s pueden utilizarse niveles distintos de los especificados para la jerarquía de interfuncionamiento mencionada (por ejemplo, 1544 kbit/s).

Nota 1 – Las redes nacionales con un nivel primario de 1544 kbit/s pueden ofrecer el tránsito de tráfico internacional a 6312 kbit/s, compuesto por tres señales de 2048 kbit/s o a 44 736 kbit/s que contenga veintiuna señales de 2048 kbit/s. Estas redes proporcionarán la propiedad de independencia de la secuencia de bits a 6312 y 44 736 kbit/s, y por tanto a 2048 kbit/s.

Nota 2 – Las estructuras de trama para las etapas de multiplexación 2048-6312 kbit/s, 6312-44 736 kbit/s y 44 736-139 264 kbit/s se especifican en las Recomendaciones G.747, G.752 y G.755, respectivamente.

6 Disposiciones de interfuncionamiento

De acuerdo con las especificaciones generales descritas en los puntos anteriores, el establecimiento de una interconexión digital internacional entre redes que utilizan las distintas jerarquías digitales y leyes de codificación de señales vocales debe conformarse a las disposiciones de interfuncionamiento indicadas en el cuadro 1/G.802.

7 Transporte de una señal a 1544 kbit/s dentro de una señal a 2048 kbit/s estructurada conforme a la Recomendación G.704

En el caso de aplicaciones de líneas arrendadas internacionales, puede considerarse la transmisión de señales de 1544 kbit/s mediante una correspondencia especial con señales de 2048 kbit/s punto a punto. El anexo B a esta Recomendación especifica el método para efectuar esa correspondencia.

Nota – No se excluye el posible desarrollo de correspondencias específicas de señales de 8488 ó 34 368 kbit/s con señales de 44 736 kbit/s.

8 Sincronización de un enlace digital internacional

8.1 *Enlaces no sincronizados con las redes nacionales*

En el caso de que redes nacionales sincronizadas independientemente estén interconectadas a través de un enlace digital internacional, cuya temporización sea independiente de las redes nacionales, el enlace debe operar en un modo plesiócrono con la exactitud especificada en la Recomendación G.811.

8.2 *Enlaces sincronizados con la red del país transmisor*

En el caso de que redes nacionales sincronizadas independientemente estén interconectadas a través de un enlace digital internacional, cuya temporización esté sincronizada con la red nacional del país transmisor la operación plesiócrona se realizará en el país receptor.

CUADRO 1/G.802

Disposiciones de interfuncionamiento

Tipo de Información	Voz o datos en banda local						Información no vocal		Información de señalización (Nota 1)	
Ley de codificación en el PRI (Nota 2) / Funciones	MIC G.711		MICDA G.721		MICDA-SB G.722		------		------	
Red (Nota 3)	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
CSM 1,5/2 Mbit/s	–	X	–	X	–	X	–	X	–	X
Conversión A/μ y μ/A	–	X	–	–	–	–	–	–	–	–
Operación Z	–	X (Nota 4)	–	X (Notas 4 y 5)	–	X (Notas 4 y 6)	–	X (Nota 4)	–	–
Transcodificación	–	–	X	X	–	–	–	–	–	–

– No se permite

X Puede aplicarse

Nota 1 – La información de señalización se transfiere por canales sin restricciones entre centros de conmutación internacional CCI.

Nota 2 – PRI = Punto de referencia de interfuncionamiento entre red A y red B.

Nota 3 – «A» es una red dentro del país que aplica la ley A y la jerarquía digital basada en 2048 kbit/s. «B» es una red dentro del país que aplica la ley μ y la jerarquía digital basada en 1544 kbit/s.

Nota 4 – La operación Z en el país con ley μ se aplicará cuando el enlace de ese país contenga sistemas de transmisión que tienen que satisfacer el requisito de densidad de impulsos; en este caso, no puede proporcionarse la capacidad de transferencia a 64 kbit/s sin retricciones debido al requisito de densidad de impulsos y a la capacidad de transferencia independiente de la secuencia de bits se limita a 56 kbit/s.

Nota 5 – Las señales digitales a 32 kbit/s, que son señales vocales o de datos en banda vocal codificadas de acuerdo con el algoritmo MICDA especificado en la Recomendación G.721, no contienen una palabra de código «0000» (Véase la Recomendación G.721.) Esto implica que, aun cuando exista el requisito de densidad de impulsos en el país con ley μ, estas señales no serán afectadas por la operación Z, y se transferirán transparentemente.

Nota 6 – Las señales audio a 64 kbit/s, cuando las señales audio que tienen la anchura de banda de 50 a 7000 Hz se codifican a 64, 56 ó 48 kbit/s de acuerdo con el algoritmo de codificación especificado en la Recomendación G.722, no contienen un octeto todos ceros (véase la Recomendación G.722.) Esto implica que, aun cuando exista el requisito de densidad de impulsos en el país con ley μ, estas señales no serán afectadas por la operación Z, y se transferirán transparentemente.

ANEXO A

(a la Recomendación G.802)

Repercursión en el equipo terminal diseñado para funcionar con capacidad de transferencia independiente de la secuencia de bits de 56 kbit/s

Durante un periodo de transición puede proporcionarse, por acuerdo bilateral, capacidad de transferencia a 56 kbit/s independiente de la secuencia de bits. En este caso, una capacidad de transferencia a 56 kbit/s independiente de la secuencia de bits requiere que el ETD de origen ponga el bit 8 de cada octeto a «1» binario. Esto debe hacerse en ambos extremos de la conexión digital, incluso si una porción de la conexión tiene capacidad de transferencia a 64 kbit/s sin restricciones. No mantener el bit 8 puesto a «1» binario hará que el octeto todos ceros se convierta en «00000010» por operación Z en el país con ley μ.

ANEXO B

(a la Recomendación G.802)

Método para establecer la correspondencia de una señal de 1544 kbit/s a una señal de 2048 kbit/s estructurada con arreglo a la Recomendación G.704

Se describe a continuación un modo de acomodar una señal síncrona de 1544 kbit/s, que puede estar estructurada o no, dentro de una trama de 2048 kbit/s con arreglo a la Recomendación G.704, con el propósito de proporcionar aplicaciones de líneas arrendadas a 1544 kbit/s solamente. La señal de 1544 kbit/s se transmite transparentemente sin tener en cuenta su estructura de trama, dentro de la señal de 2048 kbit/s.

Los 193 bits de un periodo arbitrario de 125 microsegundos de la señal de 1544 kbit/s deben acomodarse en una trama de 2048 kbit/s estructurada según la Recomendación G.704 de la siguiente forma:

IT 0: señal de alineación de trama según la Recomendación G.704

IT 1-15
IT 17-25
Bit 1 del IT 26 } 193 bits consecutivos de la señal de 1544 kbit/s

IT 16, 27-31: reservados para posible inclusión de información adicional hasta 384 kbit/s (Nota 2).

Nota 1 – En los casos en que sólo deba transportarse la señal de 1544 kbit/s, la temporización de la señal saliente de 1544 kbit/s (o 2048 kbit/s) debe derivarse de la señal entrante de 2048 kbit/s (o 1544 kbit/s) para cada sentido de transmisión.

Nota 2 – En algunos casos, por ejemplo, cuando la información se transporta en los intervalos de tiempo reservados, la temporización de la señal saliente debe poder ser detectada por el reloj nacional de referencia conforme con la Recomendación G.811. Ello requerirá el uso de memorias tampón de 125 μs para controlar los deslizamientos.

Nota 3 – La máxima capacidad a disposición de los usuarios extremos, para el transporte transparente de su información es de 1536 kbit/s, y no de 1544 kbit/s. Según la reglamentación nacional, algunas entidades de explotación de redes pueden ofrecer el uso de una parte del complemento de capacidad (overhead) de 8 kbit/s asociado con una señal de 1544 kbit/s para el control de la calidad de funcionamiento y la notificación de ésta.

8.1 Objetivos de diseño para las redes digitales

Recomendación G.810

CONSIDERACIONES SOBRE ASPECTOS DE TEMPORIZACIÓN Y SINCRONIZACIÓN

(Melbourne, 1988)

1 Generalidades

La presente Recomendación da información y orientación sobre las diversas Recomendaciones relativas a temporización y sincronización, así como un panorama de los aspectos fundamentales correspondientes.

2 Definiciones

reloj de referencia primario

Reloj de referencia que proporciona una señal de temporización con una desviación de frecuencia a largo plazo mantenida en un valor de $1 \cdot 10^{-11}$ o mejor con verificación con respecto al tiempo universal coordinado (UTC). Los requisitos para los relojes de referencia primarios se detallan en la Recomendación G.811.

Nota 1 – El reloj de referencia primario puede generar una señal de temporización completamente autónoma u otras referencias. El reloj de referencia primario también puede no ser completamente autónomo, en cuyo caso puede emplear control directo desde fuentes normalizadas de frecuencia y tiempo derivadas del UTC.

Nota 2 – Este reloj se denomina a veces reloj de estrato 1 (es decir, el reloj de mejor calidad de la red).

nodo de red síncrona

Punto geográfico en el que están interconectados uno o más equipos digitales síncronos.

nodo de tránsito

Nodo de red síncrona que enlaza con otros nodos y no directamente con el equipo de usuario.

nodo local

Nodo de red síncrona que enlaza el interfaz directamente con el equipo de usuario.

reloj subordinado

Reloj cuya salida de temporización está enganchada en fase a la señal de temporización recibida de un reloj de calidad superior. Los requisitos para los relojes subordinados se detallan en la Recomendación G.812.

Nota – El reloj subordinado de mejor calidad se denomina a veces reloj de nodo de tránsito, o reloj de estrato 2. El reloj de segunda mejor calidad se denomina a veces reloj de nodo local, o reloj de estrato 3.

fluctuación de fase

Variaciones a corto plazo de los instantes significativos de una señal digital con respecto a sus posiciones de referencia en el tiempo.

fluctuación de fase de temporización

Variaciones a corto plazo de los instantes significativos de una señal digital con respecto a sus posiciones ideales en el tiempo (a corto plazo significa que la frecuencia de las variaciones es inferior a 10 Hz).

fluctuación de fase de alineación

Diferencias a corto plazo entre los instantes de muestreo óptimo de una señal digital y un reloj de muestreo derivado de la misma.

fluctuación lenta de fase

Variaciones a largo plazo de los instantes significativos de una señal digital con respecto a sus posiciones ideales en el tiempo (a largo plazo significa que la frecuencia de las variaciones es inferior a 10 Hz).

Nota – Para los fines de esta Recomendación y las siguientes, esta definición de fluctuación lenta de fase no incluye la desviación de frecuencia integrada.

desviación de frecuencia

Desplazamiento subyacente en la frecuencia a largo plazo de una señal de temporización con respecto a su frecuencia ideal.

deslizamiento

Repetición o supresión de un bloque de bits en un tren de bits síncrono o plesiócrono debido a una discrepancia en las velocidades de lectura y de escritura en una memoria intermedia.

3 Descripción de las componentes de variación de fase

La variación de fase se divide normalmente en tres componentes: fluctuación de fase, fluctuación lenta de fase y desviación de frecuencia integrada. Además, las discontinuidades de fase debidas a perturbaciones transitorias tales como reencaminamiento de la red, conmutación automática de protección, etc., pueden también constituir una fuente de variación de fase.

4 Degradaciones causadas por la variación de fase

4.1 *Tipo de degradaciones*

4.1.1 *Errores*

Los errores pueden producirse en puntos de regeneración de la señal a consecuencia del desplazamiento de las señales de temporización con respecto a sus posiciones óptimas en el tiempo.

4.1.2 *Degradación de la información analógica digitalmente codificada*

La degradación de la información analógica digitalmente codificada puede producirse a consecuencia de la variación de fase de las muestras reconstituidas en el dispositivo de conversión digital-analógica al final de la conexión. Puede tener una influencia considerable en las señales de vídeo digitalmente codificadas.

4.1.3 *Deslizamientos*

Los deslizamientos se producen a consecuencia de la incapacidad de un almacenamiento intermedio del equipo (y/u otros mecanismos) para acomodar diferencias entre las fases y/o frecuencias de las señales entrante y saliente en casos en que la temporización de la señal saliente no se obtiene de la temporización de la señal entrante. Los deslizamientos pueden ser controlados o incontrolados según la estrategia de control de los deslizamientos.

4.2 *Control de las degradaciones*

4.2.1 *Errores*

El objeto de las especificaciones de fluctuación de fase de la red y del equipo es asegurar que la fluctuación de fase no repercuta en la característica de error de la red.

4.2.2 *Degradación de las señales analógicas digitalmente codificadas*

El objeto de las especificaciones de fluctuación de fase es proporcionar suficiente información para permitir a los diseñadores de equipo acomodar los niveles esperados de fluctuación de fase sin provocar degradaciones inaceptables.

4.2.3 *Deslizamientos*

Los deslizamientos pueden producirse en múltiplex asíncronos y diversos equipos síncronos. Dados los niveles especificados de variación de fase, la aparición de deslizamientos pueden reducirse al mínimo en los múdex asíncronos mediante la elección apropiadas de justificación y capacidad de memoria intermedia en los propios múldex. En los equipos síncronos, la aparición de deslizamientos puede reducirse al mínimo mediante la elección apropiada de capacidad de memoria intermedia y especificación rigurosa de las prestaciones del reloj.

Debe señalarse que es imposible eliminar los deslizamientos cuando existe una diferencia de frecuencia entre las señales de temporización entrante y saliente. Los objetivos de características de deslizamientos controlados de una conexión internacional se indican en la Recomendación G.822.

Pueden utilizarse diversas formas de equipo de alineación para reducir al mínimo la influencia de los deslizamientos. Son adecuadas para la terminación de señales digitales las dos formas de equipo de alineación siguientes:

- alineador de trama;
- alineador de intervalo de tiempo.

4.2.3.1 Cuando se utiliza un alineador de trama, un deslizamiento consistirá en la inserción o supresión de un conjunto de dígitos consecutivos equivalente a una trama. En el caso de las estructuras de trama definidas en la Recomendación G.704, el deslizamiento puede consistir en una trama completa. Es importante que los retardos máximo y medio introducidos por el alineador de trama sean lo más pequeños posible para reducir al mínimo el retardo. Es también importante que, después de que el alineador de trama produzca un deslizamiento, sea capaz de absorber nuevos cambios sustanciales en el tiempo de llegada de las señales de alineación de trama antes de que sea necesario otro deslizamiento.

4.2.3.2 Cuando se utiliza un alineador de intervalo de tiempo, un deslizamiento consistirá en la inserción o supresión de ocho posiciones de dígito consecutivas de un intervalo de tiempo de canal en uno o más canales a 64 kbit/s. Como los deslizamientos pueden producirse en diferentes canales en diferentes tiempos, se necesitarán disposiciones de control especiales en los conmutadores si ha de mantenerse la integridad de la secuencia de octetos de los servicios de múltiplex intervalos de tiempo.

5 Objeto de las especificaciones de variación de fase

5.1 *Fluctuación de fase*

Los requisitos de fluctuación de fase indicados en las Recomendaciones G.823 y G.824 pertenecen a dos categorías básicas:

- especificación de la máxima fluctuación de fase admisible a la salida de los interfaces jerárquicos;
- especificaciones de prueba de resistencia a la fluctuación de fase sinusoidal para asegurar que los puertos de salida puedan acomodar los niveles esperados de fluctuación de fase de la red.

Pueden verse requisitos adicionales de fluctuación de fase en las Recomendaciones apropiadas relativas a los equipos.

5.2 *Fluctuación lenta de fase y desviación de frecuencia a largo plazo*

Los requisitos correspondientes de fluctuación lenta de fase pertenecen a las categorías siguientes:

i) máxima fluctuación lenta de fase admisible a la salida de nodos de red síncrona;

ii) pruebas de resistencia para asegurar que los puertos de entrada de equipo síncrono puedan acomodar los niveles esperados de fluctuación lenta de fase;

iii) las especificaciones de fluctuación lenta de fase para relojes de referencia primarios y subordinados pueden incluir:

   a) fluctuación lenta de fase intrínseca de salida en condiciones de funcionamiento ideal;

   b) fluctuación lenta de fase intrínseca de salida en condiciones de funcionamiento en régimen libre;

   c) fluctuación lenta de fase de salida en condiciones de prueba en régimen forzado;

   d) característica de transferencia de fluctuación lenta de fase.

El objeto de estas Recomendaciones es no sólo especificar límites de acumulación de fluctuación lenta de fase admisible en los trayectos de transmisión, sino también de acumulación de fluctuación lenta de fase en los trayectos de distribución de sincronización producida por relojes en cascada.

6 Estructura de las redes de sincronización

6.1 *Modos de sincronización*

Las redes internacionales trabajan normalmente entre sí en modo plesiócrono.

En materia de sincronización, las redes nacionales pueden ser de los siguientes tipos:

- totalmente sincronizadas, controladas por uno o varios relojes de referencia primarios;
- totalmente plesiócronas;
- mixtas, en las cuales las subredes sincronizadas son controladas por uno o varios relojes de referencia primarios que funcionan plesiócronamente entre sí.

6.2 *Redes de sincronización*

Hay dos métodos fundamentales de sincronización de los relojes nodales:

- sincronización director (o maestro)-subordinado;
- sincronización mutua.

El sistema de sincronización directo-subordinado tiene un solo reloj de referencia primario al que están enganchados en fase todos los demás relojes. La sincronización se obtiene transmitiendo la señal de temporización de un reloj al siguiente. Pueden establecerse jerarquías de relojes subordinando algunos relojes a relojes de orden superior, que a su vez hacen de relojes maestros con otros de orden inferior.

En un sistema de sincronización mutua todos los relojes están interconectados; no hay ninguna estructura jerárquica subyacente ni reloj de referencia primario único.

Algunas estrategias de sincronización prácticas combinan las técnicas de sincronización director-subordinado y de sincronización mutua.

Recomendación G.811

REQUISITOS DE TEMPORIZACIÓN EN LAS SALIDAS DE RELOJES DE REFERENCIA PRIMARIOS ADECUADOS PARA LA EXPLOTACIÓN PLESIÓCRONA DE ENLACES DIGITALES INTERNACIONALES

(Melbourne, 1988)

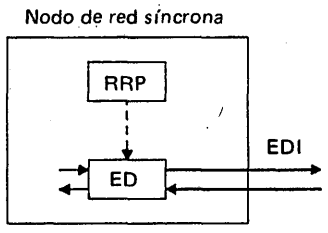
1 Generalidades

1.1 *Conexiones internacionales y consideraciones sobre la sincronización de la red*

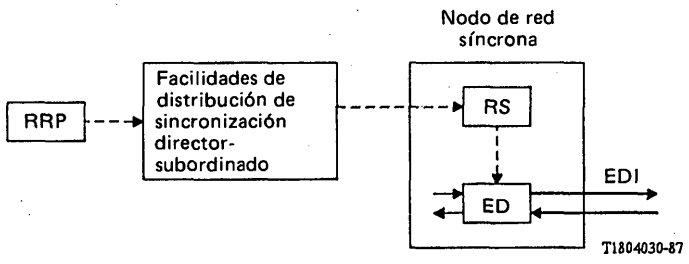
Las redes digitales nacionales, que pueden tener diversos tipos de organización de la sincronización interna, estarán normalmente conectadas mediante enlaces internacionales de funcionamiento plesiócrono. Los centros de conmutación internacionales (CCI) se interconectarán directa o indirectamente a través de uno o más CCI intermedios, como se indica en la conexión ficticia de referencia (XFR) representada en la figura 1/G.801.

Las conexiones internacionales terminan en nodos de red síncrona que pueden estar situados en el mismo emplazamiento que un reloj de referencia primario. Estos nodos de red pueden incluir relojes subordinados. Por tanto, las especificaciones de los relojes de nodos de red síncrona son esenciales para asegurar una explotación satisfactoria de los enlaces digitales internacionales plesiócronos.

La figura 1/G.811 ilustra las dos conexiones internacionales alternativas antes descritas.



a) Caso 1 – Nodo de red síncrona que incluye un reloj de referencia primario



b) Caso 2 – Nodo de red síncrona que incluye un reloj de referencia primario

RRP Reloj de referencia primario
RS Reloj subordinado
ED Equipo digital, tal como central digital o múldex digital
EDI Enlace digital internacional

Nota – Deben estudiarse otros casos.

FIGURA 1/G.811

Conexiones internacionales que terminan en nodos de red síncrona

1.2 *Objeto de la presente Recomendación*

El objeto de esta Recomendación es especificar los requisitos de los relojes de referencia primarios, favorecer la comprensión de los correspondientes requisitos de temporización para la explotación plesiócrona de los enlaces digitales internacionales, y esclarecer la relación de los requisitos de los nodos de red síncrona, los relojes constitutivos y el empleo de sistemas de satélite.

Las Administraciones, pueden aplicar esta Recomendación, según su propio criterio a relojes de referencia primarios distintos de los utilizados en relación con los enlaces digitales internacionales.

1.3 *Interacción entre explotación internacional plesiócrona y síncrona*

Es importante que las Recomendaciones relativas a la explotación plesiócrona no excluyan la posibilidad de introducir más adelante la sincronización internacional.

Cuando coexistan la explotación plesiócrona y la síncrona dentro de la red internacional, los nodos tendrán que admitir ambos tipos de funcionamiento. Por esta razón, es importante que las señales de control de la sincronización no provoquen desviaciones a corto plazo en las exactitudes de los relojes, que son inadmisibles en la explotación plesiócrona. Las magnitudes de las desviaciones a corto plazo deberán ajustarse a las especificaciones del § 2.2.

1.4 *Máximo error en el intervalo de tiempo y su relación con la desviación de frecuencia*

El máximo error en el intervalo de tiempo (MEIT) es la máxima variación entre crestas del retardo temporal de una señal de temporización dada, con respecto a una señal de temporización ideal comprendida en un periodo de tiempo ideal (figura 2/G.811); por ejemplo, MEIT(S) = máx $x(t)$-mín $x(t)$ para todo t del intervalo S.

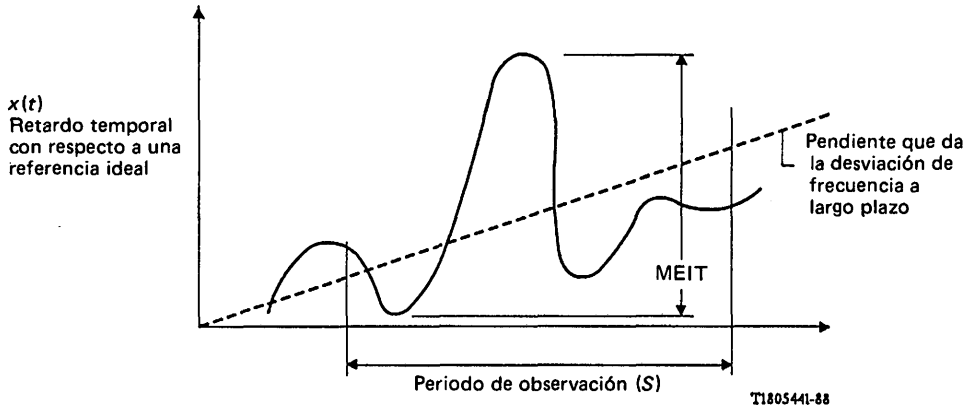


FIGURA 2/G.811

Definición de máximo error de intervalo de tiempo

La desviación de frecuencia a largo plazo ($\Delta f/f$) viene determinada por el cociente entre el MEIT y el intervalo de observación S, cuando S aumenta.

Nota – La definición rigurosa y la medición de la desviación de frecuencia a largo plazo en los relojes debe ser objeto de ulterior estudio.

2 Desviación de frecuencia a largo plazo y estabilidad de fase de los relojes de referencia primarios

Un reloj de referencia primario controla la sincronización de toda la red. Es necesario especificar la desviación de frecuencia a largo plazo y la estabilidad de fase del reloj de referencia primario, y formular directrices sobre los aspectos asociados a las características de degradación e indisponibilidad. La definición de reloj primario de referencia figura en la Recomendación G.810.

2.1 *Desviación de frecuencia a largo plazo*

Todos los relojes de referencia primarios deben ser diseñados para una desviación de frecuencia a largo plazo no superior a 10^{-11}. La desviación de frecuencia a largo plazo de 1×10^{-11} es unos dos órdenes de magnitud mayor que la incertidumbre del Tiempo Universal Coordinado (UTC). Por tanto, el UTC debe ser la referencia para la desviación de frecuencia a largo plazo. (Véase el Informe 898 del CCIR.)

La tasa media teórica a largo plazo de aparición de deslizamientos de trama o de octetos controlados (es decir, la tasa de deslizamientos de diseño, basada en condiciones ideales, sin perturbaciones) en cualquier canal a 64 kbit/s no será, en consecuencia, superior a uno cada 70 días por cada enlace internacional digital (véase la Recomendación G.822).

Nota 1 – Algunas Administraciones, basándose en la actual tecnología de los relojes primarios de referencia, son partidarias de que la desviación de frecuencia de un reloj de referencia primario no sea superior a 7×10^{-12}.

Nota 2 – La tecnología del haz de cesio permite obtener relojes de referencia primarios que cumplen esta especificación.

2.2 *Estabilidad de fase*

La estabilidad de fase de un reloj puede describirse por sus variaciones de fase, que a su vez pueden dividirse en un cierto número de componentes:

- discontinuidades de fase debidas a perturbaciones transitorias;
- variaciones de fase a largo plazo (fluctuación lenta de fase y desviación integrada de frecuencia);
- variaciones de fase a corto plazo (fluctuación de fase).

En el anexo A a esta Recomendación se describe un modelo de estabilidad de fase para relojes de referencia primarios.

2.2.1 *Discontinuidades de fase*

Los relojes de referencia primarios necesitan una fiabilidad muy alta y es probable que incluyan equipo duplicado, a fin de asegurar la continuidad de salida. Sin embargo, toda discontinuidad de fase, debida a operaciones internas en el reloj, no deberá producir, más que un alargamiento o acortamiento de la anchura del intervalo de la señal de temporización, y no causará una discontinuidad superior a 1/8 de intervalo unitario a la salida del reloj. (Esto se refiere a las señales de salida a 1544 kbit/s o 2048 kHz del § 4. La especificación de otros interfaces está en estudio.)

2.2.2 *Variaciones de fase a largo plazo*

La máxima variación de fase a largo plazo admisible de la salida de un reloj de referencia primario (sinusoidal o por impulsos), cuya salida se expresa mediante el MEIT.

El MEIT en un periodo de S segundos no excederá los siguientes límites:

a) $100\ S$ ns durante el intervalo $0{,}05 < S \leqslant 5$

b) $(5\ S + 500)$ ns durante el intervalo $5 < S \leqslant 500$

c) $(0{,}01\ S + X)$ ns para valores de $S > 500$.

La asíntota designada por 10^{-11} se refiere a la desviación de frecuencia a largo plazo especificada en el § 2.1.

El valor de X está en estudio. Se recomienda de forma provisional que $X = 3000$ ns. Ciertas Administraciones respaldan un valor de 1000 ns.

Nota 1 – Para la medición de las variaciones de fase a largo plazo, se sugiere la utilización de un filtro paso bajo de 10 Hz.

Nota 2 – La Recomendación sobre el MEIT requiere ulterior estudio.

Nota 3 – La especificación global se muestra en la figura 3/G.811.

2.2.3 *Variaciones de fase a corto plazo*

Existen hoy en día realizaciones prácticas de relojes que pueden presentar algunas componentes de inestabilidad de alta frecuencia. Está en estudio la especificación de la máxima variación de fase admisible a corto plazo de un reloj de referencia primario debida a la fluctuación de fase.

3 Degradación del comportamiento de un reloj de referencia primario

Para conseguir la alta fiabilidad requerida, un reloj de referencia primario está dotado de redundancia, por ejemplo, con la incorporación de varios osciladores de haz de cesio, utilizándose en un momento dado la salida de uno solo de ellos. Si la frecuencia se desvía considerablemente del valor nominal, debe detectarse esta desviación y efectuarse la conmutación a un oscilador no degradado lo antes posible. Esta conmutación debe realizarse antes de excederse la especificación de MEIT.

Con la actual tecnología, la precisión de un reloj de referencia primario está estadísticamente muy por debajo de la especificación del MEIT de la figura 3/G.811.

4 Interfaces

El interfaz preferido para la señal de temporización cumple la Recomendación G.703, § 10, es decir, un interfaz a 2048 kHz. Por acuerdo entre las entidades de explotación o los fabricantes de equipo, la señal de temporización puede entregarse igualmente en otros interfaces físicos diferentes (por ejemplo, señal de velocidad primaria 1544 kbit/s, 1 MHz, 5 MHz o 10 MHz).

5 Utilización de sistemas de satélite en una red digital plesiócrona internacional

Se recomienda que el enlace se haga funcionar en un modo plesiócrono utilizando una fuente de gran exactitud (1×10^{-11}) para la temporización AMDT por satélite. Los enlaces por satélite internacionales terminarán en nodos de red cuya temporización cumpla las Recomendaciones G.823 y G.824.

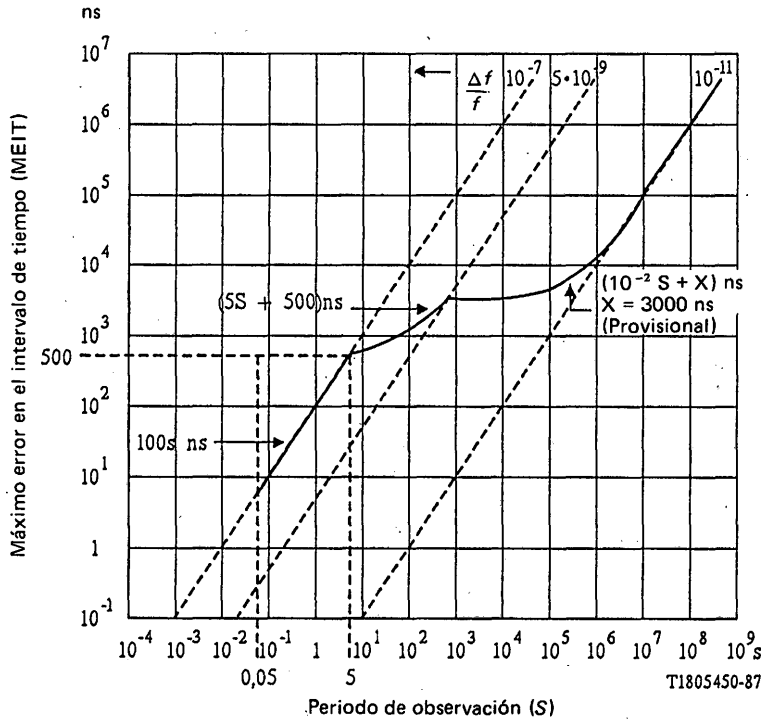


FIGURA 3/G.811

Máximo error en el intervalo de tiempo (MEIT) admisible debido a las variaciones de fase a largo plazo en función del periodo de observación *S* para un reloj de referencia primario

6 Directrices para medir la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase

La verificación del cumplimiento de las especificaciones de fase y de fluctuación de fase requiere metodologías de medición normalizadas para eliminar ambigüedades en las mediciones y en la interpretación y comparación de sus resultados. El suplemento N.° 3.8 (serie 0) y el suplemento N.° 35 que figura al final del presente fascículo dan directrices para medir la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase.

ANEXO A

(a la Recomendación G.811)

Caracterización de la estabilidad de fase de reloj primario de referencia

Puede emplearse el siguiente modelo de estabilidad de fase para caracterizar los relojes de referencia primarios. Supóngase que $x(t)$ representa el error de intervalo de tiempo de un reloj sincronizado a $t = 0$, y en funcionamiento libre en el UTC siguiente. $x(t)$ puede definirse como

$$x(t) = y_0 t + \left(\frac{D}{2}\right) t^2 + e(t)$$

donde

D es la deriva de frecuencia lineal normalizada por unidad de tiempo (envejecimiento),

y_0 es la desviación de frecuencia inicial con respecto al UTC, y

$e(t)$ es la componente de error aleatoria.

Puede obtenerse la estimación de la desviación típica de $x(t)$, y utilizarse para caracterizar la inestabilidad de fase.

$$\sigma_x(t) = \left(\frac{D}{2}\right) t^2 + t \sqrt{\sigma_{y_0}^2 + \sigma_y^2(\tau = t)}$$

donde

σ_y^2 es la varianza bimuestral de la desviación de frecuencia inicial, y,

$\sigma_y^2(\tau)$ es la varianza Allan bimuestral que describe la inestabilidad de frecuencia aleatoria del reloj.

Recomendación G.812

REQUISITOS DE TEMPORIZACIÓN EN LAS SALIDAS DE RELOJES SUBORDINADOS ADECUADOS PARA LA EXPLOTACIÓN PLESIÓCRONA DE ENLACES DIGITALES INTERNACIONALES

(Melbourne, 1988)

1 Generalidades

1.1 *Objeto de la presente Recomendación*

El objeto de esta Recomendación es especificar los requisitos de los relojes subordinados y favorecer la comprensión de los correspondientes requisitos de temporización para la explotación plesiócrona de los enlaces digitales internacionales.

Nota – Las Administraciones pueden aplicar esta Recomendación, según su propio criterio, a relojes subordinados distintos de los utilizados en relación con el tráfico internacional. El suplemento N.° 35 da directrices sobre un método adecuado para medir el comportamiento de los relojes con respecto a esta Recomendación.

1.2 *Máximo error relativo en el intervalo de tiempo*

El concepto de máximo error relativo en el intervalo de tiempo (MERIT) resulta útil para especificar el funcionamiento de un reloj subordinado. El MERIT es análogo al MEIT definido en la Recomendación G.811, pero está referido a un oscilador práctico de alta calidad en vez de al UTC.

2 Estabilidad de fase de los relojes subordinados

La estabilidad de fase de un reloj subordinado puede describirse por sus variaciones de fase, que a su vez pueden dividirse en un cierto número de componentes:

- discontinuidades de fase debidas a perturbaciones transitorias;
- variaciones de fase a largo plazo (fluctuación lenta de fase y desviación integrada de frecuencia);
- variaciones de fase a corto plazo (fluctuación de fase).

En el anexo A a esta Recomendación se describe un modelo de estabilidad de fase para relojes subordinados.

2.1 *Discontinuidad de fase*

En los casos, infrecuentes, de comprobación o reconfiguración internas en el reloj subordinado, deben satisfacerse las siguientes condiciones:

- la variación de fase durante un periodo de hasta 2^{11} IU no debe exceder 1/8 de IU;
- durante los periodos superiores a 2^{11} IU, la variación de fase para cada intervalo de 2^{11} IU no debe exceder 1/8 IU, hasta un total de 1 µs,

donde IU es el inverso de la velocidad binaria del interfaz.

2.2 *Variaciones de fase a largo plazo*

Los requisitos de estabilidad de fase de los relojes subordinados deben tener en cuenta su comportamiento en entornos de red reales. Degradaciones tales como la fluctuación de fase, las ráfagas de errores y las interrupciones son características intrínsecas de los medios de distribución de la temporización. Las siguientes especificaciones se basan en el modelo de estabilidad de fase de un reloj subordinado descrito en el anexo. El modelo caracteriza el comportamiento real del reloj, reflejando las condiciones forzadas en que los relojes deben funcionar de forma aceptable en las redes reales. Existen tres categorías de funcionamiento del reloj que requieren especificaciones:

i) ideal;

ii) en régimen forzado;

iii) en régimen libre.

2.2.1 *Funcionamiento ideal*

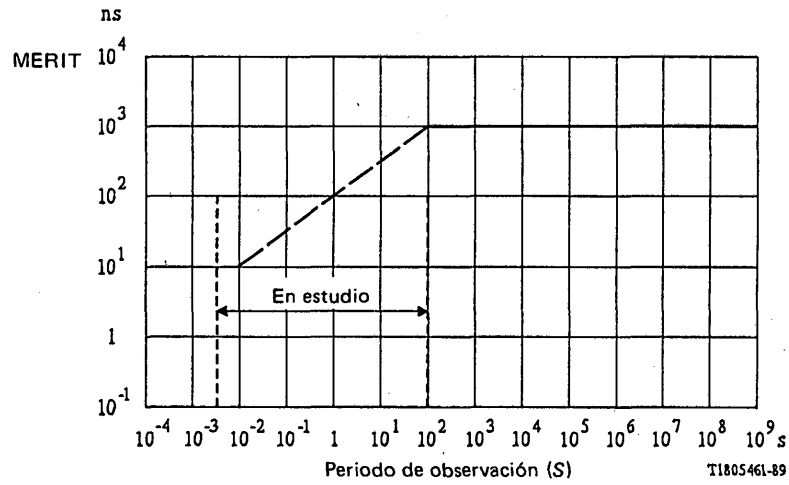
Esta categoría de funcionamiento refleja el comportamiento de un reloj en condiciones en que no existen degradaciones de la referencia o referencias de temporización de entrada.

El MERIT a la salida del reloj subordinado no debe, en ningún periodo de S segundos, exceder los siguientes límites provisionales:

1) $0{,}05 < S < 100$: esta gama requiere estudio ulterior;

2) 1000 ns para $S \geqslant 100$.

La especificación global resultante se resume en la figura 1/G.812.



Nota – Para la medición de las variaciones a largo plazo, se sugiere la utilización de un filtro paso bajo de 10 Hz con una caída de 20 dB/década.

FIGURA 1/G.812

Máximo error relativo en el intervalo de tiempo (MERIT) admisible debido a las variaciones de fase a largo plazo en función del periodo de observación S para un reloj subordinado en funcionamiento ideal

2.2.2 *Funcionamiento en régimen forzado*

Esta categoría de funcionamiento refleja el comportamiento real de un reloj considerando la influencia de las condiciones reales (forzadas) de funcionamiento. Las condiciones forzadas incluyen los efectos de la fluctuación de fase, las actividades de conmutación de protección y las ráfagas de errores. El resultado de éstas condiciones forzadas son degradaciones de la temporización, que se tratan en el anexo.

Los requisitos relativos al funcionamiento en régimen forzado están en estudio.

2.2.3 *Funcionamiento en régimen libre*

Esta categoría de funcionamiento refleja el funcionamiento de un reloj en las ocasiones infrecuentes en que un reloj subordinado pierde la referencia durante un periodo de tiempo significativo.

El MERIT (véase el § 1.2 y la Recomendación G.811) a la salida del reloj subordinado no debe, en ningún periodo de S segundos, exceder los siguientes límites provisionales:

$$\text{Para } S \geqslant 100,\ \text{MERIT}(S) = (aS + 1/2\ bS^2 + c)\ \text{ns}$$

donde los parámetros, a, b y c son los que se proponen en el cuadro 1/G.812 de forma provisional (nota 5).

CUADRO 1/G.812

	Reloj de nodo de tránsito [a] (Reloj de estrato 2)	Reloj de nodo local [a] (Reloj de estrato 3)
a	0,5 (Nota 1)	10,0 (Nota 3)
b	$1{,}16 \times 10^{-5}$ (Nota 2)	$2{,}3 \times 10^{-4}$ (Nota 4)
c	1000 (Nota 6)	1000 (Nota 6)

[a] Para estas definiciones véase la Recomendación G.810.

Nota 1 – Corresponde a un desplazamiento de frecuencia inicial de 5×10^{-10}.

Nota 2 – Corresponde a una deriva de frecuencia de 1×10^{-9}/día.

Nota 3 – Corresponde a un desplazamiento de frecuencia inicial de 1×10^{-8}.

Nota 4 – Corresponde a una deriva de frecuencia de 2×10^{-8}/día.

Nota 5 – Efectos de la temperatura: el efecto de los cambios de la temperatura ambiente sobre el comportamiento de un reloj subordinado en nodo en régimen libre precisa ulterior estudio.

Nota 6 – Tiene en cuenta cualquier MERIT que pueda haber existido al comienzo del funcionamiento «en régimen libre», y los efectos de la reconfiguración interna, etc., del reloj (y, si se aplica, de la distribución de la temporización). En cualquier caso, se estipula una transición gradual entre el funcionamiento «ideal», y el «en régimen libre».

La especificación total resultante se resume en la figura 2/G.812.

2.3 *Variaciones de fase a corto plazo*

Existen realizaciones prácticas de relojes que pueden presentar algunas componentes de inestabilidad de fase de alta frecuencia. Está en estudio la máxima variación de fase admisible a corto plazo de un reloj subordinado debida a la fluctuación de fase.

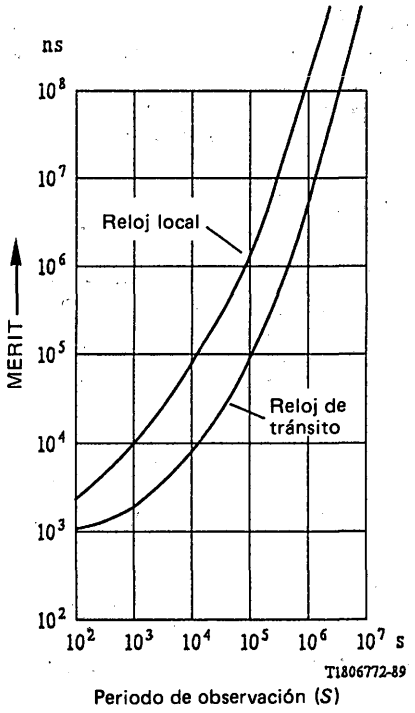


FIGURA 2/G.812

Máximo error relativo en el intervalo de tiempo (MERIT) admisible debido a las variaciones de fase a largo plazo en función del periodo de observación S para un reloj subordinado en funcionamiento en régimen libre

ANEXO A

(a la Recomendacion G.812)

Caracterización de la estabilidad de fase de un reloj subordinado

A.1 El modelo de reloj subordinado viene dado por la siguiente ecuación:

$$x(t) = y_{bias} \cdot t + \left(\frac{D}{2}\right) t^2 + e_{mp}(t) + \int_{\tau=0}^{\tau=t} e_{mf}(\tau)\, d\tau$$

donde

$x(t)$ es la salida fase-tiempo con relación a la entrada de referencia (dimensión tiempo)

y_{bias} es el desplazamiento de frecuencia fraccionario residual que puede producirse como consecuencia de los fenómenos de interrupción en la entrada de referencia (sin dimensiones)

D es la componente lineal de deriva de frecuencia cuando el reloj está en la condición de funcionamiento en régimen libre (dimensión 1/tiempo)

$e_{mp}(t)$ es una componente de modulación de fase (MP) de ruido blanco asociada a la inestabilidad a corto plazo del reloj (dimensión de tiempo)

$e_{mf}(\tau)$ es una componente fraccionaria de modulación de frecuencia (MF) de ruido blanco asociada al proceso de interrupción de la referencia (sin dimensiones).

Este modelo de reloj se entiende mejor considerando tres categorías de funcionamiento de reloj:

- funcionamiento ideal;
- funcionamiento en régimen forzado;
- funcionamiento en régimen libre.

A.1.1 *Funcionamiento ideal*

En los intervalos de observación cortos fuera de la anchura de banda de seguimiento del bucle de enganche de fase, la estabilidad de la señal de temporización a la salida viene determinada por la estabilidad a corto plazo de la base de tiempos del sincronizador local. En ausencia de interrupciones de la referencia, la estabilidad de la señal de temporización de salida se comporta asintóticamente como un proceso MP de ruido blanco, a medida que aumenta el periodo de observación hasta hallarse dentro de la anchura de banda de seguimiento del bucle de enganche de fase. La salida del reloj puede verse como una superposición del ruido de alta frecuencia del oscilador local sobre la parte de baja frecuencia de la señal de referencia de entrada. En el funcionamiento con enganche de fase, el ruido de alta frecuencia debe limitarse, y está incorrelacionado (blanco), durante largos periodos de observación con respecto a la anchura de banda del bucle de enganche en fase.

En condiciones ideales, el único parámetro distinto de cero del modelo es la componente MP de ruido blanco.

A.1.2 *Funcionamiento en régimen forzado*

En presencia de interrupciones, la estabilidad de la señal de temporización de salida se comporta como un proceso MF de ruido blanco, a medida que el periodo de observación aumenta hasta hallarse dentro de la anchura de banda de seguimiento del bucle de enganche en fase. La presencia de MF de ruido blanco puede justificarse por el simple hecho de que, en general, los relojes de red extraen intervalos de tiempo en vez de tiempos absolutos de la referencia de tiempo. Una interrupción es, por naturaleza, un periodo corto, en el que no está disponible el intervalo de tiempo de referencia. Cuando se restablece la referencia existe cierta ambigüedad en cuanto a la diferencia de tiempo real entre el reloj local y la referencia. Según la complejidad de la reconstrucción de la fase del reloj, pueden producirse varios niveles de error residual de fase para cada interrupción. Existe una componente aleatoria que es independiente de un fenómeno de interrupción al siguiente, y que se traduce en una fluctuación aleatoria de fase, es decir, una fuente de ruido MF de ruido blanco.

Además de la componente MF de ruido blanco, los fenómenos de interrupción pueden traducirse realmente en un desplazamiento de frecuencia entre el reloj y su referencia. Este desplazamiento de frecuencia (y_{bias}) es consecuencia de una desviación sistemática en la reconstrucción de fase cuando se restablece la referencia. Este es un punto crucial. Las consecuencias de este efecto consisten en que, en los entornos de red reales, existe cierta acumulación de desplazamientos de frecuencia a lo largo de la cadena de relojes. Así pues, los relojes controlados por un mismo reloj de referencia primario funcionan de hecho en forma plesiócrona, hasta cierto punto.

Para resumir, en condiciones forzadas los parámetros distintos de cero del modelo de reloj son la componente de ruido blanco MF (e_{mf}) y la componente de desplazamiento de frecuencia (y_{bias}). La categoría de funcionamiento forzado refleja una caracterización realista del funcionamiento «normal» de un reloj.

A.1.3 *Funcionamiento en régimen libre*

En el funcionamiento en régimen libre, las componentes clave del modelo de reloj son la deriva de frecuencia (D) y el desplazamiento inicial de frecuencia (y_{bias}). El término deriva tiene en cuenta el envejecimiento significativo asociado a los osciladores de cuarzo. El desplazamiento de frecuencia inicial guarda relación con la posibilidad intrínseca de fijar la frecuencia del oscilador local.

A.2 *Relación del modelo de reloj subordinado con la característica de EIT*

Es útil considerar la relación entre el modelo de reloj y el error en el intervalo de tiempo (EIT) que se esperaría. Se propone la utilización de la varianza Allan bimuestral para describir la parte estocástica del modelo de reloj. Para las tres categorías de funcionamiento se aplican las siguientes ecuaciones:

Ideal

$$\sigma_{EIT} = \sqrt{3\sigma_y^2(\tau = t) \cdot t}$$

En régimen forzado

$$\sigma_{EIT} = \sqrt{\sigma_{bias}^2 + \sigma_y^2(\tau = t) \cdot t}$$

En régimen libre

$$\sigma_{EIT} = \left(\frac{D}{2}\right) t^2 + \sqrt{\sigma_{bias}^2 + \sigma_y^2(\tau = t) \cdot t}$$

donde

σ_{EIT} es la desviación típica del error relativo de intervalo de tiempo de la salida de reloj con relación a la referencia en el tiempo de observación t;

$\sigma_y(\tau)$ es la desviación típica bimuestral que describe la fluctuación aleatoria del reloj, y

σ_{bias} describe la desviación típica bimuestral del sesgo de frecuencia.

A.3 *Directrices relativas a la medición de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase*

La verificación del cumplimiento de las especificaciones de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase requiere metodologías de medición normalizadas, para eliminar las ambigüedades en las mediciones y en la interpretación y comparación de sus resultados. Las directrices para la medición de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase figuran en el suplemento N.° 35.

8.2 Objetivos de calidad y disponibilidad

Recomendación G.821

CARACTERÍSTICA DE ERROR DE UNA CONEXIÓN DIGITAL INTERNACIONAL QUE FORME PARTE DE UNA RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS

(Ginebra, 1980; modificada posteriormente)

El CCITT,

considerando

(a) que es previsible que en el futuro los servicios se basen en el concepto de red digital de servicios integrados (RDSI);

(b) que los errores constituyen una gran fuente de degradación, por afectar a los servicios vocales en forma de distorsión de la voz y a los servicios de tipo datos en forma de pérdida o inexactitud de información, o en forma de reducción del caudal;

(c) que aunque es probable que predominen los servicios vocales, la RDSI tiene que transmitir una amplia variedad de tipos de servicios, por lo que es conveniente disponer de una especificación unificada;

(d) que la Recomendación G.102 contiene una explicación de los objetivos de calidad de funcionamiento de la red y su relación con los objetivos de diseño,

recomienda

que dentro del siguiente alcance y definiciones, se cumplan los requisitos expuestos en el cuadro 1/G.821 y en los puntos subsiguientes.

1. *Alcance y definiciones*

1.1 Los objetivos de calidad se aplican a cada sentido de una conexión con conmutación de circuitos a 64 kbit/s para tráfico vocal o un «canal portador» para servicios de tipo datos.

1.2 La Recomendación I.325 expone las configuraciones de referencia para los tipos de conexión de la RDSI que se enumeran en la Recomendación I.340. En el contexto de la característica de error de los tipos de conexión con conmutación de circuitos a 64 kbit/s, y de la asignación de calidad a los elementos de conexión, se muestran en la figura 1/G.821 una conexión ficticia de referencia (XFR) totalmente digital. Su longitud máxima es de 27 500 km, y se deriva de la conexión ficticia de referencia normalizada de la figura 1/G.821 y de la configuración de referencia de la figura 3/I.325.

1.3 El objetivo de calidad de funcionamiento se especifica en términos de **parámetros de características de error**, cada uno de los cuales se define como sigue:

Porcentaje de periodos de promediación de duración de T_0 cada uno, en los que la tasa de errores en los bits (TEB) sobrepasa un valor umbral. El porcentaje se determina a lo largo de un intervalo de tiempo T_L mucho mayor (véase el cuadro 1/G.821, nota 3).

Debe señalarse que el tiempo total (T_L) se divide en dos partes, a saber, el tiempo durante el cual la conexión se considera disponible y el tiempo en que está indisponible (véase el anexo A).

Los requisitos relativos al porcentaje admisible de tiempo indisponible serán objeto de una Recomendación separada.

1.4 En el enunciado de los objetivos se utilizan las siguientes TEB intervalos:

a) TEB de menos de 1×10^{-6} para $T_0 = 1$ minuto;

b) TEB de menos de 1×10^{-3} para $T_0 = 1$ segundo;

c) cero errores para $T_0 = 1$ segundo (equivalente al concepto de segundos sin error, SSE).

Estas categorías equivalen a las del cuadro 1/G.821. En la evaluación de estos objetivos se excluyen los periodos de indisponibilidad (véanse los anexos A y B.).

1.5 Los objetivos de calidad de funcionamiento tienen dos funciones principales:

a) dar al usuario de las futuras redes digitales nacionales e internacionales una indicación de la característica de error prevista en condiciones de explotación real, lo que facilitará la planificación del servicio y el diseño del equipo terminal;

b) sentar la base para el establecimiento de normas de calidad de funcionamiento de los equipos y sistemas de transmisión de una conexión de la RDSI.

1.6 Los objetivos de calidad de funcionamiento representan un compromiso entre el deseo de satisfacer las necesidades de servicios y la necesidad de construir los sistemas de transmisión teniendo en cuenta las limitaciones técnicas y económicas. Aunque se expresa atendiendo a las necesidades de los diferentes servicios se pretende que estos objetivos representen un solo nivel de calidad de transmisión.

El objetivo de calidad establecido para minutos degradados [cuadro 1/G.821 (a)] se basa en un periodo de promediación de 1 minuto. Este periodo de promediación y la exclusión de los errores que se produzcan en segundos con muchos errores en ese periodo de 1 minuto (véase el cuadro 1/G.821, nota 2) podría permitir que las conexiones con frecuentes errores en ráfaga cumplan este aspecto particular del objetivo global, pero en cierta medida esto quedará limitado por el objetivo en materia de segundos con muchos errores [cuadro 1/G.821 (b)]. Sin embargo se duda de que los objetivos sean adecuados para el correcto funcionamiento de servicios de vídeo en tiempo real de duración relativamente larga, que debe ser objeto de estudio ulterior.

1.7 Dado que los objetivos de calidad de funcionamiento pretenden satisfacer las necesidades de la futura red digital, es preciso reconocer que no pueden ser alcanzadas fácilmente por todos los equipos y sistemas digitales de hoy en día. La intención, sin embargo, es establecer, objetivos del diseño del equipo que sean compatibles con los especificados en la presente Recomendación. Estos aspectos son actualmente objeto de debate en el CCITT y el CCIR.

También se recomienda vivamente que todas las tecnologías, cualquiera que sea su posición en la red, se diseñen con arreglo a normas mejores que las indicadas en esta Recomendación, a fin de reducir al mínimo la posibilidad de que se excedan los objetivos extremo a extremo en una cantidad significativa de conexiones reales.

1.8 Los objetivos se refieren a una conexión muy larga y, visto que una gran proporción de las conexiones internacionales reales serán más cortas, se cree que una proporción importante de conexiones reales ofrecerán una calidad de funcionamiento superior al valor límite indicado en el § 2. Por otro lado, un pequeño porcentaje de las conexiones serán más largas, y podrán en ese caso exceder los márgenes especificados en esta Recomendación.

Nota – Los deslizamientos controlados, que pueden percibirse como breves ráfagas de errores, no se incluyen en el cálculo de los objetivos de característica de error de esta Recomendación. Por tanto, los usuarios deben saber que las mediciones de la característica de error que incluyen los efectos de los deslizamientos controlados pueden producir un comportamiento inferior al indicado en esta Recomendación. Como orientación para estimar los posibles efectos sobre sus aplicaciones, los usuarios pueden consultar la Recomendación G.822, que especifica los objetivos de tasa de deslizamientos controlados.

1.9 Los objetivos de característica de error especificados en los § 2 y 3 de la presente Recomendación se refieren a una conexión con conmutación de circuitos a 64 kbit/s (que se define en el § 1.2). No obstante, se reconoce que en las situaciones prácticas, será necesario evaluar esos objetivos a partir de mediciones realizadas a velocidades binarias superiores.

Por consiguiente, en el anexo D se definen las directrices preliminares que permitirán obtener una estimación sobre los parámetros de característica de error a 64 kbit/s a partir de mediciones efectuadas a velocidades primarias y superiores.

2 Objetivos de calidad de funcionamiento

Los objetivos de característica de error de una conexión internacional de la RDSI, especificada en los § 1.1 y 1.2, aparecen en el cuadro 1/G.821. Se pretende que las conexiones internacionales de la RDSI satisfagan simultáneamente todos los requisitos del cuadro 1/G.821. La conexión no cumple el objetivo si no satisface cualquiera de los requisitos.

3 Asignación de objetivos globales

Dado que los objetivos indicados en el § 2 se aplican a una conexión completa, es necesario subdividirlos en sus partes componentes. Este punto expone los principios básicos y el sistema utilizados para la distribución de los objetivos de calidad de funcionamiento.

El principio de distribución global requiere el empleo de dos métodos ligeramente diferentes, uno aplicable al requisito de minutos degradados y al de segundo con error [véanse las categorías a) y c)] y otro aplicable al requisito de segundos con muchos errores [véase la categoría b)].

CUADRO 1/G.821

Objetivos de característica de error para las conexiones internacionales de la RDSI

Clasificación de la característica	Objetivo (notas 3, 5)
(a) (Minutos degradados) (notas 1 y 2)	Menos del 10% de los intervalos de 1 minuto tendrán una tasa de errores en los bits peor que 1×10^{-6} (nota 4)
(b) (Segundos con muchos errores) (nota 1)	Menos del 0,2% de los intervalos de 1 segundo tendrán una tasa de errores en los bits peor que 1×10^{-3}
(c) (Segundos con error) (nota 1)	Menos del 8% de los intervalos de 1 segundo tendrán por lo menos un error (equivalente a 92% de segundos sin error)

Nota 1 – Se utilizan los términos «minutos degradados», «segundos con muchos errores» y «segundos con error» como «identificador» práctico y conciso de objetivo de calidad de funcionamiento. Su utilización no pretende indicar la aceptabilidad, o cualquier otra valoración de ese nivel de calidad.

Nota 2 – Los intervalos de un minuto mencionados en el cuadro 1/G.821 y en sus notas (es decir, los periodos para M > 4 del anexo B) se deducen restando el tiempo indisponible y los segundos con muchos errores del tiempo total, y agrupando entonces consecutivamente los segundos restantes en bloques de 60. Los intervalos básicos de 1 segundo se deducen de un esquema temporal fijo.

Nota 3 – No se ha especificado el intervalo de tiempo T_L en el que han de determinarse los porcentajes, ya que puede depender de la aplicación. Se sugiere como referencia un periodo del orden de un mes.

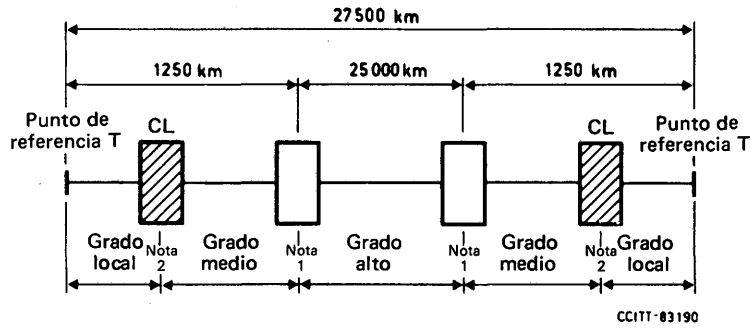
Nota 4 – Por razones prácticas, a 64 kbit/s, un minuto que contenga cuatro errores (equivalente a una tasa de errores de $1{,}04 \times 10^{-6}$) no se considera degradado. No obstante, esto no implica una relajación del objetivo de tasa de errores de 1×10^{-6}.

Nota 5 – En el anexo B se ilustra la manera de evaluar la calidad de funcionamiento global.

3.1 *Principios básicos de distribución*

La distribución se basa en la hipótesis de que se utilizan sistemas de transmisión cuyas propiedades corresponden a una de un número limitado de categorías diferentes.

Se han establecido tres clasificaciones distintas de la calidad representativas de los circuitos prácticos de transmisión digital, y que son independientes de los sistemas de transmisión utilizados. Estas categorías se denominan «grado local», «grado medio» y «grado alto», y su empleo suele depender en general de la ubicación en la red (véase la figura 1/G.821).



Nota 1 – No es posible ofrecer una definición de la ubicación de la frontera entre las partes de grado medio y alto de la conexión ficticia de referencia. La nota 4 al cuadro 2/G.821 ofrece más aclaraciones de este punto.

Nota 2 – CL designa la central local o un punto equivalente.

FIGURA 1/G.821

Delimitación de la calidad del circuito en la conexión ficticia de referencia de mayor longitud

Para el sistema de distribución descrito a continuación son válidas las siguientes hipótesis generales:

- al distribuir los objetivos entre los elementos constitutivos de una conexión, lo que se subdivide es el «porcentaje del tiempo»;
- los objetivos se distribuyen por igual entre los requisitos relativos a los minutos degradados y a los segundos con error [categorías a) y c)];
- no se subdivide el umbral de tasa de errores. Esto se basa en la hipótesis de que la calidad de los circuitos reales, que constituyen las partes de la conexión ficticia de referencia (figura 1/G.821), será de ordinario bastante mejor que el umbral para un minuto degradado (véase la nota al § 3.1);
- no se tiene en cuenta la contribución de errores ya sea de los elementos de conmutación digital o de los equipos múltiplex digitales, por considerarse despreciable frente a la contribución de los sistemas de transmisión.

Se considera que estas categorías de calidad aplicables a las diferentes partes de la conexión representan la situación de una gran proporción de las conexiones internacionales reales. Las Administraciones son libres de utilizar los sistemas de transmisión que deseen dentro de sus propias redes, y estas otras disposiciones se consideran totalmente aceptables siempre y cuando la calidad de funcionamiento global de la parte nacional no sea inferior a la que existiría si se hubiesen utilizado las disposiciones normales del CCITT.

Debe señalarse que un pequeño porcentaje de las conexiones serán más largas que la conexión ficticia de referencia de 27 500 km. Por definición, la parte en exceso de la conexión se establecerá por circuitos de alto grado, de forma que la magnitud en que dichas conexiones superen el margen total previsto en esta Recomendación será proporcional a la magnitud en que se sobrepase la sección de 25 000 km. Las Administraciones deben tener en cuenta que si en las realizaciones prácticas fuese posible mejorar los límites de calidad de funcionamiento expresados por las distintas categorías, dichas situaciones serían mucho menos frecuentes.

Nota – En los sistemas terrenales, la distribución de las categorías de calidad de «minuto degradado» a entidades más pequeñas (por ejemplo, una sección digital ficticia de referencia) puede exigir la subdivisión del objetivo de tasa de errores, así como la subdivisión del «porcentaje de tiempo» con la distancia. Esto es objeto de ulterior estudio.

3.2 *Método de distribución de los objetivos de minutos degradados y segundos con error*

La distribución de la degradación permitida, es decir, 10% de minutos degradados y 8% de segundos con error, se especifica en el cuadro 2/G.821. Los objetivos derivados de características de error de la red se indican en el anexo C.

CUADRO 2/G.821

Distribución de los objetivos de minutos degradados y segundos con error para las tres categorías de circuitos

Clasificación del circuito	Distribución de los objetivos de minutos degradados y segundos con error del cuadro 1/G.821
Grado local (2 extremos)	15% del margen global a cada extremo (notas 1, 4 y 5)
Grado medio (2 extremos)	15% del margen global a cada extremo (notas 2, 4 y 5)
Grado alto	40% (equivalente a una calidad conceptual de 0,0016% por km para 25 000 km; pero véase la nota del § 3.1) (notas 3, 6 y 7)

Nota 1 – Se considera que la asignación de grado local constituye un margen global, esto es, un margen para esa parte de la conexión, independientemente de la longitud.

Nota 2 – Se considera que la asignación de grado medio constituye un margen global, esto es, un margen para esa parte de la conexión, independientemente de la longitud. La longitud real de la parte de grado medio de la conexión variará considerablemente de un país a otro. Los sistemas de transmisión de esta categoría presentarán una variación de la calidad comprendida entre las otras categorías.

Nota 3 – La asignación de grado alto se divide en función de la longitud, obteniéndose una asignación conceptual por kilómetro que puede utilizarse para determinar un margen unitario para un modelo definido de red (por ejemplo, enlace digital ficticio de referencia). Para fines de planificación de enlaces en los modelos de red, puede utilizarse márgenes de enlace basados en el número de secciones de 280 km (longitud nominal) (que se especifica en el cuadro 2/G.921), en vez de la asignación por kilómetro estipulada en esta Recomendación. Con secciones más largas, que no sean múltiplos enteros exactos de 280 km, se utiliza el múltiplo entero superior siguiente.

Nota 4 – Las partes de grado local y de grado medio podrán cubrir los primeros 1250 km del circuito, desde el punto de referencia T (véase la figura 1/G.821) hacia la red. Por ejemplo, en los países de gran extensión esta parte del circuito podría llegar solamente hasta el centro primario, mientras que en los países pequeños podría llegar hasta el centro secundario, el centro terciario o el centro de conmutación internacional (véase la figura 1/G.821).

Nota 5 – Las Administraciones podrán asignar los márgenes globales de las partes de grado medio y de grado local de la conexión conforme sea necesario dentro del margen total de 30% para cualquier extremo de la conexión. Este principio se aplica también a los objetivos indicados en el cuadro 3/G.821 para los grados local y medio.

Nota 6 – En el entendimiento de que la característica de error de un satélite es en gran medida independiente de la distancia, a un TDFR por satélite empleado en la parte de grado alto de la conexión ficticia de referencia se asigna un margen unitario de 20% de los objetivos relativos a los minutos degradados y a los segundos con error.

Nota 7 – Podrán excederse los objetivos de esta Recomendación si la parte de grado alto de la conexión comprende un sistema por satélite y la distancia restante incluida en esta categoría supera los 12 500 km, o si la parte de grado alto de una conexión sin satélites supera los 25 000 km. Tales conexiones se consideran relativamente infrecuentes y se procede a realizar nuevos estudios para investigar esta circunstancia. A este respecto resulta útil el concepto de distancia equivalente por satélite (la longitud de un trayecto terrenal equivalente) y se ha observado que puede esperarse un valor comprendido entre 10 000 y 13 000 km.

Nota 8 – No se indican requisitos específicos para la instalación en los locales del abonado, entre el punto de referencia T y el equipo terminal. Sin embargo, debe prestarse mucha atención a la elección del equipo de abonado, pues la calidad global de la conexión depende en gran medida, no sólo de la calidad de la red, sino también de la calidad de la instalación terminal.

3.3 *Método de distribución de los objetivos de segundos con muchos errores*

La atribución total del 0,2% de segundos con muchos errores se subdivide entre las tres categorías de circuitos (es decir, de grado local, medio y alto) de la siguiente manera:

a) el 0,1% se divide entre las tres categorías de circuitos de la misma manera que para los otros dos objetivos. Esto se traduce en la asignación indicada en el cuadro 3/G.821.

CUADRO 3/G.821

Distribución de los objetivos de segundos con muchos errores

Clasificación del circuito	Distribución de los objetivos de segundos con muchos errores
Grado local	0,015% del margen global global a cada extremo (nota 5 al cuadro 2/G.821)
Grado medio	0,015% del margen global a cada extremo (nota 5 al cuadro 2/G.821)
Grado alto	0,04% (notas 1 y 2)

Nota 1 – En los sistemas de transmisión correspondientes a la categoría de grado alto, cada parte de 2500 km no podrá contribuir más del 0,004%.

Nota 2 – En un TDFR por satélite que funcione en la parte de grado alto, hay un margen global de 0,02% segundos con muchos errores (véase también la nota 6 al cuadro 2/G.821).

b) el 0,1% restante es un margen global para las categorías de grado medio y alto para tener en cuenta las condiciones de red adversas ocasionalmente experimentadas (o sea, el mes más desfavorable del año) en los sistemas de transmisión. Dado el carácter estadístico de la aparición de efectos del mes más desfavorable en una conexión mundial, se considera que los siguientes márgenes son consecuentes con el valor total de 0,1%:
   - 0,05% a un TDFR a 2500 km para sistemas de radioenlaces que puede utilizarse en las partes de grado alto y de grado medio de la conexión;
   - 0,01% a un TDFR por satélite (el CCIR realiza estudios sobre la característica de segundos con muchos errores para los sistemas de satélite, y es posible que deba aumentarse este valor).

ANEXO A

(a la Recomendación G.821)

Tiempo de disponibilidad y de indisponibilidad

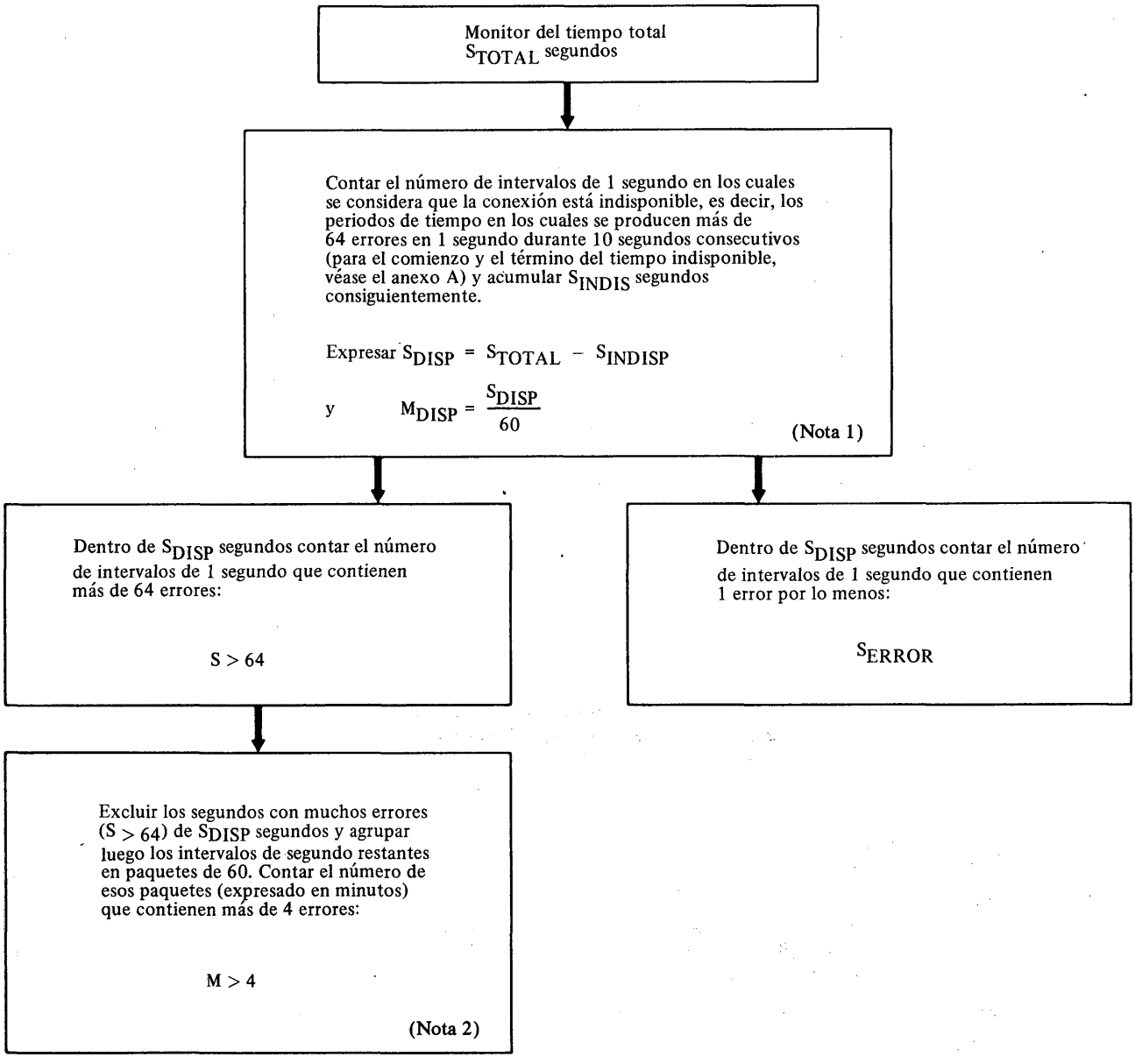
Un tiempo de tiempo de indisponibilidad comienza cuando la TEB en cada segundo es porque $1 \cdot 10^{-3}$ durante un periodo de 10 segundos consecutivos. Estos 10 segundos se consideran tiempo de indisponibilidad. Un nuevo periodo de tiempo de disponibilidad comienza con el primer segundo de un periodo de 10 segundos consecutivos, cada uno con una TEB mejor que 10^{-3}.

Las definiciones de disponibilidad pueden verse en las Recomendaciones de la serie E.800.

ANEXO B

(a la Recomendación G.821)

Directrices para la interpretación del cuadro 1/G.821



Nota 1 – El resultado se redondea al número entero superior siguiente.

Nota 2 – El último paquete que puede estar incompleto se trata como si fuera un paquete completo aplicando las mismas reglas.

Clasificación de la característica (véase el cuadro 1/G.821)	Objetivo
(a)	$\frac{M > 4}{M_{DISP}} < 10\%$
(b)	$\frac{S > 64}{S_{DISP}} < 0{,}2\%$
(c)	$\frac{S_{ERROR}}{S_{DISP}} < 8\%$

CCITT - 85690

ANEXO C

(a la Recomendación G.821)

Asignación de los objetivos a las partes constitutivas

CUADRO C-1/G.821

Asignación de los objetivos relativos a los porcentajes de intervalos de minutos degradados y a los porcentajes de segundos con error

Clasificación del circuito (véase la figura 1/G.821)	Objetivos de característica de error de la red a 64 kbit/s	
	Porcentaje de minutos degradados	Porcentaje de segundos con error
Grado local	1,5	1,2
Grado medio	1,5	1,2
Grado alto	4,0	3,2

ANEXO D

(a la Recomendación G.821)

Directrices preliminares para evaluar la calidad de funcionamiento de los sistemas de velocidades binarias superiores

D.1 *Directrices provisionales*

Reconociendo la necesidad de directrices provisionales, se ofrecen las fórmulas que siguen antes de los resultados del estudio ulterior. Puede utilizarse para obtener una estimación normalizada (con los parámetros de 64 kbit/s citados en esta Recomendación) de la característica de error. Debe señalarse que la medición puede que sólo sea válida para la velocidad binaria a la que se efectuó la medición; esta consideración es especialmente aplicable con ciertos tipos de distribución de errores en ráfagas. Por ello, una evaluación de la característica de error del sistema mediante estas fórmulas no asegura el *cumplimiento* de esta Recomendación.

Para estimar la característica de error normalizada a 64 kbit/s en forma de:

- % de segundos con error;
- % de minutos degradados; y
- % de segundos con muchos errores,

a partir de mediciones de la característica de error a velocidades binarias primaria y superiores, se ofrecen las siguientes fórmulas provisionales.

D.1.1 *Segundos con error*

El porcentaje de segundos con error normalizado a 64 kbit/s viene dado por:

$$\frac{1}{j} \sum_{i=1}^{i=j} \left(\frac{n}{N}\right)_i \times (100\%)$$

donde:

i) n es el número de errores en el i-ésimo segundo a la velocidad binaria de medición;

ii) N es la velocidad binaria superior dividida por 64 kbit/s;

iii) j es el número entero de periodos de un segundo (excluido el tiempo de indisponibilidad) que comprende el periodo de medición total;

iv) la relación $\left(\frac{n}{N}\right)_i$ para el i-ésimo segundo es

$$\frac{n}{N}, \text{ si } 0 < n < N, \text{ o bien}$$

$$1, \text{ si } n \geqslant N$$

D.1.2 *Minutos degradados (véase la nota 1)*

El porcentaje de minutos degradados normalizado a 64 kbit/s puede obtenerse directamente a partir de mediciones a velocidades binarias primarias y superiores, o sea, X% de minutos degradados a las velocidades binarias primarias o superiores da X% de minutos degradados a 64 kbit/s.

D.1.3 *Segundos con muchos errores (véase la nota 1)*

El porcentaje de segundos con muchos errores normalizado a 64 kbit/s que puede evaluarse a partir de mediciones efectuadas a velocidades binarias primarias o superiores viene dado por:

$$Y\% + Z\%$$

donde

Y es el porcentaje de segundos con muchos errores a la velocidad binaria de medición; y

Z es el porcentaje de segundos sin muchos errores a la velocidad binaria de medición que contiene una o más pérdidas de alineación de trama a la velocidad binaria de medición.

Nota 1 – El cálculo de la tasa de errores de bit a la velocidad binaria de medición (por ejemplo, 10^{-6} para minutos degradados) arrojará a veces valores no enteros de errores en el periodo de integración. Debe aclararse que se considera que el siguiente número entero de errores inmediatamente superior al calculado excede el umbral del objetivo de característica de error (por ejemplo, se considera que 123 errores en un minuto para una velocidad binaria de 2048 kbit/s, que producen una TEB peor que 10^{-6}, constituyen un minuto degradado).

Nota 2 – Para garantizar el funcionamiento correcto de los:

– servicios de velocidades binarias superiores (por ejemplo, TV),

– servicios de 64 kbit/s,

es necesario determinar los requisitos de calidad para los sistemas de velocidades binarias superiores (o sea, superiores a 64 kbit/s). Aunque no está claro cuál de esos servicios tiene los requisitos más exigentes, parece necesario en ambos casos determinar los requisitos de calidad para los sistemas de velocidades superiores utilizando periodos de integración muy inferiores a un segundo, o bien aplicando límites más rigurosos para los segundos con muchos errores.

En los servicios de 64 kbit/s, la necesidad de periodos de integración más cortos o de límites más rigurosos surge del funcionamiento del equipo de demultiplexión y, en particular, de los procesos de control de justificación y de realineación de trama en presencia de ráfagas de errores de duración muy inferior a un segundo. Por ejemplo, los errores que no producen segundos con muchos errores a las velocidades binarias superiores pueden tener efectos que produzcan segundos con muchos errores en el nivel de 64 kbit/s como resultado de la pérdida de alineación de trama en los multiplexores de orden superior.

Referencia

[1] Recomendación del CCITT *Objetivos de calidad de transmisión y recomendaciones*, Tomo III, Rec. G.102.

OBJETIVOS DE TASA DE DESLIZAMIENTOS CONTROLADOS EN UNA CONEXIÓN DIGITAL INTERNACIONAL

(Ginebra, 1980; modificada posteriormente)

1 Consideraciones generales

Esta Recomendación trata de los objetivos de *tasa de deslizamientos controlados de octetos* de extremo a extremo en conexiones digitales internacionales a 64 kbit/s. Los objetivos se indican para diversas condiciones de explotación en relación con la evaluación de la calidad de la conexión.

Cuando los nodos de las redes digitales satisfacen las condiciones de diseño y se cumplen las características de transmisión definidas para el funcionamiento normal, puede suponerse que no se producen deslizamientos en una red digital sincronizada. Sin embargo, las características de transmisión definidas pueden ser rebasadas en ciertas condiciones de explotación, lo que puede dar lugar a que se produzca un número limitado de deslizamientos incluso en una red sincronizada.

En condiciones de pérdida temporal del control de la temporización en una determinada red sincronizada, pueden producirse deslizamientos adicionales, lo que se traduciría en un número mayor de deslizamientos en una conexión de extremo a extremo.

En el caso del funcionamiento plesiócrono, el número de deslizamientos en los enlaces internacionales dependerá de las capacidades de las memorias tampón y de las exactitudes y estabilidades de los relojes nacionales de interconexión.

2 Campo de aplicación y consideraciones

2.1 La calidad de funcionamiento desde el punto de vista de la tasa de deslizamientos de extremo a extremo debe satisfacer las exigencias de los servicios telefónicos y no telefónicos en una conexión digital a 64 kbit/s por una red digital de servicios integrados (RDSI).

2.2 Los objetivos de tasa de deslizamientos para una conexión internacional de extremo a extremo se estipulan en relación con la conexión ficticia de referencia (XFR) digital normalizada de 27 500 km de longitud indicada en la figura 1/G.801 [1].

2.3 Se supone que los centros de conmutación internacional (CCI) están interconectados por enlaces internacionales que funcionan plesiócronamente, utilizando relojes con las exactitudes especificadas en la Recomendación G.811. Se reconoce que un deslizamiento en 70 días por enlace plesiócrono entre centrales es la tasa teórica de deslizamientos máxima resultante, si sólo se tienen en cuenta las inexactitudes de reloj indicadas en la Recomendación G.811 y suponiendo que las características de transmisión y de conmutación permanezcan dentro de sus límites de diseño.

2.4 En el caso en que la conexión comprenda la totalidad de los 13 nodos determinados en la XFR (G.801) y en que estos nodos funcionen juntos en un modo plesiócrono, la característica nominal de deslizamiento de una conexión podría ser de 1 en 70/12 días o 1 en 5,8 días. Pero como en la práctica algunos nodos de una conexión como esa formarían parte de la misma red sincronizada, cabe esperar que la característica nominal de deslizamiento sea mejor (por ejemplo, cuando las redes nacionales en ambos extremos están sincronizadas. La característica nominal de deslizamiento de la conexión sería de 1 en 70/4 días o 1 en 17,5 días).

Nota – Estos cálculos suponen un máximo de cuatro enlaces internacionales.

2.5 En una conexión internacional práctica de extremo a extremo, constituida por la sección internacional y las secciones nacionales, la tasa de deslizamientos puede rebasar apreciablemente el valor calculado a partir de n enlaces plesiócronos entre centrales, debido a diversas condiciones de diseño, ambientales y operacionales en la sección internacional y en las secciones nacionales. Entre estas condiciones están:

a) configuración de la red digital internacional,

b) disposiciones nacionales de control de la temporización,

c) fluctuación lenta de fase debida a variaciones importantes de la temperatura,

d) características de calidad de funcionamiento de los diversos tipos de conmutadores y enlaces de transmisión (incluidas las variaciones diarias de las instalaciones de satélite),

e) perturbaciones temporales en los enlaces de transmisión y de sincronización (reorganizaciones de la red, conmutación a enlace de reserva, errores humanos, etc.).

Nota – El número máximo, *n*, de enlaces plesiócronos entre centrales está en estudio.

2.6 Un umbral de tasa de deslizamientos es un compromiso adecuado entre las características de servicio deseadas y la calidad de funcionamiento que normalmente se obtiene. Los niveles de deslizamiento según la categoría (b) (véase el cuadro 1/G.822) que rebasan este umbral comenzarán a afectar a la calidad de funcionamiento y pueden hacer que algunos servicios se consideren degradados. A fin de asegurarse de la tendencia de la calidad de funcionamiento, la tasa umbral deberá medirse durante un periodo de tiempo lo suficientemente largo para registrar un número apreciable de deslizamientos. Como valor límite del objetivo se fija el tiempo total que el umbral es rebasado en el periodo de un año. Los objetivos de calidad pretenden representar un conjunto uniforme de especificaciones.

Los deslizamientos constituyen uno de los diversos factores que contribuyen a la degradación de una conexión digital. En el cuadro 1/G.822 figuran los objetivos de tasa de deslizamientos de octetos en una conexión internacional de 27 500 km de longitud o en un canal portador correspondiente. Se requiere ulterior estudio para confirmar que estos valores son compatibles con otros objetivos, por ejemplo, la característica de error indicada en la Recomendación G.821.

CUADRO 1/G.822

Característica de deslizamientos controlados en una conexión internacional o canal portador a 64 kbit/s

Categoría de calidad	Tasa media de deslizamientos	Proporción de tiempo (nota 1)
(a) (nota 2)	$\leqslant$ 5 deslizamientos en 24 horas	> 98,9%
(b)	> 5 deslizamientos en 24 horas y $\leqslant$ 30 deslizamientos en 1 horas	< 1,0%
(c)	> 30 deslizamientos en 1 hora	< 0,1%

Nota 1 – Tiempo total $\geqslant$ 1 año.

Nota 2 – Se prevé que la característica nominal de deslizamientos debida solamente a la explotación plesiócrona no excederá de 1 deslizamiento en 5,8 días. Véase el § 2.4.

3 Repartición de las degradaciones

3.1 La probabilidad de que, en una red, varias secciones experimenten tasas excesivas de deslizamientos que afecten simultáneamente a una conexión determinada es pequeña. En el procedimiento de atribución de objetivos se tiene en cuenta esta circunstancia.

3.2 Puesto que la importancia de los deslizamientos que se producen en las diferentes partes de una conexión dependerá del tipo de servicio y del nivel de tráfico afectado, el procedimiento de repartición incluye la asignación de límites más estrictos a los deslizamientos detectados en las centrales de tránsito internacionales y nacionales, y límites menos estrictos en las centrales locales pequeñas.

3.3 El procedimiento de repartición recomendado se basa en la subdivisión de los porcentajes constitutivos de los objetivos de tiempo para las categorías de calidad (b) y (c) (cuadro 1/G.822). Los objetivos se atribuyen a las diversas secciones de la conexión ficticia de referencia (XFR) como se indica en el cuadro 2/G.822.

CUADRO 2/G.822

Repartición de los objetivos de calidad de funcionamiento en materia de deslizamientos controlados

Sección de la XFR según la figura 1/G.801 [1]	Proporción atribuida de cada objetivo del cuadro 1/G.822	Objetivo como proporción del tiempo total	
		(b)	(c)
Parte de tránsito internacional	8,0 %	0,08 %	0,008 %
Cada parte de tránsito nacional (nota 2)	6,0 %	0,06 %	0,006 %
Cada parte local (nota 2)	40,0 %	0,4 %	0,04 %

Nota 1 – Las secciones de la conexión ficticia de referencia (XFR) son las definidas en la figura 1/G.822. Se derivan de las de la Recomendación G.801 pero no son idénticas a ellas.

Nota 2 – La repartición entre la parte de tránsito nacional y la parte local tiene solamente carácter de orientación. Las Administraciones son libres de adoptar una repartición diferente siempre y cuando el total para cada parte nacional (local + tránsito) no exceda de 46 %.

Nota 3 – Los niveles de calidad están definidos en el cuadro 1/G.822.

Nota 4 – Tiempo total ⩾ 1 año.

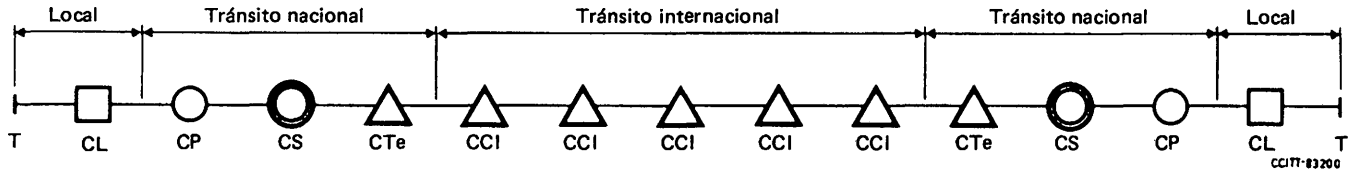


FIGURA 1/G.822

Subdivisión de la conexión ficticia de referencia a efectos de la repartición de los objetivos de calidad de funcionamiento en materia de deslizamientos

Referencia

[1] Recomendación del CCITT *Modelos de transmisión digital*, Tomo III, Rec. G.801, figura 1/G.801.

Recomendación G.823

CONTROL DE LA FLUCTUACIÓN DE FASE Y DE LA FLUCTUACIÓN LENTA DE FASE EN LAS REDES DIGITALES BASADAS EN LA JERARQUÍA DE 2048 kbit/s

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

El CCITT,

considerando

(a) que en las redes digitales puede producirse fluctuación de fase, la que se define como las variaciones de corta duración de los instantes significativos de una señal digital con respecto a sus posiciones ideales en el tiempo;

(b) que, si no se ejerce el debido control, en ciertas circunstancias es posible que la fluctuación de fase se acumule hasta el punto de que puedan producirse las degradaciones siguientes:

i) un aumento de la probabilidad de introducción de errores en las señales digitales en los puntos de regeneración de las señales, como resultado del desplazamiento de las señales de temporización respecto a su posición óptima en el tiempo;

ii) la introducción de deslizamientos incontrolados en las señales digitales por desbordamiento y vaciado de la memoria en ciertos tipos de equipo terminal dotados de memorias tampón y comparadores de fase, por ejemplo, reductores de fluctuación de fase y ciertos equipos múltiplex digitales;

iii) una degradación de la información analógica codificada digitalmente como resultado de una modulación de fase de las muestras reconstituidas en el dispositivo de conversión digital a analógico en el extremo de la conexión;

(c) que, a diferencia de algunos otros factores de degradación de la red, la magnitud de la fluctuación de fase puede reducirse utilizando reductores de fluctuación de fase. Según el tamaño y la complejidad de las redes, podría ser necesario utilizar esos dispositivos en ciertas circunstancias;

(d) que, como resultado los cambios del tiempo de propagación de los medios y equipos de transmisión, puede producirse la fluctuación lenta de fase, la que se define como las variaciones a largo plazo de los instantes significativos de una señal digital con respecto a su posición ideal en el tiempo;

(e) que es necesario tolerar la fluctuación lenta de fase en los accesos de entrada de los equipos digitales si han de minimizarse los deslizamientos controlados e incontrolados,

recomienda

que se apliquen las directrices y los límites siguientes en la planificación de redes y el diseño de equipo.

1 Control de la fluctuación de fase en las redes digitales – Principios básicos

Los principios del control de la fluctuación de fase responden a la necesidad de:

- recomendar un límite máximo de red que no debe rebasarse en ningún interfaz jerárquico;
- recomendar un marco coherente para la especificación de equipos digitales individuales;
- facilitar información y directrices adecuadas para que las organizaciones midan y estudien la acumulación de la fluctuación de fase en cualquier configuración de red.

2 Límites de red para la fluctuación de fase y para la fluctuación lenta de fase máximas a la salida en cualquier interfaz jerárquico

2.1 *Límites de red para la fluctuación de fase*

Los límites indicados en el cuadro 1/G.823 representan los niveles máximos admisibles de la fluctuación de fase en interfaces jerárquicos de una red digital. Los límites deben respetarse en todas las condiciones de explotación, cualquiera que sea la cantidad de equipo que preceda al interfaz. Estos límites de red son compatibles con la tolerancia mínima de fluctuación de fase que deben proporcionar todos los accesos de entrada del equipo.

En las redes prácticas es preciso tener en cuenta que las señales en un interfaz pueden estar afectadas por una fluctuación de fase cuya magnitud es igual al límite máximo admisible en la red. Esto es particularmente importante para el diseño de equipos provistos de reductores de fluctuación de fase en los que hay que tener en cuenta esta fluctuación de fase, junto con cualquier fluctuación de fase adicional generada en el sistema antes del reductor. En los casos en que la amplitud máxima admisible de la fluctuación de fase se presenta en un interfaz entre dos países, la adopción de las medidas correctivas apropiadas se deja en manos de las Administraciones nacionales. Es improbable que esta situación se dé con gran frecuencia.

El montaje para la medición de la fluctuación de fase a la salida en un interfaz digital se ilustra en la figura 1/G.823. Los valores específicos de los límites de la fluctuación de fase y de las frecuencias de corte de los filtros para los distintos niveles jerárquicos se indican en el cuadro 1/G.823. La respuesta de frecuencia de los filtros asociados a los aparatos de medida debe tener régimen de decremento de 20 dB/década. En la Recomendación O.171 se describe un aparato de medida apropiado.

CUADRO 1/G.823

Fluctuación de fase máxima admisible en un interfaz jerárquico

Valor del parámetro / Velocidad binaria (kbit/s)	Límite de red		Anchura de banda del filtro de medición		
	B_1 Intervalo unitario cresta a cresta	B_2 Intervalo unitario cresta a cresta	Filtro paso banda con una frecuencia de corte inferior f_1 o f_3 y una frecuencia de corte superior f_4		
			f_1	f_3	f_4
64 (nota 1)	0,25	0,05	20 Hz	3 kHz	20 kHz
2 048	1,5	0,2	20 Hz	18 kHz (700 Hz)	100 kHz
8 448	1,5	0,2	20 Hz	3 kHz (80 kHz)	400 kHz
34 368	1,5	0,15	100 Hz	10 kHz	800 kHz
139 264	1,5	0,075	200 Hz	10 kHz	3500 kHz

Nota 1 – Sólo para el interfaz codireccional.

Nota 2 – Los valores de frecuencias que figuran entre paréntesis son aplicables solamente a ciertos interfaces nacionales.

Nota 3 – IU = Intervalo Unitario

para 64 kbit/s 1 IU = 15,6 µs
para 2048 kbit/s 1 IU = 488 ns
para 8448 kbit/s 1 IU = 118 ns
para 34 368 kbit/s 1 IU = 29,1 ns
para 139 264 kbit/s 1 IU = 7,18 ns

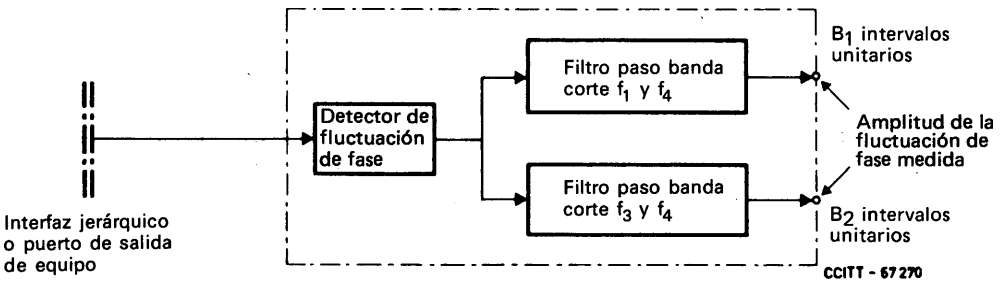


FIGURA 1/G.823

Disposición para medir la fluctuación de fase procedente de un interfaz jerárquico o de un acceso de salida de equipo

En los sistemas en que la señal de salida se controla mediante un reloj autónomo (por ejemplo, un oscilador de cuarzo), pueden definirse en las especificaciones pertinentes del equipo, valores más rigurosos de fluctuación de fase a la salida (por ejemplo, en el múldex de la Recomendación G.735, la máxima fluctuación de fase cresta a cresta es 0,05 IU).

2.2 *Límites de red para la fluctuación lenta de fase*

No se ha definido un límite de red máximo para la fluctuación lenta de fase en todos los interfaces jerárquicos. Las magnitudes reales de la fluctuación lenta de fase pueden predecirse, ya que dependen mucho de las características de propagación de los medios de transmisión y del envejecimiento de los circuitos de reloj (véase la Recomendación G.811, § 3). Los estudios han demostrado que, siempre que los puertos de entrada puedan tolerar una fluctuación lenta de fase conforme con los requisitos de tolerancia de entrada del § 3.1.1, los deslizamientos introducidos como consecuencia del rebasamiento de la tolerancia de entrada serán poco frecuentes. En los interfaces con nodos de red, se aplican los límites siguientes:

El MEIT (véase la Recomendación G.811) en un periodo de S segundos no excederá los siguientes límites:

1) $S < 10^4$; esta región requiere ulterior estudio;

2) $(10^{-2}\ S + 10\ 000)$ ns; aplicable para valores de S superiores a 10^4.

Nota – La figura 2/G.823 ilustra la especificación global resultante.

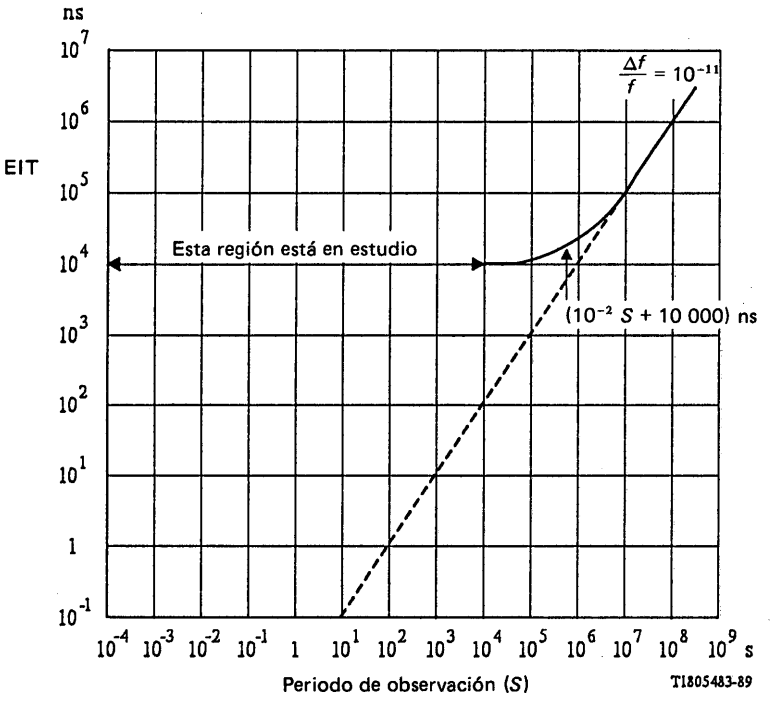


FIGURA 2/G.823

Máximo error en el intervalo de tiempo (MEIT) admisible en función del periodo de observación S a la salida de un nodo de red

2.3 *Consideraciones sobre la fluctuación de fase y la fluctuación de fase lenta para redes sincronizadas*

Se supone que, en una red sincronizada, el equipo digital situado en los nodos acomodará las desviaciones de fase permitidas en la señal entrante, junto con la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase de la planta de transmisión, es decir, en condiciones sincronizadas normales no ocurrirán deslizamientos. Sin embargo, hay que reconocer que, como resultado de algunas degradaciones de calidad de funcionamiento, situaciones de avería, operaciones de mantenimiento u otras causas, el error en el intervalo de tiempo (EIT) relativo entre la señal entrante y el reloj interno del equipo de terminación puede superar la tolerancia de fluctuación lenta de fase y fluctuación de fase del equipo, lo que dará lugar a un deslizamiento controlado.

En los nodos de terminación de enlaces que interconectan redes independientemente sincronizadas (o cuando se utiliza explotación plesiócrona en las redes nacionales), el EIT relativo entre la señal entrante y la señal de temporización interna del equipo de terminación podría exceder la tolerancia de fluctuación lenta de fase y fluctuación de fase del equipo, en cuyo caso ocurrirán deslizamientos. En la Recomendación G.811 se indica la máxima tasa media de deslizamientos controlados admisible a largo plazo, es decir, un deslizamiento cada 70 días.

3 Límites de fluctuación de fase apropiados para los equipos digitales

3.1 *Principios básicos de la especificación*

Para equipos digitales, individuales es necesario especificar la calidad de funcionamiento respecto de la fluctuación de fase de tres maneras:

3.1.1 *Tolerancia de fluctuación de fase en los accesos de entrada digitales*

A fin de asegurar que todo equipo pueda conectarse a cualquier interfaz jerárquico recomendado de una red, es preciso disponer lo necesario para que los accesos de entrada de todos los equipos puedan admitir niveles de fluctuación de fase hasta el límite máximo de red definido en el cuadro 1/G.823.

Por razones de conveniencia para la medición, la tolerancia requerida se define en función de la amplitud y la frecuencia de una fluctuación de fase sinusoidal que, al modular una señal de prueba, no causa una degradación apreciable del funcionamiento del equipo. Es importante reconocer que no se pretende que la condición de la prueba sea, por sí misma, representativa del tipo de fluctuación de fase que, en la práctica, se observa en una red. Sin embargo, la prueba sí asegura que el factor «Q» asociado con la recuperación de la señal de temporización de los circuitos de entrada del equipo no es demasiado alto y, de ser necesario, que se cuenta con suficiente capacidad de memoria tampón.

Así pues, todos los accesos de entrada digitales de los equipos deben estar en condiciones de tolerar una señal digital cuyas características eléctricas satisfacen los requisitos de la Recomendación G.703, pero modulada por una fluctuación lenta de fase y una fluctuación de fase sinusoidales que tienen una relación amplitud-frecuencia definida en la figura 3/G.823. El cuadro 2/G.823 indica los límites apropiados para los diferentes niveles jerárquicos.

En principio, estos requisitos deben cumplirse cualquiera que sea el contenido de información de la señal digital. A efectos de la prueba, el contenido binario equivalente de la señal modulada por la fluctuación de fase debe ser una secuencia binaria seudoaleatoria como la definida en el cuadro 2/G.823.

Al derivar estos límites se considera que los efectos de la fluctuación lenta de fase son predominantes en frecuencias por debajo de f_1, y muchos equipos de transmisión, tales como sistemas de línea digital y múldex asíncronos que utilizan técnicas de justificación, son efectivamente transparentes a estos cambios de frecuencia muy baja en fase. A pesar de esto, es necesario admitir la fluctuación lenta de fase en la entrada de ciertos equipos (por ejemplo, conmutadores digitales y múldex síncronos). La condición de una frecuencia inferior a f_1 no puede traducirse de manera sencilla en una evaluación práctica, pero debe tenerse en cuenta al diseñar el equipo.

A diferencia de la parte de la plantilla entre las frecuencias f_1 y f_4, que refleja la magnitud de fluctuación de fase máxima admisible en una red digital, la parte que queda por debajo de la frecuencia f_1 no está destinada a representar la fluctuación lenta de fase máxima admisible que puede producirse en la práctica. Por debajo de la frecuencia f_1, la plantilla se establece de forma que, en caso necesario, la provisión de este nivel de almacenamiento tampón a la entrada de un equipo facilita la admisión de la fluctuación lenta de fase generada en una elevada proporción de conexiones reales.

Una inversión a corto plazo de error de intervalo de tiempo relativo entre la señal entrante y el reloj interno del equipo de terminación poco después de que se produzca un deslizamiento controlado no debe causar otro deslizamiento. A fin de impedir ese deslizamiento, el equipo debe estar diseñado con una histéresis adecuada para este fenómeno. Esta histéresis debe ser de al menos 18 microsegundos.

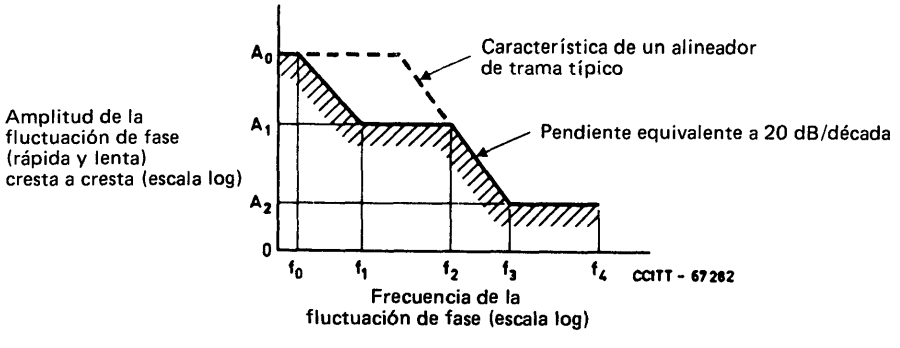


FIGURA 3/G.823

Límite inferior de la fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase máxima

CUADRO 2/G.823

Valores de los parámetros para la tolerancia de la fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase

Valor de parámetro / Velocidad binaria kbit/s	Intervalo unitario cresta a cresta			Frecuencia					Señal de prueba pseudo-aleatoria
	A_0	A_1	A_2	f_0	f_1	f_2	f_3	f_1	
64 (nota 1)	1,15 (18 µs)	0,25	0,05	$1{,}2 \times 10^{-5}$ Hz	20 Hz	600 Hz	3 kHz	20 kHz	$2^{11} - 1$ (Rec. O.152)
2 048	36,9 (18 µs)	1,5	0,2		20 Hz	2,4 kHz (93 Hz)	18 kHz (700 Hz)	100 kHz	$2^{15} - 1$ (Rec. O.151)
8 448	152 (18 µs)	1,5	0,2	$1{,}2 \times 10^{-5}$ Hz	20 Hz	400 Hz (10,7 kHz)	3 kHz (80 kHz)	400 kHz	$2^{15} - 1$ (Rec. O.151)
34 368	*	1,5	0,15	*	100 Hz	1 kHz	10 kHz	800 kHz	$2^{23} - 1$ (Rec. O.151)
139 264	*	1,5	0,075	*	200 Hz	500 Hz	10 kHz	3500 kHz	$2^{23} - 1$ (Rec. O.151)

* Valores en estudio.

Nota 1 – Sólo para el interfaz codireccional.

Nota 2 – Para los interfaces dentro de las redes nacionales pueden utilizarse los valores de frecuencia (f_2 y f_3) indicados entre paréntesis.

Nota 3 – IU = Intervalo Unitario

Para 64 kbit/s 1IU = 15,6 µs
Para 2048 kbit/s 1IU = 488 ns
Para 8448 kbit/s 1IU = 118 ns
Para 34 368 kbit/s 1IU = 29,1 ns
Para 139 264 kbit/s 1IU = 7,18 ns

Nota 4 – El valor de A_0 (18 µs) representa una desviación de fase relativa entre la señal entrante y la señal local de temporización interna derivada del reloj de referencia. Este valor de A_0 corresponde a un valor absoluto de 21 µs a la entrada de un nodo (por ejemplo, acceso de entrada del equipo) y supone un valor máximo de fluctuación lenta de fase del enlace de transmisión entre dos nodos de 11 µs. La diferencia de 3 µs corresponde a los 3 µs admitidos para la desviación de fase a largo plazo en el reloj nacional de referencia [véase la Recomendación G.811, § 3c)].

3.1.2 *Fluctuación de fase máxima a la salida en ausencia de una fluctuación de fase a la entrada*

Es preciso limitar el nivel de la fluctuación de fase producida dentro de los distintos equipos. En las Recomendaciones sobre sistemas específicos se definen los niveles máximos de fluctuación de fase que pueden generarse en ausencia de una fluctuación de fase a la entrada. Los límites efectivos aplicados dependen del tipo de equipo. Estos límites deben respetarse cualquiera que sea el contenido de información de la señal digital. En cualquier caso, los límites no sobrepasan nunca el límite máximo de red permitido. La figura 1/G.823 ilustra el montaje para la medición de la fluctuación de fase a la salida.

3.1.3 *Características de transferencia de la fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase*

Las características de transferencia de fluctuación de fase definen la relación fluctuación de fase de salida/entrada en función de la frecuencia de fluctuación de fase para una velocidad binaria dada. Cuando existe fluctuación de fase en el puerto de entrada digital del equipo digital, en muchos casos una parte de la fluctuación de fase se transmite al puerto de salida digital correspondiente. Muchos tipos de equipo digital atenúan de por sí las componentes de fluctuación de fase de alta frecuencia presentes en la entrada. Para controlar la fluctuación de fase en casos de equipo digital homogéneo en cascada, es importante limitar el valor de la ganancia de fluctuación de fase. La transferencia de fluctuación de fase de un equipo digital determinado puede medirse utilizando una señal digital modulada por fluctuación de fase sinusoidal.

La figura 4/G.823 muestra la forma general de una característica típica de transferencia de fluctuación de fase. Los valores apropiados para los niveles x y $-y$ dB, y las frecuencias f, f_5, f_6 y f_7 pueden obtenerse en la Recomendación correspondiente.

Como la anchura de banda de los circuitos de suavizado de fase en equipo digital asíncrono es generalmente superior a 10 Hz, la fluctuación lenta de fase de la señal de entrada puede aparecer prácticamente no atenuada a la salida. Sin embargo, en ciertos equipos digitales (por ejemplo, relojes nodales) es necesario que la fluctuación lenta de fase sea suficientemente atenuada entre la entrada y la salida. Las Recomendaciones que tratan de equipo síncrono definirán finalmente los valores límite de las distintas características de transferencia de fluctuación lenta de fase.

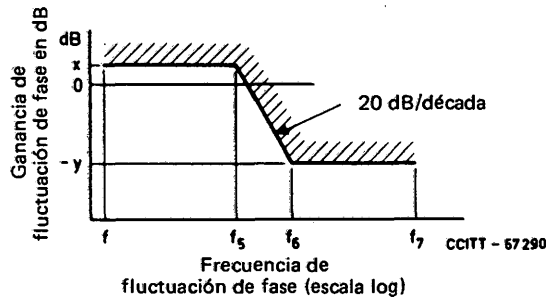


FIGURA 4/G.823

Característica típica de transferencia de fluctuación de fase

3.2 *Secciones digitales*

A fin de asegurar que no se rebasa el límite de red máximo (§ 2) dentro de una red digital, es necesario controlar la fluctuación de fase producidapor los sistemas de transmisión.

Los límites de la fluctuación de fase para las secciones digitales se dan en la Recomendación G.921.

3.3 *Equipos multiplexores-demultiplexores digitales*

Los límites de fluctuación de fase para los multiplexores y demultiplexores digitales figuran en las Recomendaciones pertinentes relativas a estos equipos.

4 Directrices para la medición de la fluctuación de fase

Hay dos categorías claramente identificables de mediciones de la fluctuación de fase:

- mediciones realizadas utilizando una señal de tráfico indefinida que, por lo general, puede considerarse cuasialeatoria (estas mediciones se efectúan generalmente en condiciones de explotación).
- mediciones realizadas utilizando secuencias de prueba específicas (estas mediciones se efectúan generalmente en laboratorio, en fábrica y con ocasión de la recepción de equipo).

4.1 *Mediciones efectuadas utilizando una señal de tráfico indefinida*

A causa de la naturaleza cuasialeatoria de la fluctuación de fase y de su posible dependencia con respecto de la carga de tráfico, para que las mediciones cresta a cresta en redes operacionales sean exactas es necesario efectuarlas durante largos periodos de tiempo. En la práctica se prevé que, con la experiencia adquirida en sistemas particulares, será posible identificar anomalías detectadas en mediciones efectuadas en un periodo más corto, que indiquen que el límite máximo admisible podría rebasarse si el intervalo de medición fuese más largo.

Los límites de red recomendados en el § 2 se han derivado de manera tal que la probabilidad de rebasar esos niveles es muy pequeña. La observación práctica de una magnitud semejante con un grado de fiabilidad elevado requiere un intervalo de medición tan largo que es inaceptable. Para tener en cuenta un efecto de esa clase quizá sea necesario introducir un límite menor, aunque relacionado, que tenga una mayor probabilidad de incidencia, lo cual facilitaría su medición durante un periodo razonablemente corto. Estos aspectos son objeto de nuevos estudios.

4.2 *Mediciones efectuadas utilizando una determinada secuencia de prueba*

Teniendo en cuenta la conveniencia de evaluar la calidad de funcionamiento desde el punto de vista de la fluctuación de fase de equipo de línea digital utilizando una determinada secuencia binaria seudoaleatoria, es necesario derivar límites apropiados para esta situación de prueba única. Aunque el empleo de esas señales de prueba determinísticas son de suma utilidad para las pruebas de aceptación en fábrica y de recepción de equipo, los resultados tienen que estar relacionados con una situación de explotación en la que es probable que el contenido de información de la señal sea más aleatorio (por ejemplo una señal de tipo telefónico). Sobre la base de la experiencia práctica, suele ser posible relacionar una medición basada en tráfico con una medición basada en una secuencia binaria seudoaleatoria mediante la aplicación de un factor de corrección apropiado (anexo A).

La utilización de una secuencia binaria seudoaleatoria (SBSA) en la medición de la fluctuación de fase puede tener el inconveniente de que, para que la medición sea válida, la secuencia binaria seudoaleatoria debe tener un contenido espectral adecuado dentro de la anchura de banda de la fluctuación de fase del sistema objeto de la medición. En los casos en que el contenido espectral es insuficiente, será necesario introducir una corrección adecuada, para que tenga sentido comparar, el valor medido con los límites especificados. Este aspecto es objeto de nuevos estudios (anexo A).

4.3 *Señales de prueba aplicadas a dispositivos de procesamiento de señales que forman parte integrante de sistemas de transmisión*

La inclusión de dispositivos de procesamiento de señales que forman parte integrante de un sistema de transmisión a menudo influye sobre la característica de fluctuación de fase observada. Los estudios realizados han demostrado que la señal transmitida, particularmente si es seudoaleatoria o está altamente estructurada, interactúa con los aleatorizadores digitales y convertidores de código de línea para producir efectos interesantes que se traducen en cambios de la calidad de funcionamiento de dichos equipos. Todos los efectos de interacción dan como resultado una modificación de la estadística de la señal transmitida, lo que causa el cambio consiguiente en la fluctuación de fase sensible al esquema generada dentro de cada repetidor. Una manifestación típica es que mediciones sucesivas en un sistema de transmisión provisto de estos dispositivos, utilizando una señal de prueba idéntica en cada ocasión, dan como resultado una gama muy variada de valores cresta a cresta y cuadráticos medios de la amplitud de fluctuación de fase.

Los estudios han demostrado que los siguientes factores influyen en la característica de la fluctuación de fase observada:

- las conexiones de realimentación en el generador de señales de prueba de secuencia binaria seudoaleatoria y en el aleatorizador del sistema de transmisión;
- el número de pasos en el generador de señales de prueba de secuencia binaria seudoaleatoria y en el aleatorizador del sistema de transmisión;
- la presencia de un convertidor de código en el sistema de transmisión.

En consecuencia, al considerar la elección de la señal de prueba a los fines de la validación de equipos, deberán tenerse en cuenta los siguientes puntos:

a) Es desaconsejable utilizar un generador de señales de prueba de secuencia binaria seudoaleatoria con una longitud de ciclo que tenga factores comunes con el aleatorizador incorporado en el sistema de transmisión;

b) Debe evitarse una configuración igual del generador de señales de prueba de secuencia binaria seudoaleatoria y del aleatorizador del sistema de transmisión, si se requiere una señal aleatoria.

5 Acumulación de fluctuación de fase en las redes digitales

En vista de la variabilidad de las configuraciones de red, no pueden examinarse todos los casos posibles. Para analizar una configuración particular de red es necesario utilizar la información acerca de las características de fluctuación de fase de equipos individuales, conjuntamente con modelos apropiados de acumulación de fluctuación de fase. El anexo B tiene por objeto facilitar información suficiente para que las organizaciones puedan efectuar esas evaluaciones.

ANEXO A

(a la Recomendación G.823)

Utilización de una secuencia binaria seudoaleatoria (SBSA) para la medición de la fluctuación de fase en sistemas de línea digital, sistemas radioeléctricos y sistemas de fibra óptica

A.1 *Relación entre una medición basada en el tráfico aleatorio y una medición basada en una secuencia binaria seudoaleatoria (SBSA)*

Suele ser conveniente utilizar, en lugar de una señal de tráfico de tipo aleatorio, una secuencia binaria seudoaleatoria (SBSA). Pero, las mediciones de la fluctuación de fase efectuadas con esta señal de prueba tienden a arrojar resultados optimales en comparación con una medición idéntica efectuada con una señal de tráfico, en la que el contenido de información es más aleatorio. Esta diferencia se debe a que la señal de tráfico, que suele ser de naturaleza no determinística, puede causar la generación de una gama casi infinita de amplitudes de fluctuación de fase mientras que, por su naturaleza cuasialeatoria, una secuencia binaria seudoaleatoria sólo puede causar la generación de una gama finita de amplitudes de fluctuación de fase. Sobre la base de la experiencia práctica adquirida hasta la fecha, se ha determinado un factor de corrección que establece una relación entre ambos tipos de mediciones, pero es sumamente difícil dar un valor exacto para cada situación práctica concebible. Su valor real depende de muchos aspectos que están interrelacionados, como por ejemplo el periodo de medición, la longitud del sistema, el valor del factor Q del circuito de extracción de la temporización, la longitud de la secuencia y la presencia de aleatorizadores. Para relacionar una medición basada en el tráfico aleatorio (efectuada durante un intervalo relativamente corto) con una determinada secuencia binaria seudoaleatoria es necesario utilizar los siguientes factores de corrección que se cree representan una buena opción práctica para la mayoría de las circunstancias:

- 1,5 para 2048 kbit/s y 8448 kbit/s (sobre la base de la utilización de una secuencia binaria seudoaleatoria de $2^{15} - 1$ elementos generada de conformidad con la Recomendación O.151),
- 1,3 para 34 368 kbit/s y 139 264 kbit/s (sobre la base de la utilización de una secuencia binaria seudoaleatoria de $2^{23} - 1$ elementos generada de conformidad con la Recomendación O.151).

Por lo tanto

$$\left[\begin{array}{l}\text{Amplitud de la fluctuación}\\ \text{de fase estimada cuando se}\\ \text{transmite una señal}\\ \text{aleatoria (tráfico)}\end{array}\right] = \text{factor de corrección} \times \left[\begin{array}{l}\text{Amplitud de la fluctuación}\\ \text{de fase medida utilizando}\\ \text{una determinada secuencia}\\ \text{binaria seudoaleatoria}\end{array}\right]$$

A.2 *Contenido espectral de la secuencia binaria seudoaleatoria*

Por su propia naturaleza, la secuencia binaria seudoaleatoria es cíclica y, en consecuencia, se caracteriza por un espectro de potencia formado por rayas espectrales regularmente espaciadas. Para lograr un resultado significativo, en el cual el error de medición sea aceptable, es necesario velar por que la secuencia binaria seudoaleatoria utilizada en la medición de la fluctuación de fase a la salida tenga un contenido espectral adecuado dentro de la anchura de banda de la fluctuación de fase del sistema objeto de la medición. Se puede demostrar que la anchura de banda del espectro de la fluctuación de fase a la salida de una cadena de regeneradores digitales es una función del factor Q del circuito de extracción de la temporización y del número de regeneradores en serie [1].

Así pues:

$$\text{Anchura de banda} = \frac{f_1}{Q \times n}\ \text{[Hz] para valores elevados de } n \text{ de la fluctuación de fase}$$

donde

f_1 = frecuencia de la señal de temporización extraída de la señal entrante por el circuito de extracción de la temporización

Q = factor Q de un repetidor

n = número de repetidores en serie

y

$$\text{Frecuencia de repetición de la secuencia binaria seudoaleatoria} = \frac{f}{L} \text{ [Hz]}$$

donde

f = velocidad binaria

L = longitud de la secuencia

Para que el contenido espectral sea adecuado, la frecuencia de repetición del esquema ha de ser inferior a $\frac{1}{y}$ de la anchura de banda de la fluctuación de fase del sistema sometido a prueba. El valor de y requiere más estudio:

Así

$$\frac{f}{L} \leqslant \frac{f_1}{y \times Q \times n}$$

y

$$L \geqslant y \times n \times Q \times \frac{f}{f_1}$$

Ejemplos:

Para el código de línea B6ZS $f = f_1$ y $L \geqslant y \times n \times Q$

Para un código de línea cuaternario no redundante $\frac{f}{f_1} = \frac{2}{1}$ y $L \geqslant y \times n \times Q \times 2$

Si el sistema utiliza un aleatorizador o una técnica de traducción de código (por ejemplo, 4B3T), habrá que tener esto en cuenta para reducir la longitud de la secuencia de prueba.

ANEXO B

(a la Recomendación G.823)

B.1 *Acumulación de fluctuación de fase en redes digitales*

B.1.1 *Relaciones de acumulación de fluctuación de fase en el caso de equipos digitales homogéneos conectados en serie*

B.1.1.1 *Equipos de línea digital, sistemas radioeléctricos y de fibra óptica*

Con este tipo de equipo, la relación aplicable depende críticamente del contenido de la señal transmitida, la realización física de la extracción de la temporización, la inclusión de un par aleatorizador/desaleatorizador, etc. Se han identificado varias relaciones.

a) *Regeneradores homogéneos en serie*

La mayoría de los repetidores digitales que se utilizan actualmente son totalmente regenerativos y tienen su propia temporización, o sea que la señal de salida es retemporizada bajo el control de una señal de temporización derivada de la señal entrante. La forma más significativa de fluctuación de fase tiene su origen en imperfecciones de los circuitos, que causan una fluctuación de fase dependiente de la secuencia de los impulsos en la señal digital que se transmite; esta forma se denomina fluctuación de fase dependiente del esquema de la señal. Los mecanismos que generan una fluctuación de fase dentro de un regenerador han sido extensamente estudiados y guardan principalmente relación con imperfecciones del circuito de extracción de la temporización [2], [3] y [4].

Puesto que la fluctuación de fase dependiente del esquema de la señal procedente de secciones regeneradas, es el tipo dominante de fluctuación de fase en una red, debe examinarse la forma en que esta fluctuación se acumula. A efectos de la fluctuación de fase, un repetidor regenerador actúa como un filtro de paso bajo para la fluctuación de fase presente en la señal de entrada, pero también genera una fluctuación de fase, que puede representarse por una fuente adicional de fluctuación de fase en la entrada. Si esta fluctuación de fase adicional fuese verdaderamente aleatoria, como fluctuación de fase distinta de la dependiente del esquema de la señal, la fluctuación de fase media cuadrática total J_N presente en la señal digital tras N regeneradores estaría dada por la relación aproximada:

$$J_N \simeq J \times \sqrt[4]{N} \tag{1}$$

donde J es la fluctuación de fase media cuadrática introducida por un solo regenerador y debida a fuentes de fluctuación de fase no correlacionadas. En esta ecuación se da por supuesto que la fluctuación de fase introducida por cada regenerador no está correlacionada.

Ahora bien, la mayor parte de la fluctuación de fase introducida por los regeneradores depende del esquema de la señal y puesto que el esquema es el mismo en cada regenerador, puede suponerse que cada regenerador introduce la misma fluctuación de fase en una cadena de regeneradores similares. En este caso, se puede demostrar que los componentes de baja frecuencia de la fluctuación de fase se suman linealmente, mientras que los componentes de frecuencias más altas son cada vez más atenuados por el efecto de filtro de paso bajo de los regeneradores sucesivos. Si se transmite una señal aleatoria, la fluctuación de fase media cuadrática J_N presente en la señal tras N regeneradores estaría dada por la relación aproximada:

$$J_N \simeq J_1 \times \sqrt{2N} \text{ para valores grandes de } N \tag{2}$$

donde J_1 es la fluctuación de fase media cuadrática introducida por un solo regenerador, debida a mecanismos dependientes del esquema de la señal [1].

Nota 1 – Sobre la base de la experiencia práctica adquirida hasta la fecha, pueden obtenerse para J_1 valores comprendidos entre 0,4 y 1,5% de un intervalo unitario utilizando diseños con una buena razón eficiencia/costo.

Nota 2 – Si para la extracción de la temporización se utiliza un bucle de enganche de fase, la tasa de acumulación será marginalmente mayor, y vendrá dada por la relación aproximada:

$$J_N = J_1 \times \sqrt{2NA} \tag{3}$$

donde A es un factor que depende del número de regeneradores y del factor de amortiguamiento de los bucles de enganche de fase. En esta aplicación se suele escoger el parámetro A de modo que tenga una amplitud marginalmente mayor que la unidad.

Nota 3 – La aplicación de recuperación de temporización utilizando un filtro de ondas acústicas de superficie transversal produce una tasa de acumulación que se aproxima a la obtenida para fuentes de fluctuación de fase no correlacionada. Esta acumulación de fluctuación de fase favorable se produce debido al gran retardo inherente que reduce la correlación entre la señal de temporización recuperada y el tren de datos. Por tanto, la fluctuación de fase que depende de un esquema sistemático es aleatorizada efectivamente y tiende a acumularse de una manera similar a la obtenida con respecto a las fuentes de fluctuación de fase no correlacionada. El único efecto secundario perceptible es una degradación marginal en la fluctuación de fase de alineación. Esta acumulación de fluctuación de fase favorable no es presentada por resonadores de ondas acústicas de superficie debido a su modo de funcionamiento diferente [9].

Nota 4 – Los repetidores provistos de circuitos que comprenden transformaciones de esquemas representan efectivamente fuentes de fluctuación de fase no correlacionada que causan una acumulación de fluctuación de fase no sistemática. Por ejemplo, una transformación de esquemas basada en la adición de módulo 2 de una señal y su versión retardada (secuencia de Huffman) hace que la fluctuación de fase cuadrática media se acumule aproximadamente en proporción a la raíz cuarta del número de repetidores [8].

De las ecuaciones (1) y (2) se extraen dos conclusiones importantes:

a) la fluctuación de fase que depende del esquema de la señal se acumula más rápidamente que la que no depende de éste, cuando aumenta el número de regeneradores y

b) la amplitud de la fluctuación de fase producida por una cadena de regeneradores aumenta indefinidamente cuando aumenta el número de regeneradores.

La fluctuación de fase producida por un esquema aleatorio es, por su propia naturaleza, aleatoria, y la función de distribución de la probabilidad de amplitud se considera próxima a la gaussiana. Por lo tanto, para una amplitud media cuadrática dada (desviación típica), puede calcularse la probabilidad de rebasar cualquier amplitud cresta a cresta escogida. A efectos de la especificación, suele darse por supuesto que la razón del valor cresta a cresta al valor medio cuadrático es de 12 a 15, con lo cual se obtiene un valor para el cual la probabilidad de ser rebasado es muy baja.

En cambio, cuando la señal que se transmite se compone de dos esquemas repetitivos que se alternan a baja frecuencia, la fluctuación de fase se presenta como una onda repetitiva de baja frecuencia con una amplitud proporcional al número de regeneradores, lo cual podría dar lugar a una amplitud muy grande de la fluctuación de fase. En esos casos, la amplitud máxima cresta a cresta de la fluctuación de fase (J_{NP}) se describe por la relación siguiente:

$$J_{NP} = d \times N \tag{4}$$

donde d es la fluctuación de fase sensible al esquema producida por un solo generador al que se aplican esquemas repetitivos alternos. Esta relación presupone que la frecuencia de repetición es lo suficientemente baja para que se establezcan regímenes estacionarios. El valor efectivo depende del esquema de señal utilizado.

Esta situación es muy poco probable en condiciones normales de explotación porque la señal transmitida se compone, por lo general, de tráfico procedente de varias fuentes distintas (aunque no necesariamente a la velocidad de línea primaria), junto con una señal de alineación de trama y dígitos de control de justificación, etc. Además, la probabilidad de que se produzcan esquemas fijos puede reducirse aún más utilizando aleatorizadores digitales, que tienden a aleatorizar la señal.

b) *Sistemas de línea digital y sistemas radio digitales homogéneos, conectados en serie, sistemas radioeléctricos y de fibra óptica provistos de aleatorizadores y reductores de la fluctuación de fase*

Debe examinarse la posibilidad de incluir un par de aleatorizador/desaleatorizador en un sistema de línea digital o un sistema radio digital cuando esos sistemas homogéneos se conectan en serie. En tales situaciones, la fluctuación de fase aportada a cada sistema no está correlacionada y, por lo tanto, se observa que se acumula proporcionalmente a la raíz cuarta del número de sistemas conectados en serie. Así pues, la fluctuación de fase media cuadrática, J_M, presente en la señal digital después de M sistemas de línea digital o radio digitales está dada por la relación aproximada:

$$J_M \simeq J_S \times \sqrt[4]{KM} \tag{5}$$

donde J_S es la fluctuación de fase media cuadrática producida por un sólo sistema y K es una constante con un valor entre 1 y 2. Para valores grandes de M, $K = 2$.

Cuando se utilizan reductores de la fluctuación de fase además de aleatorizadores, la misma relación de acumulación pudiera ser aplicable, pero el valor de J_S se reduce apreciablemente. En estas circunstancias, la fluctuación de fase media cuadrática, J_S, está dada por la relación aproximada siguiente:

$$J_S \simeq 2N\,J\sqrt{\frac{f_c}{B}} \text{ para valores grandes de } N \tag{6}$$

donde J es la fluctuación de fase media cuadrática de un solo regenerador, N el número de regeneradores en serie, f_c la frecuencia de corte del reductor de fluctuación de fase, y B la semianchura de banda de un sólo regenerador $\left(B = \frac{W_0}{2Q}\right)$.

Nota – Será preciso seguir estudiando la validez de las relaciones indicadas en la presente sección, sobre todo en caso de que se hayan incorporado reductores de fluctuación de fase, pues el grado de aleatorización producido por la longitud de aleatorizador que suele considerarse aceptable puede no ser suficiente para garantizar que las aportaciones de fluctuación de fase, dentro de la anchura de banda de las funciones de transferencia de la fluctuación de fase esperadas, no estén correlacionadas hasta el punto de la acumulación según una ley de raíz cuarta sea dominante.

B.1.1.2 *Equipos multiplexores-demultiplexores (múldex)*

Con este tipo de equipo, el único tipo de fluctuación de fase que tiene probabilidades de acumularse en grado significativo es la fluctuación de fase del tiempo de espera, variable, de baja frecuencia que puede tener componentes a frecuencias comprendidas en la banda de paso del bucle de enganche de fase de los demultiplexores. Cabe prever que la acumulación de la fluctuación de fase del tiempo de espera se produzca a una frecuencia comprendida entre $\sqrt[4]{N}$ y $\sqrt[2]{N}$, donde N es el número de pares de multiplexadores/demultiplexadores en serie de [5], [6] y [7].

Hacen falta nuevos estudios para determinar una relación más exacta.

B.2 *Directrices sobre la aplicación práctica de las relaciones de acumulación de fluctuación de fase en una red digital*

(Estos aspectos requieren un estudio más amplio.)

Referencias

[1] BYRNE (C. J.), KARAFIN (R. J.), and (ROBINSON, (D. R.): Systematic Jitter in a Chain of Digital Repeaters, *BSTJ*, Vol. 42, 1963.

[2] BENNETT (W. R.): Statistics of Regenerative Digital Transmission, *BSTJ*, Vol. 37, 1958.

[3] ROWE (H. E.): Timing in a Long Chain of Regenerative Repeaters, *BSTJ*, Vol. 37, 1958.

[4] MANLEY (J. M.): Generation and Accumulation of Timing Noise in PCM Systems – An Experimental and Theoretical Study, *BSTJ*, Vol. 48, 1969.

[5] DUTTWEILER (A. L.): Waiting Time Jitter, *BSTJ*, Vol. 51, N.° 1, enero de 1972, pp. 165-207.

[6] CHOW (P. E. K.): Jitter due to Pulse Stuffing Synchronization *IEEE Transaction on Communications*, COM-21, N.° 7, julio de 1973, pp. 854-859.

[7] CLEOBURY (D. J.): Characteristics of a Digital Multiplex Equipment Employing Justification Techniques *IEE Conference on Telecommunications Transmission*, 1975, pp. 83-86.

[8] ZEGER (L. E.): The Reduction of Systematic Jitter in a Transmission Chain with Digital Regenerators. *IEEE Transaction on Communications Technology*, COM-15(4), 1976.

[9] HIROSAKSI (B.): Jitter Accumulation Property in a Regenerative Repeater System with ASWF as a Timing Extracting Filter. *NEC Research and Development*, N.° 43, octubre de 1976.

Recomendación G.824

CONTROL DE LA FLUCTUACIÓN DE FASE Y DE LA FLUCTUACIÓN LENTA DE FASE EN LAS REDES DIGITALES BASADAS EN LA JERARQUÍA DE 1544 kbit/s

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

El CCITT,

considerando

(a) que en las redes digitales puede producirse fluctuación de fase de temporización y de alineación;

(b) que, si no se ejerce el debido control, en ciertas circunstancias la fluctuación de fase puede acumularse hasta el punto de producirse las degradaciones siguientes:

i) un aumento de la probabilidad de introducción de errores en las señales digitales en los puntos de regeneración de las señales, como resultado del desplazamiento de las señales de temporización con respecto a su posición óptima en el tiempo;

ii) la introducción de deslizamientos incontrolados en las señales digitales por desbordamiento o vaciado de datos en equipos digitales dotados de memorias intermedias y comparadores de fase, por ejemplo, reductores de fluctuación de fase y ciertos equipos múltiplex digitales;

iii) una degradación de la información analógica digitalmente codificada a consecuencia de la modulación de fase de las muestras reconstituidas en el dispositivo de conversión digital-analógica en el extremo de la conexión, que puede repercutir considerablemente en la señal de video digitalmente codificada.

(c) que a diferencia de algunas otras degradaciones de red, la magnitud de la fluctuación de fase puede reducirse con reductores de fluctuación de fase, y que, en redes complejas, puede ser necesario emplear dichos dispositivos;

(d) que puede producirse fluctuación lenta de fase debido a variaciones en las características de transmisión de los medios y equipos, incluidas interrupciones en la distribución de referencias de sincronización;

(e) que es necesario acomodar la fluctuación lenta de fase en los puertos de entrada de equipo digital si han de reducirse al mínimo los deslizamientos controlados e incontrolados,

recomienda

que se apliquen las directrices y límites siguientes en la planificación de redes y el diseño de equipo.

1 Principios básicos del control de la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase

El objetivo de la estrategia descrita en esta Recomendación es reducir al mínimo las degradaciones causadas por la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase en las redes digitales. La estrategia prevé los elementos siguientes:

a) especificación de los límites de red que no deben excederse en ningún interfaz jerárquico;

b) un marco coherente para la especificación de los distintos equipos digitales;

c) información y directrices para predecir y analizar la acumulación de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase en cualquier configuración de red, facilitar un control satisfactorio de las degradaciones ocasionadas por esa acumulación, y esclarecer la característica de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase de los distintos equipos digitales;

d) metodología de medición para facilitar la obtención de mediciones exactas y repetibles de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase.

En el suplemento N.° 3.8 de la serie O (fluctuación de fase) y en el suplemento N.° 35 (fluctuación lenta de fase) se sugieren formas de medir los parámetros recomendados a continuación.

2 Límites de red para la máxima fluctuación de fase de salida en los interfaces jerárquicos y para la máxima fluctuación lenta de fase de salida en los nodos de red síncrona

2.1 *Límites de red para la fluctuación de fase*

La especificación de los máximos valores admisibles de fluctuación de fase de salida en los interfaces de red jerárquicos es necesaria para poder interconectar componentes de red digital (secciones de línea, equipos múltiplex, centrales), a fin de establecer un trayecto o conexión digital. Estos límites deben cumplirse independientemente del número de componentes de red interconectados que precedan al interfaz. Se pretende que los límites sean compatibles con la mínima tolerancia de fluctuación de fase de todo el equipo que opere en el mismo nivel jerárquico.

Los valores indicados en el cuadro 1/G.824 son los máximos límites admisibles de fluctuación de fase de salida en los interfaces jerárquicos de una red digital. En los casos en que se produce la máxima amplitud de fase admisible en un interfaz entre dos países, se deja a criterio de las Administraciones nacionales la adopción de medidas correctivas apropiadas. No es probable que esta situación se produzca muy a menudo.

CUADRO 1/G.824

Máxima fluctuación de fase admisible de salida en los interfaces jerárquicos					
	Límite de red (IU cresta a cresta)		Filtro paso banda con una frecuencia de corte inferior f_1 o f_3 y una frecuencia de corte superior f_4		
Velocidad binaria (kbit/s)	B_1	B_2	f_1 (Hz)	f_3 (Hz)	f_4 (kHz)
1 544	5,0	0,1 (nota)	10	8	40
6 312	3,0	0,1 (nota)	10	3	60
32 064	2,0	0,1 (nota)	10	8	400
44 736	5,0	0,1	10	30	400
97 728	1,0	0,05	10	240	1 000

IU Intervalo unitario.

Nota – Este valor requiere ulterior estudio.

En los sistemas en que la señal de salida se controla mediante un reloj autónomo (por ejemplo, un oscilador de cuarzo), pueden definirse en las especificaciones pertinentes del equipo, valores más rigurosos de fluctuación de fase de salida [por ejemplo, en el múldex de la Recomendación G.743, la fluctuación de fase no debe exceder 0,01 IU (valor eficaz)].

La figura 1/G.824 ilustra la disposición para medir la fluctuación de fase de salida en un interfaz digital. Los límites concretos de fluctuación de fase y las frecuencias de corte del filtro se indican en el cuadro 1/G.824.

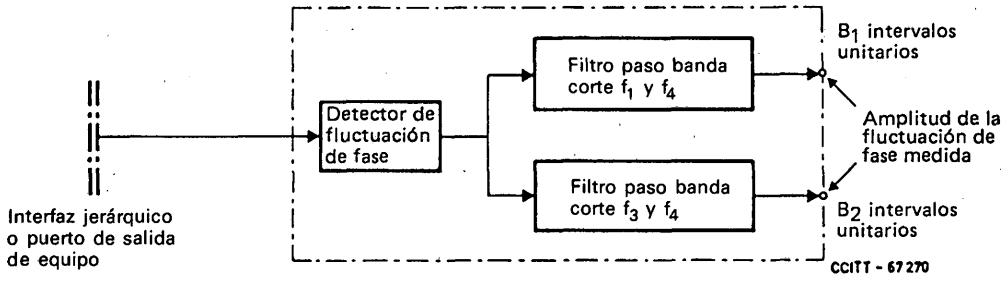


FIGURA 1/G.824

Disposición para medir la fluctuación de fase procedente de un interfaz jerárquico o de un puerto de salida de equipo

2.2 *Límites de red para la fluctuación lenta de fase*

Se necesitan especificaciones de fluctuación lenta de fase de salida de la red en los nodos de red síncrona para asegurar una calidad de funcionamiento satisfactoria de la red (por ejemplo, característica de deslizamientos, de ráfagas de errores). Para los nodos de red se especifican los siguientes límites, suponiendo una señal de sincronización no ideal (que contenga fluctuación de fase, fluctuación lenta de fase, desviación de frecuencia y otras degradaciones) en la línea que entrega la información de temporización. El máximo error en el intervalo de tiempo (MEIT) (véase la Recomendación G.811) en un periodo de S segundos no deberá exceder de:

1) $S < 10^4$; esta región requiere ulterior estudio,

2) $(10^{-2}S + 10\,000)$ ns, aplicable para valores de S superiores a 10^4.

Nota – La figura 2/G.824 ilustra la especificación global resultante.

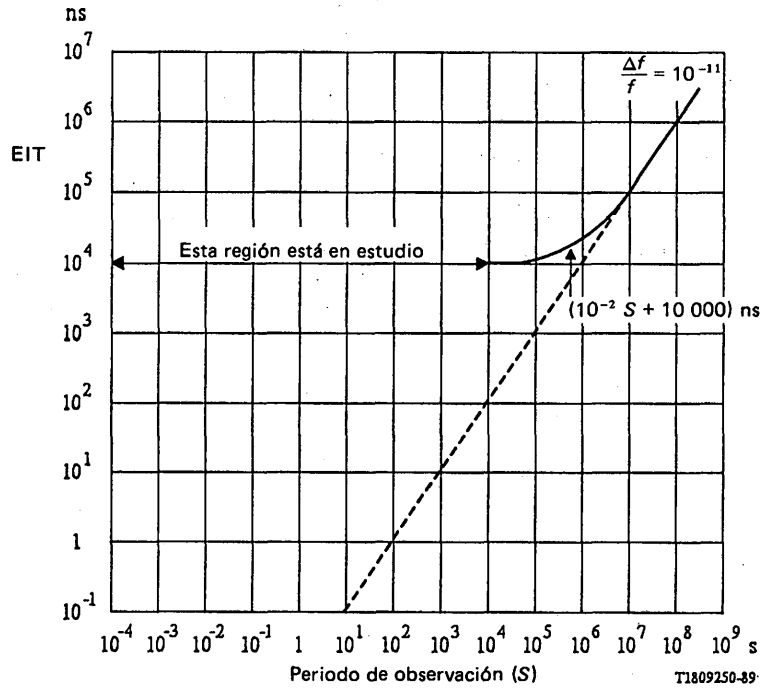


FIGURA 2/G.824

Máximo error en el intervalo de tiempo (MEIT) admisible en función del periodo de observación S a la salida de un nodo de red

Se requiere más estudio para determinar la diferencia en los límites para nodos de tránsito y locales. Además, la acumulación de fluctuación lenta de fase en las redes está íntimamente relacionada con las especificaciones de los relojes que figuran en las Recomendaciones G.811, G.812 y Q.511.

3 Marco general para la especificación de los distintos equipos digitales

3.1 *Principios básicos de la especificación*

El control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase depende esencialmente del diseño de la red y del equipo. En el § 2 se formulan consideraciones relativas a la red. Los principales parámetros de importancia al considerar la característica de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase del equipo digital son:

i) cantidad de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase que puede tolerarse en la entrada;

ii) proporción de esta fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de entrada que se filtra hasta la salida; y

iii) cantidad de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase generadas por el equipo.

Esta sección pretende sentar los fundamentos para el desarrollo de especificaciones que aseguren la compatibilidad de los diversos equipos de red desde el punto de vista de la característica de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase.

3.1.1 *Tolerancia de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de los puertos de entrada*

Para asegurar que un equipo cualquiera funcione satisfactoriamente cuando se conecta a un interfaz jerárquico situado dentro de la red, es necesario que los puertos de entrada del equipo puedan acomodar niveles de fluctuación de fase de salida de la red que lleguen hasta los máximos límites de red especificados en el cuadro 1/G.824. La especificación de la tolerancia de fluctuación de fase de entrada en forma de una sola Recomendación aplicable a todas las categorías de equipo digital garantiza que todos los elementos de red satisfacen una cierta tolerancia de fluctuación de fase mínima. La mayoría de las especificaciones de tolerancia de entrada de los equipos dan la amplitud de la fluctuación de fase sinusoidal que puede aplicarse a diversas frecuencias sin causar una degradación designada de la característica de error. La sencillez de esta forma de especificación es muy atractiva, por ser fácil de verificar con equipo de prueba convencional. Sin embargo, es importante reconocer que la condición de prueba no pretende ser representativa del tipo de fluctuación de fase que se da en la práctica en una red. Para algunos equipos, por tanto, puede ser necesario especificar pruebas suplementarias de tolerancia de fluctuación de fase, y debe hacerse siempre referencia a la correspondiente Recomendación relativa al equipo.

Como directriz mínima de tolerancia del equipo se recomienda que todos los puertos de entrada digitales de equipos puedan tolerar la fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase sinusoidales definidas por la figura 3/G.824 y el cuadro 2/G.824. Los límites deben aplicarse en un entorno operativo.

Al obtener las especificaciones del cuadro 2/G.824 para frecuencias superiores a f_3 se consideran predominantes los efectos de la amplitud de fluctuación de fase de alineación en el circuito de decisión del reloj del equipo. Las mediciones efectuadas para verificar el cumplimiento de estas especificaciones pueden arrojar resultados dependientes del entorno, por lo que admiten cierta ambigüedad en su interpretación. Debe tenerse en cuenta el requisito en la fase de diseño del equipo. El suplemento N.º 3.8 (serie O) proporciona orientación sobre las mediciones independientes del entorno.

Al obtener estas especificaciones, se considera que los efectos de fluctuación lenta de fase son predominantes en las frecuencias inferiores a f_1 y muchos equipos de transmisión, tales como sistemas de línea digital y múldex asíncronos que utilizan técnicas de justificación, son efectivamente transparentes a estos cambios de fase de muy baja frecuencia. Sin embargo, esta variación de fase no necesita acomodarse a la entrada de ciertos equipos (por ejemplo, centrales digitales y múldex síncronos). El requisito del cuadro 2/G.824 para frecuencias inferiores a f_1 no se presta a una sencilla evaluación práctica, pero debe tenerse en cuenta el requisito en la fase de diseño del equipo.

La tolerancia de fluctuación lenta de fase de los equipos debe ser compatible con los límites de fluctuación lenta de fase de salida de la red especificados en la figura 2/G.824. Una tolerancia de fluctuación lenta de fase insuficiente en puertos de entrada de equipo síncrono puede ocasionar deslizamientos controlados o incontrolados, según el tipo de estrategia de control de deslizamientos que se emplee.

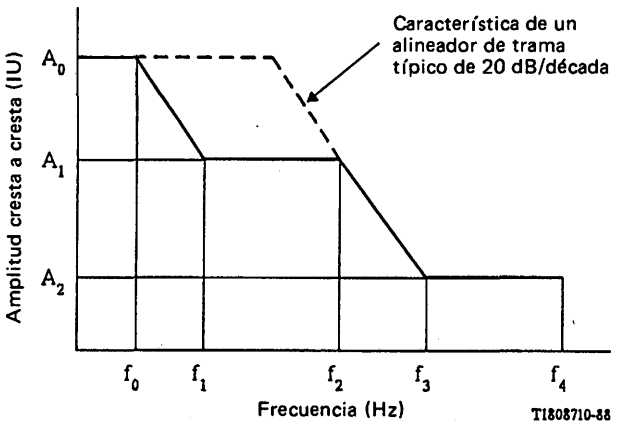


FIGURA 3/G.824

Plantilla de la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase cresta a cresta que ha de acomodarse a la entrada de un nodo de una red digital
(el método de medición puede verse en el Suplemento 3.8 (serie O) y en el Suplemento N.° 35 al final del presente fascículo)

CUADRO 2/G.824

Tolerancia de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase de los puertos de entrada (Valores provisionales) (nota 1)

Velocidades binarias (kbit/s)	Amplitud de fluctuación de fase (cresta a cresta)			Frecuencia					Señal de prueba
	A_0 (μs)	A_1 (IU)	A_2 (IU)	f_0 (Hz)	f_1 (Hz)	f_2 (Hz)	f_3 (kHz)	f_4 (kHz)	
1 544	18 (nota 2)	5,0	0,1 (nota 2)	$1{,}2 \times 10^{-5}$	10	120	6	40	$2^{20} - 1$ (nota 3)
6 312	18 (nota 2)	5,0	0,1	$1{,}2 \times 10^{-5}$	10	50	2,5	60	$2^{20} - 1$ (nota 2)
32 064	18 (nota 2)	2,0	0,1	$1{,}2 \times 10^{-5}$	10	400	8	400	$2^{20} - 1$ (nota 3)
44 736	18 (nota 2)	5,0	0,1	$1{,}2 \times 10^{-5}$	10	600	30	400	$2^{20} - 1$ (nota 2)
97 728	18 (nota 2)	2,0	0,1	$1{,}2 \times 10^{-5}$	10	12 000	240	1000	$2^{23} - 1$ (nota 2)

Nota 1 – Debe hacerse siempre referencia a las distintas especificaciones de equipos, a fin de comprobar si es necesario establecer requisitos suplementarios de tolerancia de fluctuación de fase de entrada.

Nota 2 – Este valor requiere ulterior estudio.

Nota 3 – En las redes que no admiten transparencia a 64 kbit/s, es necesario suprimir las cadenas de ceros largas de la secuencia de prueba.

Nota 4 – El valor A_0 (18 μs) representa una desviación de fase relativa entre la señal de entrada y la señal de temporización interna local extraída del reloj de referencia.

3.1.2 *Características de transferencia de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase*

Las características de transferencia de fluctuación de fase definen la relación fluctuación de fase de salida/entrada en función de la frecuencia de fluctuación de fase para una velocidad binaria dada. Cuando existe fluctuación de fase en el puerto de entrada digital del equipo digital, en muchos casos una parte de la fluctuación de fase se transmite al puerto de salida digital correspondiente. Muchos tipos de equipo digital atenúan de por sí las componentes de fluctuación de fase de alta frecuencia presentes en la entrada. Las Recomendaciones del CCITT que tratan de los distintos equipos definirán en última instancia los valores límite de sus diferentes características de transferencia de fluctuación de fase. Para controlar la fluctuación de fase en casos de equipo digital homogéneo en cascada, es importante limitar el valor de la ganancia de fluctuación de fase.

Como la anchura de banda de los circuitos de suavizado de fase en equipo digital asíncrono es generalmente superior a 10 Hz, la fluctuación lenta de fase de la señal de entrada puede aparecer prácticamente no atenuada a la salida. Sin embargo, en ciertos equipos digitales (por ejemplo, relojes nodales) es necesario que la fluctuación lenta de fase sea suficientemente atenuada entre la entrada y la salida. Las Recomendaciones que tratan de equipo síncrono definirán finalmente los valores límite de las distintas características de transferencia de fluctuación lenta de fase.

3.1.3 *Generación de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase intrínsecas*

La fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase intrínsecas se definen como la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase de salida generadas en ausencia de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de entrada. Es necesario limitar la cantidad de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase intrínsecas generadas dentro de los distintos equipos digitales para ejercer control de la acumulación de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de la red que resulta de los elementos de red puestos en cascada. Los límites de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de salida de los distintos equipos digitales se definen en las correspondientes Recomendaciones del CCITT que tratan de equipos. Los verdaderos límites aplicados dependen del tipo del equipo.

3.2 *Secciones de línea digital*

Para asegurar que no se exceda el máximo límite de red (véase el § 2.1) dentro de una red digital, es necesario controlar la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase que introducen los sistemas de transmisión.

Las especificaciones de fluctuación de fase de las secciones de línea digital se recogerán finalmente en las Recomendaciones G.911 a G.915.

3.3 *Múldex digitales*

Para asegurar que no se exceda el máximo límite de red (véase el § 2.1) dentro de una red digital, es necesario controlar la fluctuación de fase y la fluctuación lenta de fase que introducen los sistemas de transmisión.

Las especificaciones de fluctuación de fase de los múldex digitales que utilizan justificación positiva figuran en las Recomendaciones G.743 y G.752.

3.4 *Centrales digitales*

Para asegurar que no se exceda el máximo límite de red (que se especificará en el § 2.2) en una red digital, es necesario controlar la generación y la transferencia de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase, según convenga, en las centrales digitales.

Las especificaciones de fluctuación lenta de fase de salida de los relojes de referencia primarios se tratan en la Recomendación G.811. Las especificaciones de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de las centrales de tránsito digitales y las centrales locales digitales figuran en la Recomendación Q.541.

4 Acumulación de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase en las redes digitales

La variabilidad de las configuraciones de red permite un gran número de posibilidades de conexión. Para analizar una determinada configuración de red, es necesario utilizar la información sobre las características de fluctuación de fase de los distintos equipos en unión de modelos apropiados de acumulación de fluctuación de fase. El suplemento N.º 36 proporciona información para ayudar a las organizaciones a llevar a cabo estas evaluaciones.

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT

SECCIÓN 9

SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA

9.0 Consideraciones generales

Recomendación G.901

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LAS SECCIONES DIGITALES Y LOS SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA

(Ginebra, 1980; modificada posteriormente)

1 Secciones digitales y sistemas digitales

La expresión «sección digital» se emplea en estas Recomendaciones como término general, incluyendo las secciones de línea digital y las secciones radioeléctricas digitales. Se define en la Recomendación G.701 (véanse también las figuras 1/G.701 y 2/G.960). Las secciones digitales se definen como las partes constitutivas de los enlaces digitales que funcionan a determinadas velocidades binarias, y pueden considerarse como «cajas negras». En las secciones digitales utilizadas en las aplicaciones (de red) de jerarquía digital, las entradas y las salidas se recomiendan en forma de «interfaces de equipo» (indicados en la Recomendación G.703 para las velocidades binarias jerárquicas o la Recomendación G.931 para las velocidades binarias no jerárquicas). En el caso de las secciones digitales utilizadas en los accesos de abonado de la RDSI, las «fronteras de sección» se encuentran en el punto de referencia T y el punto de referencia V apropiado. Los interfaces usuario-red que pueden utilizarse en los puntos de referencia T se indican en las Recomendaciones de la serie I.400, y los interfaces de central que pueden utilizarse en los puntos de referencia V se indican en las Recomendaciones de la serie Q.500. Las Recomendaciones relativas a las secciones digitales contienen los requisitos referentes a la red aplicables a los sistemas de transmisión digitales radioeléctricos, de línea metálica y de fibra óptica. Los requisitos de calidad de funcionamiento guardan relación con los objetivos de calidad de funcionamiento de la red.

Los sistemas de línea digital y radioeléctricos digitales son los medios de proporcionar secciones digitales. Las Recomendaciones relativas a los sistemas de línea digital y radioeléctricos digitales pueden reflejar, para las secciones digitales que funcionen a una determinada velocidad binaria, medios y técnicas de transmisión específicos. Los requisitos de calidad de funcionamiento de los sistemas de línea digital y radioeléctricos digitales están destinados a servir de orientación a los proyectistas de sistemas (objetivos de diseño del equipo) y pueden estar referidos a secciones digitales ficticias de referencia que tengan una constitución definida.

Todos los sistemas de línea digital y radioeléctricos digitales que funcionen a una determinada velocidad binaria para uso en una parte de la red deberán cumplir las características de la sección digital correspondiente a esa aplicación en la red.

Los requisitos aplicables a los sistemas digitales radioeléctricos se tratan en Recomendaciones del CCIR.

2 Interconexiones internacionales

Para las interconexiones internacionales, el CCITT recomienda:

1) como solución preferida, las interconexiones en interfaces de equipo que funcionen a velocidades binarias jerárquicas, tal como se muestra en la parte a) de la figura 1/G.901 y la parte a) de la figura 2/G.901;

2) como solución de segundo orden de prioridad, la interconexión en interfaces de equipo que funcionen a velocidades binarias no jerárquicas, tal como se muestra en la parte b) de la figura 2/G.901;

3) que los interfaces de línea indicados en la parte b) de la figura 1/G.901 y la parte c) de la figura 2/G.901 no se utilicen como puntos de interconexión internacional.

Todos los parámetros necesarios para la interconexión en interfaces de equipo se tratarán en la parte de la Recomendación que se ocupa de las «características de las secciones de la línea digital».

Los interfaces de equipos mencionados en las Recomendaciones siguientes corresponden a los especificados en la Recomendación G.703 y pueden referirse tanto a una conexión directa entre equipos de terminación como a una conexión en un repartidor digital.

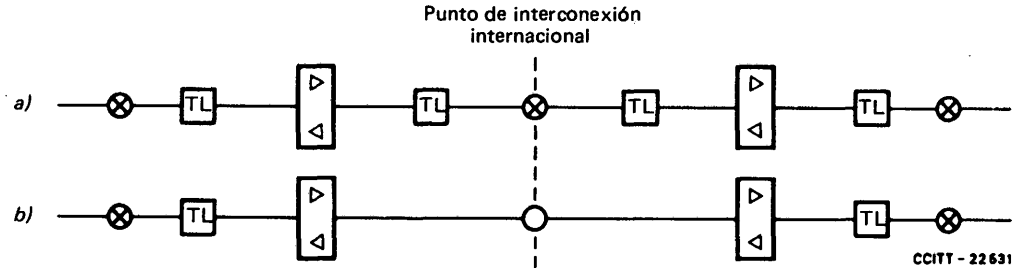


FIGURA 1/G.901

Posibilidades de interconexión de sistemas de transmisión de línea que funcionan a velocidades binarias jerárquicas

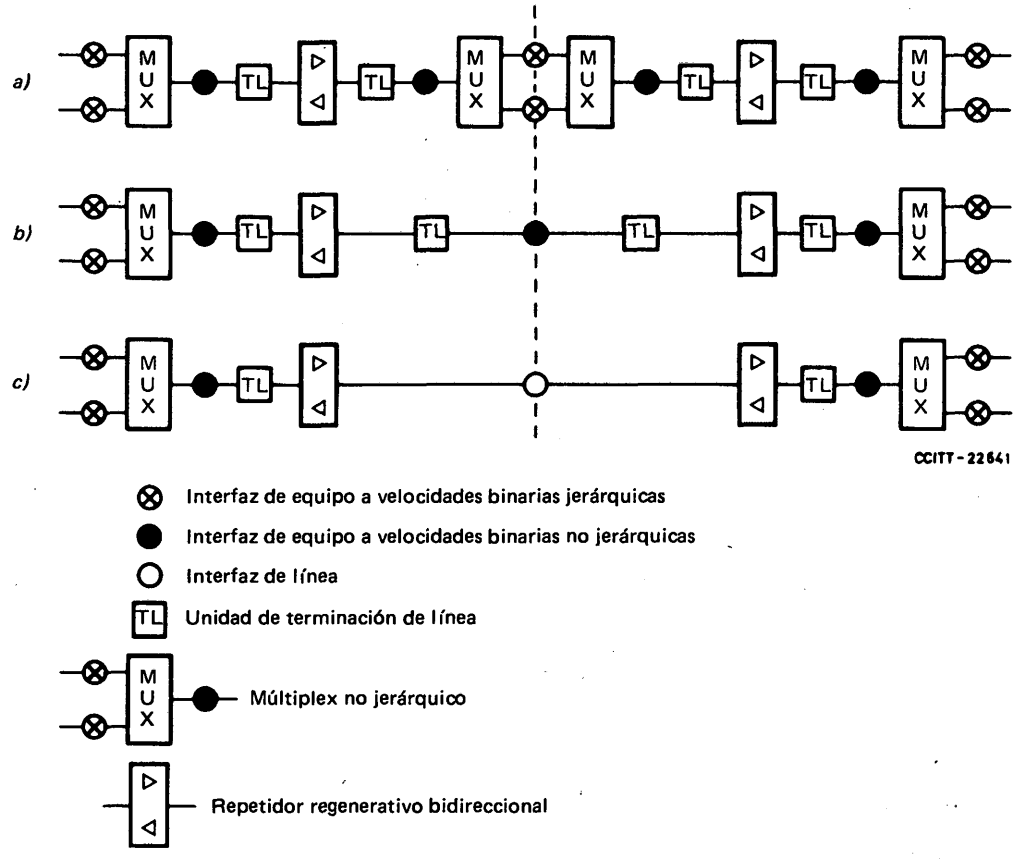


FIGURA 2/G.901

Posibilidades de interconexión de sistemas de transmisión de línea que funcionan a velocidades binarias no jerárquicas

3 Acceso de abonado de la RDSI

Las secciones digitales y los sistemas de línea digital de acceso de abonado de la RDSI se recomiendan específicamente para las aplicaciones que no forman parte de la «jerarquía digital». Mientras las Recomendaciones de otras secciones digitales y sistemas de línea digital son simétricas (o sea, las terminaciones de línea tienen la misma funcionalidad en cada extremo), las correspondientes al acceso de cliente de la RDSI son asimétricas con respecto a ciertas funciones (temporización de bits, temporización de octetos, activación/desactivación, alimentación de energía, operaciones y mantenimiento). Esto se debe a la asimetría propia de la red de distribución de líneas locales y a la diferencia de requisitos entre los interfaces de central y los interfaces usuario-red.

Bibliografía

Recomendación del CCITT *Objetivos de calidad de transmisión y recomendaciones*, Tomo III, Rec. G.102.

9.1 Secciones de línea digital a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad primaria de 1544 kbit/s

Se han suprimido las Recomendaciones G.911 a G.915.

9.2 Secciones digitales a velocidades binarias jerárquicas basadas en una velocidad primaria de 2048 kbit/s

Recomendación G.921

SECCIONES DIGITALES BASADAS EN LA JERAQUÍA DE 2048 kbit/s

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

1 Características de las secciones digitales

1.1 *Características generales*

1.1.1 *Velocidad binaria*

Las secciones digitales basadas en la jerarquía de 2048 kbit/s deben poder transmitir señales a las velocidades binarias nominales, con sus correspondientes tolerancias, indicadas en el cuadro 1/G.921.

CUADRO 1/G.921

Tolerancias para las señales transmitidas

Velocidad binaria nominal (kbit/s)	2048	8448	34 368	139 264
Tolerancia (ppm)	50	30	20	15

Nota – Las secciones digitales a 2048 kbit/s pueden estar operando síncrona o plesiócronamente dentro del mismo entorno.

1.1.2 *Propiedades especiales*

Las secciones digitales basadas en la jerarquía de 2048 kbit/s deberán ser independientes de la secuencia de bits.

1.2 *Características de los interfaces*

Los interfaces digitales deberen cumplir la Recomendación G.703.

1.3 *Normas de funcionamiento*

Los requisitos de funcionamiento (por ejemplo, en lo que se refiere a errores, fluctuación de fase y disponibilidad) se especifican en la forma de una sección digital ficticia de referencia (SDFR). Este modelo se define en la Recomendación G.801.

1.3.1 *Característica de error*

Según las diversas aplicaciones en las diferentes partes de una conexión que se especifican en la Recomendación G.821, se han definido en el cuadro 2/G.921 diferentes clases de calidad de la sección.

1.3.2 *Fluctuación de fase*

A fin de asegurar que no se rebase el límite máximo de fluctuación de fase de la red (véase el § 2 de la Recomendación G.823) en una red digital, es necesario controlar la fluctuación de fase con la que contribuyen los sistemas de transmisión.

1.3.2.1 *Introducción*

Las especificaciones de fluctuación de fase se relacionan con las secciones digitales ficticias de referencia (SDFR) definidas en el cuadro 2/G.921.

Los límites que se indican a continuación se han obtenido sobre la base de que tan sólo unas pocas secciones digitales se conectarán en cascada; además, no se ha tenido en cuenta la fluctuación de fase que se origina en el equipo multiplexor asíncrono. No obstante, en el caso de ciertas configuraciones de red reales, es posible que algunas Administraciones estimen que es necesario contar con mas secciones conectadas en cascada junto con muchos múltiplex digitales asíncronos. Para un control real eficaz de la fluctuación de fase en estas situaciones, puede ser necesario satisfacer límites más exigentes y/o utilizar otros medios para reducir la fluctuación de fase.

Todas las secciones deberán cumplir los límites indicados más adelante para las secciones digitales, cualquiera que sea la longitud y el número de repetidores.

Es importante señalar que los límites deben cumplirse cualquiera que sea la señal transmitida. En estas circunstancias, la elección de una secuencia de prueba queda a discreción de las Administraciones nacionales. Deben tenerse en cuenta las directrices para las mediciones indicadas en el § 4 de la Recomendación G.823.

1.3.2.2 *Límite inferior de fluctuación de fase admisible a la entrada*

Deben cumplirse los requisitos especificados en la figura 2/G.823 y el cuadro 2/G.823.

Nota – Se reconoce que para las secciones de línea a 2048 kbit/s, y en las condiciones de interferencia que se dan en la práctica, puede ser preciso reducir la máxima fluctuación de fase admisible a la entrada en la gama de frecuencias f_3 a f_4 (pero manteniendo la pendiente actual de 20 dB/década por debajo de la f_3, lo cual daría lugar a un nivel levemente inferior para la frecuencia f_2). Considerando que estas secciones se utilizan en los niveles más bajos de la red, y que las fuentes reales a 2048 kbit/s tienen una fluctuación de fase muy baja a la salida en la gama de frecuencias elevadas (véanse las Recomendaciones G.732, G.742 y Q.551), la calidad de funcionamiento obtenida será totalmente satisfactoria.

1.3.2.3 *Características de transferencia de fluctuación de fase*

La máxima ganancia de la función de transferencia de fluctuación de fase no deberá ser superior a 1 dB.

Nota 1 – El límite de baja frecuencia debe ser lo más bajo posible, teniendo en cuenta las limitaciones del equipo de medición. Se considera aceptable un valor del orden de 5 Hz.

Nota 2 – Para las secciones de línea a 2048 kbit/s que cumplen la otra opción de interfaz nacional (véase la nota 2 al cuadro 2/G.823), se permite una ganancia de fluctuación de fase de 3 dB.

CUADRO 2/G.921

Clasificación de la calidad de la sección digital para la característica de error

Clasificación de la calidad de la sección	Longitud de la SDFR (km) (véase la figura 4/G.801) (nota 2)	Asignación (notas 3 y 4)	Para uso en la clasificación de circuitos (véase la figura 1/G.821) (notas 5 y 6)
1	280	0,45%	Grado alto
2	280	2%	Grado medio
3	50	2%	Grado medio
4	50	2%	Grado medio

Nota 1 – No se pretende limitar ninguna clasificación de calidad a ninguna velocidad binaria concreta. La posibilidad de introducir otras opciones (por ejemplo, relacionadas con la longitud) requiere ulterior estudio.

Nota 2 – Los valores indicados de longitud son los especificados en la Recomendación G.801. Debe entenderse que corresponden a longitudes máximas de secciones digitales reales. Si una sección digital real es más corta, no habrá reducción de la asignación de errores de bit (es decir, del valor porcentual de la tercera columna). Con esto se tiene en cuenta que:

- en muchos sistemas de línea (especialmente en los de pares de conductores de cobre), la mayor parte de los errores de bit se producen en los extremos del sistema;
- por razones de economía, los sistemas de corto alcance pueden diseñarse con una tasa de errores por kilómetro mayor que la de los sistemas de largo alcance.

Si la sección digital real es más larga (por ejemplo, 450 km), su asignación global debe corresponder a la de un número entero de SDFR (de la misma clasificación de calidad) cuyas longitudes combinadas tengan al menos un valor igual al de la longitud de la sección real (por ejemplo, 2 × 280 km).

Nota 3 – Los valores de esta columna son porcentajes de la degradación global (a 64 kbit/s) especificada en la Recomendación G.821 (es decir, del 8% de segundos con error, del 10% de minutos degradados, y del 0,1% de segundos con muchos errores, asignados de acuerdo con las mismas reglas que los otros dos parámetros).

Nota 4 – Para obtener datos relativos a la característica de error a 64 kbit/s mediante mediciones de la característica de error a velocidades binarias primarias y superiores, debe utilizarse el método descrito en el anexo D a la Recomendación G.821.

Nota 5 – Puede también utilizarse dentro de la parte de grado inferior de la conexión, definida en la figura 1/G.821.

Nota 6 – Para tener en cuenta las condiciones de propagación adversas en los sistemas radioeléctricos, como se indica en la Recomendación G.821, se ha asignado un porcentaje adicional de 0,05% de segundos con muchos errores a un TDFR radioeléctrico de 2500 km para sistemas que funcionan en la parte de calidad de grado medio y alto de la XFR. Esto corresponde, para una sección de 280 km, a la adición de un valor de 0,0055% a la asignación para las clases de calidad de la sección 1 y 2 cuando se aplica a segundos con muchos errores.

Esto daría lugar a un margen adicional de 0,025% de segundos con muchos errores disponible para la parte de grado medio de la conexión si ésta se realiza enteramente con secciones radioeléctricas de clase 1. Cuando la porción de grado medio de la red se realiza con una combinación de diferentes clasificaciones, parte de este margen adicional puede asignarse a las clases 3 y 4, a discreción de las Administraciones.

Para que haya coherencia con las hipótesis estadísticas hechas en el § 3.3 b) de la Recomendación G.821 en relación con el número de secciones radioeléctricas en la XFR, y con la aparición de efectos del mes más desfavorable, puede ser necesario tener en cuenta la probabilidad de efectos del mes más desfavorable que se producen simultáneamente en todas las secciones radioeléctricas de una conexión. Se está estudiando un modelo estadístico que deberá utilizarse para la planificación de la red y la evaluación de la calidad de funcionamiento a fin de determinar la concordancia de una conexión dada con el objetivo global de la Recomendación G.821.

1.3.2.4 *Fluctuación de fase de salida en ausencia de fase de entrada*

La máxima fluctuación de fase cresta a cresta en ausencia de fluctuación de fase de entrada, para cualquier condición válida de la señal, no deberá exceder del límite indicado en el cuadro 3/G.921.

CUADRO 3/G.921

Máxima fluctuación de fase de salida en ausencia de fluctuación de fase de entrada para una sección digital

(Las mediciones se efectúan de acuerdo con el método indicado en la figura 1/G.823)

Velocidad binaria (kbit/s)	Longitud de la SDFR (km)	Máxima fluctuación de fase de salida para una sección digital		Anchura de banda del filtro de medición		
		Límite de baja frecuencia (f_1-f_4) intervalo unitario cresta a cresta	Límite de alta frecuencia (f_3-f_4) intervalo unitario cresta a cresta	Filtro paso banda con una frecuencia de corte inferior f_1 o f_3 y una frecuencia de corte superior f_4		
				f_1	f_3	f_4
2 048	50	0,75	0,2	20 Hz	18 kHz (700 Hz)	100 kHz
8 448	50	0,75	0,2	20 Hz	3 kHz (80 kHz)	400 kHz
34 368	50	0,75	0,15	100 Hz	10 kHz	800 kHz
34 368	280	0,75	0,15	100 Hz	10 kHz	800 kHz
139 264	280	0,75	0,075	200 Hz	10 kHz	3 500 kHz

Nota – Para los interfaces en redes nacionales pueden utilizarse los valores de frecuencia (f_2 y f_3) indicados entre paréntesis.

1.3.3 *Disponibilidad*

En estudio.

Este requisito de calidad de funcionamiento se definirá teniendo en cuenta las Recomendaciones G.821 y E.800, y la Recomendación 557 del CCIR.

1.4 *Condiciones de avería y acciones consiguientes*

1.4.1 *Condiciones de avería*

La sección digital deberá detectar las siguientes condiciones de avería:

1.4.1.1 *Fallo de la alimentación interna de energía del equipo terminal de línea*

Nota – «Línea» designa tanto equipos de cable como radioeléctricos.

1.4.1.2 *Tasa de errores* $> 1 \cdot 10^{-3}$

Cuando se considera que la tasa de errores excede de $1 \cdot 10^{-3}$ se efectuarán las acciones consiguientes. Debe emplearse algún tipo de comprobación de persistencia para establecer con suficiente certeza que existe una condición de avería. En cualquier caso, la indicación de alarma se dará en los 500 ms que siguen al comienzo de la condición de avería, este periodo incluye el tiempo de detección y todo tiempo de comprobación de persistencia.

La indicación de alarma se suprimirá una vez comprobada con suficiente certeza la desaparición de la condición de avería.

1.4.1.3 *Pérdida de la señal en el terminal receptor*

Nota – La detección de esta condición de avería sólo es necesaria cuando no da lugar a una indicación «tasa de errores > $1 \cdot 10^{-3}$».

1.4.1.4 *Pérdida de alineación cuando se utilizan códigos de línea alfabéticos o tramas adicionales*

Nota – La detección de esta condición de avería sólo es necesario cuando no da lugar a una indicación «tasa de errores > $1 \cdot 10^{-3}$».

1.4.1.5 *Pérdida de la señal de interfaz entrante*

1.4.2 *Acciones consiguientes*

Tras la detección de una condición de avería deberán ejecutarse las acciones adecuadas que se especifican en el cuadro 4/G.921.

CUADRO 4/G.921

Condiciones de avería y acciones consiguientes en secciones digitales basadas en la jerarquía de 2048 kbit/s

Equipo	Condiciones de avería	Alarmas de mantenimiento		Señal de indicación de alarma (SIA) aplica al	
		inmediato	diferido (véase la nota)	lado línea	lado interfaz
Equipo terminal de línea	Fallo de alimentación interna de energía	Sí		sí, de ser posible en la práctica	sí, de ser posible en la práctica
Lado línea solamente	Tasa de errores > $1 \cdot 10^{-3}$	sí			sí
	Pérdida de la señal de el terminal receptor	sí			sí
	Pérdida de alineación cuando se utilizan códigos de línea alfabéticos o tramas adicionales	sí			sí
Lado interfaz solamente	Pérdida de señal entrante	sí		sí	

Nota – En lo que concierne a los objetivos de calidad de funcionamiento de la red, se necesitan criterios para activar la alarma de mantenimiento diferido. Estos criterios deben ser proporcionados por el sistema, si es posible.

1.4.2.1 Generación de una indicación de alarma de mantenimiento inmediato para señalar que la calidad de funcionamiento no satisface las normas aceptables y que se requiere una intervención local de mantenimiento.

Nota – Se deja al criterio de cada Administración la ubicación y provisión de una alarma visual y/o audible activada por las indicaciones de alarma mencionadas en el § 1.4.2.1.

1.4.2.2 SIA aplicada al lado línea (véanse las notas 1 y 2).

1.4.2.3 SIA aplicada al lado interfaz.

Nota 1 – El contenido binario equivalente de la señal de indicación de alarma (SIA) es un tren continuo de unos.

Nota 2 – La velocidad binaria de esta SIA debe cumplir los límites de tolerancia definidos en el cuadro 1/G.921.

Nota 3 – En el caso de fallo de alimentación de energía se aplica la SIA sólo si es posible en la práctica.

1.4.3 *Requisitos de tiempo para la aplicación de la SIA*

En general, la SIA deberá transmitirse al mismo tiempo que la detección de las condiciones de avería indicadas en el cuadro 4/G.921, salvo en el caso de la SIA con condición de avería «tasa de errores $> 1 \cdot 10^{-3}$»; en ese caso se respetarán los requisitos de tiempo estipulados en el § 1.4.1.2.

Nota – En las secciones digitales totalmente nacionales y, con el acuerdo de los países interesados, en las secciones digitales que atraviesan fronteras internacionales, puede necesitarse una opción para retardar algunos segundos la transmisión de una SIA cuando la aplicación de ésta es controlada por un proceso de supervisión de umbral de la Recomendación G.921 basado en el parámetro de segundos con muchos errores de la Recomendación G.821. Durante estos pocos segundos pueden aparecer breves alarmas hacia adelante en enlaces digitales internacionales encaminados a través de secciones digitales totalmente nacionales.

9.3 Sistemas de transmisión de línea digital por cable a velocidades binarias no jerárquicas

Recomendación G.931

SECCIONES DE LÍNEA DIGITAL A 3152 kbit/s

(Antigua Recomendación G.921 del Tomo III del Libro Amarillo)

1 Características de los interfaces

Los interfaces digitales a 3152 kbit/s deberán cumplir la especificación de interfaz indicada en el anexo A.

2 Normas de calidad de funcionamiento

2.1 *Característica de error*

En estudio.

2.2 *Fluctuación de fase*

2.2.1 *Límite inferior de la máxima fluctuación de fase tolerable a la entrada*

En estudio.

2.2.2 *Máxima fluctuación de fase a la salida*

En estudio.

2.2.3 *Máxima fluctuación de fase a la salida en ausencia de fluctuación de fase a la entrada*

En estudio.

2.2.4 *Función de transferencia de la fluctuación de fase*

En estudio.

2.3 *Disponibilidad*

En estudio.

3 Condiciones de avería y operaciones consiguientes

En estudio.

ANEXO A

(a la Recomendación G.931)

Interfaz a 3152 kbit/s

A.1 La interconexión de señales a 3152 kbit/s para fines de transmisión se efectúa en un repartidor digital.

A.2 Las señales tendrán una velocidad binaria de 3152 kbit/s ± 30 ppm.

A.3 Se utilizará un par simétrico de un cuadrete de pares combinables para cada sentido de transmisión. El jack del repartidor conectado a un par que introduce señales en el repartidor se denomina jack de entrada.

El jack del repartidor conectado a un par que extrae señales del repartidor se denomina jack de salida.

A.4 La impedancia de carga de prueba será de 100 ohmios, resistiva.

A.5 Se utilizará un código bipolar (AMI). Para garantizar una información de temporización adecuada, la densidad mínima de impulsos medida en cualesquiera 130 intervalos de tiempo consecutivos debe ser de 1/8. En el diseño deberá tenderse a que la densidad de impulsos a largo plazo sea igual a 0,5. A fin de proporcionar una característica adecuada de fluctuación de fase para los sistemas, los circuitos que extraen la temporización deben tener un Q de 1200 ± 200, que puede representarse por una red de sintonización única.

A.6 La forma de un impulso aislado medido en el jack de salida o en el de entrada debe cumplir los requisitos del cuadro A-1/G.931. No es necesario la sobreoscilación de los impulsos en este interfaz.

A.7 La tensión cresta a cresta dentro de un intervalo de tiempo que contiene un cero (espacio) producida por otros impulsos que cumplen las especificaciones del cuadro A-1/G.931 no deberá exceder en 0,1 de la amplitud del impulso de cresta.

CUADRO A-1/G.931

Interfaz digital a 3152 kbit/s

Ubicación		Repartidor digital
Velocidad binaria		3152 kbit/s ± 30 ppm
Pare(s) en cada sentido de transmisión		Un par simétrico de un circuito de pares combinables
Código		Bipolar (AMI)
Impedancia de carga de prueba		100 ohmios, resistiva
Características de impulsos	Forma nominal	Rectangular
	Amplitud nominal	3,0 voltios
	Anchura entre las semiamplitudes	159 ± 30 ns
	Tiempos de subida y caída (20 a 80% de la amplitud)	⩽ 50 ns (la diferencia entre los tiempos de subida y de caída será de 0 ± 20 ns)
Potencia de la señal (señal todos 1 medida en una anchura de banda de 10 MHz)		(16,53 ± 2) dBm (la relación de potencia entre los impulsos positivos y negativos será de 0 ± 0,5 dB)

9.4 Sistemas de línea digital con soportes de transmisión MDF

Recomendación G.941

SISTEMAS DE LÍNEA DIGITAL PROPORCIONADOS POR SOPORTES DE TRANSMISIÓN MDF

(Ginebra, 1980; modificada posteriormente)

El CCITT,

considerando

(a) que es urgente proporcionar facilidades de transmisión a larga distancia para servicios distintos de la telefonía (por ejemplo, datos, facsímil, videotelefonía), tanto destinados a uso nacional como a interfuncionamiento internacional y que estos servicios no telefónicos necesitan la transmisión digital a velocidades binarias baja y media (niveles jerárquicos primario y secundario);

(b) que, si bien comienzan a estar disponibles enlaces digitales de larga distancia, la realización generalizada de estas facilidades requerirá cierto tiempo;

(c) que es posible utilizar los enlaces MDF analógicos especificados en la Recomendación G.211 [1], o las frecuencias dentro de o por encima de la anchura de banda utilizada por los sistemas de línea MDF analógicos especificados en la sección 3 de las Recomendaciones de la serie G, para transmitir un flujo digital, y que ya se dispone de algunas realizaciones,

recomienda

que los sistemas de línea digital proporcionados por soportes de transmisión MDF satisfagan los siguientes requisitos:

1 Características generales

Pueden utilizarse dos métodos básicos para la transmisión de señales digitales por soportes de transmisión MDF:

- el primer método consiste en utilizar una parte o la totalidad de la banda normalmente empleada para los sistemas MDF [datos en la banda telefónica (DIV, del inglés «Data-in-voice»)],
- el segundo consiste en utilizar una banda fuera de la normalmente empleada para los sistemas MDF [datos por encima de la banda telefónica (DOV, del inglés «Data-over-Voice»)].

La interconexión internacional debe realizarse en niveles jerárquicos digitales utilizando los interfaces especificados en la Recomendación G.703.

Dado que estos sistemas de línea digital por soportes de transmisión MDF podrían formar parte de un trayecto digital, sus normas de calidad de funcionamieto en términos de tasa de errores, fluctuación de fase y disponibilidad deben ajustarse a las Recomendaciones pertinentes de la sección 9 de la serie G, sobre las secciones de línea digital a las velocidades binarias correspondientes.

Los sistemas deben diseñarse de manera que se cumplan los requisitos de calidad especificados en las Recomendaciones pertinentes para el circuito analógico.

Las Administraciones que prevean utilizar sistemas de línea digitales proporcionados por soportes de transmisión MDF en sus redes deberán garantizar que en cada extremo del enlace se utilicen equipos de diseños compatibles. En lo que respecta a los enlaces internacionales, las Administraciones de que se trata determinarán por acuerdo los sistemas que se deberán utilizar.

La aplicación de los sistemas de línea digitales proporcionados por soportes de transmisión MDF a la interconexión entre redes digitales y analógicas se explica en el suplemento N.° 28.

2 Sistema de datos en la banda telefónica (DIV)

2.1 Características de los sistemas DIV que permiten la transmisión digital a 6312 kbit/s por un grupo terciario de base especificado en la Recomendación G.211 [1].

Nota – En el anexo A se ofrecen ejemplos de sistemas de línea digitales DIV jerárquicos. En el anexo B se proporcionan ejemplos de sistemas de línea digitales DIV con niveles no jerárquicos, ya sea en los interfaces analógicos o en los digitales.

2.1.1 *Interfaz digital*

El interfaz digital del sistema DIV debe ajustarse a las especificaciones de la Recomendación G.703.

2.1.2 *Interfaz analógico*

2.1.2.1 *Banda de frecuencias*

La banda de frecuencias de la señal DIV debe desplazarse e introducirse en la banda de frecuencias especificada en el § 1 de la Recomendación G.211.

2.1.2.2 *Nivel de potencia*

El nivel relativo de potencia en el repartidor debe ajustarse a las especificaciones pertinentes de la Recomendación G.233.

El nivel medio de potencia de la señal de banda ancha por encima de la banda de frecuencias especificada en el § 2.1.2.1 no excederá de $-15 + 10 \log_{10} n$ dBm0, siendo n el número total de canales teléfónicos en el sistema analógico, que se sustituyen por canales de datos.

Para restringir los efectos de la transmodulación, el nivel de potencia de cualquier componente espectral individual de la banda de frecuencias especificada en el § 2.1.2.1 no rebasará -10 dBm0.

2.1.3 *Perturbación de la señal analógica por la señal DIV*

El ruido total distribuido producido por la señal DIV, medido en cualquier banda de 3,1 kHz correspondiente a un canal telefónico fuera de la banda de frecuencias especificada en el § 1 de la Recomendación G.211, debe ser inferior a -73 dBm0.

Las interferencias a una sola frecuencia deben ser inferiores a -73 dBm0.

2.1.4 *Calidad de funcionamiento del sistema DIV*

La calidad de funcionamiento en términos de tasa de errores, fluctuación de fase y disponibilidad debe ajustarse a la Recomendación apropiada de la serie G.900.

2.2 *Características de un enlace analógico utilizado para transmitir la señal DIV*

El enlace analógico utilizado para transmitir la señal DIV no incluirá más de 3 transferencias. Quizás sea necesario evitar ciertas posiciones de la banda de señal DIV en el sistema de transmisión de portadora analógica.

Nota – Se podría hacer una referencia a las Recomendaciones de la serie H, relacionada con características tales como distorsión de atenuación, fluctuación de fase y distorsión de retardo de grupo.

3 Sistemas de datos por encima de la banda telefónica (DOV)

3.1 *Características de los sistemas DOV que permiten la transmisión digital a 2048 kbit/s por sistemas de línea analógicos definidos en las Recomendaciones G.332* [2], *G.334* [3], *G.344* [4], *G.345* [5] *y G.346* [6]

3.1.1 *Interfaz digital*

El interfaz digital del sistema DOV debe ser como el especificado en el § 6 de la Recomendación G.703.

3.1.2 *Perturbación de la señal analógica por la señal DOV*

El aumento del ruido distribuido total debido a la señal DOV medido en cualquier banda de 4 kHz de anchura debe ser inferior a 750 pW0p para una longitud de referencia de 2500 km (menor que 0,3 pW0p/km).

Nota – El ruido total distribuido de la línea cuando están presentes señales analógicas y DOV debe ser inferior a 7500 pW0p para una longitud de referencia de 2500 km (menor que 3 pW0p/km).

El nivel de interferencia a una sola frecuencia debe ser inferior a -70 dBm0.

3.1.3 *Calidad de funcionamiento del sistema DOV*

La calidad de funcionamiento en términos de tasa de errores, fluctuación de fase y disponibilidad debe ser conforme con la Recomendación G.921.

3.2 *Características de los sistemas de línea MDF utilizados para transmitir la señal DOV*

Para permitir la transferencia de las señales DOV en los sistemas de línea MDF deben suprimirse las señales analógicas parásitas dentro de la banda de frecuencias de la señal DOV antes del punto de acoplamiento hasta un nivel de potencia de −60 dBm0 dentro de la banda de 4 kHz de anchura.

ANEXO A

(a la Recomendación G.941)

Ejemplos de sistemas DIV jerárquicos

Administración	Interfaz digital	Interfaz analógico	Calidad de funcionamiento del sistema DIV
NTT	1544 kbit/s Rec. G.703, § 2	Grupo terciario (812-2044 kHz)	Rec. G.911
Alemania (Rep. Fed. de)	2048 kbit/s Rec. G.703, § 6	Grupo terciario (812-2044 kHz)	Rec. G.921
NTT	6312 kbit/s Rec. G.703, § 3	Grupo terciario (812-2044 kHz)	Rec. G.912
Alemania (Rep. Fed. de)	8448 kbit/s Rec. G.703, § 7	Grupo cuaternario (8516-12 388 kHz)	Rec. G.921
Italia	8448 kbit/s Rec. G.703, § 7	Agregado de 15 grupos secundarios (312-4028 kHz)	Rec. G.921

ANEXO B

(a la Recomendación G.941)

Ejemplos de sistemas distintos de los recomendados en la Recomendación G.941
(véase la nota 1)

Administración	Velocidad binaria expresada en kbit/s	Interfaz analógico	Tasa de errores de bit en el diseño para las secciones de regeneración
Francia (véase la nota 2)	704	Grupo secundario (312-552 kHz)	10^{-8}
Países Bajos	2048	2 grupos secundarios	10^{-8}

Nota 1 – Los módems utilizados para la transmisión de señales digitales a 48 - 72 kbit/s o al doble de estas velocidades binarias se describen en las Recomendaciones V.36 y V.37.

Nota 2 – El interfaz digital de este equipo DIV funciona a 2048 kbit/s, de conformidad con el § 6 de la Recomendación G.703, y su estructura de trama se ajusta a lo especificado en el § 3.3.1 de la Recomendación G.704. Sólo 11 (incluyendo el IT0) entre los 32 intervalos de tiempo se utilizan efectivamente: en consecuencia, la velocidad binaria útil es de 64 kbit/s × 10. Las demás características del sistema DIV satisfacen el § 2 de esta Recomendación.

Referencias

[1] Recomendación del CCITT *Constitución de un enlace de portadoras*, Tomo III, Rec. G.211.

[2] Recomendación del CCITT *Sistemas de 12 MHz en pares coaxiales normalizados de 2,6/9,5 mm*, Tomo III, Rec. G.332.

[3] Recomendación del CCITT *Sistemas de 18 MHz en pares coaxiales normalizados de 2,6/9,5 mm*, Tomo III, Rec. G.334.

[4] Recomendación del CCITT *Sistemas de 6 MHz en pares coaxiales normalizados de 1,2/4,4 mm*, Tomo III, Rec. G.344.

[5] Recomendación del CCITT *Sistemas de 12 MHz en pares coaxiales normalizados de 1,2/4,4 mm*, Tomo III, Rec. G.345.

[6] Recomendación del CCITT *Sistemas de 18 MHz en pares coaxiales normalizados de 1,2/4,4 mm*, Tomo III, Rec. G.346.

9.5 Sistemas de línea digital

Recomendación G.950

CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LOS SISTEMAS DE LÍNEA DIGITAL

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

1 Introducción

Los sistemas de línea digital son el medio de proporcionar secciones de línea digital. Las Recomendaciones sobre sistemas de línea digital pueden reconocer, para secciones de línea digital que funcionan a una determinada velocidad binaria, medios de transmisión y técnicas de transmisión específicos (por ejemplo, cables coaxiales, transmisión regenerativa, etc.). Los requisitos de calidad de funcionamiento de los sistemas de línea digital se destinan a la orientación de los diseñadores y usuarios de los sistemas (objetivos de diseño de equipo) y pueden ser relativos a trayectos digitales ficticios de una constitución definida.

Todos los sistemas de línea digital que funcionan en el mismo medio a una determinada velocidad binaria deben cumplir las características de la sección de línea digital de la misma velocidad binaria.

2 Requisitos generales para los sistemas de línea digital

Los siguientes requisitos generales se aplican a todos los sistemas de línea digital por cables de pares metálicos y, cuando sean aplicables con la interpretación apropiada, también a los sistemas de línea digital por cables de fibra óptica.

2.1 *Condiciones ambientales*

2.1.1 *Condiciones climáticas*

En la publicación N.º 721 de la CEI figuran datos relativos a la clasificación de las influencias climáticas que cabe esperar en los equipos de superficie. Las condiciones para el equipo subterráneo y otros detalles sobre el equipo de superficie necesitan ulterior estudio.

Nota – El suplemento N.º 34 contiene información sobre las condiciones para los receptáculos para los repetidores subterráneos.

2.1.2 *Presurización*

Los repetidores de los sistemas de línea digital pueden hacerse funcionar en receptáculos presurizados.

2.1.3 *Protección contra tensiones y corrientes inducidas causadas por el rayo y por líneas eléctricas, etc.*

Los repetidores, los terminales de línea y las instalaciones de alimentación de energía deberán protegerse contra las tensiones y corrientes inducidas (causadas por el rayo u otras fuentes), con arreglo a la Recomendación K.17.

El sistema estará físicamente protegido contra las tensiones y corrientes inducidas mencionadas, de modo que no sufra ningún daño. Además, la calidad de funcionamiento del sistema no se verá negativamente afectada por las tensiones y corrientes inducidas de carácter permanente, aunque puede verse afectado por sobretensiones mientras éstas duran, en determinadas circunstancias.

Las Directrices del CCITT [1] dan orientaciones sobre estos temas.

2.1.4 *Protección contra la interferencia procedente de otras fuentes*

La calidad de funcionamiento de los sistemas de línea digital no debe verse afectada considerablemente por la interferencia procedente de otras fuentes dentro de las estaciones, tales como lámparas fluorescentes, herramientas, plantas de ventilación, etc., y en especial, fuentes que dan lugar a interferencias del tipo impulsivo. Debe evitarse también la degradación de la calidad de funcionamiento debida a interferencia procedente de transmisores radioeléctricos y de radiodifusión.

Nota – El suplemento N.° 27 contiene información sobre posibles medidas para reducir los efectos de la interferencia y sobre los métodos de medición relativos a la interferencia.

2.1.5 *Interferencia producida a otros sistemas*

Las emisiones conducidas y radiadas no deben causar interferencia a otros equipos, ni a servicios radioeléctricos o de radiodifusión. En particular, los sistemas de línea digital deben coexistir en el mismo cable con otros sistemas de línea digital o analógica. (Sin embargo, tal vez sean necesarias algunas restricciones para el uso conjunto de sistemas de línea diferentes por cables de pares simétricos).

Referencia

[1] Manual del CCITT *Directrices relativas a la protección de las líneas de telecomunicaciones contra los efectos perjudiciales de las líneas de energía eléctrica y de las líneas ferroviarias electrificadas*, UIT, Ginebra, 1988.

Recomendación G.951

SISTEMAS DE LÍNEA DIGITAL BASADOS EN LA JERARQUÍA DE 1544 kbit/s EN CABLES DE PARES SIMÉTRICOS

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

1 Consideraciones generales

Esta Recomendación trata de los sistemas de línea digital basados en la jerarquía de 1544 kbit/s para la transmisión de señales por cables de pares simétricos, e incluye los sistemas que funcionan a las siguientes velocidades binarias:

1544 kbit/s

3152 kbit/s

6312 kbit/s.

2 Medio de transmisión

El sistema puede funcionar por cables de pares simétricos de diversos diámetros de hilo y construcciones de cable, incluidos los indicados en las Recomendaciones G.611, G.612 y G.613.

3 Protección contra la interferencia procedente de fuentes externas

El sistema de línea digital puede verse perturbado por interferencia procedente de circuitos telefónicos dentro del mismo cable y por un conmutador cuando los repetidores están instalados en centros de conmutación. Como ejemplos de posibles modos de reducir el efecto de este tipo de interferencia, cabe citar la reducción de la longitud de la sección de repetición cerca de los centros de conmutación, la segragación de pares, la utilización de códigos de línea particulares, etc.

4 Características generales de diseño

4.1 *Disponibilidad*

El objetivo de disponibilidad del sistema deberá obtenerse teniendo en cuenta el requisito de disponibilidad de la sección digital ficticia de referencia indicada en el proyecto de Recomendación G.801.

4.2 *Fiabilidad*

Deberán especificarse valores de tiempo medio entre fallos para el sistema de línea en su conjunto teniendo en cuenta los requisitos de disponibilidad.

4.3 *Factores de ruido de diafonía de los repetidores*

Los factores de ruido de diafonía de los repetidores se definen en el anexo A junto con las técnicas de medición sugeridas. Los factores de ruido de diafonía cuantifican la calidad de funcionamiento de los regeneradores digitales que pueden sufrir interferencia de diafonía. Son funciones dependientes de la TEB, del código en línea del sistema de línea, de las características del cable, de las condiciones ambientales y de la atenuación de separación entre repetidores A_0 (a la velocidad mitad en baudios del sistema de línea).

Para una TEB $= 10^{-x}$, y en una gama de atenuación $A_1 \leqslant A_0 \leqslant A_2$, los factores de ruido de diafonía deben cumplir las siguientes especificaciones:

a) Factor de ruido de paradiafonía $[R_N] \leqslant CA_0 + D^*$

b) Factor de ruido de telediafonía $[R_F] \leqslant E^*$.

* No ha sido posible recomendar valores específicos de los parámetros x, A_1, A_2, C, D y E.

4.4 *Característica de error*

El objetivo de diseño de la tasa de errores de cada repetidor debe tener en cuenta los objetivos de calidad de funcionamiento de la red indicados en la Recomendación G.821.

5 Características específicas de diseño

5.1 *Tipo de alimentación de energía*

Si bien el CCITT no recomienda el empleo de un sistema de telealimentación específico para este sistema de línea de pares simétricos, en la práctica sólo se utiliza la alimentación en corriente continua de intensidad constante a través del circuito fantasma de los pares simétricos del sistema.

Este sistema de cable de pares simétricos puede estar sometido a tensiones y corrientes inducidas causadas por rayos, líneas de transporte de energía, ferrocarriles, etc.

Deben tomarse precauciones para proteger al personal contra todo posible riesgo procedente de las tensiones normales de explotación y las corrientes de telealimentación, así como de las tensiones y corrientes inducidas.

Muchas Administraciones nacionales han publicado disposiciones y reglamentos detallados para la protección del personal, que en la mayoría de los casos son de aplicación obligatoria. Además, las Directrices [1] del CCITT proporcionan orientación sobre estos problemas.

También hay que tomar precauciones para proteger los equipos contra las tensiones y corrientes inducidas. Por consiguiente, el equipo debe diseñarse de modo que pueda responder satisfactoriamente a las pruebas especificadas en la Recomendación K.17 [2].

5.2 *Separación entre repetidores y relleno de los cables*

No puede recomendarse una separación específica entre repetidores, pero el anexo B a esta Recomendación incluye consideraciones generales sobre la planificación de sistemas.

5.3 *Estrategia de mantenimiento*

5.3.1 *Tipo de supervisión y localización de averías*

Podrá utilizarse supervisión en servicio o localización de averías fuera del servicio.

5.3.2 *Condiciones de avería y acciones consiguientes*

Las condiciones de avería y acciones consiguientes de esta sección deberán ser complementarias de las recomendadas para las secciones de línea digital.

ANEXO A

(a la Recomendación G.951)

Definición y medición de los factores de ruido de diafonía de los repetidores

A.1 *Definición*

a) Factor de ruido de paradiafonía $[R_N]$

$$[R_N] = [I_N] - [N_0]$$

$$I_N = \int_0^\infty \left| f/f_0 \right|^{3/2} \left| E(f) \right|^2 P(f)\, df,$$

I_N = tensión paradiafónica eficaz producida por un regenerador interferente único que aparecería en el punto de decisión si la atenuación fuese 0 dB para la velocidad mitad en baudios del sistema de línea;

N_0 = tensión de interferencia paradiafónica eficaz en el punto de decisión que produce una TEB especificada, y depende de los parámetros que afectan al proceso de decisión, y refleja degradaciones procedentes de la interferencia entre símbolos y de desplazamientos de la posición óptima de los niveles de umbral de decisión y de los instantes de muestreo en el punto de decisión del regenerador;

$E(f)$ = función de transferencia de frecuencia del igualador del regenerador;

$P(f)$ = densidad espectral de potencia (unilateral) del código en línea del sistema de línea;

f_0 = velocidad mitad en baudios del sistema de línea,

y las magnitudes entre corchetes están en dB, es decir:

$[X]$ = $10 \log_{10} | X |$.

b) Factor de ruido de telediafonía $[R_F]$

$$[R_F] = [I_F] - [N_0]$$

$$I_F = \int_0^\infty \left| f/f_0 \right|^2 \left| E(f) \right|^2 \left| G(f) \right|^2 P(f)\, df,$$

I_F = tensión telediafónica eficaz producida por un regenerador interferente único que aparecería en el punto de decisión si la atenuación telediafónica fuese 0 dB para la velocidad mitad en baudios del sistema de línea;

N_0 = tensión de interferencia telediafónica eficaz en el punto de decisión que produce una TEB especificada, y depende de los parámetros que afectan al proceso de decisión, y refleja degradaciones procedentes de la interferencia entre símbolos y de desplazamientos de la posición óptima de los niveles de umbral de decisión y de los instantes de muestreo en el punto de decisión del regenerador;

$E(f)$, $P(f)$ y f_0 son los mismos que en a), y

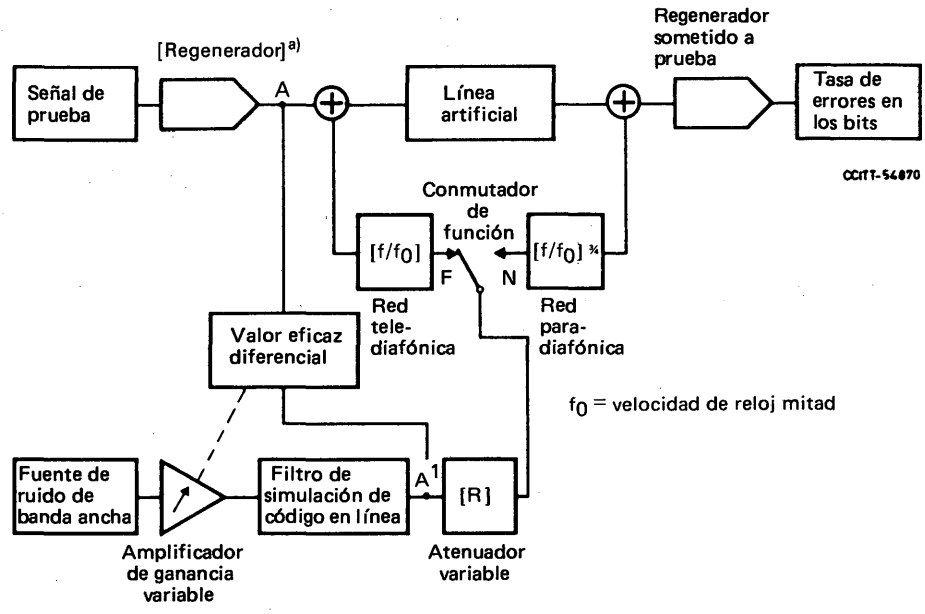
$G(f)$ = función de transferencia de frecuencia del cable.

A.2 *Medición*

El método a) se refiere directamente a la definición del factor de ruido de diafonía, por lo que constituye el método de medición de referencia. Los métodos b) y c) representan sendas posibilidades prácticas. El método c) evita la utilización de un filtro selectivo.

Método a)

El factor de ruido de paradiafonía y el factor de ruido de telediafonía pueden medirse mediante la configuración representada en la figura A-1/G.951, con el conmutador de función en las posiciones N y F, respectivamente. La medición consiste en igualar las tensiones eficaces en A y A^1, fijando la línea artificial a la atenuación deseada A_0 y ajustando luego el atenuador variable hasta que se obtenga la TEB = 10^{-x} deseada. El valor del atenuador, $[R]$ dB, es entonces el factor de ruido de paradiafonía o el factor de ruido de telediafonía para la A_0 y la TEB deseadas.



a) El regenerador puede omitirse si el generador de señales de prueba proporciona la forma de impulso apropiada.

FIGURA A-1/G.951

Medición del factor de ruido de paradiafonía y telediafonía

Método b)

El factor de ruido de paradiafonía [R_N] puede medirse mediante aparatos de prueba de la «relación S/N de entrada» empleando el conjunto de prueba en «modo manual» y efectuando mediciones externas con un filtro selectivo (véase la figura A-2/G.951). La medición consta de los siguientes pasos:

i) Se fija la línea artificial a 0 dB de atenuación y se mide con un filtro selectivo la potencia de la señal de prueba [S_0] dBm.

ii) Se fija la línea artificial a la atenuación A_0 deseada, se ajusta el atenuador variable hasta obtener la TEB = 10^{-x} deseada, se desconecta la señal de prueba y, utilizando filtro selectivo, se mide la potencia de ruido [P] dBm.

iii) Entonces [R_N] = [S_0] − [P] para las A_0 y TEB deseadas.

Nota − El efecto degradante de la fluctuación de fase de reloj en el factor de ruido de paradiafonía y en el factor de ruido de telediafonía debe medirse superponiendo la fluctuación de fase apropiada en la señal de prueba.

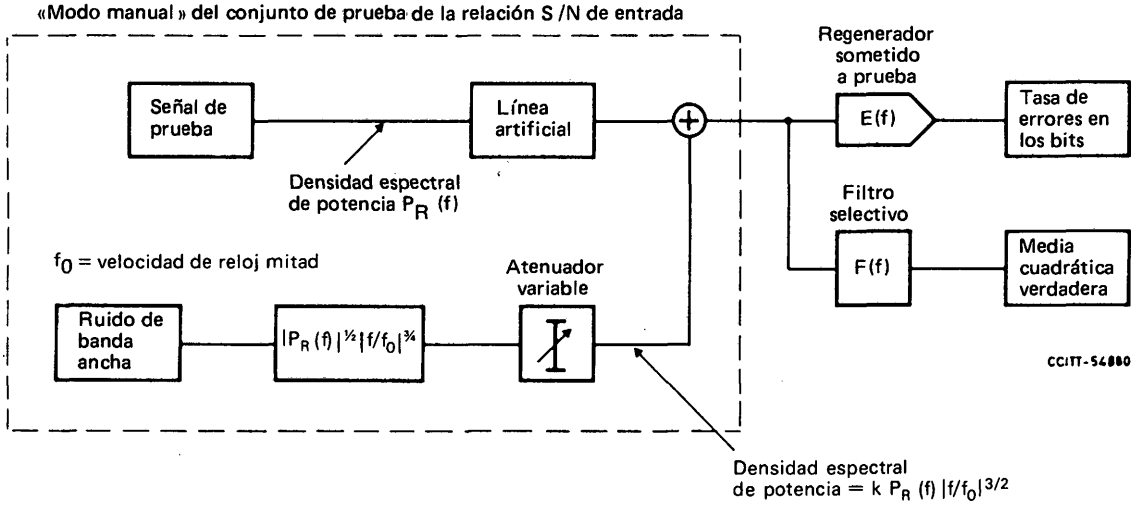


FIGURA A-2/G.951

Medición del factor de ruido de paradiafonía utilizando el aparato de prueba de la relación S/N de entrada

Método c)

El factor de ruido de paradiafonía (R_n) se puede medir utilizando aparatos de prueba de la relación S/N de entrada en «modo manual» con la inserción de un atenuador variable adicional entre la señal de prueba y la línea artificial, como se muestra en la figura A-3/G.951.

El procedimiento de medición es el siguiente:

i) se fija la línea artificial a una atenuación de 0 dB y el atenuador variable adicional a una atenuación de A dB;

ii) se regula el amplificador de ganancia variable hasta que el nivel de potencia de la entrada del atenuador variable sea igual a [Q1] − A dB, el nivel de potencia de la salida de la línea artificial;

iii) se fija la línea artificial a una atenuación de A dB y el atenuador variable adicional a una atenuación de 0 dB;

iv) se regula el atenuador variable hasta obtener la TEB deseada de 10^{-x}. El valor de atenuación del atenuador es $[\alpha N]$ dB;

v) se calcula $[R_N] = [\alpha N] + A - [W_N]$

$$\text{donde } [W_N] = 10 \log_{10} \left[\int_0^\infty P_R(f)\, df \Big/ \int_0^\infty \left| \frac{f}{f_0} \right|^{3/2} P_R(f)\, df \right]$$

en la que $P_R(f)$ = densidad de potencia espectral (unilateral) del código de línea.

Sería preferible obtener W_N por medición. Por supuesto, el valor de W_N se puede también calcular de acuerdo con $P_R(f)$ de AMI o HDB_3 en una cierta gama de frecuencias, por ejemplo, $W_N = -3{,}59$ dB en la gama de 0 a 10 240 kHz.

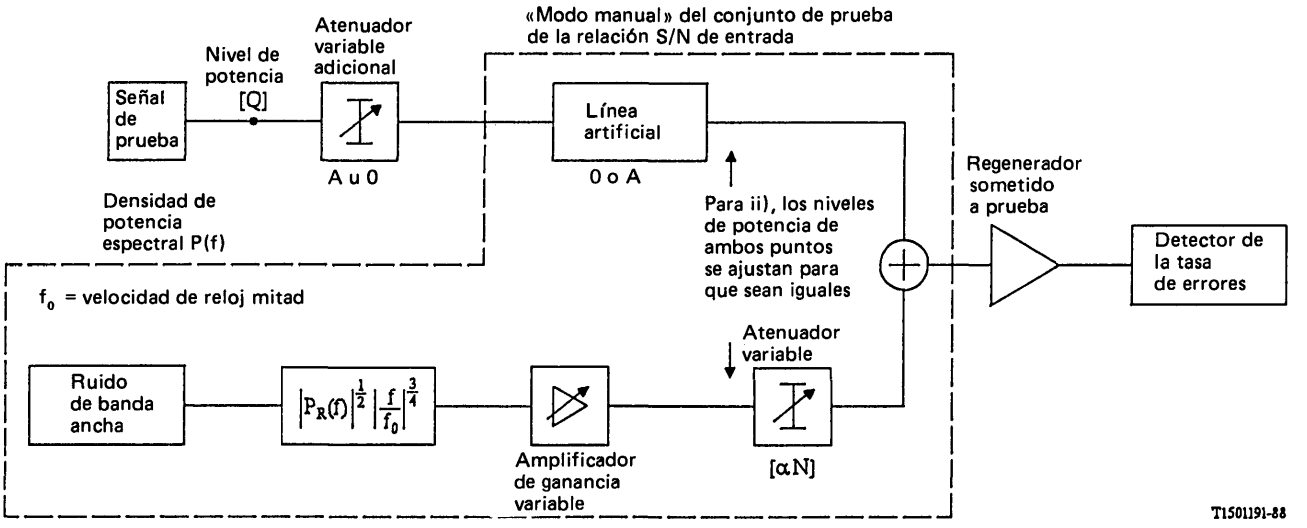


FIGURA A-3/G.951

Medición del factor de ruido de paradiafonía utilizando el aparato de prueba de la relación S/N de entrada

ANEXO B

(a la Recomendación G.951)

Orientaciones para la obtención satisfactoria de los objetivos de característica de error

B.1 Para satisfacer el objetivo de calidad de funcionamiento de la red, es necesario tener en cuenta muchos factores interrelacionados. La figura B-1/G.951 ilustra mediante un diagrama la interrelación de todos los factores que influyen en el mismo. La base sobre la que se formulan las orientaciones de planificación para la instalación de sistemas de línea digital depende de las circunstancias de cada Administración. Por ejemplo, algunas Administraciones pueden tener cables con características favorables, pero al mismo tiempo la red puede sufrir serios niveles de interferencia no cuantificable (efectos de red). Por tanto, toda Administración debe formular un juicio sobre la importancia de cada efecto en su red y formular orientaciones de utilización de cables que satisfagan los requisitos de característica de error de las secciones de línea digital.

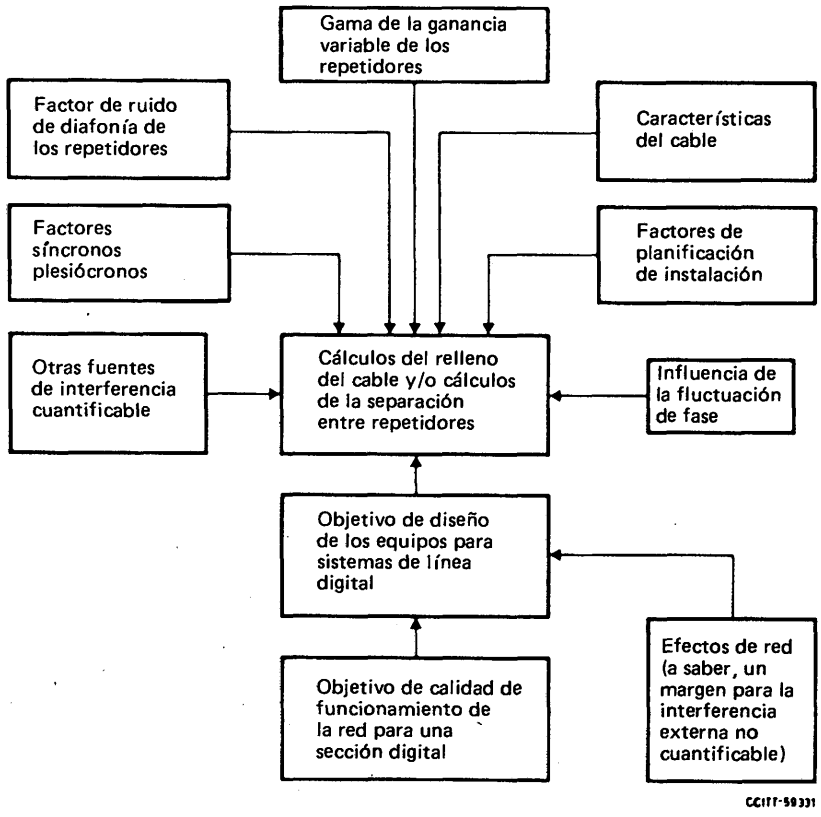


FIGURA B-1/G.951

Factores que repercuten en la característica de error de un sistema de línea digital por pares simétricos

Las siguientes notas subrayan una serie de observaciones importantes relativas a la formulación de las orientaciones de planificación de la instalación de sistemas:

Nota 1 – Al establecer las orientaciones de utilización de los cables, el factor de ruido de diafonía es el único parámetro que describe la calidad intrínseca del regenerador en condiciones de interferencia diafónica. Este parámetro, que se basa en la densidad de potencia espectral *media* de la interferencia diafónica total, proporciona una aproximación útil a la inmunidad del sistema a la diafonía producida por corrientes de datos plesiócronas y es la medida correcta para las corrientes de datos síncronas siempre que se aleatoricen las fases de los sistemas perturbadores. Se basa también en la suposición de datos aleatorios en los sistemas perturbadores, por lo que no se puede aplicar al caso de estructuras de datos repetitivas. Sin embargo, el uso de aleatorizadores hace en realidad que prácticamente todas las estructuras de datos parezcan aleatorias [3].

Nota 2 – En un medio operacional, los regeneradores pueden estar sometidos a otras fuentes de interferencia que son difíciles de cuantificar y que pueden inducir a errores. En algunos casos, se han cuantificado mecanismos de interferencia concretos y los límites y procedimientos de prueba adecuados se recogen en especificaciones nacionales. Estos aspectos se hallan actualmente en estudio en el CCITT y a medida que se gane experiencia operacional podrían introducirse ulteriores pruebas que recojan estos otros mecanismos de interferencia.

Nota 3 – La utilización máxima de los cables deberá basarse en el cumplimiento del objetivo de calidad de funcionamiento. Para satisfacer este objetivo, las Administraciones pueden adoptar uno de los siguientes métodos:

i) En circunstancias en que las Administraciones puedan juzgar la importancia de los «efectos de red», los cálculos del relleno de los cables deberán basarse en un objetivo determinado descontando los «efectos de red» del objetivo de calidad de funcionamiento de la red.

ii) En circunstancias en que las Administraciones no puedan juzgar la importancia de los efectos de red, los cálculos relativos al relleno de los cables deberán basarse en el objetivo de diseño de los equipos.

Nota 4 – El empleo de un código de velocidad de símbolos en línea reducido proporciona un ambiente de diafonía más favorable, característica que repercutirá en los cálculos relativos al relleno de los cables.

Nota 5 – Cuando el funcionamiento de la red pasa de plesiócrono a síncrono, ciertos acoplamientos diafónicos de los cables y las puestas en fase relativas de los relojes del sistema aumentan los márgenes, aunque otros los reducen hasta un máximo de 3 dB en sistemas prácticos. Se cree que los casos de aumento son más frecuentes que los de reducción, por lo que no es necesario introducir márgenes adicionales cuando se pasa de un funcionamiento plesiócrono a un funcionamiento síncrono [3].

Se pueden utilizar aleatorizadores para cerciorarse de que la interferencia procedente de varias secuencias repetitivas idénticas no supera los niveles que se dan con datos aleatorios.

Referencias

[1] Manual del CCITT *Directrices relativas a la protección de las líneas de telecomunicación contra los efectos perjudiciales de las líneas de energía eléctrica y de las líneas ferroviarias electrificadas*, UIT, Ginebra, 1988.

[2] Recomendación del CCITT *Pruebas de los repetidores telealimentados equipados de dispositivos de estado sólido para verificar la eficacia de las medidas de protección contra las perturbaciones exteriores*, Tomo IX, Rec. K.17.

[3] SMITH (B. M.) y POTTER (P. G.): Design Criteria for Crosstalk interference between Digital Signals in Multipair Cable *IEEE Trans. Commun.*, Vol. COM-34, N.º 6, junio de 1986.

Recomendación G.952

SISTEMAS DE LÍNEA DIGITAL BASADOS EN LA JERARQUÍA DE 2048 kbit/s EN CABLES DE PARES SIMÉTRICOS

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

1 Consideraciones generales

Esta Recomendación trata de los sistemas de línea digital basados en la jerarquía de 2048 kbit/s para la transmisión de señales por cables de pares simétricos, e incluye los sistemas que funcionan a las siguientes velocidades binarias:

2 048 kbit/s

8 448 kbit/s

34 368 kbit/s.

Los requisitos para la calidad de funcionamiento global y los interfaces de las correspondientes secciones de línea digital se indican en la Recomendación G.921.

2 Medio de transmisión

El sistema puede funcionar por cables de pares simétricos de diversos diámetros de hilo y construcciones de cable, incluidos los indicados en las Recomendaciones G.611, G.612 y G.613.

Nota – Los sistemas a 34 368 kbit/s deben explotarse en cables de alta calidad de funcionamiento y pueden requerir un cable para cada sentido de transmisión.

3 Protección contra la interferencia procedente de fuentes externas

El sistema de línea digital puede verse perturbado por la interferencia procedente de circuitos telefónicos dentro del mismo cable y por un conmutador cuando los repetidores están instalados en centros de conmutación. Como ejemplos de posibles modos de reducir el efecto de este tipo de interferencia, cabe citar la reducción de la longitud de la sección de repetición cerca de los centros de conmutación, la segregación de pares, la utilización de códigos de línea particulares, etc.

4 Características generales de diseño

4.1 *Disponibilidad*

El objetivo de disponibilidad del sistema deberá obtenerse teniendo en cuenta el requisito de disponibilidad de la sección digital ficticia de referencia indicada en el proyecto de Recomendación G.801.

4.2 *Fiabilidad*

Deberán especificarse valores de tiempo medio entre fallos para el sistema de línea en su conjunto teniendo en cuenta los requisitos de disponibilidad.

4.3 *Factores de ruido de diafonía de los repetidores*

Los factores de ruido de diafonía de los repetidores se definen en el anexo A junto con las técnicas de medición sugeridas. Los factores de ruido de diafonía cuantifican la calidad de funcionamiento de los regeneradores digitales que pueden sufrir interferencia de diafonía. Son funciones dependientes de la TEB, del código en línea del sistema de línea, de las características del cable, de las condiciones ambientales y de la atenuación de separación entre repetidores A_0 (a la velocidad mitad en baudios del sistema lineal).

Para una TEB $= 10^{-x}$, y en una gama de atenuación $A_1 \leqslant A_0 \leqslant A_2$, los factores de ruido de diafonía deben cumplir las siguientes especificaciones:

a) Factor de ruido de paradiafonía $[R_N] \leqslant CA_0 + D$ *

b) Factor de ruido de telediafonía $[R_F] \leqslant E$ *.

* No ha sido posible recomendar valores específicos de los parámetros x, A_1, A_2, C, D y E.

A continuación se indican ejemplos de los valores utilizados por algunas Administraciones para los sistemas de 2 Mbit/s:

Ejemplo	x	A_1	A_2	C	D	E	Método de prueba
i	6	5	40	1,1	14,7	17,5	a
ii	7	10	40	1,0	19	–	b
iii	7	7	38	1,0	18	–	b

Nota 1 – En el ejemplo de ii se utiliza un filtro con una frecuencia central de 1020 kHz y una anchura de banda de 3,1 kHz.

Nota 2 – Los valores no comprenden ninguna tolerancia para los efectos de la fluctuación de fase.

4.4 *Característica de error*

El objetivo del diseño de la tasa de errores de cada repetidor debe tener en cuenta los objetivos de calidad de funcionamiento de la red, indicados en la Recomendación G.821.

5 Características específicas de diseño

5.1 *Tipo de alimentación de energía*

Si bien el CCITT no recomienda el empleo de un sistema de telealimentación específico para este sistema de línea de pares simétricos, en la práctica sólo se utiliza la alimentación en corriente continua de intensidad constante a través del circuito fantasma de los pares simétricos del sistema.

Este sistema de cable de pares simétricos puede estar sometido a tensiones y corrientes inducidas causadas por rayos, líneas de transporte de energía, ferrocarriles, etc.

Deben tomarse precauciones para proteger al personal contra todo posible riesgo procedente de las tensiones normales de explotación y las corrientes de telealimentación, así como de las tensiones y corrientes inducidas.

Muchas Administraciones nacionales han publicado disposiciones y reglamentos detallados para la protección del personal, que en la mayoría de los casos son de aplicación obligatoria. Además, las Directrices [1] del CCITT proporcionan orientación sobre estos problemas.

También hay que tomar precauciones para proteger los equipos contra las tensiones y corrientes inducidas. Por consiguiente, el equipo debe diseñarse de modo que pueda responder satisfactoriamente a las pruebas especificadas en la Recomendación K.17 [2].

5.2 *Separación entre repetidores y relleno de los cables*

No puede recomendarse una separación específica entre repetidores, pero el anexo B a esta Recomendación incluye consideraciones generales sobre la planificación de sistemas.

5.3 *Estrategia de mantenimiento*

5.3.1 *Tipo de supervisión y localización de averías*

Puede utilizarse supervisión en servicio o localización de averías fuera del servicio.

5.3.2 *Condiciones de avería y operaciones consiguientes*

Deberán detectarse las siguientes condiciones de avería, además de las especificadas en la Recomendación G.921 para las secciones digitales pertinentes, y realizarse las operaciones consiguientes asociadas:

a) fallo de la alimentación de energía distante –
debe generarse una alarma de mantenimiento inmediato, de ser posible;

b) umbral bajo de tasa de errores excedido –
este umbral es 1×10^{-5} para los sistemas de 2048 y 8448 kbit/s
y 1×10^{-6} para los sistemas de velocidades binarias más altas;

debe generarse una alarma de mantenimiento diferido para indicar que se está degradando la calidad de funcionamiento.

ANEXO A

(a la Recomendación G.952)

Definición y medición de los factores de ruido de diafonía de los repetidores

A.1 *Definición*

a) Factor de ruido de paradiafonía $[R_N]$

$$[R_N] = [I_N] - [N_0]$$

$$I_N = \int_0^\infty \left| f/f_0 \right|^{3/2} \left| E(f) \right|^2 P(f)\, df$$

I_N = tensión paradiafónica eficaz producida por un regenerador interferente único que aparecería en el punto de decisión si la atenuación fuese 0 dB para la velocidad mitad en baudios del sistema de línea;

N_0 = tensión de interferencia paradiafónica eficaz en el punto de decisión que produce una TEB especificada, y depende de los parámetros que afectan al proceso de decisión, y refleja degradaciones procedentes de la interferencia entre símbolos y de desplazamiento de la posición óptima de los niveles de umbral de decisión y de los instantes de muestreo en el punto de decisión del regenerador;

$E(f)$ = función de transferencia de frecuencia del igualador del regenerador;

$P(f)$ = densidad espectral de potencia (unilateral) delcódigo en línea del sistema de línea;

f_0 = velocidad mitad en baudios del sistema de línea,

y las magnitudes entre corchetes están en dB, es decir:

$[X]$ = $10 \log_{10} | X |$.

b) Factor de ruido de telediafonía $[R_F]$

$$[R_F] = [I_F] - [N_0]$$

$$I_F = \int_0^\infty \left| f/f_0 \right|^2 \left| E(f) \right|^2 \left| G(f) \right|^2 P(f)\, df$$

I_F = tensión telediafónica eficaz producida por un regenerador interferente único que aparecería en el punto de decisión si la atenuación telediafónica fuese 0 dB para la velocidad mitad en baudios del sistema de línea;

N_0 = tensión de interferencia telediafónica eficaz en el punto de decisión que produce una TEB especificada, y depende de los parámetros que afectan al proceso de decisión, y refleja degradaciones procedentes de la interferencia entre símbolos y de desplazamientos de la posición óptima de los niveles de umbral de decisión y de los instantes de muestreo en el punto de decisión del regenerador;

$E(f)$, $P(f)$ y f_0 son los mismos que en a), y

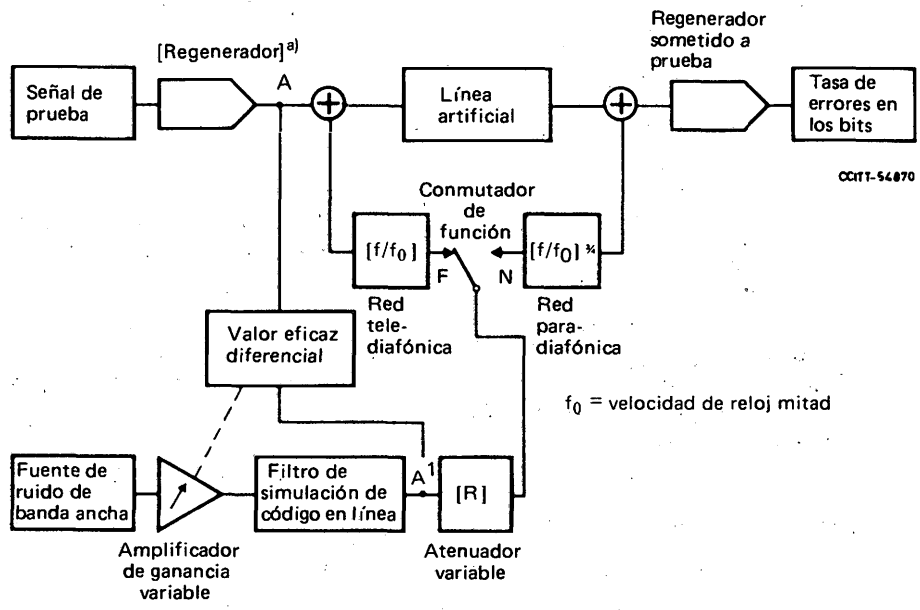
$G(f)$ = función de transferencia de frecuencia del cable.

A.2 *Medición*

El método a) se refiere directamente a la definición del factor de ruido de diafonía, por lo que constituye el método de medición de referencia. Los métodos b) y c) representan sendas posibilidades prácticas. El método c) evita la utilización de un filtro selectivo.

Método a)

El factor de ruido de paradiafonía y el factor de ruido de telediafonía pueden medirse mediante la configuración representada en la figura A-1/G.952, con el conmutador de función en las posiciones N y F, respectivamente. La medición consiste en igualar las tensiones eficaces en A y A_1, fijando la línea artificial a la atenuación deseada A_0 y ajustando luego el atenuador variable hasta que se obtenga la TEB = 10^{-x} deseada. El valor del atenuador, $[R]$ dB, es entonces el factor de ruido de paradiafonía o el factor de ruido de telediafonía para la A_0 y la TEB deseadas.



a) El regenerador puede omitirse si el generador de señales de prueba proporciona la forma de impulso apropiada.

FIGURA A-1/G.952

Medición del factor de ruido de paradiafonía y telediafonía

Método b)

El factor de ruido de paradiafonía [R_N] puede medirse mediante aparatos de prueba de la «relación S/N de entrada» empleando el conjunto de prueba en «modo manual» y efectuando mediciones externas con un filtro selectivo (véase la figura A-2/G.952). La medición consta de los siguientes pasos:

i) Se fija la línea artificial a 0 dB de atenuación y se mide con un filtro selectivo la potencia de la señal de prueba [S_0] dBm.

ii) Se fija la línea artificial a la atenuación A_0 deseada, se ajusta el atenuador variable hasta obtener la TEB = 10^{-x} deseada, se desconecta la señal de prueba y, utilizando filtro selectivo, se mide la potencia de ruido [P] dBm.

iii) Entonces [R_N] = [S_0] − [P] para las A_0 y TEB deseadas.

Nota − El efecto degradante de la fluctuación de fase de reloj en el factor de ruido de paradiafonía y en el factor de ruido de telediafonía debe medirse superponiendo la fluctuación de fase apropiada en la señal de prueba.

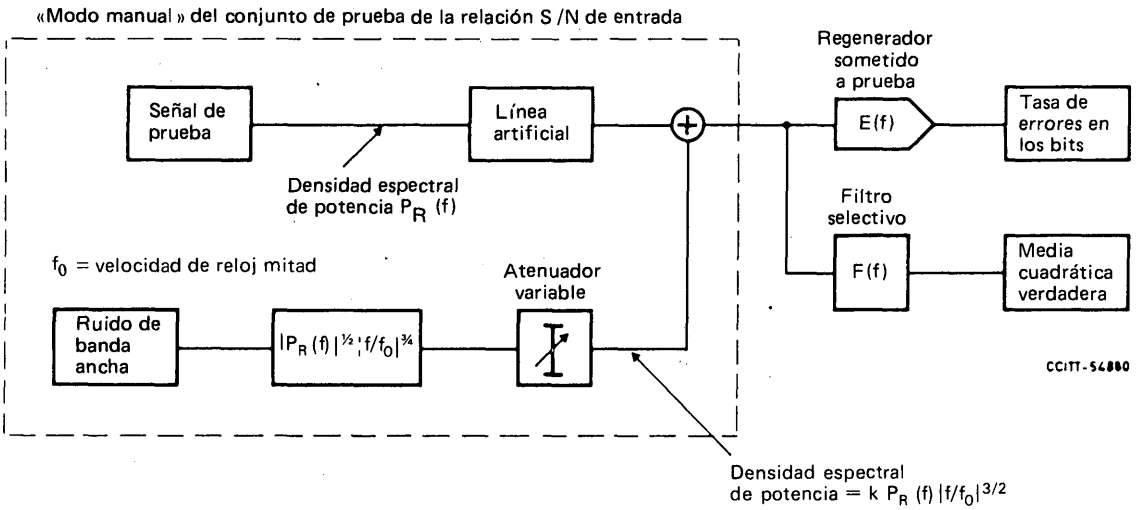


FIGURA A-2/G.952

Medición del factor de ruido de paradiafonía utilizando el aparato de prueba de la relación S/N de entrada

Método c)

El factor de ruido de paradiafonía (R_N) se puede medir utilizando aparatos de prueba de la relación S/N de entrada en «modo manual» con la inserción de un atenuador variable adicional entre la señal de prueba y la línea artificial, como se muestra en la figura A-3/G.952.

El procedimiento de medición es el siguiente:

i) se fija la línea artificial a una atenuación de 0 dB y el atenuador variable adicional a una atenuación de A dB;

ii) se regula el amplificador de ganancia variable hasta que el nivel de potencia de la entrada del atenuador variable sea igual a [$Q1$] − A dB, el nivel de potencia de la salida de la línea artificial;

iii) se fija la línea artificial a una atenuación de A dB y el atenuador variable adicional a una atenuación de 0 dB;

iv) se regula el atenuador variable hasta obtener la TEB deseada de 10^{-x}. El valor de atenuación del atenuador es [αN] dB;

v) se calcula $[R_N] = [\alpha N] + A - [W_N]$

$$\text{donde } [W_N] = 10 \log_{10} \left[\int_0^\infty P_R(f)\, df \Big/ \int_0^\infty \left| \frac{f}{f_0} \right|^{3/2} P_R(f)\, df \right]$$

en la que $P_R(f)$ = densidad de potencia espectral (unilateral) del código de línea.

Sería preferible obtener W_N por medición. Por supuesto, el valor de W_N se puede también calcular de acuerdo con $P_R(f)$ de AMI o HDB_3 en una cierta gama de frecuencias, por ejemplo, $W_N = -3{,}59$ dB en la gama de 0 a 10 240 kHz.

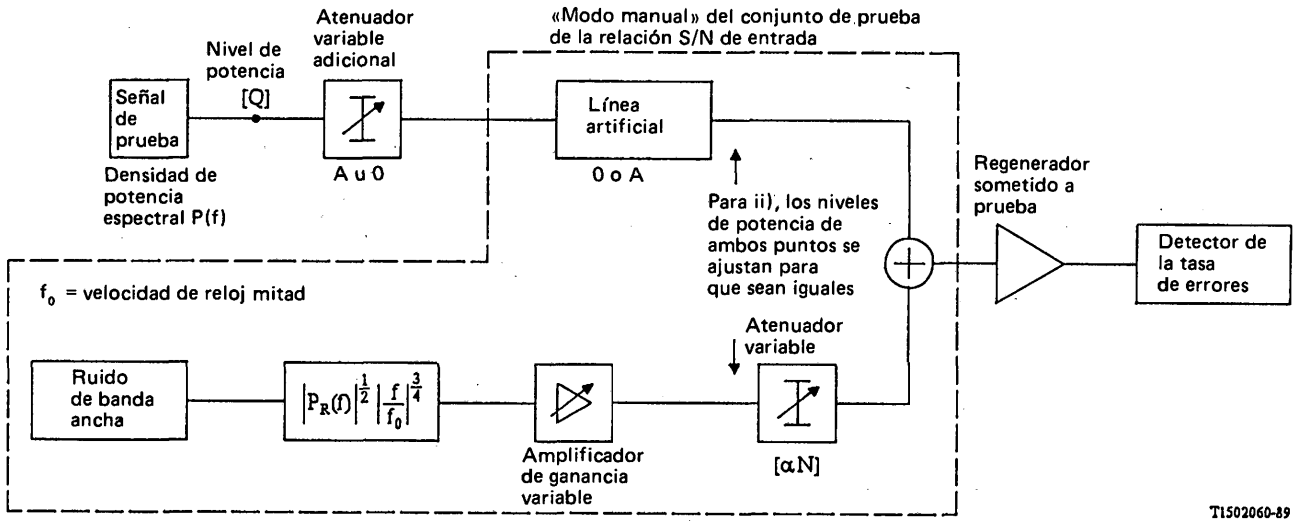


FIGURA A-3/G.952

Medición del factor de ruido de paradiafonía utilizando el aparato de prueba de la relación S/N de entrada

ANEXO B

(a la Recomendación G.952)

Orientaciones para la obtención satisfactoria de los objetivos de característica de error indicados

B.1 Para satisfacer el objetivo de calidad de funcionamiento de la red, es necesario tener en cuenta muchos factores interrelacionados. La figura B-1/G.952 ilustra mediante un diagrama la interrelación de todos los factores que influyen en el mismo. La base sobre la que se formulan las orientaciones de planificación para la instalación de sistemas de línea digital depende de las circunstancias de cada Administración. Por ejemplo, algunas Administraciones pueden tener cables con características favorables, pero al mismo tiempo la red puede sufrir serios niveles de interferencia no cuantificable (efectos de red). Por tanto, toda Administración debe formular un juicio sobre la importancia de cada efecto en su red y formular orientaciones de utilización de cables que satisfagan los requisitos de característica de error de las secciones de línea digital.

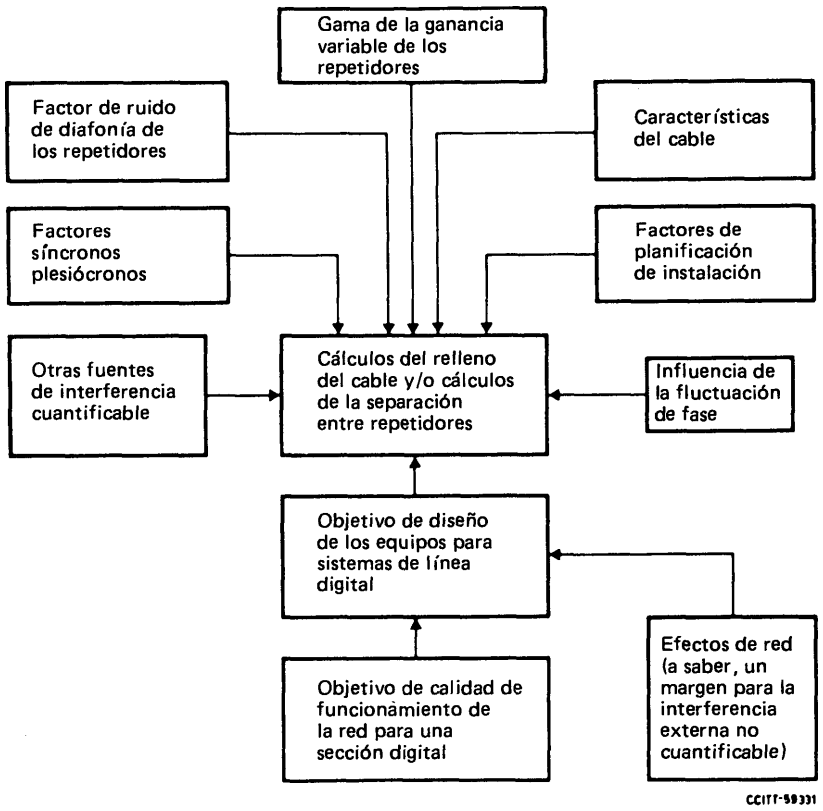


FIGURA B-1/G.952

Factores que repercuten en la característica de error de un sistema de línea digital por pares simétricos

Las siguientes notas subrayan una serie de observaciones importantes relativas a la formulación de las orientaciones de planificación de la instalación de sistemas:

Nota 1 – Al establecer las orientaciones de utilización de los cables, el factor de ruido de diafonía es el único parámetro que describe la calidad intrínseca del regenerador en condiciones de interferencia diafónica. Este parámetro, que se basa en la densidad de potencia espectral *media* de la interferencia diafónica total, proporciona una aproximación útil a la inmunidad del sistema a la diafonía producida por corrientes de datos plesiócronas y es la medida correcta para las corrientes de datos síncronas siempre que se aleatoricen las fases de los sistemas perturbadores. Se basa también en la suposición de datos aleatorios en los sistemas peturbadores, por lo que no se puede aplicar al caso de estructuras de datos repetitivas. Sin embargo, el uso de aleatorizadores hace en realidad que prácticamente todas las estructuras de datos parezcan aleatorias [3].

Nota 2 – En un medio operacional, los regeneradores pueden estar sometidos a otras fuentes de interferencia que son difíciles de cuantificar y que pueden inducir a errores. En algunos casos, se han cuantificado mecanismos de interferencia concretos y los límites y procedimientos de prueba adecuados se recogen en especificaciones nacionales. Estos aspectos se hallan actualmente en estudio en el CCITT y a medida que se gane experiencia operacional podrían introducirse ulteriores pruebas que recojan estos otros mecanismos de interferencia.

Nota 3 – La utilización máxima de los cables deberá basarse en el cumplimiento del objetivo de calidad de funcionamiento. Para satisfacer este objetivo, las Administraciones pueden adoptar uno de los siguientes métodos:

i) En circunstancias en que las Administraciones puedan juzgar la importancia de los «efectos de red», los cálculos del relleno de los cables deberán basarse en un objetivo determinado descontando los «efectos de red» del objetivo de calidad de funcionamiento de la red.

ii) En circunstancias en que las Administraciones no puedan juzgar la importancia de los efectos de red, los cálculos relativos al relleno de los cables deberán basarse en el objetivo de diseño de los equipos.

Nota 4 – El empleo de un código de velocidad de símbolos en línea reducido proporciona un ambiente de diafonía más favorable, característica que repercutirá en los cálculos relativos al relleno de los cables.

Nota 5 – Cuando el funcionamiento de la red pasa de plesiócrono a síncrono, ciertos acoplamientos diafónicos de los cables y las puestas en fase relativas de los relojes del sistema aumentan los márgenes, aunque otros los reducen hasta un máximo de 3 dB en sistemas prácticos. Se cree que los casos de aumento son más frecuentes que los de reducción, por lo que no es necesario introducir márgenes adicionales cuando se pasa de un funcionamiento plesiócrono a un funcionamiento síncrono [3].

Se pueden utilizar aleatorizadores para cerciorarse de que la interferencia procedente de varias secuencias repetitivas idénticas no supera los niveles que se dan con datos aleatorios.

Referencias

[1] Manual del CCITT *Directrices relativas a la protección de las líneas de telecomunicación contra los efectos perjudiciales de las líneas de energía eléctrica y de las líneas ferroviarias electrificadas*, UIT, Ginebra, 1988.

[2] Recomendación del CCITT *Pruebas de los repetidores telealimentados equipados de dispositivos de estado sólido para verificar la eficacia de las medidas de protección contra las perturbaciones exteriores*, Tomo IX, Rec. K.17.

[3] SMITH (B. M.) y POTTER (P. G.): Design Criteria for Crosstalk interference between Digital Signals in Multipair Cable *IEEE Trans. Commun.*, Vol. COM-34, N.° 6, junio de 1986.

Recomendación G.953

SISTEMAS DE LÍNEA DIGITAL BASADOS EN LA JERARQUÍA DE 1544 kbit/s EN CABLES DE PARES COAXIALES

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

1 Consideraciones generales

Esta Recomendación trata de los sistemas de línea digital basados en la jerarquía de 1544 kbit/s para la transmisión de señales por cables de pares simétricos, e incluye los sistemas que funcionan a las siguientes velocidades binarias:

44 736 kbit/s

97 728 kbit/s.

2 Medios de transmisión

El sistema puede funcionar por cables de pares coaxiales, como se indica en las Recomendaciones de la serie G.620, de conformidad con el cuadro 1/G.953.

CUADRO 1/G.953

Medios de transmisión

Sistema (kbit/s)	Recomendación sobre cables
44 736	G.623
97 728	G.623

3 Características generales de diseño

3.1 *Disponibilidad*

El objetivo de disponibilidad del sistema deberá obtenerse teniendo en cuenta el requisito de disponibilidad de la sección digital ficticia de referencia indicada en el proyecto de Recomendación G.801.

3.2 *Fiabilidad*

Deberán especificarse valores de tiempo medio entre fallos para el sistema de línea en su conjunto teniendo en cuenta los requisitos de disponibilidad.

3.3 *Margen de ruido de los repetidores*

El margen de ruido de los repetidores se define en el anexo A junto con las técnicas de medición sugeridas. El margen de ruido cuantifica la calidad de funcionamiento de los regeneradores digitales de pares coaxiales. Es una función dependiente de la TEB y de la atenuación de separación entre repetidores A_0 (a la velocidad mitad en baudios del sistema de línea).

Para una TEB = 10^{-7}, y en una gama de atenuación del sistema $A_1 \leqslant A_0 \leqslant A_2$, el margen de ruido debe satisfacer la siguiente especificación:

margen de ruido $(M) \geqslant B + C(A_2 - A_0)$

No ha sido posible recomendar valores específicos de los parámetros A_1, A_2, B y C.

Nota – El efecto degradante de la fluctuación de fase de la señal de temporización sobre el margen de ruido debe medirse por superposición de la fluctuación de fase apropiada en la señal de prueba.

3.4 *Característica de error*

El objetivo de diseño de la tasa de errores de cada repetidor debe tener en cuenta los objetivos de calidad de funcionamiento de la red, indicados en la Recomendación G.821.

4 Características específicas de diseño

4.1 *Tipo de alimentación de energía*

Si bien el CCITT no recomienda el empleo de un sistema de telealimentación específico para este sistema de línea de pares simétricos, en la práctica sólo se utiliza la alimentación en corriente continua de intensidad constante a través del circuito fantasma de los pares simétricos del sistema.

Este sistema de cable de pares simétricos puede estar sometido a tensiones y corrientes inducidas causadas por rayos, líneas de transporte de energía, ferrocarriles, etc.

Deben tomarse precauciones para proteger al personal contra todo posible riesgo procedente de las tensiones normales de explotación y las corrientes de telealimentación, así como de las tensiones y corrientes inducidas.

Muchas Administraciones nacionales han publicado disposiciones y reglamentos detallados para la protección del personal, que en la mayoría de los casos son de aplicación obligatoria. Además, las Directrices [1] del CCITT proporcionan orientación sobre estos problemas.

También hay que tomar precauciones para proteger los equipos contra las tensiones y corrientes inducidas. Por consiguiente, el equipo debe diseñarse de modo que pueda responder satisfactoriamente a las pruebas especificadas en la Recomendación K.17 [2].

4.2 *Separación nominal entre repetidores*

No se recomienda una separación específica entre repetidores, pero en la práctica, la mayoría de las Administraciones utilizan los valores nominales indicados en el cuadro 2/G.953.

CUADRO 2/G.953

Separación nominal entre repetidores

	Separación nominal entre repetidores (km)
Sistema (kbit/s)	Recomendación sobre cables [a] G.623
44 736	–
97 728	4.5

[a] Recomendación G.623 trata de pares coaxiales de 2,6/9,5 mm.

4.3 *Estrategia de mantenimiento*

4.3.1 *Tipo de supervisión y localización de averías*

Puede utilizarse supervisión en servicio o localización de averías fuera del servicio.

4.3.2 *Condiciones de avería y acciones consiguientes*

Las condiciones de avería y acciones consiguientes de esta sección deberán ser complementarias de las recomendadas para las secciones de línea digital:

ANEXO A

(a la Recomendación G.953)

Definición y medición del margen de ruido de los repetidores

A.1 *Definiciones*

El margen de ruido m_n:

$$m_n = SNR/SNR_{ER} \tag{A-1}$$

donde

$$SNR = SNR_{th} \cdot F(t, ER) \tag{A-2}$$

El producto $SNR_{th} \cdot F(t, ER)$ se puede considerar como la relación real señal/ruido SNR, que sirve de medida al rendimiento del generador.

SNR_{th} es la relación teórica señal/ruido determinada por parámetros del sistema tales como el impulso de salida, la atenuación de sección, el factor del ruido del amplificador de entrada del regenerador, etc.

$F(t, ER)$ es el factor de reducción debido a un desplazamiento del instante de temporización óptimo (incluida la fluctuación de fase) en conjunción con el impulso realizado $S(t)$, la interferencia entre símbolos $I(t)$ y cualquier otra perturbación que degrade la señal de información (I_c).

Nota – La interferencia entre símbolos y otras perturbaciones son procesos fluctuantes de distribución limitada. El factor de reducción media depende del ER y para una señal ternaria viene dado por:

$$F(t, ER) = \frac{S(t)}{S(0)} - 2\left\{\frac{T(t)}{S(0)} - \frac{I_c}{S(0)}\right\} \tag{A-3}$$

donde $S(0)$ es el impulso realizado en $t = 0$ que da la amplitud máxima.

SNR_{ER} es la relación señal/ruido requerida para una proporción de errores igual a ER. Para una señal ternaria la relación entre ER y SNR_{ER} viene dada por la conocida distribución gausiana.

$$ER = \frac{4}{3} P[E] = \frac{4}{3\sqrt{2\pi}} \int_{SNR_{ER}}^{\infty} e^{-x^2/2}\, dx \tag{A-4}$$

A.2 *Definiciones derivadas*

El margen de ruido se puede medir aplicando una señal perturbadora exterior. Con este objeto se han derivado algunas definiciones más prácticas.

A.2.1 La SNR_{ER} (que da una proporción de errores ER) se puede conseguir inyectando suficiente ruido blanco a la entrada del regenerador:

$$SNR_{ER} = \left\{\frac{N_T}{N_T + N_E}\right\} \cdot SNR \tag{A-5}$$

donde

N_T = ruido térmico que aparece en el punto de decisión durante el funcionamiento normal;

N_E = potencia media del ruido externo que aparece en el punto de decisión para inducir una proporción de errores ER.

Combinando las ecuaciones (A-1) y (A-5) se obtiene el margen de ruido M:

$$M = 20 \log m_n = 10 \log \left(1 + \frac{N_E}{N_T}\right) \tag{A-6}$$

$$N_E = N_0 \int_0^\infty |E(f)|^2 \, df \tag{A-7}$$

$$N_T = kT \int_0^\infty |E(f)|^2 \, F(f) \, df \tag{A-8}$$

N_0 = densidad de potencia del ruido externo que se superimpone a la señal;

$E(f)$ = función de transferencia del igualador del regenerador;

k, T = constante de Boltzmann y temperatura absoluta;

$F(f)$ = factor de ruido del amplificador igualador del regenerador.

A.2.2 Inyectando una señal perturbadora sinusoidal se puede derivar una segunda definición de m_n:

Esta perturbación produce una $F(t, ER)$ decreciente que puede definirse por:

$$F_d(t, ER) = SNR_{ER}/SNR_{th}$$

a continuación (de acuerdo con (A-1) y (A-2)

$$F(t, ER) = m_n \cdot SNR_{ER}/SNR_{th}$$

Restando se obtiene:

$$F(t, ER) - F_d(t, ER) = 2 \frac{I_s}{S(0)} - (m_n - 1) \, SNR_{ER}/SNR_{th}$$

donde $I_s/S(0)$ es la señal perturbadora normalizada en el punto de decisión.

La sustitución de $SNR_{th} = S(0)/2\sqrt{N_T R_0}$ y algunas simplificaciones dan como resultado el margen de ruido:

$$M = 20 \log 1 \cdot \left(\frac{I_s}{SNR_{ER} \cdot \sqrt{N_T R_0}} \right) \tag{A-9}$$

$$I_s = S_d \cdot |E(f_d)| \cdot a_c \tag{A-10}$$

S_d = magnitud de la señal perturbadora a la entrada del regenerador,

f_d = frecuencia de la señal perturbadora,

a_c = factor de corrección que tiene en cuenta el efecto de la perturbación sobre el detector de cresta del igualador automático,

R_0 = parte real de la impedancia característica del cable.

A.3 *Medición*

El método A se basa en la definición directamente relacionada con el margen de ruido (A-6), por lo que es el método de prueba de referencia. Los métodos B y C son métodos de prueba alternativos.

Método A (figura A-1/G.953)

Los valores de N_E y N_T se miden directamente en el punto de decisión. El valor de N_T se mide en ausencia tanto de señal como de ruido externamente aplicado. En estas condiciones el control automático de ganancia (CAG) del igualador debe controlarse externamente a un nivel apropiado a la correspondiente atenuación del cable. Con la señal restablecida, el nivel de ruido externamente aplicado se ajusta para obtener la TEB deseada. El nivel de ruido ($N_T + N_E$) se mide ahora con la señal eliminada y con el CAG puesto al mismo valor que en la medición de N_T.

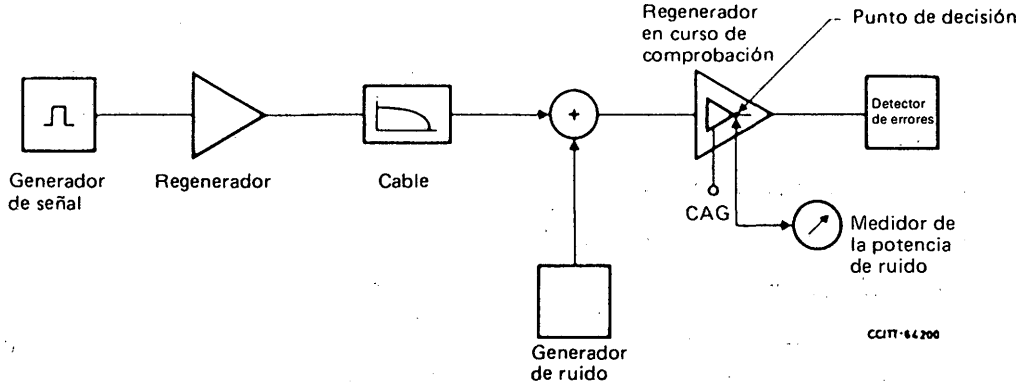


FIGURA A-1/G.953

Medición del margen de ruido (método A)

Método B (figura A-2/G.953)

Este método permite la medición sin necesidad de acceso al punto de decisión. El ruido aplicado a la entrada, para causar una TEB dada, se mide directamente. El valor correspondiente en el punto de decisión y también el ruido térmico (N_T) se evalúan por medio de la función de transferencia y el factor de ruido del amplificador igualador.

Nota – La función de transferencia y el factor de ruido del amplificador igualador necesitan calcularse y medirse en una muestra de repetidores antes de que pueda aplicarse este método a un determinado diseño de repetidor.

Método C (figura A-2/G.953)

Este método es semejante al método B anterior, pero en este caso la perturbación aplicada es una señal sinusoidal. Esta señal aplicada en la entrada para dar una proporción de errores determinada se mide también directamente. La perturbación correspondiente en el punto de decisión (I_s) así como la tensión del ruido térmico ($\sqrt{N_T R_0}$) se calculan por medio de la función de transferencia, el factor de ruido del igualador y el factor de corrección a_c que es preciso determinar.

Nota 1 – De (A-8) y (A-9) se desprende que:

$$M = 20 \log (1 + S_d \cdot X/SNR_{ER})$$

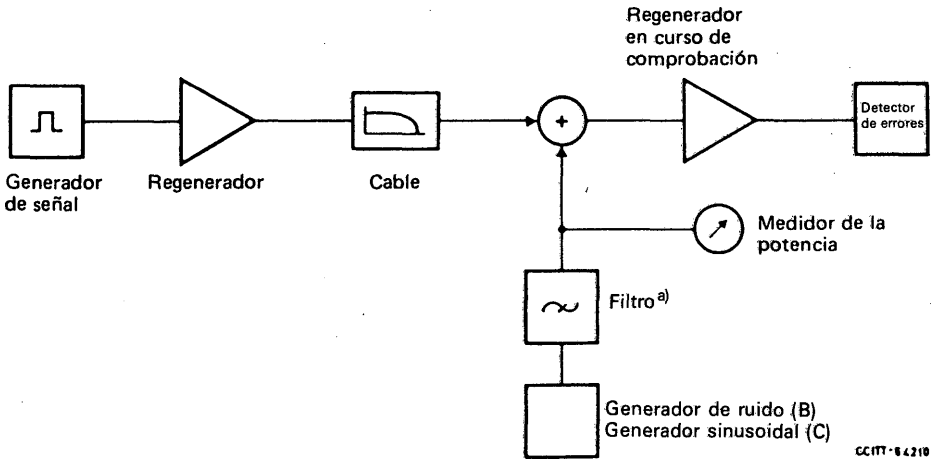
$$\text{donde } X = |E(f_d)| \cdot a_c/\sqrt{N_T R_0}$$

es un factor desconocido que es preciso determinar sobre la base de las mediciones realizadas en una muestra de regeneradores típicos antes de aplicar este método a regeneradores de un diseño particular.

Por esta razón el margen de ruido de los regeneradores típicos deberá ser medido de conformidad con el método de prueba de referencia (A).

Nota 2 – Este método admite la presencia de una red LBO en la entrada del regenerador. A diferencia del método B no es necesario insertar un filtro complementario en el trayecto de inyección.

Nota 3 – Para obtener la medición más exacta, la frecuencia perturbadora debe ser próxima a la frecuencia de Nyquist.



a) Se puede suprimir en el método C.

FIGURA A-2/G.953

Medición del margen de ruido (métodos B y C)

Referencias

[1] Manual del CCITT *Directrices relativas a la protección de las líneas de telecomunicación contra los efectos perjudiciales de las líneas de energía eléctrica y de las líneas ferroviarias electrificadas*, UIT, Ginebra, 1988.

[2] Recomendación del CCITT *Pruebas de los repetidores telealimentados equipados de dispositivos de estado sólido para verificar la eficacia de las medidas de protección contra las perturbaciones exteriores*, Tomo IX, Rec. K.17.

Recomendación G.954

SISTEMAS DE LÍNEA DIGITAL BASADOS EN LA JERARQUÍA DE 2048 kbit/s EN CABLES DE PARES COAXIALES

(Málaga-Torremolinos, 1984; Melbourne, 1988)

1 Consideraciones generales

Esta Recomendación trata de los sistemas de línea digital basados en la jerarquía de 2048 kbit/s para la transmisión de señales por cables de pares coaxiales, e incluye los sistemas con las siguientes velocidades binarias:

8 448 kbit/s
34 368 kbit/s
139 264 kbit/s
4 × 139 264 kbit/s.

En el caso de sistemas de 4 × 139 264 kbit/s, un equipo múldex de línea digital combina las funciones de un multiplexador de cuatro señales digitales a 139 264 kbit/s y de un equipo de transmisión de línea. En el anexo B a esta Recomendación se presentan detalles de la estrategia de multiplexación digital.

Los requisitos para la calidad de funcionamiento global y los interfaces de las correspondientes secciones de línea digital se indican en la Recomendación G.921.

2 Medios de transmisión

Los sistemas pueden funcionar por pares coaxiales, como se define en las Recomendaciones de la serie G.620, de conformidad con el cuadro 1/G.954.

CUADRO 1/G.954

Medios de transmisión

Sistema (kbit/s)	Recomendación sobre cables
8 448	G.621; G.622
34 368	G.621; G.622; G.623
139 264	G.622; G.623
4 × 139 264	G.623

3 Características generales de diseño

3.1 *Disponibilidad*

El objetivo de disponibilidad del sistema deberá obtenerse teniendo en cuenta el requisito de disponibilidad de la sección digital ficticia de referencia indicada en el proyecto de Recomendación G.801.

3.2 *Fiabilidad*

Deberán especificarse valores de tiempo medio entre fallos para el sistema de línea en su conjunto teniendo en cuenta los requisitos de disponibilidad.

3.3 *Margen de ruido de los repetidores*

El margen de ruido de los repetidores se define en el anexo A junto con las técnicas de medición sugeridas. El margen de ruido cuantifica la calidad de funcionamiento de los regeneradores digitales de pares coaxiales. Es una función dependiente de la TEB y de la atenuación de separación entre repetidores A_0 (a la velocidad mitad en baudios del sistema de línea).

Para una TEB = 10^{-7}, y en una gama de atenuación del sistema $A_1 \leqslant A_0 \leqslant A_2$, el margen de ruido debe satisfacer la siguiente especificación:

margen de ruido $(M) \geqslant B + C(A_2 - A_0)$.

No ha sido posible recomendar valores específicos de los parámetros A_1, A_2, B y C.

Nota – El efecto degradante de la fluctuación de fase de la señal de temporización sobre el margen de ruido debe medirse por superposición de la fluctuación de fase apropiada en la señal de prueba.

A continuación se indican ejemplos de los valores utilizados por algunas Administraciones.

	A_1 (dB)	A_2 (dB)	B (dB)	C
Sistemas a 8 448 kbit/s	35	85	9	1
Sistemas a 34 368 kbit/s	34 56 45	84 82 75	7,5 6 12	0,7 0,5 1
Sistemas a 139 264 kbit/s	65 60	84 84	5,5 7,5	0,7 0,7 → 1

Nota – Los valores no comprenden ninguna tolerancia para los efectos de la fluctuación de fase.

3.4 *Característica de error*

El objetivo del diseño de la tasa de errores de cada repetidor debe tener en cuenta los objetivos de calidad de funcionamiento de la red indicados en la Recomendación G.821.

4 Características específicas de diseño

4.1 *Tipo de alimentación de energía*

Si bien el CCITT no recomienda el empleo de un sistema de telealimentación específico para este sistema de línea de pares simétricos, en la práctica sólo se utiliza la alimentación en corriente continua de intensidad constante a través del circuito fantasma de los pares simétricos del sistema.

Este sistema de cable de pares simétricos puede estar sometido a tensiones y corrientes inducidas causadas por rayos, líneas de transporte de energía, ferrocarriles, etc.

Deben tomarse precauciones para proteger al personal contra todo posible riesgo procedente de las tensiones normales de explotación y las corrientes de telealimentación, así como de las tensiones y corrientes inducidas.

Muchas Administraciones nacionales han publicado disposiciones y reglamentos detallados para la protección del personal, que en la mayoría de los casos son de aplicación obligatoria. Además, las Directrices [1] del CCITT proporcionan orientaciones sobre estos problemas.

También hay que tomar precauciones para proteger los equipos contra las tensiones y corrientes inducidas. Por consiguiente, el equipo debe diseñarse de modo que pueda responder satisfactoriamente a las pruebas especificadas en la Recomendación K.17 [2].

4.2 *Separación nominal entre repetidores*

No se recomienda una separación específica entre repetidores, pero en la práctica, la mayoría de las Administraciones utilizan los valores nominales indicados en el cuadro 2/G.954.

CUADRO 2/G.954

Separación nominal entre repetidores

Sistema (kbit/s)	Separación nominal entre repetidores (km)		
	Recomendación sobre cables [a]		
	G.621	G.622	G.623
8 448	4,0	--	–
34 368	2,0	4,0 (Nota)	–
139 264	–	2,0	4,5 (Nota)
4 × 139 264	–	–	1,5

[a] G.621 trata de pares coaxiales de 0,7/2,9 mm.
G.622 trata de pares coaxiales de 1,2/4,4 mm.
G.623 trata de pares coaxiales de 2,6/9,5 mm.

Nota – Una Administración utiliza una separación nominal entre repetidores de 3 km.

4.3 *Estrategia de mantenimiento*

4.3.1 *Tipo de supervisión y localización de averías*

Puede utilizarse supervisión en servicio o localización de averías fuera del servicio. Para velocidades binarias por encima de 139 264 kbit/s se recomienda la supervisión en servicio.

4.3.2 *Condiciones de avería y acciones consiguientes*

Deberán detectarse las siguientes condiciones de avería, además de las especificadas en la Recomendación G.921 para las secciones digitales pertinentes, y realizarse las acciones consiguientes asociadas:

a) fallo de la alimentación de energía distante –
debe generarse una alarma de mantenimiento inmediato, de ser posible;

b) umbral bajo de tasa de errores excedido –
este umbral es 1×10^{-5} para los sistemas de y 8448 kbit/s
y 1×10^{-6} para los sistemas de velocidades binarias más altas;

debe generarse una alarma de mantenimiento diferido para indicar que se está degradando la calidad de funcionamiento.

ANEXO A

(a la Recomendación G.954)

Definición y medición del margen de ruido de los repetidores

A.1 *Definiciones*

El margen de ruido m_n:

$$m_n = SNR/SNR_{ER} \tag{A-1}$$

donde:

$$SNR = SNR_{th} \cdot F(t, ER) \tag{A-2}$$

El producto $SNR_{th} \cdot F(t, ER)$ se puede considerar como la relación real señal/ruido SNR, que sirve de medida al rendimiento del generador.

SNR_{th} es la relación teórica señal/ruido determinada por parámetros del sistema tales como el impulso de salida, la atenuación de sección, el factor del ruido del amplificador de entrada del regenerador, etc.

$F(t, ER)$ es el factor de reducción debido a un desplazamiento del instante de temporización óptimo (incluida la fluctuación de fase) en conjunción con el impulso realizado $S(t)$, la interferencia entre símbolos $I(t)$ y cualquier otra perturbación que degrade la señal de información (I_c).

Nota – La interferencia entre símbolos y otras perturbaciones son procesos fluctuantes de distribución limitada. El factor de reducción media depende del ER y para una señal ternaria viene dado por:

$$F(t, ER) = \frac{S(t)}{S(0)} - 2\left\{\frac{I(t)}{S(0)} - \frac{I_c}{S(0)}\right\} \tag{A-3}$$

donde $S(0)$ es el impulso realizado en $t = 0$ que da la amplitud máxima.

SNR_{ER} es la relación señal/ruido requerida para una proporción de errores igual a ER. Para una señal ternaria la relación entre ER y SNR_{ER} viene dada por la conocida distribución gausiana.

$$ER = \frac{4}{3}P[E] = \frac{4}{3\sqrt{2\pi}} \int_{SNR_{ER}}^{\infty} e^{-x^{1/2}}\, dx \tag{A-4}$$

A.2 *Definiciones derivadas*

El margen de ruido se puede medir aplicando una señal perturbadora exterior. Con este objeto se han derivado algunas definiciones más prácticas.

A.2.1 La SNR_{ER} (que da una proporción de errores ER) se puede conseguir inyectando suficiente ruido blanco a la entrada del regenerador:

$$SNR_{ER} = \left\{\frac{N_T}{N_T + N_E}\right\} \cdot SNR \tag{A-5}$$

donde

N_T = ruido térmico que aparece en el punto de decisión durante el funcionamiento normal;

N_E = potencia media del ruido externo que aparece en el punto de decisión para inducir una proporción de errores *ER*.

Combinando las ecuaciones (A-1) y (A-5) se obtiene el margen de ruido M:

$$M = 20 \log m_n = 10 \log \left(1 + \frac{N_E}{N_T}\right) \tag{A-6}$$

$$N_E = N_0 \int_0^\infty |E(f)|^2 \, df \tag{A-7}$$

$$N_T = kT \int_0^\infty |E(f)|^2 \, F(f) \, df \tag{A-8}$$

N_0 = densidad de potencia del ruido externo que se superimpone a la señal;

$E(f)$ = función de transferencia del igualador del regenerador;

k, T = constante de Boltzmann y temperatura absoluta;

$F(f)$ = factor de ruido del amplificador igualador del regenerador.

A.2.2 Inyectando una señal perturbadora sinusoidal se puede derivar una segunda definición de m_n:

Esta perturbación produce una $F(t, ER)$ decreciente que puede definirse por:

$$F_d(t, ER) = SNR_{ER}/SNR_{th}$$

a continuación (de acuerdo con (A-1) y (A-2))

$$F(t, ER) = m_n \cdot SNR_{ER}/SNR_{th}$$

Restando se obtiene:

$$F(t, ER) - F_d(t, ER) = 2 \frac{I_s}{S(0)} - (m_n - 1) \, SNR_{ER}/SNR_{th}$$

donde $I_s/S(0)$ es la señal perturbadora normalizada en el punto de decisión.

La sustitución de $SNR_{th} = S(0)/2\sqrt{N_T R_0}$ y algunas simplificaciones dan como resultado el margen de ruido:

$$M = 20 \log 1 \cdot \left(\frac{I_s}{SNR_{ER} \cdot \sqrt{N_T R_0}} \right) \tag{A-9}$$

$$I_s = S_d \cdot |E(f_d)| \cdot a_c \tag{A-10}$$

S_d = magnitud de la señal perturbadora a la entrada del regenerador,

f_d = frecuencia de la señal perturbadora,

a_c = factor de corrección que tiene en cuenta el efecto de la perturbación sobre el detector de cresta del igualador automático,

R_0 = parte real de la impedancia característica del cable.

A.3 *Medición*

El método A se basa en la definición directamente relacionada con el margen de ruido (A-6), por lo que es el método de prueba de referencia. Los métodos B y C son métodos de prueba alternativos.

Método A (figura A-1/G.954)

Los valores de N_E y N_T se miden directamente en el punto de decisión. El valor de N_T se mide en ausencia tanto de señal como de ruido externamente aplicado. En estas condiciones el control automático de ganancia (CAG) del igualador debe controlarse externamente a un nivel apropiado a la correspondiente atenuación del cable. Con la señal restablecida, el nivel de ruido externamente aplicado se ajusta para obtener la TEB deseada. El nivel de ruido ($N_T + N_E$) se mide ahora con la señal eliminada y con el CAG puesto al mismo valor que en la medición de N_T.

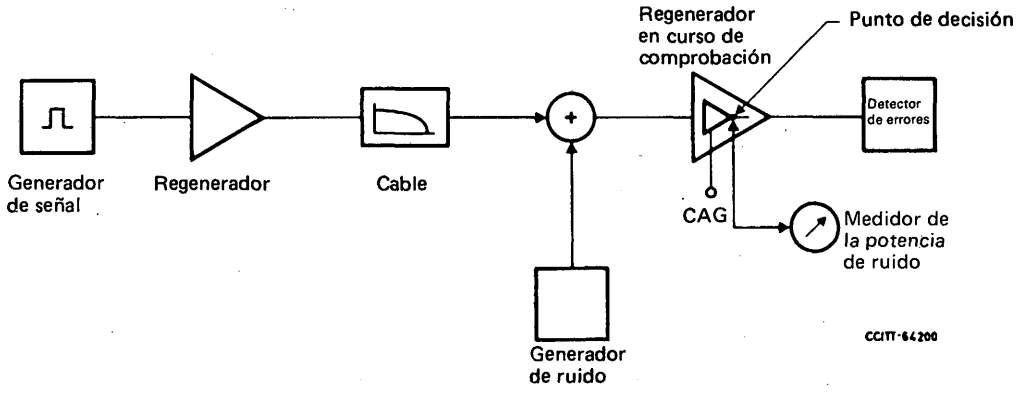


FIGURA A-1/G.954

Medición del margen de ruido (método A)

Método B (figura A-2/G.954)

Este método permite la medición sin necesidad de acceso al punto de decisión. El ruido aplicado a la entrada, para causar una TEB dada, se mide directamente. El valor correspondiente en el punto de decisión y también el ruido térmico (N_T) se evalúan por medio de la función de transferencia y el factor de ruido del amplificador igualador.

Nota – La función de transferencia y el factor de ruido del amplificador igualador necesitan calcularse y medirse en una muestra de repetidores antes de que pueda aplicarse este método a un determinado diseño de repetidor.

Método C (figura A-2/G.954)

Este método es semejante al método B anterior, pero en este caso la perturbación aplicada es una señal sinusoidal. Esta señal aplicada en la entrada para dar una proporción de errores determinada se mide también directamente.

La perturbación correspondiente en el punto de decisión (I_s) así como la tensión del ruido térmico ($\sqrt{N_T R_0}$) calculan por medio de la función de transferencia, el factor de ruido del igualador y el factor de corrección a_c que es preciso determinar.

Nota 1 – De (A-8) y (A-9) se desprende que:

$$M = 20 \log (1 + S_d \cdot X/SNR_{ER})$$

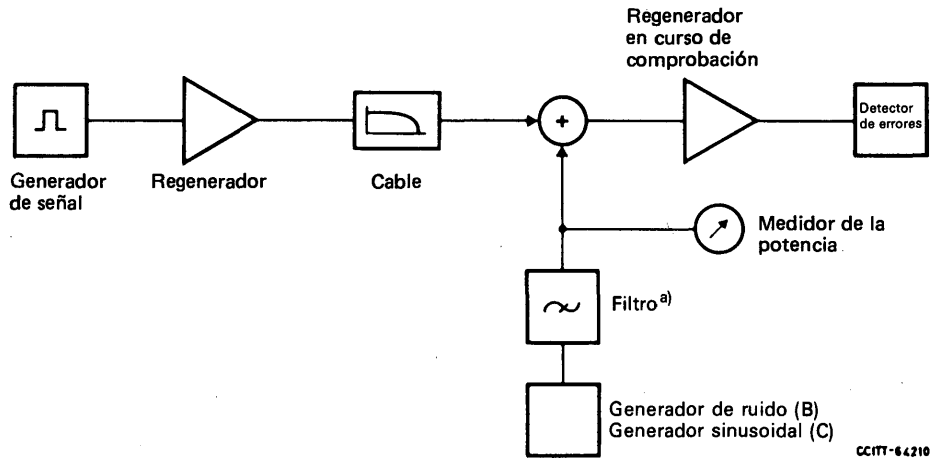
$$\text{donde } X = |E(f_d)| \cdot a_c/\sqrt{N_T R_0}$$

es un factor desconocido que es preciso determinar sobre la base de las mediciones realizadas en una muestra de regeneradores típicos antes de aplicar este método a regeneradores de un diseño particular.

Por esta razón el margen de ruido de los regeneradores típicos deberá ser medido de conformidad con el método de prueba de referencia (A).

Nota 2 – Este método admite la presencia de una red LBO en la entrada del regenerador. A diferencia del método B no es necesario insertar un filtro complementario en el trayecto de inyección.

Nota 3 – Para obtener la medición más exacta, la frecuencia perturbadora debe ser próxima a la frecuencia de Nyquist.



a) Se puede suprimir en el método C.

FIGURA A-2/G.954

Medición del margen de ruido (métodos B y C)

ANEXO B

(a la Recomendación G.954)

Estrategia de multiplexación digital para sistemas a 4 × 139 264 kbit/s

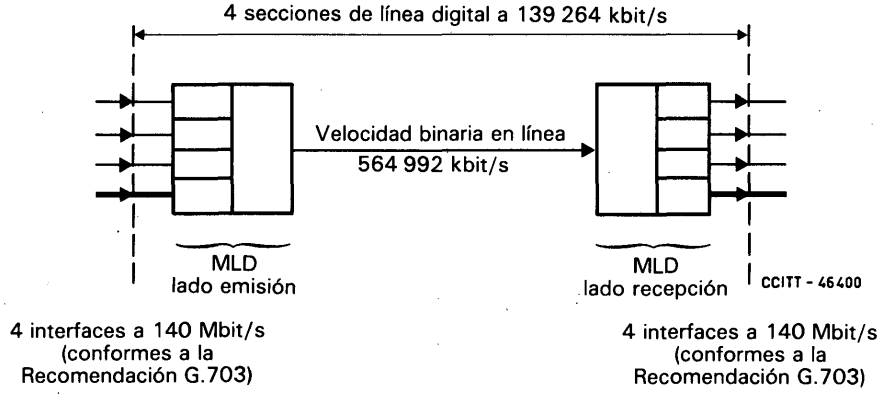


FIGURA B-1/G.954

Múldex de línea digital (MLD)

B.1 *Observaciones generales*

El método de multiplexación digital se funda en la utilización de una justificación positiva y combina cuatro afluentes a 139 264 kbit/s en una señal compuesta resultante.

B.2 *Velocidad binaria*

La velocidad binaria nominal debe ser de 564 992 kbit/s. La tolerancia respecto a esta velocidad es de ± 15 partes por millón (ppm).

B.3 *Estructura de trama*

El cuadro B-1/G.954 indica:

- la velocidad binaria de los afluentes y el número de afluentes;
- el número de bits por trama;
- el plan de numeración de los bits;
- la asignación de los bits;
- la señal de alineación de trama concentrada.

Nota – La eventual adopción de otras estructuras de trama, con las características indicadas en el apéndice II, será objeto de posteriores estudios.

B.4 *Pérdida y recuperación de la alineación de trama*

La alineación de trama se considera perdida cuando no se han recibido correctamente en las posiciones previstas cuatro señales de alineación de trama consecutivas.

Cuando se supone perdida la alineación de trama, el dispositivo automático de alineación de trama sólo decidirá que la alineación se ha recuperado efectivamente cuando haya comprobado la presencia de tres señales de alineación de trama consecutivas.

Después de haber detectado la aparición de una sola señal de alineación de trama correcta, el dispositivo automático de alineación de trama procederá de nuevo a la búsqueda de la señal de alineación de trama si detecta la ausencia de esa señal en una de las dos tramas siguientes.

Nota – Como no es estrictamente necesario especificar la estrategia de alineación de trama que haya de adoptarse, podrá utilizarse cualquier estrategia adecuada siempre que sea por lo menos tan eficaz, desde todos los puntos de vista, como la anteriormente descrita.

CUADRO B-1/G.954

Estructura de la trama de la multiplexación a 564 992 kbit/s

Velocidad binaria de los afluentes (kbit/s)	139 264
Número de afluentes	4
Estructura de trama	Plan de numeración de los bits
	Grupo I
Señal de alineación de trama (el contenido binario de esta señal está en estudio)	1 a 12
Bits procedentes de los afluentes	13 a 384
	Grupos II a VI
Bits de servicio de justificación C_{jn} (n = 1 a 5) (véase la nota)	1 a 4
Bits procedentes de los afluentes	5 a 384
	Grupo VII
Indicación de alarma distante, bits reservados para uso nacional	1 a 4
Bits procedentes de los afluentes disponibles para la justificación	5 a 8
Bits procedentes de los afluentes	9 a 384
Longitud de la trama	2688 bits
Número de bits por afluente	663 bits
Velocidad máxima de justificación por afluente	210 190 bit/s
Relación nominal de justificación	0,4390

Nota – Con C_{jn} se designa el enésimo bit de servicio para la justificación del j-ésimo afluente.

B.5 *Método de multiplexación*

Se recomienda el entrelazado cíclico de los bits según el orden de numeración de los afluentes, con justificación positiva. La señal de control de justificación debe estar distribuida y utilizar los bits C_{jn} (n = 1, 2, 3, 4, 5) véase el cuadro B-1/G.954. La justificación positiva se indicará con la señal 11111 y la ausencia de justificación con la señal 00000. Se recomienda la decisión por mayoría.

El cuadro B-1/G.954 indica la velocidad máxima de justificación por afluente y la relación nominal de justificación.

B.6 *Fluctuación de fase*

B.6.1 Características de la función de transferencia de la fluctuación de fase (en estudio).

B.6.2 Fluctuación de fase de salida para el afluente (en estudio).

B.7 *Dígitos de servicio*

Los primeros cuatro bits del Grupo VII de la trama de impulsos están disponibles para funciones de servicio. El primero de estos bits se utiliza para indicar una condición de alarma para mantenimiento inmediato; véase el cuadro C-1/G.954.

Nota – En el apéndice I se indica una posible solución para el aleatorizador y las señales de alineación de trama.

APÉNDICE I

(al anexo B a la Recomendación G.954)

Posible solución aplicable al aleatorizador y a las señales de alineación de trama para sistemas de línea digital a 4 × 139 264 kbit/s

I.1 *Aleatorizador de reiniciación*

Se propone utilizar un «aleatorizador de reinicialización», esto es, uno que sea reiniciado al principio de cada trama. Las ventajas de dicho aleatorizador [3], comparadas con un aleatorizador asícrono o con «autosincronización», son:

- no hay multiplicación de errores, y
- no es necesario adoptar medidas adicionales para evitar señales de salida periódicas.

Si se acepta con una señal de entrada todos 1 o todos 0 (por ejemplo, con AIS en los cuatro afluentes) la salida no corresponde precisamente a una secuencia seudoaleatoria $2^n - 1$, sino que representa una secuencia cuasialeatoria, totalmente adecuada para la recuperación de la temporización en la línea, puede realizarse un aleatorizador (figura I-1/G.954) que tiene las siguientes características favorables adicionales:

- El aleatorizador trabaja a unos 141 Mbit/s. Se utilizan cuatro secuencias retardadas entre sí (A0, A2, A5 y A6) para seudoaleatorizar los afluentes individuales T1 ... T4; las cuatro señales seudoaleatorizadas (c, d, e, f) son multiplexadas.
- Circuitería sencilla y, como consecuencia, fácil realización a alta velocidad y bajo consumo de energía.
- Después de la reinicialización, el aleatorizador genera la señal de alineación de trama.

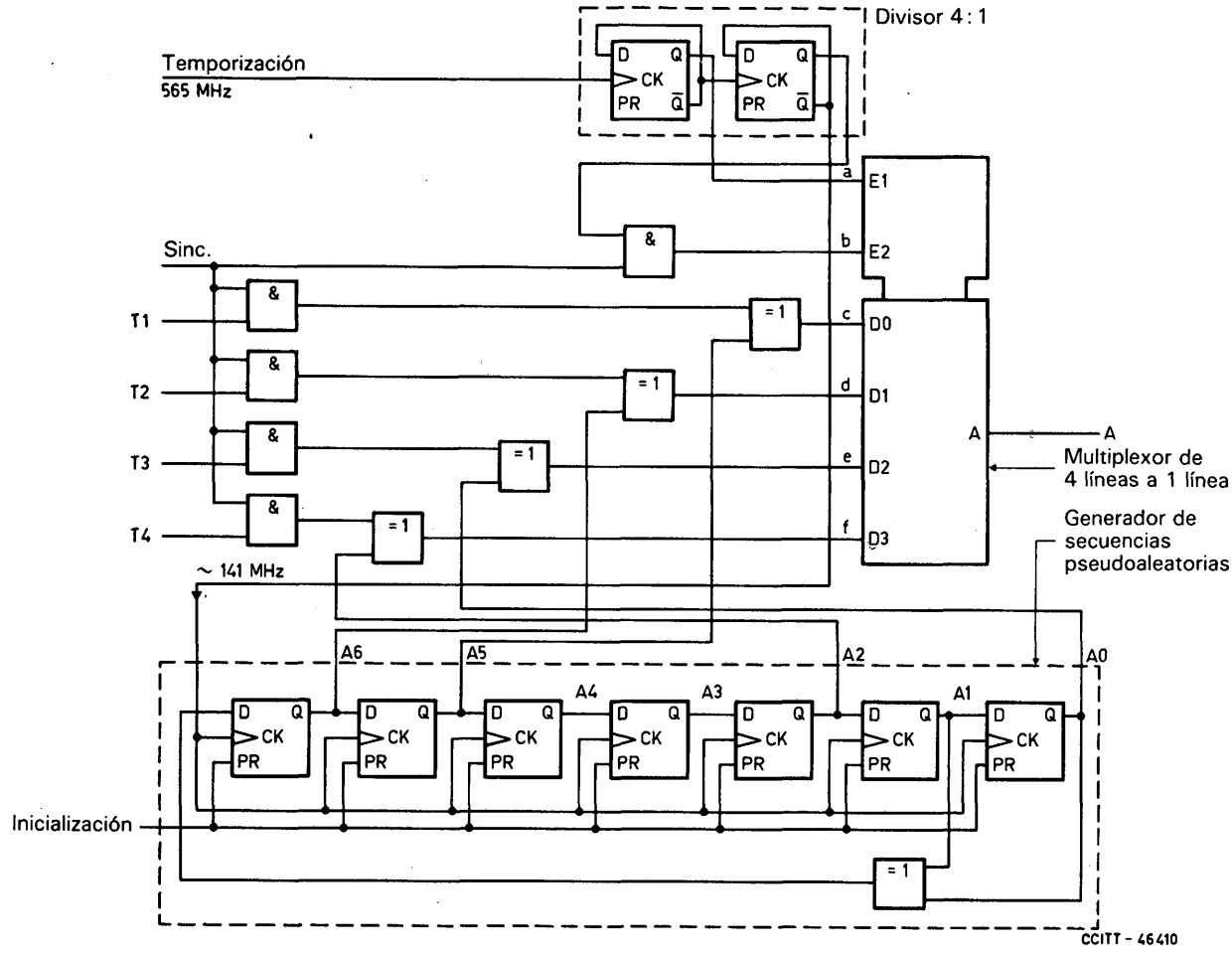
I.2 *Señal de alineación de trama*

La señal de alineación de trama, generada al comienzo de cada trama de impulsos es

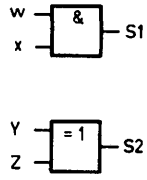
111110100000

y es, por tanto, idéntica a la de la señal de 139 Mbit/s conforme a la Recomendación G.751.

La señal de alineación de trama no será imitada por señales todos 0 o todos 1; incluso si éstas se producen en cualquier combinación de los cuatro afluentes.



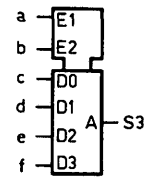
Símbolos



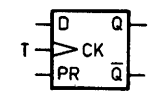
Tablas de verdad

w	x	S1
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Y	Z	S2
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0



a	b	S3
0	0	c
1	0	d
0	1	e
1	1	f



PR	T	D	0
0	X	X	1
1	↑	a	a

Nota – T representa la señal de temporización. La transición positiva es la transición activa.

Tiempo t_n	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	Inicialización	Sincronización	Señal de salida del aleatorizador multiplexada	A	
0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	A5 A6 A5 A6	1 1 1 1	Palabra de alineación de trama
1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	A5 A6 A5 A6	1 0 1 0	
2	0	0	1	1	1	1	1	1	0	A5 A6 A5 A6	0 0 0 0	
3	0	0	0	1	1	1	1	1	1	A5 A6 A0 A2	T1 T2 $\overline{T3}$ $\overline{T4}$	Información pseudoaleatorizada
4	0	0	0	0	1	1	1	1	1	A5 A6 A0 A2	T1 T2 $\overline{T3}$ $\overline{T4}$	
5	0	0	0	0	0	1	1	1	1	A5 A6 A0 A2	T1 T2 $\overline{T3}$ T4	
6	0	0	0	0	0	0	1	1	1	A5 A6 A0 A2	T1 $\overline{T2}$ $\overline{T3}$ T4	
7	1	0	0	0	0	0	0	1	1	A5 A6 A0 A2	$\overline{T1}$ $\overline{T2}$ T3 T4	
8	0	1	0	0	0	0	0	1	1	A5 A6 A0 A2	$\overline{T1}$ T2 T3 T4	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	

FIGURA I-1/G.954
Aleatorizador de reinicialización y multiplexor

APÉNDICE II

(al anexo B a la Recomendación G.954)

Otras estructuras posibles de trama del múltiplex

Son posibles otras estructuras de trama del múltiplex a 564 992 kbit/s que mantendrán la misma estructura de trama por afluente (véase la estructura de trama del múltiplex indicada en la figura I.1/G.954).

Estas otras estructuras de trama de múltiplex se basan en el entrelazado cíclico de grupos de bits procedentes de los afluentes, y tales métodos de multiplexación pueden ofrecer ventajas desde el punto de vista de la realización cuando se utilizan códigos en línea alfabéticos, tales como 6B4T. La integración de las funciones de multiplexación y de conversión de código en línea puede reducir los requisitos de velocidad de los circuitos asociados.

Los equipos basados en estas otras estructuras de trama del múltiplex, a condición de que adopten la misma logitud de trama del múltiplex, el mismo número de bits por afluente, la misma velocidad máxima de justificación y la misma relación nominal de justificación, son compatibles con las características de red ofrecidas por los equipos que emplean el método de multiplexación descrito en el texto de esta Recomendación.

ANEXO C

(a la Recomendación G.954)

Condiciones de avería y acciones consiguientes para sistemas de línea digital a 4 × 139 264 kbit/s

C.1 *Condiciones de avería*

El sistema de línea digital a 4 × 139 264 kbit/s debe detectar las siguientes condiciones de avería:

C.1.1 Fallo de la alimentación interna de energía.

C.1.2 Fallo de la alimentación de energía de los regeneradores.

C.1.3 Tasa de errores de $1 \cdot 10^{-3}$.

Nota – Los criterios para activar y desactivar estas indicaciones de alarma están en estudio.

C.1.4 Tasa de errores de $1 \cdot 10^{-6}$.

C.1.5 Pérdida de la señal de línea entrante.

Nota – La detección de esta condición de avería sólo es necesaria cuando no da lugar a una indicación de pérdida de alineación de trama.

C.1.6 Pérdida de alineación de trama.

C.1.7 Pérdida de alineación de palabras en línea cuando se utilizan códigos de línea alfabéticos.

Nota – La detección de esta condición de avería sólo es necesaria cuando no da lugar a una indicación «tasa de errores de $1 \cdot 10^{-3}$».

C.1.8 Pérdida de la señal entrante de un afluente.

C.1.9 Indicación de alarma distante.

C.2 *Acciones consiguientes*

Tras la detección de una condición de avería deberán tomarse las medidas pertinentes especificadas en el cuadro C-1/G.954.

CUADRO C-1/G.954

Condiciones de avería y acciones consiguientes

Equipo	Condiciones de avería	Alarmas para mantenimiento		Indicación de alarma al múldex de línea distante	Aplicación de la SIA (véase el § C.2)	
		inmediato	diferido		a todos los afluentes	al intervalo de tiempo pertinente de la señal compuesta
Múldex de línea digital	Fallo de la alimentación de energía	Sí			Sí, de ser posible en la práctica	
	Fallo de la telealimentación de los regeneradores	Sí			Si, de ser posible en la práctica	
Lado recepción solamente del múldex de linea (véase la figura 2/G.901)	Tasa de error 1×10^{-3}	Sí		Sí	Sí	
	Tasa de error 1×10^{-6}		Sí			
	Ausencia de la señal entrante	Sí		Sí	Sí	
	Pérdida de la alineación de trama	Sí		Sí	Sí	
	Pérdida de la alineación de palabras en línea cuando se utiliza un código en línea alfabético	Sí		Sí	Sí	
	Detección de indicación de alarma distante					
Lado emisión solamente del múldex de linea (véase la figura 2/G.901)	Pérdida de la señal entrante en un afluente	Sí				Sí

Nota – Un *Sí* en el cuadro significa que debe efectuarse una operación como consecuencia de la correspondiente condición de avería. Un *espacio en blanco* en el cuadro significa que la operación correspondiente *no* debe efectuarse como consecuencia de la condición de avería pertinente, si esta condición es la única presente. Si apareciese simultáneamente más de una condición de avería, la operación correspondiente deberá efectuarse si, con relación a la misma, aparece por lo menos un *Sí*.

C.2.1 Generación de una indicación de alarma para mantenimiento inmediato para señalar que la calidad de funcionamiento se halla por debajo de normas aceptables y que se requiere una intervención local de mantenimiento.

C.2.2 Generación de una indicación de alarma para mantenimiento diferido para señalar que la calidad de funcionamiento está degradándose.

Nota – Se deja al criterio de cada Administración la ubicación y provisión de una alarma visual y/o audible activada por las indicaciones de alarma mencionadas en los § C.2.1 y C.2.2.

C.2.3 SIA aplicada a todos los afluentes (véanse las notas 1 y 2).

C.2.4 SIA aplicada al intervalo de tiempo pertinente de la señal compuesta (véase la nota 1).

C.2.5 Generación de una indicación de alarma al múldex distante.

Nota 1 – El contenido binario equivalente de la señal de indicación de alarma (SIA) es un tren continuo de 1.

Nota 2 – La velocidad binaria de esta SIA deberá estar dentro de ± 15 ppm de la velocidad binaria nominal.

Referencias

[1] Manual del CCITT *Directrices relativas a la protección de las líneas de telecomunicación contra los efectos perjudiciales de las líneas de energía eléctrica y de las líneas ferroviarias electrificadas*, UIT, Ginebra, 1988.

[2] Recomendación del CCITT *Pruebas de los repetidores telealimentados equipados de dispositivos de estado sólido para verificar la eficacia de las medidas de protección contra las perturbaciones exteriores*, Tomo IX, Rec. K.17.

[3] MULLER (H.): Bit sequence independence through scramblers in digital communication systems, *Nachr. Techn. Z.*, Vol. 27, pp. 475-479, 1974.

Recomendación G.955

SISTEMAS DE LÍNEA DIGITAL BASADOS EN LA JERARQUÍA DE 1544 kbit/s EN CABLES DE FIBRA ÓPTICA

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

1 Consideraciones generales

Esta Recomendación trata de los sistemas de línea digital basados en la jerarquía de 1544 kbit/s para la transmisión de señales por cables de fibra óptica, e incluye los sistemas con las siguientes velocidades binarias:

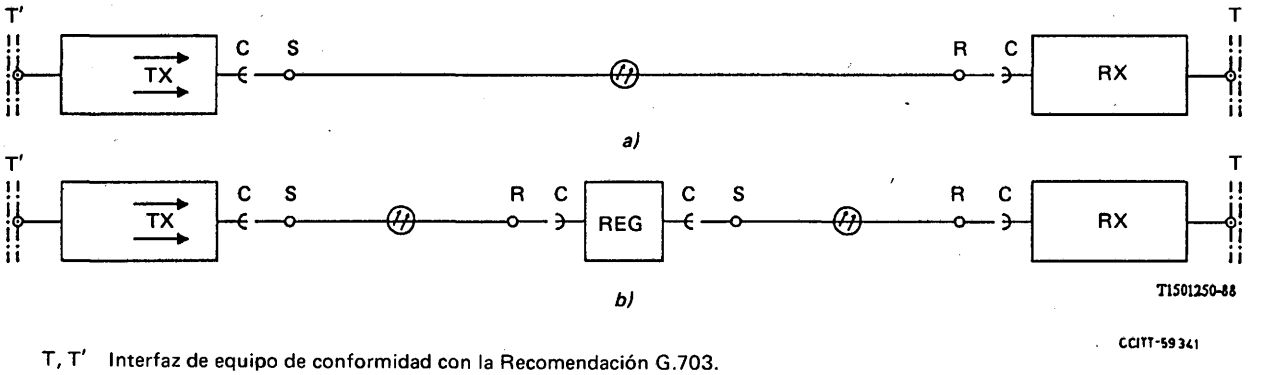
1 544 kbit/s
3 152 kbit/s
6 312 kbit/s
32 064 kbit/s
44 736 kbit/s
n × 44 736 kbit/s
97 728 kbit/s
4 × 97 728 kbit/s.

El objeto de esta Recomendación es permitir la compatibilidad longitudinal de secciones elementales de cable de sistemas de línea digital diferentes, es decir, la posibilidad de instalar en el mismo cable de fibra óptica sistemas de línea digital producidos por diferentes fabricantes.

Para los fines de esta Recomendación, un sistema de línea digital de fibra óptica puede representarse como en la figura 1/G.955. El sistema puede no tener ningún regenerador intermedio, como en la parte a) de la figura 1/G.955, tener un regenerador intermedio, como en la parte b) de la figura 1/G.955, o un número mayor, según el diseño del sistema y la longitud de la ruta.

Esta Recomendación trata de los requisitos del equipo destinado a satisfacer los objetivos de funcionamiento pertinentes de la Recomendación G.821 en todas las condiciones de funcionamiento normalmente previstas. En cualquier caso, la Recomendación G.821 sigue siendo el objetivo de funcionamiento predominante de la red.

Se están estudiando actualmente otras velocidades jerárquicas (ópticas síncronas). Para que dichas velocidades se consideren dentro de esta Recomendación, se requiere ulterior estudio.



T, T' Interfaz de equipo de conformidad con la Recomendación G.703.
S Punto de la fibra óptica inmediatamente después del conector (C) óptico de transmisor (TX) o del regenerador (REG).
R Punto de la fibra óptica inmediatamente antes del conector (C) óptico del receptor (RX) o del regenerador (REG).

Nota – Los conectores adicionales en un repartidor (si se utiliza) se consideran parte del enlace de fibra y situados entre los puntos S y R.

FIGURA 1/G.955

2 *Tipo de medio de transmisión*

Las fibras ópticas multimodo o monomodo conformes a las Recomendaciones G.651 o G.652, respectivamente, se consideran adecuadas para estos sistemas. Pueden funcionar en la región de los 850 nm, 1300 nm o 1550 nm, o en otra longitud de onda, según los tipos de fibra y de sistema empleados. La atenuación que se considera más apropiada para funcionar en las diversas velocidades binarias y longitudes de onda será elegida por las Administraciones en relación con las características del enlace que ha de realizarse y de acuerdo con esta Recomendación. Análogamente, las pérdidas por empalme, las pérdidas por conector y el margen del cable deberán elegirse en unión de la atenuación de la fibra a fin de obtener la atenuación global especificada en el § 4.

3 Margen de los sistemas

Para los fines de esta Recomendación, el margen total [parte a) de la figura 1/G.955] o el margen de sección de regeneración [parte b) de la figura 1/G.955] se subdivide en dos contribuciones principales. La disposición de estos márgenes se muestra en la figura 2/G.955.

3.1 *Margen del cable (M_c)*

El margen del cable M_c cubre las asignaciones para:

i) modificaciones futuras de la configuración del cable (empalmes adicionales, largos de cable suplementarios, etc.);

ii) las variaciones de las características de la fibra debidas a cambios ambientales;

iii) cualquier degradación de los conectores entre los puntos S y R, cuando éstos existen.

3.2 *Margen del equipo (M_e)*

El margen del equipo M_e cubre las asignaciones para los efectos del tiempo y de los factores ambientales en el funcionamiento del equipo (por ejemplo, degradaciones de potencia inyectada, sensibilidad del receptor y conectores del equipo).

Nota 1 – El margen de diseño, cubre la asignación para las tolerancias de las características de los diversos componentes del sistema, no se considera, pues los valores del caso más desfavorable se reflejan en las especificaciones del § 4.

Nota 2 – El margen de diseño está en relación con un umbral de TEB de 1×10^{-10}, aunque por razones prácticas las modificaciones de la sensibilidad del receptor se realizan en otros umbrales.

Nota 3 – La solución adoptada en esta Recomendación del caso más desfavorable deja cierto margen adicional en los sistemas en explotación, que puede considerarse como margen no atribuido.

4 Especificaciones de los sistemas

El enlace óptico de una sección de regeneración puede representarse en la forma de la figura 2/G.955 desde el punto de vista de las especificaciones de los sistemas.

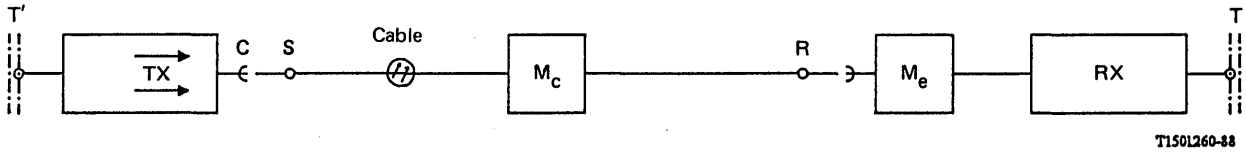


FIGURA 2/G.955

Como requisito mínimo de los sistemas típicos existentes en el mercado es que el transmisor y el receptor deberán diseñarse de modo que satisfagan los requisitos de característica de error del § 4.2 en un trayecto óptico como el definido en los § 4.6 y 4.7.

4.1 *Longitud de la sección de regeneración*

La longitud de sección de regeneración que puede obtenerse con los sistemas especificados en esta Recomendación está relacionada con las características de la fibra y las capacidades específicas del equipo transmisor/receptor. En los anexos A y B se presentan ejemplos.

En los sistemas multimodo, la descripción de la respuesta de banda de base mediante un valor único (la anchura de banda óptica a -3 dB) puede no ser suficiente para determinar la idoneidad de la fibra para el sistema especificado. En algunos casos, puede ser necesaria una descripción más detallada de la característica o la descripción de la respuesta a los impulsos. Además, se supone que la anchura de banda óptica a -3 dB incluye las contribuciones modales y cromáticas.

En los sistemas monomodo, una característica de principio es que, para una longitud de sección dada, presenten un ensanchamiento del impulso inferior al de los sistemas multimodo, siempre y cuando la longitud de onda central del láser esté suficientemente cerca de la longitud de onda de dispersión nula de la fibra.

En general, en los sistemas de fibra monomodo que emplean fuentes láser y funcionan cerca o por debajo de la velocidad binaria nominal de $6 \times 44\,736$ kbit/s, se supone que la longitud de la sección de regeneración estará limitada por la pérdida y no por la dispersión. A velocidades binarias superiores, la longitud de sección puede estar limitada por la dispersión. Por lo tanto, es aconsejable verificar si la longitud de la sección de regeneración está limitada por la pérdida o por la dispersión.

Sistemas limitados por la pérdida: la longitud de la sección de regeneración limitada por la pérdida puede calcularse teniendo en cuenta la ganancia del sistema, la pérdida debida a la suma de las pérdidas del conector y del empalme, la atenuación de la fibra a la longitud de onda de explotación, el margen del cable y la pérdida adicional debida a cualquier efecto de dispersión (incluido el ruido de partición modal).

Sistemas limitados por la dispersión: la longitud de la sección de regeneración limitada por la dispersión depende de la tolerancia del receptor a la distorsión del impulso (por ejemplo, debido a las características espectrales de la fuente del transmisor, al ruido de partición de modo y a la dispersión cromática de la fibra). Las Administraciones deben consultar con los proveedores para determinar las longitudes limitadas por la dispersión para sus aplicaciones. Los sistemas limitados por la dispersión requieren ulterior estudio.

4.2 *Característica de error*

En los sistemas de línea digital previstos en esta Recomendación se considera una longitud de sección de regeneración máxima con una TEB no peor que 1×10^{-10}. La característica de error debe ser consecuente con la característica global indicada en la Recomendación G.821.

4.3 *Gama dinámica del receptor*

La gama dinámica del receptor óptico debe ser al menos suficiente para ofrecer una gama de control automático de ganancia que permita compensar las tolerancias de fabricación del equipo y los efectos de la temperatura y el envejecimiento. Conviene también que la gama dinámica del receptor reduzca también al mínimo la necesidad de atenuadores de complemento de línea.

4.4 *Fuente óptica*

Los sistemas multimodo pueden emplear como fuentes, láseres o diodos electroluminiscentes. Los sistemas monomodo emplean generalmente láseres, si bien los diodos electroluminiscentes pueden tener aplicaciones específicas a ciertas velocidades binarias. Los sistemas monomodo que utilizan diodos electroluminiscentes requieren ulterior estudio.

4.5 *Gama de longitudes de onda de trabajo*

Las longitudes de ondas nominales de 850 nm y 1300 nm implican una posible utilización a cualquier longitud de onda de las gamas 820 a 910 nm y 1270 a 1330 nm respectivamente, en sistemas que funcionan hasta velocidades binarias nominales de unos 3 × 44 736 kbit/s inclusive. A velocidades binarias superiores a la nominal, cercana a 3 × 44 736 kbit/s, la gama de 1300 nm se reduce a 1285 a 1330 nm. La gama para la región de 1550 nm está actualmente en estudio.

Nota 1 – En los sistemas monomodo que funcionan en la gama de 1300 nm, el límite inferior de longitud de onda viene determinado por la dispersión y la longitud de onda de corte, mientras que su límite superior viene determinado por la dispersión y la atenuación. En particular, debe señalarse que la gama indicada en esta Recomendación es limitada frente a la gama de dispersión de 270 a 1340 nm indicada en la Recomendación G.652, debido a la posibilidad de pérdidas excesivas relacionadas con las crestas de OH. Para garantizar el funcionamiento satisfactorio del sistema, la longitud de onda de corte del tramo más corto de fibra cableada en una sección elemental de cable monomodo no debe exceder la longitud de onda de trabajo. El modo de segundo orden (LP_{11}) debe quedar suficientemente atenuado a lo largo de la fibra para que el ruido modal del detector y los efectos de dispersión bimodal resulten insignificantes.

Nota 2 – Las gamas de longitudes de onda nominales especificadas más arriba se aplican a los LED y a los láseres de modo multilongitudinal (LMM). Los láseres de modo unilongitudinal (LMU) requieren ulterior estudio.

4.6 *Márgenes de trayecto óptico recomendados para los sistemas de fibra multimodo*

Los márgenes de trayecto óptico entre los puntos S y R se indican en el cuadro 1/G.955 para los sistemas de fibra multimodo que emplean LED o láseres LMM. Estos márgenes incluyen el margen del cable, M_c, y también la atenuación global, así como la anchura de banda óptica a 3 dB. Estos márgenes representan los valores del parámetro en el peor caso, según la práctica actual, dentro de los cuales se puede diseñar un sistema. Las compensaciones mutuas entre la anchura de banda, atenuación, dispersión, codificación, etc. pueden modificar estos parámetros.

El cálculo de la atenuación entre los puntos S y R debe tener en cuenta la variación de la pérdida de la fibra óptica en la gama de longitud de onda real de la fuente óptica.

4.7 *Márgenes de trayecto óptico recomendados para sistemas de fibra monomodo*

Los márgenes de trayecto óptico entre los puntos S y R se indican en el cuadro 2/G.955 para los sistemas de fibra monomodo que emplean LED o láseres LMM. Estos márgenes incluyen el margen de cable, M_c, e igualmente la atenuación y dispersión globales. Estos márgenes representan los valores del parámetro en el peor caso, según la práctica actual, dentro de los cuales se puede diseñar un sistema. Los compromisos entre la atenuación, dispersión, codificación, etc., pueden modificar estos parámetros.

El cálculo de la atenuación entre los puntos S y R debe tener en cuenta la variación de la pérdida de la fibra óptica en la gama de longitud de onda real de la fuente óptica.

CUADRO 1/G.955

Márgenes de trayecto óptico recomendados para los sistemas de línea digital por fibra óptica multimodo conforme con la Recomendación G.651, con una sola señal óptica de transmisión

Velocidad binaria nominal (kbit/s)	Longitud de onda nominal (nm)	Tipo de fuente	Márgenes entre S y R con TEB de 1×10^{-10}	
			Atenuación máxima (dB)	Anchura de banda óptica mínima global a −3 dB (MHz)
6 312	850	Láser	47	17
		LED	34	17
	1300	Láser	34	17
		LED	21	17
32 064	850	Láser	a)	a)
		LED	a)	a)
	1300	Láser	33	65
		LED	a)	a)
44 736	850	Láser	42	62
		LED	29	62
	1300	Láser	33	62
		LED	21	62
2 × 44 736	850	Láser	42	90
		LED	a)	a)
	1300	Láser	30	81
		LED	a)	a)
97 728	850	Láser	a)	a)
		LED	a)	a)
	1300	Láser	31	100
		LED	a)	a)
3 × 44 736	850	Láser	a)	a)
		LED	a)	a)
	1300	Láser	28	120
		LED	a)	a)

a) Valores en estudio.

Nota 1 – Los valores de este cuadro se aplican a tipos de fuentes que no sean láseres de modo unilongitudinal (MU).

Nota 2 – Para otras consideraciones, véase el § 4.1 sobre longitud de la sección de regeneración.

CUADRO 2/G.955

Márgenes de trayecto óptico recomendados para los sistemas de línea digital por fibra óptica monomodo conforme con la Recomendación G.652 con una sola señal óptica de transmisión

Velocidad binaria nominal (kbit/s)	Longitud de onda nominal (nm)	Tipo de fuente	Márgenes entre S y R con TEB de 1×10^{-10}	
			Atenuación máxima (dB)	Dispersión máxima (ps/nm)
44 736	1300	Láser	32	N/A
	1550	Láser	a)	a)
2 × 44 736	1300	Láser	28	N/A
	1550	Láser	a)	a)
97 728	1300	Láser	31	a)
	1550	Láser	a)	a)
3 × 44 736	1300	Láser	28	N/A
	1550	Láser	a)	a)
4 × 44 736	1300	Láser	26	N/A
	1550	Láser	a)	a)
6 × 44 736	1300	Láser	26	(Nota 2)
	1550	Láser	a)	a)
4 × 97 728	1300	Láser	28	(Nota 2)
	1550	Láser	a)	a)
9 × 44 736	1300	Láser	26	(Nota 2)
	1550	Láser	a)	a)
12 × 44 736	1300	Láser	24	(Nota 2)
	1550	Láser	a)	a)
18 × 44 736	1300	Láser	24	(Nota 2)
	1550	Láser	a)	a)
24 × 44 736	1300	Láser	24	(Nota 2)
	1550	Láser	a)	a)
36 × 44 736	1300	Láser	23	(Nota 2)
	1550	Láser	a)	a)

a) Valores en estudio.

N/A – No aplicable.

Nota 1 – Los valores de este cuadro se aplican a tipos de fuentes que no sean láseres de modo unilongitudinal (LMU).

Nota 2 – Las longitudes de la sección de regeneración pueden estar limitadas por la dispersión. Los valores específicos dependen de varios factores y requieren ulterior estudio. Para otras consideraciones, véase el § 4.1 sobre longitud de la sección de regenerador.

4.8 *Margen del sistema*

El margen del cable, M_c, y el margen del equipo, M_e, dependen de las características del sistema y de las condiciones ambientales. Las Administraciones deben estudiar el valor de estos márgenes junto con los proveedores, de acuerdo con sus aplicaciones y estrategias de mantenimiento. Diferentes estrategias de mantenimiento pueden requerir diferentes valores de los márgenes.

4.9 *Consideraciones sobre posibles compromisos*

Los márgenes de los sistemas de línea digital indicados en los cuadros 1/G.955 y 2/G.955 apuntan a la especificación de requisitos mínimos de los sistemas de transmisión con longitudes de sección maximizadas. Sin embargo, en aplicaciones que no requieren longitudes de sección maximizadas, pueden utilizarse modelos de equipo más económicos. Los parámetros de este equipo pueden diferir de los indicados en los cuadros 1/G.955 y 2/G.955 al permitirse ciertos compromisos.

Además, es posible que no se necesite alimentación a distancia ni supervisión a distancia de los regeneradores intermedios.

4.10 *Multiplexación por división de longitud de onda*

Están en estudio los requisitos de los sistemas de línea digital que emplean técnicas de multiplexación por división de longitud de onda y que funcionan en la misma región de longitudes de onda o en regiones de longitud de onda diferentes.

5 Alimentación de energía

Las disposiciones de alimentación de energía, si las hay, requieren ulterior estudio.

6 Condiciones de trabajo

Véase la Recomendación G.950.

7 Características de diseño globales

En estudio.

8 Estrategia de mantenimiento

8.1 *Tipo de supervisión y localización de averías*

Puede utilizarse la supervisión en servicio y la localización de averías fuera de servicio. En ausencia de conductores metálicos adecuados en el cable de fibra óptica, la supervisión del regenerador intermedio, cuando proceda, debe proporcionarse mediante las mismas dos fibras ópticas utilizadas para los sistemas de línea, o mediante otras fibras dentro del cable.

8.2 *Condiciones de avería y acciones consiguientes*

Las condiciones de avería y las acciones consiguientes deben ser complementarias de las recomendadas para las secciones digitales. En los sistemas con láser, se considera conveniente disponer de medios para detectar la deterioración del láser. Para esta condición de avería, se considera adecuada una indicación de alarma de mantenimiento diferido.

9 Consideraciones de seguridad

Las recomendaciones de orientación en cuanto a la seguridad de uso, mantenimiento y servicio de los sistemas de comunicación por fibra óptica que utilizan láseres o LED con longitudes de onda de salida entre 400 nm y 3000 nm están actualmente en estudio por la CEI. Incluyen las gamas de longitudes de onda de trabajo definidas en el § 4.5, y se tendrán en cuenta en la presente Recomendación cuando estén terminadas.

ANEXO A

(a la Recomendación G.955)

Ejemplo de cálculo de la longitud de la sección de regeneración para un sistema de láser a 6 Mbit/s que funciona a 850 nm por fibra multimodo

A.1 La longitud de la sección de regeneración puede calcularse considerando que al final del trayecto óptico entre los puntos S y R (véase la figura 2/G.955), la atenuación global no debe exceder de 47 dB y la anchura de banda global no debe ser inferior a 17 MHz. En el ejemplo siguiente, se supone una distribución de modos casi en equilibrio en el punto S.

A.2 Para aplicaciones limitadas por la pérdida, la longitud máxima de la sección de regeneración puede obtenerse, por ejemplo, y sin referencia a ninguna situación particular, como sigue:

– atenuación de las fibras ópticas a 850 nm	3,0 dB/km
– atenuación de los empalmes	0,4 dB/km
– margen del cable (M_c)	0,4 dB/km
Total	3,8 dB/km

Longitud de la sección de regeneración $\frac{47}{3,8}$ = 12,4 km.

En lo anterior se supone que no se disponen conectores entre los puntos S y R.

A.3 En relación con la anchura de banda, para obtener dicha longitud de la sección de regeneración y respetar el límite global de 17 MHz, deberán utilizarse fibras con una anchura de banda de 106 MHz si el factor de adición de anchura de banda es 0,75. Para más información sobre el cálculo de la anchura de banda en secciones elementales de cable (véase la Recomendación G.651).

ANEXO B

(a la Recomendación G.955)

Ejemplo de cálculo de la longitud de la sección de regeneración para un sistema de láser a 3 × 45 Mbit/s que funciona a 1300 nm por fibra monomodo

B.1 La longitud de la sección de regeneración puede calcularse considerando que al final del trayecto óptico entre los puntos S y R (véase la figura 2/G.955), la atenuación global no debe exceder de 28 dB en los sistemas de la gama de longitudes de onda 1270 a 1330 nm.

B.2 En relación con la atenuación, la longitud de la sección de regeneración puede obtenerse, por ejemplo, y sin referencia a ninguna situación particular, como sigue:

– atenuación de las fibras ópticas a 1300 nm	0,40 dB/km
– atenuación de los empalmes	0,15 dB/km
– margen del cable (M_c)	0,15 dB/km
Total	0,70 dB/km

Longitud de la sección de regeneración 28 dB/0,7 dB/km = 40 km).

Nota 1 – En lo anterior se supone que no se disponen conectores entre los puntos S y R.

Nota 2 – Debe hacerse un ajuste adecuado de la atenuación de la fibra en el presupuesto indicado para los sistemas que funcionan en longitudes de onda superiores a 1300 nm, para tener en cuenta la variación de la atenuación espectral de la fibra.

B.3 En los sistemas que funcionan a velocidades binarias superiores, las longitudes de la sección de regeneración pueden ser de dispersión limitada. Una ilustración concreta dependería de varios factores (como en el § 4.1), y requiere ulterior estudio.

SISTEMAS DE LÍNEA DIGITAL BASADOS EN LA JERARQUÍA DE 2048 kbit/s EN CABLES DE FIBRA ÓPTICA

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

1 Consideraciones generales

Esta Recomendación trata de los sistemas de línea digital basados en la jerarquía de 2048 kbit/s para la transmisión de señales por cables de fibra óptica, e incluye los sistemas con las siguientes velocidades binarias:

2 048 kbit/s
8 448 kbit/s
34 368 kbit/s
139 264 kbit/s
4 × 139 264 kbit/s.

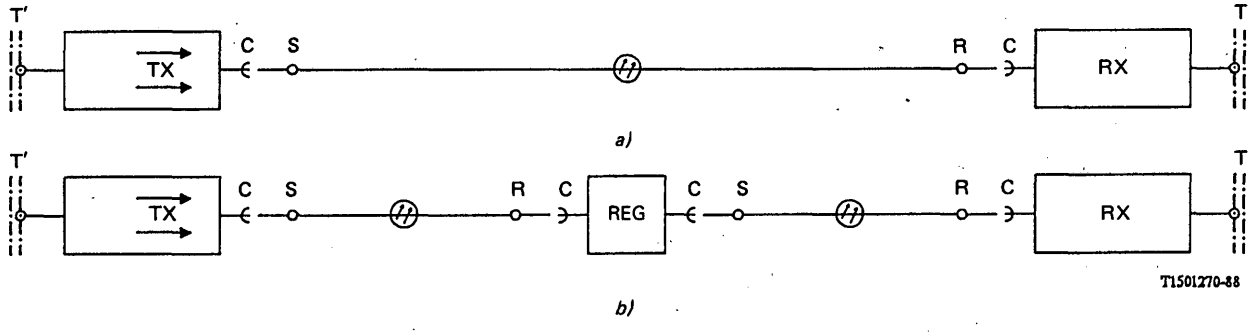
Nota – Los sistemas de mayor velocidad binaria están en estudio (por el momento, estas velocidades binarias fluctúan entre 1,2 Gbit/s y/o 2,4 Gbit/s).

Los requisitos de calidad de funcionamiento global y los interfaces de las correspondientes secciones de línea digital se indican en la Recomendación G.921.

El objeto de esta Recomendación es permitir la compatibilidad longitudinal de secciones elementales de cable de sistemas de línea digital diferentes, es decir, la posibilidad de instalar en el mismo cable de fibra óptica sistemas de línea digital producidos por diferentes fabricantes.

Para los fines de esta Recomendación, un sistema de línea digital de fibra óptica puede representarse como en la figura 1/G.956. El sistema puede no tener ningún regenerador intermedio, como en la parte a) de la figura 1/G.956, tener un regenerador intermedio, como en la parte b) de la figura 1/G.956, o un número mayor, según el diseño del sistema y la longitud de la ruta.

Esta Recomendación trata de los requisitos del equipo destinado a satisfacer los objetivos de funcionamiento pertinentes de las Recomendaciones G.821 y G.921 en todas las condiciones de funcionamiento normalmente previstas. En cualquier caso, la Recomendación G.821 sigue siendo el objetivo predominante de funcionamiento de la red.



T, T' Interfaz de equipo de conformidad con la Recomendación G.703.
S Punto de la fibra óptica inmediatamente después del conector (C) óptico del transmisor (TX) o del regenerador (REG).
R Punto de la fibra óptica inmediatamente antes del conector (C) óptico del receptor (RX) o del regenerador (REG).

Nota – Los conectores adicionales en repartidor (si se utiliza) se consideran parte del enlace de fibra y situados entre los puntos S y R.

FIGURA 1/G.956

2 Tipo de medio de transmisión

Las fibras ópticas multimodo o monomodo conformes a las Recomendaciones G.651 o G.652, respectivamente, se consideran adecuadas para estos sistemas. Pueden funcionar en la región de los 850 nm, 1300 nm o 1550 nm, o en otra longitud de onda, según los tipos de fibra y de sistema empleados. La atenuación que se considera más apropiada para funcionar en las diversas velocidades binarias y longitudes de onda será elegida por las Administraciones en relación con las características del enlace que ha de realizarse y de acuerdo con esta Recomendación. Análogamente, las pérdidas por empalme, las pérdidas por conector y el margen del cable deberán elegirse en unión de la atenuación de la fibra a fin de obtener la atenuación global especificada en el § 4.

3 Margen de los sistemas

Para los fines de esta Recomendación, el margen total [parte a) de la figura 1/G.956], o el margen de sección de regeneración [parte b) de la figura 1/G.956] se subdivide en dos contribuciones principales. La disposición de estos márgenes se muestra en la figura 2/G.956.

3.1 *Margen del cable (M_c)*

El margen del cable M_c cubre las asignaciones para:

i) modificaciones futuras de la configuración del cable (empalmes adicionales, largos de cable suplementarios, etc.),

ii) las variaciones de las características de la fibra debidas a cambios ambientales,

iii) cualquier degradación de los conectores entre los puntos S y R, cuando éstos existen.

3.2 *Margen del equipo (M_e)*

El margen del equipo (M_e) cubre las asignaciones para los efectos del tiempo y de los factores ambientales en el funcionamiento del equipo (por ejemplo, degradaciones de potencia inyectada, sensibilidad del receptor y conectores del equipo).

Nota 1 – El margen de diseño, que cubre la asignación para las tolerancias de las características de los diversos componentes del sistema, no se considera, pues los valores del caso más desfavorable se reflejan en las especificaciones del § 4.

Nota 2 – El margen de diseño está en relación con el umbral de TEB de $1 \cdot 10^{-10}$, aunque por razones prácticas las mediciones de la sensibilidad del receptor se realizan en otros umbrales.

Nota 3 – La solución adoptada en esta Recomendación del caso más desfavorable deja cierto margen adicional en los sistemas en explotación, que puede considerarse como margen no atribuido.

4 Especificaciones de los sistemas

El enlace óptico de una sección de regeneración puede representarse en la forma de la figura 2/G.956 desde el punto de vista de las especificaciones de los sistemas.

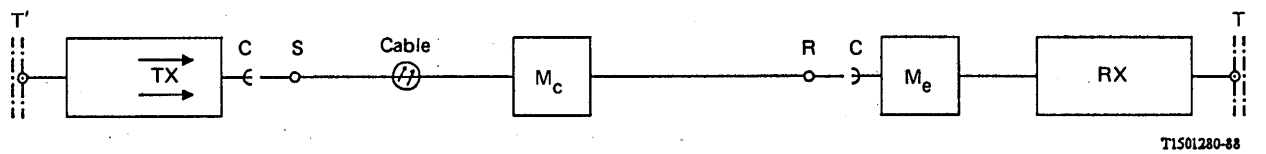


FIGURA 2/G.956

Como requisito mínimo de longitud de sección máxima, el transmisor y el receptor deberán diseñarse de modo que satisfagan los requisitos de característica de error del § 4.2, con un trayecto óptico como el definido en el § 4.6 ó § 4.7.

4.1 *Longitudes de sección de regenerador*

La longitud de sección de regenerador que puede obtenerse con los sistemas especificados en esta Recomendación está relacionada con las características de la fibra. En el caso de los sistemas limitados por la pérdida (atenuación), la longitud de sección de regenerador puede calcularse teniendo en cuenta las pérdidas en los empalmes, el margen del cable, los valores de atenuación de la fibra a la longitud de onda de trabajo y la posible presencia de conectores entre S y R. En los anexos A y B se presentan ejemplos.

4.2 *Característica de error*

Los sistemas de línea digital descritos en esta Recomendación deben ofrecer una característica de error de acuerdo con la «clasificación de la clase de calidad 1» definida en la Recomendación G.921. Dado que los sistemas deben satisfacer un umbral de «minutos degradados» de al menos $1 \cdot 10^{-6}$, y que los sistemas futuros deberán poder satisfacer un umbral de «minutos degradados» de $1 \cdot 10^{-7}$, el transmisor y el receptor se diseñarán de manera que pueda obtenerse una TEB no peor que $1 \cdot 10^{-10}$ cuando actúan en un trayecto óptico entre los puntos S y R que corresponden a los valores pertinentes definidos en el cuadro 1/G.956 para los sistemas de fibra multimodo y en el cuadro 2/G.956 para los sistemas de fibra monomodo.

4.3 *Gama dinámica del receptor*

La gama dinámica del receptor debe ser al menos suficiente para ofrecer una gama de control automático de la ganancia que permita compensar las tolerancias de fabricación del equipo y los efectos de la temperatura y el envejecimiento. Conviene también que la gama dinámica del receptor reduzca al mínimo la necesidad de atenuadores de complemento de línea.

4.4 *Fuente óptica*

Los sistemas multimodo pueden emplear como fuentes láseres o diodos electroluminiscentes. Los sistemas monodo emplean generalmente láseres, aunque los diodos electroluminiscentes pueden tener aplicaciones específicas a ciertas velocidades binarias. Los sistemas monomodo que utilizan diodos electroluminiscentes requieren ulterior estudio.

4.5 *Gama de longitudes de onda de trabajo*

Las longitudes de onda nominales de 850 nm y 1300 nm implican una posible utilización a cualquier longitud de onda de las gamas 820 a 910 nm y 1270 a 1330 nm respectivamente, en sistemas que funcionan hasta 140 Mbit/s inclusive. En sistemas a una velocidad binaria nominal de 4 × 140 Mbit/s, la gama de 1300 nm se reduce a 1285 a 1330 nm. La gama para la región en torno a 1550 nm está en estudio.

Nota – En los sistemas monomodo que funcionan en la gama de 1300 nm, el límite inferior de longitud de onda viene determinado por la dispersión y la longitud de onda de corte, mientras que su límite superior viene determinado por la dispersión y la atenuación. En particular, debe señalarse que la gama indicada en esta Recomendación es limitada frente a la gama de dispersión de 1270 a 1340 nm indicada en la Recomendación G.652, debido a la posibilidad de pérdidas excesivas relacionadas con las crestas de OH. Para garantizar el funcionamiento satisfactorio del sistema, la longitud de onda de corte del tramo más corto de fibra cableada de una sección elemental de cable monomodo no debe exceder la longitud de onda de funcionamiento. El modo de segundo orden (LP_{11}) debe quedar suficientemente atenuado a lo largo de la fibra para que el ruido modal del detector y los efectos de dispersión bimodal resulten insignificantes.

4.6 *Márgenes de trayecto óptico recomendados para los sistemas de fibra multimodo*

Los márgenes de trayecto óptico entre los puntos S y R se indican en el cuadro 1/G.956 para los sistemas de fibra multimodo. Estos márgenes incluyen el margen del cable, M_c, y también la atenuación global, así como la anchura de banda óptica a 3 dB.

El cálculo de la atenuación entre los puntos S y R debe tener en cuenta la variación de la pérdida de la fibra óptica en la gama de longitud de onda real de la fuente óptica.

CUADRO 1/G.956

Márgenes de trayecto óptico recomendados para los sistemas de línea digital por fibra óptica multimodo conforme con la Recomendación G.651 con una sola señal óptica de transmisión

Velocidad binaria nominal (kbit/s)	Longitud de onda nominal (nm)	Tipo de fuente	Márgenes entre S y R con TEB de 1×10^{-10}	
			Atenuación máxima (dB)	Anchura de banda óptica global mínima a −3 dB (MHz)
2 048	850	Láser	51	10
		LED	a)	10
	1300	Láser	46	10
		LED	30	10
8 448	850	Láser	47	20
		LED	a)	a)
	1300	Láser	a)	a)
		LED	a)	a)
34 368	850	Láser	41	50
		LED	a)	a)
	1300	Láser	35	50
		LED	22 b)	50
139 264	850	Láser	35	100
		LED	a)	a)
	1300	Láser	27	100
		LED	18 b)	100

a) Valores en estudio.

b) Valor provisional.

Nota 1 – La descripción de la respuesta de banda de base mediante un valor único (la anchura de banda óptica a −3 dB) puede no ser suficiente para determinar si la fibra es adecuada para el sistema especificado. Se puede suponer una respuesta de impulso casi gaussiana para fines de diseño, pero en algunos casos puede resultar necesaria una descripción más detallada de la respuesta de la fibra.

Nota 2 – En el caso de sistemas de LED, los valores del cuadro suponen que la fibra óptica tiene una apertura numérica nominal de 0,20 a 0,21. Además, se supone que la anchura de banda óptica global a −3 dB (modal + cromática) se mide con una fuente óptica que tiene una anchura total a media altura máxima de 60 nm y 100 nm, centradas en 850 nm y 1300 nm respectivamente.

4.7 *Requisitos de los trayectos ópticos de los sistemas de fibra monomodo*

En el cuadro 2/G.956 se presentan los márgenes de trayecto óptico entre los puntos S y R de los sistemas de fibra monomodo. Estos márgenes incluyen el margen de cable, M_c, y también la atenuación y dispersión globales.

El cálculo de la atenuación entre los puntos S y R debe tener en cuenta la variación de la pérdida de la fibra óptica en la gama de longitud de onda real de la fuente óptica.

CUADRO 2/G.956

Márgenes de trayecto óptico recomendados para los sistemas de línea digital por fibra óptica monomodo, conforme con la Recomendación G.652, con una sola señal óptica de transmisión

Velocidad binaria nominal (kbit/s)	Longitud de onda nominal (nm)	Tipo de fuente	Márgenes entre S y R con TEB de 1×10^{-10}	
			Atenuación máxima (dB)	Dispersión máxima (ps/nm)
2 048	1300	Láser	46	N/A
	1550	Láser	a)	a)
8 448	1300	Láser	40	N/A
	1550	Láser	a)	a)
34 368	1300	Láser	35	N/A
	1550	Láser	a)	a)
139 264	1300	Láser	28 (Nota 2)	300 (Nota 3)
	1550	Láser	a)	a)
4 × 139 264	1300	Láser (Fabry-Perot)	24	120 (Nota 1)
	1550	Láser	a)	a)

a) Valores en estudio.

N/A No aplicable.

Nota 1 – Este valor indica la máxima dispersión admisible de los sistemas de 4 × 139 264 kbit/s en los límites de la gama de longitudes de onda de trabajo especificada (1285 y 1330 nm). El proveedor del sistema deberá determinar toda repercusión negativa resultante considerando el efecto del ruido de partición de modo, la dispersión cromática, etc., debido a las características espectrales de la fuente óptica. Para lograr un funcionamiento fiable de los sistemas, puede ser necesario limitar la dispersión máxima a la longitud de onda de trabajo del sistema a menos de 100 ps/nm, lo que puede lograrse limitando la longitud de onda de trabajo del sistema a una gama de longitudes de onda reducida, próxima a la de dispersión nula de la fibra.

Nota 2 – En las aplicaciones en que el principal objetivo sea aumentar al máximo la longitud de la sección del regenerador, los valores pueden ser superiores a 28 dB (por ejemplo, 31 dB).

Nota 3 – Este valor indica la máxima dispersión admisible de los sistemas de 139 264 kbit/s en los límites de la gama de longitudes de onda de trabajo especificada (1270-1330 nm). Para optimizar el diseño del sistema puede ser necesario limitar la dispersión máxima a la longitud de onda de trabajo del sistema a menos de 300 ps/nm, lo que puede lograrse limitando la longitud de onda de trabajo del sistema a una gama de longitudes de onda reducida próxima a la dispersión nula de la fibra.

4.8 *Margen del equipo (M_e)*

El margen del equipo, tal como se define en el § 3.2, depende de las características del sistema, de las condiciones ambientales y de la estrategia de mantenimiento. Las Administraciones deberán elegir, de concierto con el proveedor del sistema, un valor adecuado para sus aplicaciones.

Se considera que un margen mínimo de 3 dB es adecuado para los sistemas con láser de temperatura estabilizada y detectores PIN, que funcionan en un entorno de estación típico.

En los sistemas que utilizan diodos electroluminiscentes o láseres no estabilizados o en los que funcionan al aire libre, pueden ser necesarios márgenes más grandes.

4.9 *Sistemas para aplicaciones de corta distancia*

Los márgenes de los sistemas de línea digital indicados en los cuadros 1/G.956 y 2/G.956 apuntan a la especificación de requisitos mínimos de los sistemas de transmisión con longitudes de sección maximizadas. Sin embargo, en aplicaciones que no requieren longitudes de sección maximizadas pueden utilizarse diseños de equipos más económicos. Los parámetros de este equipo pueden diferir de los indicados en los cuadros 1/G.956 y 2/G.956, al permitirse ciertos compromisos.

Además, es posible que no se necesite alimentación a distancia y ni supervisión a distancia de los regeneradores intermedios.

4.10 *Multiplexación por división de longitud de onda*

Están en estudio los requisitos de los sistemas de línea digital que emplean técnicas de multiplexación por división de longitud de onda y que funcionan en la misma región de longitudes de onda o en regiones de longitud de onda diferentes.

5 Alimentación de energía

Generalmente, los sistemas de fibras ópticas no necesitan repetidores regenerativos dependientes. Por tanto, no es necesario recomendar un sistema específico de alimentación a distancia.

Cuando se requiera alimentación a distancia para aplicaciones específicas, sólo deberá utilizarse la alimentación en corriente continua.

Cuando se requiera alimentación local, basta con una tensión continua.

Deben tomarse precauciones para proteger al personal contra todo posible riesgo debido a las tensiones de trabajo normales y a las corrientes de la alimentación a distancia, así como contra las tensiones y corrientes inducidas. Deberán tomarse medidas de seguridad adecuadas para garantizar que en condiciones anormales se cumplan las exigencias de la Recomendación 479 de la CEI.

También es necesario tomar precauciones para la protección del equipo contra las tensiones y corrientes inducidas.

Nota – Las precauciones contra las tensiones y corrientes inducidas requieren un estudio más detenido, para el cual pueden ser de interés las Recomendaciones de la serie K.

6 Condiciones de trabajo

Véase la Recomendación G.950.

7 Características de diseño globales

En estudio.

8 Estrategia de mantenimiento

8.1 *Tipo de supervisión y localización de averías*

Puede utilizarse la supervisión en servicio y la localización de averías fuera de servicio. Para velocidades binarias iguales o superiores a 139 264 kbit/s, se recomienda la supervisión en servicio. En ausencia de conductores metálicos adecuados en el cable de fibra óptica, la supervisión del regenerador intermedio, cuando proceda, debe proporcionarse mediante las mismas dos fibras ópticas utilizadas para los sistemas de línea.

8.2 *Condiciones de avería y acciones consiguientes*

Deberán detectarse las siguientes condiciones de avería, además de las especificadas en la Recomendación G.921 para las secciones digitales pertinentes, y realizarse las acciones consiguientes asociadas:

a) fallo de la alimentación de energía distante (si procede) –
debe generarse una alarma de mantenimiento inmediato, de ser posible;

b) umbral bajo de tasa de errores excedido –
este umbral es $1 \cdot 10^{-5}$ para los sistemas de 2048 y 8448 kbit/s
y $1 \cdot 10^{-6}$ para los sistemas de velocidades binarias más altas;

debe generarse una alarma de mantenimiento diferido para indicar que se está degradando la calidad de funcionamiento.

Además, en el caso de los sistemas con láser se considera conveniente disponer de medios para detectar la deterioración del láser. Para esta condición de avería se considera adecuada una indicación de alarma de mantenimiento diferido.

9 Consideraciones de seguridad

Las recomendaciones de orientación en cuanto a la seguridad de uso, mantenimiento y explotación de sistemas de línea por cables de fibra óptica con longitudes de onda de trabajo comprendidas entre 400 nm y 3000 nm se encuentran actualmente en estudio en la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI). Incluyen las gamas de longitudes de onda de trabajo definidas en el § 4.5 y se tendrán en cuenta en la presente Recomendación cuando estén terminadas.

ANEXO A

(a la Recomendación G.956)

Ejemplo de cálculo de la longitud de la sección de regeneración para un sistema de láser a 34 Mbit/s que funciona a 1300 nm por fibra multimodo

A.1 La longitud de la sección de regeneración puede calcularse considerando que al final del trayecto óptico entre los puntos S y R (véase la figura 2/G.956), la atenuación global no debe exceder de 35 dB y la anchura de banda global no debe ser inferior a 50 MHz. En el ejemplo siguiente, se supone una distribución de modos casi en equilibrio en el punto S.

A.2 En relación con la atenuación, la longitud de la sección de regeneración puede obtenerse, por ejemplo, y sin referencia a ninguna situación particular, como sigue:

– atenuación de las fibras ópticas a 1300 nm		1,0 dB/km
– atenuación de los empalmes		0,3 dB/km
– margen del cable (M_c)		0,3 dB/km
	Total	1,6 dB/km

Longitud de la sección de regeneración $\frac{35}{1{,}6} = 22$ km.

En lo anterior se supone que no se disponen conectores entre los puntos S y R.

Nota – Si la atenuación de la fibra en la longitud de onda de funcionamiento tuviera un valor diferente del correspondiente a 1300 nm, convendría tener en cuenta una asignación apropiada en el presupuesto que se indica.

A.3 En relación con la anchura de banda, para obtener dicha longitud de sección de regeneración y respetar el límite global de 50 MHz deberán utilizarse fibras con una anchura de banda de 500 MHz si el factor de adición de anchura de banda es 0,75. Para más información sobre el cálculo de la anchura de banda en secciones elementales de cable (véase la Recomendación G.651).

ANEXO B

(a la Recomendación G.956)

Ejemplo de cálculo de la longitud de la sección de regeneración para un sistema de láser a 4 × 140 Mbit/s que funciona a 1300 nm por fibra monomodo

B.1 La longitud de la sección de regeneración puede calcularse considerando que al final del trayecto óptico entre puntos S y R (véase la figura 2/G.956), la atenuación global no debe exceder de 24 dB y la dispersión global no debe exceder de 120 ps/nm en los sistemas de la gama de longitudes de onda 1285 a 1330 nm.

B.2 En relación con la atenuación, la longitud de la sección de regeneración puede obtenerse, por ejemplo, y sin referencia a ninguna situación particular, como sigue:

– atenuación de las fibras ópticas a 1300 nm	0,40 dB/km
– atenuación de los empalmes	0,15 dB/km
– margen del cable (M_c)	0,15 dB/km
Total	0,70 dB/km

Longitud de la sección de regeneración $\frac{24}{0.7} = 34$ km.

En lo anterior se supone que no se disponen conectores entre los puntos S y R.

Nota – Debe hacerse un ajuste adecuado de la atenuación de la fibra en el presupuesto indicado para los sistemas que funcionan en longitudes distintas de 1300 nm para tener en cuenta la variación de la atenuación espectral de la fibra.

B.3 En relación con la dispersión, la fibra monomodo descrita en la Recomendación G.652 es adecuada para obtener esa longitud de la sección de regeneración y respetar el límite global de 120 ps/nm. Cuando ha de limitarse la dispersión de la fibra a 100 ps/nm, se necesitaría una gama de longitudes de onda restringida de 1293 a 1327 nm para una fibra con la dispersión especificada en la Recomendación G.652.

9.6 Sección digital y sistemas de transmisión digital para el acceso del cliente a la RDSI

Recomendación G.960

SECCIÓN DIGITAL PARA EL ACCESO A VELOCIDAD BÁSICA A LA RDSI

(Melbourne, 1988)

1 Generalidades

1.1 *Alcance*

Esta Recomendación describe las características de una sección digital para el acceso a velocidad básica a la RDSI, sección comprendida entre el interfaz usuario-red (en el punto de referencia T, definido en la Recomendación I.411), y la central local (en el punto de referencia V_1 definido en la Recomendación Q.512), que soporta la estructura de canal recomendada 2B+D y las funciones adicionales necesarias.

A menos que se indique otra cosa, en la Recomendación se utilizará el término ET para indicar los aspectos de terminación de capa 1 de los grupos funcionales ET1, AT y TR2.

Cuando el término ET indica los aspectos de terminación de capa 1 del ET1, entonces según la figura 2/I.411, coinciden los puntos de referencia S y T.

La terminología empleada en esta Recomendación es muy específica, y no figura en las correspondientes Recomendaciones de terminología. Por consiguiente, el anexo B indica los términos y definiciones utilizados en esta Recomendación.

1.2 *Configuración*

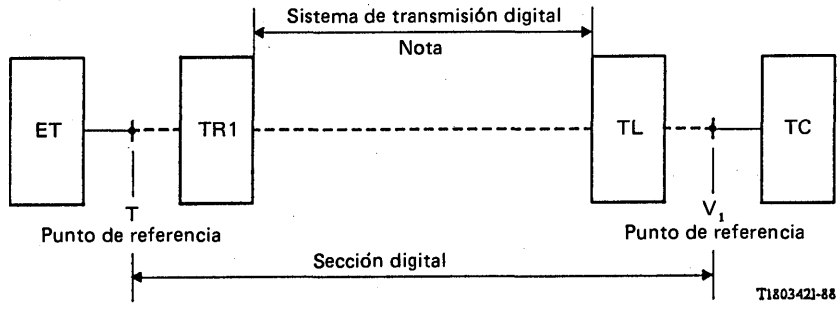
La figura 1/G.960 muestra las fronteras de la sección digital en relación con la definición del sistema de transmisión digital.

Se recurre al concepto de sección digital para poder describir las funciones y los procedimientos, y definir los requisitos de la red.

Obsérvese que los puntos de referencia T y V_1 no son idénticos, por lo que la sección digital no es simétrica.

Para describir las características de una realización en la que se emplea un medio específico como soporte de la sección digital, se utiliza el concepto de sistema de transmisión digital.

Nota – Los puntos de referencia T y V se definen en las Recomendaciones I.411 y Q.512.



ET Equipo terminal
TC Terminación de central
TL Terminación de línea
TR Terminación de red

Nota – Por sistema de transmisión digital se entiende un sistema de línea que utiliza pares de hilos metálicos, fibras ópticas o sistemas radioeléctricos.

FIGURA 1/G.960

Fronteras de la sección digital y del sistema de transmisión

1.3 *Aplicación*

La sección digital de acceso básico puede aplicarse como se indica en la figura 2/G.960, para:

- acceso directo a la central local (punto de referencia V_1);
- acceso a la central local a través de equipo múltiplex de acceso básico (interfaz V_4);
- acceso a la central local a través de un concentrador de acceso básico (interfaz V_2).

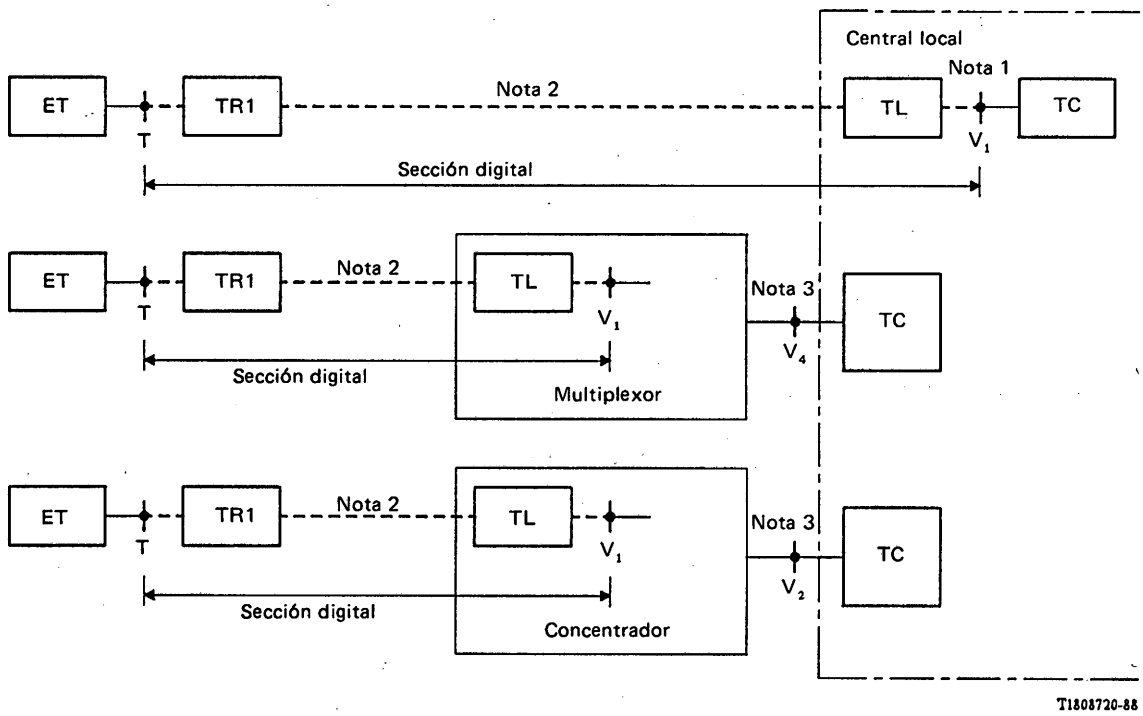
1.4 *Abreviaturas*

En esta Recomendación se emplean varias abreviaturas; algunas se utilizan normalmente en la configuración de referencia de la RDSI, mientras que otras se han creado exclusivamente para esta Recomendación. Estas últimas son:

C_{V1}	Canal de control en el punto de referencia V_1
SD	Sección digital
EF	Elemento de función utilizado entre TC y TL
IIF	Información de indicación de fallo
INFO	Elemento de información definido en el interfaz usuario-red
SIG	Señal entre TL y TR1

2 Modelado y relaciones entre la sección digital y la terminación de central (TC)

El modelo general que se muestra en la figura 3/G.960 ilustra toda la capa 1 del acceso de cliente de la RDSI y las entidades adyacentes, y proporciona la base para describir las funciones ejecutadas por la sección digital y las ejecutadas por el ET, la TC y la gestión del sistema, y la manera en que se agrupan las diversas funciones. En particular, según este modelo, los procedimientos de activación/desactivación y las funciones de mantenimiento especificadas en esta Recomendación no se limitan a las funciones efectuadas por la sección digital, sino que comprenden las funciones asociadas con la capa 1 de la TC.



Nota 1 – La TL puede estar integrada en la TC o ser independiente (como parte integrante de la central local o fuera de ella).

Nota 2 – En el caso de una sección digital que utiliza un sistema de transmisión digital de pares metálicos, puede preverse la aplicación de un regenerador.

Nota 3 – Se prevén aplicaciones locales y distantes. En el caso distante, se utilizará un enlace transparente entre el multiplexor o concentrador distante y la central local.

FIGURA 2/G.960

Aplicación de la sección digital

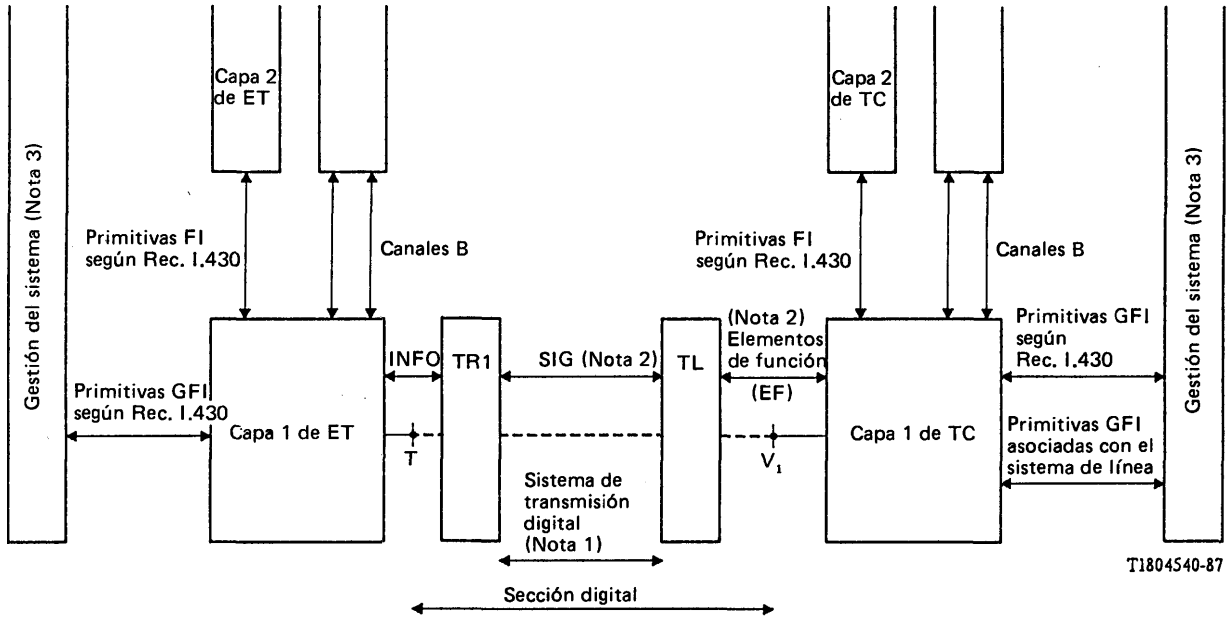
Este modelo comprende los procedimientos de primitivas entre la capa 1 de TC, la capa 2 de TC y la gestión del sistema:

i) interacciones de las Recomendaciones I.430 a I.440/I.441 entre la capa 1 de TC y la capa 2 de TC, y la capa 1 de TC y la gestión del sistema basadas en las primitivas FI y GFI, respectivamente, que se definen en la Recomendación I.430. Esas interacciones se destinan al soporte de las funciones especificadas en las Recomendaciones I.440 e I.441;

ii) interacciones entre la capa 1 de TC y la gestión del sistema para el soporte de las funciones asociadas en la sección digital, basadas en primitivas GFI.

Los procedimientos de primitivas dentro del ET cumplen las especificaciones de la Recomendación I.430.

El modelo no impone disposiciones de capa 1 entre TL y TR1 (es también aplicable al acceso distante, como se muestra en la figura 2/G.960, o a la tecnología del sistema de transmisión digital).



Nota 1 – Por sistema de transmisión digital se entiende un sistema de transmisión de línea digital que utiliza pares de hilos metálicos, fibras ópticas o sistemas radioeléctricos.

Nota 2 – Por SIG, EF y primitivas se entiende un intercambio de información que no implica ninguna codificación o realización específica. Algunas de esas funciones pueden ser terminadas en la TL, y no atraviesan el sistema de transmisión digital.

Nota 3 – El término gestión del sistema corresponde a la gestión del sistema y a la gestión de capa, que se definen en la Recomendación Q.940.

FIGURA 3/G.960

Modelo general de la capa 1 de acceso del cliente a la RDSI y entidades adyacentes

3 Funciones

La figura 4/G.960 muestra las funciones que deben ser soportadas por la sección digital de acceso básico.

3.1 *Canal B*

Esta función suministra, para cada sentido de transmisión, dos canales independientes a 64 kbit/s para su empleo como canales B (como se define en la Recomendación I.412).

3.2 *Canal D*

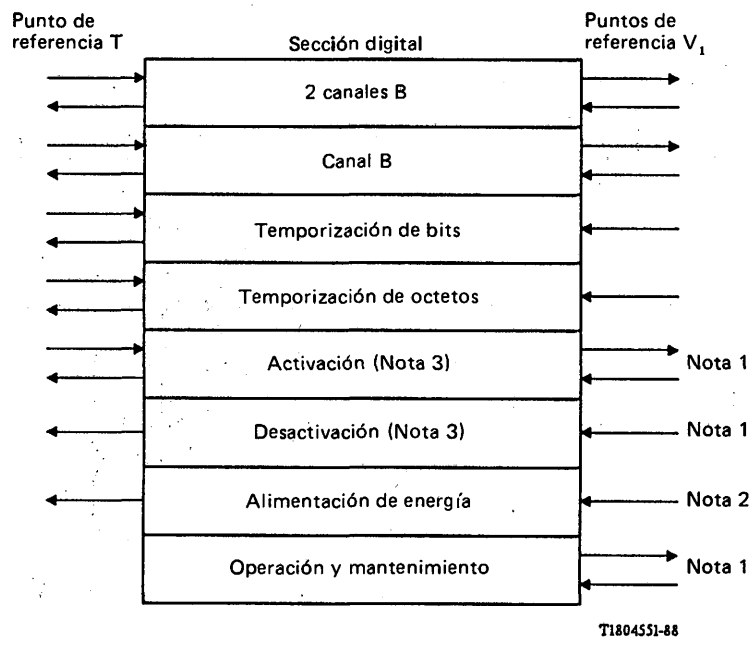
Esta función suministra, para cada sentido de transmisión, un canal D a la velocidad binaria de 16 kbit/s (se define en la Recomendación I.412).

3.3 *Temporización de bits*

Esta función proporciona temporización de bits (elementos de señal) para que el equipo de recepción pueda recuperar la información contenida en el tren de bits compuesto. Respecto del punto de referencia V_1, la función temporización de bits se utiliza para los datos en transmisión y recepción.

3.4 *Temporización de octetos*

Esta función proporciona temporización de octetos a 8 kHz para los canales B.



Nota 1 – Estas funciones son transportadas por el canal C_{V1} a través del punto de referencia V_1.

Nota 2 – Esta función es opcional.

Nota 3 – Las funciones de activación y desactivación se encargan del funcionamiento de la sección digital y del interfaz usuario-red. Sin embargo, a efectos de armonización con la Recomendación I.430, se describen como funciones separadas.

FIGURA 4/G.960

Funciones de la sección digital

3.5 *Activación*

3.5.1 *Activación desde TC*

Esta función coloca todas las funciones de la sección digital en un modo de funcionamiento normal, y soporta la activación del interfaz en el punto de referencia T, según la Recomendación I.430. Ello comprende:

- modo alimentación interrumpida;
- modo alimentación inicial aplicada;
- una condición de fallo.

Los procedimientos y el intercambio de información se describen en el § 5 de esta Recomendación.

Debe ser posible una activación a un estado que permita realizar acciones de mantenimiento en la sección digital, aun cuando no exista ningún equipo de cliente conectado al punto de referencia T.

En el caso de una sección digital de acceso básico que utilice un sistema de transmisión digital para una línea metálica, puede aplicarse un modo adicional de funcionamiento para la activación/desactivación, que consiste en activar/desactivar únicamente la sección digital. Esto es opcional.

3.5.2 *Petición de activación desde el ET*

Esta función soporta la activación de la sección digital y del interfaz en el punto de referencia T según la Recomendación I.430.

Estas funciones son transportadas por el canal C_{VI} (véase el § 7).

3.6 *Desactivación*

Esta función se especifica para que el interfaz en el punto de referencia T y la sección digital puedan ser puestos en un modo de bajo consumo de potencia. Los procedimientos y el intercambio de información se describen en el § 5 de esta Recomendación.

La desactivación deberá ser iniciada únicamente por la central (TC).

Esta función es transportada por el canal C_{VI} (véase el § 7).

3.7 *Alimentación de energía*

Esta función proporciona la telealimentación de la TR1 y, facultativamente, del ET a través del interfaz usuario-red, de acuerdo al § 9 de la Recomendación I.430.

3.8 *Operación y mantenimiento*

Esta función soporta las acciones y la información necesarias para la operación y el mantenimiento de la sección digital controladas por la TC, que se definen en la Recomendación I.603.

Se han identificado cuatro categorías de funciones:

- instrucciones relativas a la TL, al regenerador, o a la TR1;
- información procedente de la TL, el regenerador, o la TR1;
- indicaciones de condiciones de avería;
- control de la alimentación de energía de la sección digital.

Estas funciones son transportadas por el canal C_{VI} (véase el § 7).

4 Comportamiento de la red

4.1 *Disponibilidad*

La disponibilidad se define en el anexo A de la Recomendación G.821. El objetivo de disponibilidad de la sección digital debe ser consecuente con los requisitos de disponibilidad de la sección digital ficticia de referencia estipulados en las Recomendaciones G.801 e I.350.

4.2 *Retardo de transferencia de la señal*

El retardo de transferencia de la señal se especifica para los canales B, y se define como el retardo de señal absoluto entre los puntos de referencia T y V_I para cada sentido de transmisión. Su valor precisa ulterior estudio. Deben tenerse en cuenta las Recomendaciones correspondientes (por ejemplo, el retardo de transmisión de la señal en el caso de señales vocales debe tenerse en cuenta como una componente del requisito de retardo de extremo a extremo de la Recomendación G.114).

4.3 *Característica de error*

La característica de error debe ser consecuente con el requisito indicado en la Recomendación G.821.

4.4 *Fluctuación de fase*

4.4.1 *Fluctuación de fase de salida/entrada en el punto de referencia T*

Los requisitos se definen en el § 8 de la Recomendación I.430.

4.4.2 *Fluctuación de fase en el punto de referencia V_I*

Los límites de fluctuación de fase de entrada requieren ulterior estudio.

5 Activación/desactivación

5.1 *Capacidades funcionales*

La sección digital proporciona la capacidad de señalización de capa 1, y los procedimientos necesarios para que:

5.1.1 *El equipo de cliente en el lado usuario del punto de referencia T*

active la capa 1 del interfaz usuario-red en el punto de referencia T y, si no está ya activada, la sección digital.

5.1.2 *El equipo en el lado red del punto de referencia V_1*

a) active:

1) la capa 1 del interfaz usuario-red en el punto de referencia T y, si no está ya activada, la sección digital (esta activación está relacionada con el control de la llamada), o

2) únicamente la sección digital (esta activación está relacionada con el control de la configuración del acceso; es una opción de red);

b) desactive:

1) la capa 1 del interfaz usuario-red en el punto de referencia T y la sección digital, o

2) únicamente la capa 1 del interfaz usuario-red en el punto de referencia T.

Las capacidades funcionales definidas en el § 5.1.2 a) 2) permiten acciones de mantenimiento en la sección digital que no repercuten en el interfaz usuario-red desactivado en el punto de referencia T que ha de realizarse, y posibilitan la implantación de un bucle 2 no transparente. Cuando algunas aplicaciones así lo requieran, también permiten colocar la sección digital en un modo en el que la totalidad de la capacidad de transferencia de información está disponible, mientras el interfaz usuario-red en el punto de referencia T permanece desactivado.

Los procedimientos para la activación o desactivación de la capa 1 del interfaz usuario-red en el punto de referencia T cumplen el § 6.2 de la Recomendación I.430. Se basan en un conjunto de señales INFO definido en la Recomendación I.430 (cuadro 2/I.430).

Los procedimientos en el punto de referencia V_1 se basan en un conjunto de elementos de función (EF). Esos EF tienen relaciones específicas con las primitivas entre la capa 1 de la TC y la capa 2 de la TC, y la capa 1 de la TC y la gestión del sistema para la activación o desactivación de la capa 1 del interfaz usuario-red, de acuerdo con el § 6.2 de la Recomendación I.430 y las Recomendaciones I.440 e I.441. Los medios para definir esas interacciones son los procedimientos de primitivas (véase la figura 5/I.430), basados en un repertorio de primitivas FI y GFI.

5.2 *Modelado*

5.2.1 *Consideraciones generales*

El modelo para los procedimientos de activación/desactivación se expone en el § 2.

Se reconoce que la activación/desactivación es un proceso realizado entre el equipo del cliente y la central local, que requiere funcionalidad adecuada en ambos extremos. El modelo del § 2 incluye los bloques funcionales pertinentes para la activación/desactivación, e ilustra las primitivas relacionadas con los procedimientos de activación/desactivación.

5.2.2 *Distribución de las funciones*

La Recomendación I.430 define el lado de red del interfaz usuario-red en el punto de referencia T como un bloque funcional que soporta los procedimientos de activación/desactivación de capa 1 a través del punto de referencia T, y los procedimientos de primitivas en la frontera entre la capa 1 de TC y la capa 2 de TC, y en la frontera entre la capa 1 de TC y la gestión del sistema. Este bloque comprende los grupos funcionales TR1, TL y capa 1 de TC.

Este concepto se describe en términos de una máquina de estados, denominada máquina de estados G en la Recomendación I.430.

Para describir las relaciones entre las señales a través del interfaz usuario-red en el punto de referencia T y los elementos de función a través del punto de referencia V_1, y las relaciones entre los elementos de función a través del punto de referencia V_1 y las primitivas, se define dos máquinas de estados. Una se encuentra en la sección digital (máquina de estado virtual SD), y la otra, en el lado red del punto de referencia V_1 (máquina de estados virtual de capa 1 de TC). La figura 5/G.960 ilustra este planteamiento.

Además de las primitivas definidas en las Recomendaciones I.430 e I.441, relacionadas con el control de la llamada, la figura 5/G.960 introduce un nuevo conjunto de primitivas relacionadas con el control de la configuración y el control de los bucles. Los procedimientos de activación/desactivación se distribuyen entre dos máquinas de estados porque resulta útil contar con descripciones fáciles y precisas. La máquina de estados de la capa 1 de TC debe considerarse como virtual, destinada a ninguna realización específica.

Sin embargo, para realizar un acceso de abonado, es preciso dividir aún más la máquina virtual de estados SD. La figura 6/G.960 muestra la división de la máquina de estados SD en máquina de estados TR1 (estados TR), y máquina de estados TL (estados TL).

La máquina de estados TR1 soporta los procedimientos de interfaz usuario-red conformes a la Recomendación I.430, basados en las INFO, e interactúa con la máquina de estados TL mediante un conjunto de señales (SIG), que debe ser soportado por el sistema de transmisión de línea. La máquina de estados TL interactúa con la máquina de estados de la capa 1 de TC mediante un conjunto de elementos de funciones (EF). La máquina de estados capa 1 de TC contiene aquellos estados que representan la manera en que la central local percibe el estado del interfaz en el punto de referencia T y la sección digital. Soporta los procedimientos de primitivas ya especificados para suministrar servicios a la capa 2 de TC y a la gestión del sistema conforme a la Recomendación I.430, y los procedimientos de primitivas adicionales para el soporte de las funciones asociadas con la sección digital.

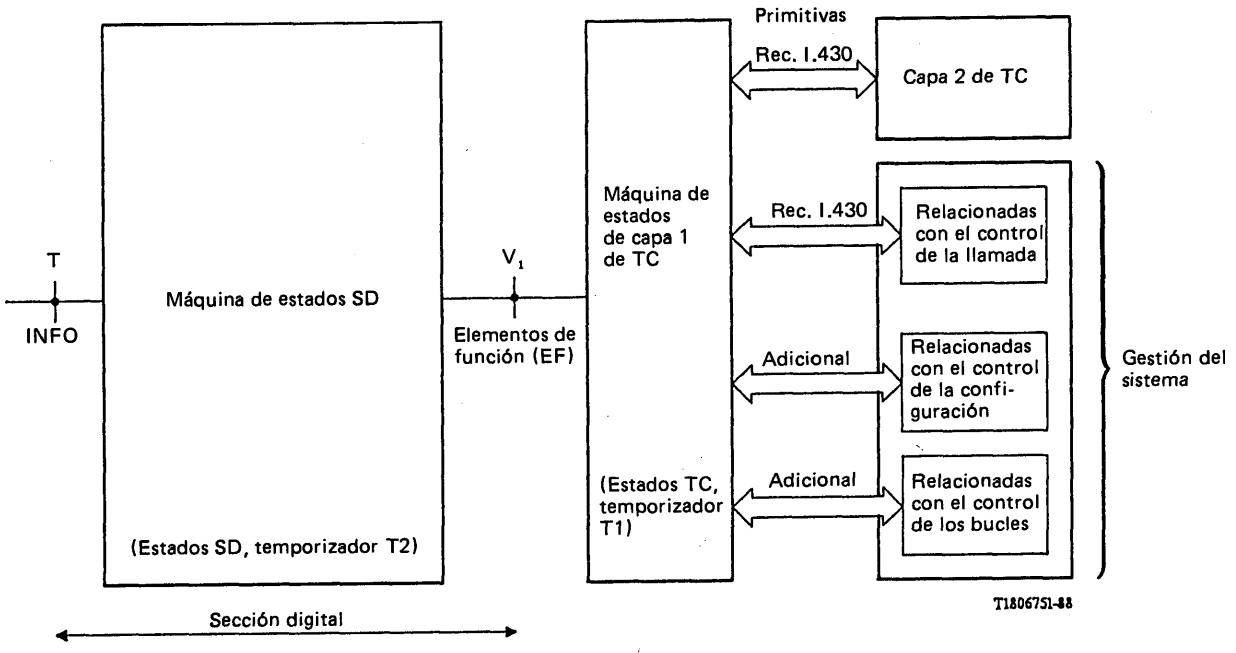


FIGURA 5/G.960

Máquinas de estados

La figura 6/G.960 suministra información para la descripción del sistema de transmisión indicado en la Recomendación G.961.

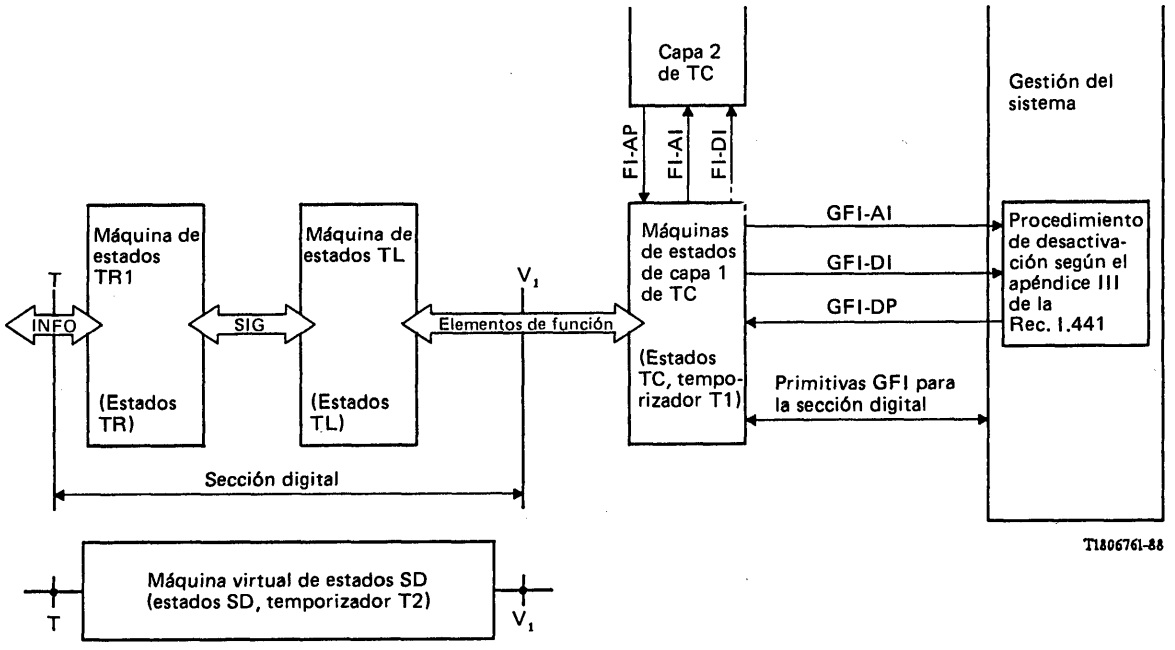


FIGURA 6/G.960

División de la máquina de estados SD

5.2.3 *Posición de los temporizadores T1 y T2*

En la siguiente descripción de las máquinas de estados SD y de la capa 1 de TC, el temporizador T1 se asociará con la capa 1 de TC (máquina de estados de la capa 1 de TC), mientras que el temporizador T2 se asociará con la sección digital (máquina de estados SD).

La asociación del temporizador T1 con la capa 1 de TC se aplica debido a la conveniencia de una fácil descripción, pero puede implantarse en cualquier parte mientras sea una parte funcional de la TC. La posición exacta del temporizador T2 en la sección digital no repercute en la descripción de la máquina de estados SD.

5.3 *Procedimientos de activación/desactivación*

Los procedimientos permiten la activación/desactivación del interfaz usuario-red en el punto de referencia T. La activación puede ser invocada desde cualquier lado, mientras que la desactivación sólo puede ser invocada por la red. Los procedimientos generales de activación/desactivación pueden dividirse en tres clases:

a) procedimientos básicos de control de la llamada utilizados para activar la capa 1 del interfaz usuario-red en el punto de referencia T y, si no está ya activada, la sección digital;
b) procedimientos para controlar los bucles;
c) procedimientos para controlar la configuración.

5.3.1. *Características básicas de los procedimientos*

5.3.1.1 *Prioridad*

La prioridad se refiere a la solución de contiendas creada por peticiones de activación/desactivación que se han invocado simultáneamente.

Cuando se produce una contienda entre peticiones de activación/desactivación contradictorias procedentes de la capa 2 y de la gestión del sistema, se soluciona en la máquina de estados de capa 1 de TC, que a continuación pasará al punto de referencia V_1 un conjunto coordinado de elementos de función (EF). El cuadro 1/G.960 ilustra el orden de prioridades de la máquina de estados de capa 1 de TC.

CUADRO 1/G.960

Orden de prioridades de las peticiones en la máquina de estados de capa 1 de TC

Tipo de petición	Orden de prioridad
Petición de desactivación	3 (máximo)
Petición de bucle	2
Petición de activación del control de llamada	1
Petición de activación/desactivación sólo de la sección digital procedente del lado TC	0 (mínimo)

Cuando se produce una contienda entre peticiones contradictorias activación/desactivación procedentes del lado TC y del lado de usuario, se soluciona en la máquina de estados SD. El cuadro 2/G.960 ilustra el orden de prioridad de la máquina de estados SD.

CUADRO 2/G.960

Orden de prioridad de las peticiones en la máquina de estados SD

Tipo de petición	Orden de prioridad
Petición procedente del lado TC, excepto la de activar sólo la sección digital	2 (el más alto)
Petición de activación del control de la llamada procedente del lado de usuario	1
Petición de activación/desactivación sólo de la sección digital procedente del lado TC	0 (el más bajo)

5.3.1.2 *Gestión del sistema*

En el anexo A se describen algunos supuestos relacionados con la gestión del sistema.

5.3.1.3 *Bucles*

Cuando se aplica un bucle 2 transparente, la TR1 enviará tramas INFO 4 hacia el usuario, con el canal de eco de D fijado en CERO binario.

Con un bucle 1 transparente, la TR1 (cuando puede activar el interfaz usuario-red en el punto de referencia T), enviará tramas INFO 4 hacia el usuario con el canal de eco de D fijado en CERO binario o funcionando normalmente.

5.3.1.4 *Protección de las tramas de la capa 2*

Según el § 6.2.6.1 de la Recomendación I.430, al ET se le da un margen máximo de hasta 100 ms para establecer la sincronización con INFO 2, y no se define ningún margen inferior. Los diferentes tiempos que cada ET puede emplear para establecer la sincronización con INFO 2 afectan al ofrecimiento de una llamada entrante en las configuraciones de múltiples terminales de la capa 1. El ET más rápido notifica a la red que el acceso está activado, y que el mensaje que ofrece la llamada entrante (ESTABLECIMIENTO) puede transmitirse (ET listo para recibir el mensaje), mientras los demás ET aún no están listos para recibir el mensaje.

Ello podría ocasionar que los ET más lentos perdieran la totalidad o una parte de los mensajes entrantes (tramas de capa 2).

El mecanismo de protección requiere ulterior estudio.

5.3.1.5 *Estructura de los cuadros*

Tanto el cuadro de transición de estados SD como el cuadro de transición de estados de capa 1 de TC se estructuran de manera que las tres clases de procedimiento de activación/desactivación descritas al comienzo del § 5.3 estén claramente separadas. Esto permite aplicar únicamente el procedimiento básico.

5.3.1.6 *Transmisión de INFO 2*

En los siguientes procedimientos, se considera que hay dos sucesos internos diferentes de la sección digital que inician la transmisión de INFO 2:

a) el sistema de transmisión se sincroniza en el sentido TL a TR1;

b) el sistema de transmisión se sincroniza en ambos sentidos de transmisión (véase la nota 2 del cuadro 3/G.960).

5.4 *Descripción de los cuadros de transición de estados*

5.4.1 *Descripción del cuadro de transición de estados SD*

5.4.1.1 *Estados de sección digital (estados SD)*

A continuación se definen los estados a los que puede pasar la sección digital como resultado de: INFO recibidas a través del punto de referencia T, elementos de función (EF) recibidos a través del punto de referencia V_1, o sucesos internos.

Los estados SD se clasifican según la funcionalidad que soportan, como sigue:

i) estados SD 1.X para el soporte de funcionalidad conforme con la Recomendación I.430;

ii) estados SD 2.X para el soporte de funcionalidad relacionada con los bucles (esos estados complementan los estados SD 1.X);

iii) estados SD 3.X para el soporte de la funcionalidad relacionada con la activación/desactivación de la sección digital únicamente (esos estados complementan los estados SD 1.X).

La X representa el estado específico en cada modo. Algunos valores de X no se utilizan en los modos 2 y 3 para poder emplearlos consecuentemente.

5.4.1.1.1 Estado SD 1.0 (totalmente desactivado): En este estado estable, la sección digital se encuentra en un modo no operacional, y vista desde el lado usuario del punto de referencia T, el lado red se encuentra en el estado G1 del § 6.2.1.2.1 de la Recomendación I.430.

5.4.1.1.2 Estado SD 1.1 (Pendiente activación acceso): Se pasa a este estado transicional cuando la red (mediante la primitiva Petición FI o GFI-ACTIVACIÓN), o el usuario (mediante INFO 1 a través del punto de referencia T) ha pedido una activación del acceso mientras la sección digital se encontraba en el estado SD 1.0. Tiene lugar un proceso «atento» (o «despierto») para establecer las condiciones de sección digital que permiten la transmisión de INFO 2 a través del punto de referencia T. Visto desde el lado usuario del punto de referencia T, el lado red se encuentra en el estado G1 del § 6.2.1.2.1 de la Recomendación I.430.

5.4.1.1.3 Estado SD 1.2 (estado transicional activación acceso): Al pasar a este estado transicional, la red inicia la transmisión de INFO 2 a través del punto de referencia T, mientras espera que la sección digital esté totalmente sincronizada y la recepción de INFO 3. Visto desde el lado usuario del punto de referencia T, el lado red se encuentra en el estado G2 del § 6.2.1.2.2 de la Recomendación I.430.

5.4.1.1.4 Estado SD 1.3 (sección digital totalmente activada): En este estado transicional, la sección digital está sincronizada en ambos sentidos de transmisión, y la red envía INFO 2 a través del punto de referencia T, mientras espera INFO 3. Visto desde el lado usuario del punto de referencia T, el lado red se encuentra en el estado G2 del § 6.2.1.2.2 de la Recomendación I.430. También se pasa a este estado si se produce una pérdida de sincronización en el punto de referencia T mientras se está en el estado SD 1.5.

5.4.1.1.5 Estado SD 1.5 (interfaz en T activado): Este es el estado estable activo normal cuando el servicio de capa 1 está disponible para las capas superiores. La red envía INFO 4 a través del punto de referencia T, y visto desde el lado usuario, el lado red se encuentra en el estado G3 del § 6.2.1.2.3 de la Recomendación I.430.

5.4.1.1.6 Estado SD 1.6 (pendiente desactivación acceso): Se pasa a este estado transicional si la gestión del sistema ha encargado a la sección digital que desactive el acceso. Visto desde el lado usuario del punto de referencia T, el lado red se encuentra en el estado G4 del § 6.2.1.2.4 de la Recomendación I.430.

5.4.1.1.7 Estado SD 1.7 (estado transicional desactivación acceso): En este estado transicional, el interfaz en el punto de referencia T está ya desactivado. La desactivación de la sección digital está en curso. Visto desde el lado usuario del punto de referencia T, el lado red se encuentra en el estado G1 del § 6.2.1.2.1 de la Recomendación I.430.

5.4.1.1.8 Estado SD 1.8 (estado transicional desactivación acceso): En este estado transicional, la sección digital está ya desactivada. La desactivación del interfaz en el punto de referencia T está en curso. Visto desde el lado usuario del punto de referencia T, el lado red se encuentra en el estado G4 del § 6.2.1.2.4 de la Recomendación I.430.

5.4.1.1.9 Los estados SD 2.X requieren ulterior estudio.

5.4.1.1.10 Estado SD 3.1 (pendiente activación sección digital únicamente): Se pasa a este estado transicional cuando la red (mediante la primitiva Petición GFI-ACTIVACIÓN SECCIÓN DIGITAL, GFI-ASDP) ha pedido una activación de la sección digital únicamente. Antes de este estado, la sección digital se encontraba en el estado SD 1.0, o estaba ya en curso una desactivación del acceso. Visto desde el lado usuario del punto de referencia T, el lado red se encuentra en el estado G1 del § 6.2.1.2.1 de la Recomendación I.430.

5.4.1.1.11 Estado SD 3.2 (estado transicional activación sección digital únicamente): Se pasa a este estado transicional cuando la red (mediante la primitiva Petición GFI-ACTIVACIÓN SECCIÓN DIGITAL, GFI-ASDP) ha pedido una activación de la sección digital únicamente. La desactivación del acceso estaba ya en curso. Visto desde el lado usuario del punto de referencia T, el lado red se encuentra en el estado G4 del § 6.2.1.2.4 de la Recomendación I.430.

5.4.1.1.12 Estado SD 3.3 (activada sección digital únicamente): En este estado estable, la sección digital está sincronizada en ambos sentidos de transmisión, y se ha notificado esta situación a la gestión del sistema mediante la primitiva Indicación GFI-ACTIVACIÓN SECCIÓN DIGITAL (GFI-ASDI). La red envía INFO 0 a través del punto de referencia T. Visto desde el lado usuario del punto de referencia T, el lado red se encuentra en el estado G1 del § 6.2.1.2.1 de la Recomendación I.430.

5.4.1.1.13 Estado SD 3.4 (pendiente activación interfaz): Se pasa a este estado transicional cuando la red (mediante las primitivas Petición FI o GSI-ACTIVACIÓN), o el usuario (mediante la transmisión de INFO 1 a través del punto de referencia T) ha pedido una activación del interfaz cuando la sección digital se encontraba ya en el estado activado (estado SD 3.3). La red transmite inmediatamente INFO 2 a través del punto de referencia T. Visto desde el lado usuario del punto de referencia T, el lado red se encuentra en el estado G2 del § 6.2.1.2.2 de la Recomendación I.430.

5.4.1.1.14 Estado SD 3.6 (pendiente desactivación interfaz): Se pasa a este estado transicional si la gestión del sistema encargó a la sección digital que desactive el interfaz en el punto de referencia T, pero que permanezca activada. Visto desde el lado usuario del punto de referencia T, el lado red se encuentra en el estado G4 del § 6.2.1.2.4 de la Recomendación I.430.

5.4.1.2 *Repertorio de señales a través del interfaz usuario-red en el punto de referencia T*

La definición de las señales INFO figura en el § 6.2.2 de la Recomendación I.430.

5.4.1.3 *Repertorio de elementos de función en el punto de referencia* V_1

Los elementos de función representan señales de entrada que son consumidas si se produce una transición de estado, aun si se trata de una transición nula (se mantiene el mismo estado), y ya no puede disponerse de ellos para iniciar una nueva transición de estado.

Se define el siguiente repertorio de elementos de función asociados con los procedimientos de activación/desactivación:

- EF 1 (TL ← TC): petición de activación del interfaz en el punto de referencia T
- EF 2 (TL → TC): petición de arranque del temporizador T1 dentro de la capa 1 de TC
- EF 3 (TL → TC): a sección digital es activada
- EF 4 (TL → TC): el interfaz usuario-red en el punto de referencia T es activado, o se pone en funcionamiento el bucle
- EF 5 (TL ← TC): petición de desactivación de la sección digital y el interfaz en el punto de referencia T
- EF 6 (TL → TC): la sección digital es desactivada, y el interfaz en el punto de referencia T será o ha sido desactivado
- EF 7 (TL → TC): indicación de error
- EF 8 (TL ← TC): petición de activación del bucle 2
- EF 9 (TL ← TC): petición de activación del bucle 1
- EF 10 (TL ← TC): petición de activación del bucle 1A
- EF 11 (TL ← TC): petición de pasar a un estado en el que sólo la sección digital es activada.

5.4.1.4 *Especificación de los procedimientos*

5.4.1.4.1 *Procedimientos a través del interfaz usuario-red en el punto de referencia T*

La sección digital soporta los procedimientos a través del interfaz usuario-red en el punto de referencia T de acuerdo con el § 6.2 de la Recomendación I.430.

5.4.1.4.2 *Cuadro de transición de estados de la sección digital*

El cuadro de transición de estados (véase el cuadro 3/G.960) especifica los procedimientos. Incluye las acciones que deben ejecutarse ante diversos sucesos cuando se está en un estado determinado (véase en el § 5.4.1.1 la definición de los estados). En particular, especifica las acciones para soportar los procedimientos de activación/desactivación a través del punto de referencia T de acuerdo con la Recomendación I.430 (secuencias de INFO conformes con la Recomendación I.430). Hay que seguir estudiando los procedimientos correspondientes al funcionamiento de los bucles.

CUADRO 3/G.960

Cuadro de transición de estados de la sección digital (máquina de estados SD)

N.º estado	SD 1.0	SD 1.1	SD 1.2 (nota 2)	SD 1.3 (nota 2)	SD 1.5	SD 1.6	SD 1.7 (nota 3)	SD 1.8 (nota 3)
INFO enviada	INFO 0	INFO 0	INFO 2	INFO 2	INFO 4	INFO 0	INFO 0	INFO 0
EF 1	SD 1.1	na	na	na	na	SD 1.1	SD 1.1	SD 1.1
EF 5	na	Arrancar T2 SD 1.6	Arrancar T2 SD 1.6	Arrancar T2 SD 1.6	Arrancar T2 SD 1.6	na	na	na
Recibiendo INFO 0 (nota 1)	–	–	–	–	EF 7 SD 1.3	SD 1.7	–	SD 1.0
Recibiendo INFO 1	EF 2 SD 1.1	–	–	–	/	–	EF 2 SD 1.1	–
Recibiendo INFO 3	/	–	–	EF 4 SD 1.5	–	–	/	/
Pérdida de alineación en T (nota 1)	/	–	–	–	EF 7 SD 1.3	–	/	/
Expiración del tempori-zador T2	–	–	–	–	–	SD 1.7	–	SD 1.0
Listo para transmitir INFO 2	–	SD 1.2	–	–	–	–	–	–
Sección digital totalmente activada	–	–	EF 3 SD 1.3	–	–	–	–	–
Sección digital totalmente desactivada	–	–	–	–	–	EF 6 SD 1.8	EF 6 SD 1.0	–

Estados SD relacionados con los bucles	SD 3.1	SD 3.2	SD 3.3	SD 3.4	SD 3.6
INFO enviada	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 2	INFO 0
EF 1	SD 1.1	na	SD 3.4	na	SD 3.4
EF 5	SD 1.7	SD 1.6	SD 1.7	–	SD 1.6
Recibiendo INFO 0 (nota 1)	–	SD 3.1	–	–	SD 3.3
Recibiendo INFO 1	EF 2 SD 1.1	–	EF 2 SD 3.4	–	–
Recibiendo INFO 3	–	–	–	EF 4 SD 1.5	–
Pérdida de alineación en T (nota 1)	–	–	–	/	–
Expiración del tempori-zador T2	–	SD 3.1	–	–	SD 3.3
Listo para transmitir INFO 2	–	–	–	–	–
Sección digital totalmente activada	EF 3 SD 3.3	EF 3 SD 3.6	–	–	–
Sección digital totalmente desactivada	–	–	–	–	–

CUADRO 3/G.960 *(cont.)*

N.º estado	SD 1.0	SD 1.1	SD 1.2 (nota 2)	SD 1.3 (nota 2)	SD 1.5	SD 1.6	SD 1.7 (nota 3)	SD 1.8 (nota 3)	Estados SD relacionados con los bucles	SD 3.1	SD 3.2	SD 3.3	SD 3.4	SD 3.6
INFO enviada	INFO 0	INFO 0	INFO 2	INFO 2	INFO 4	INFO 0	INFO 0	INFO 0		INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 2	INFO 0
EF 8														
EF 9														
EF 10														
EF 11	SD 3.1	–	–	Arrancar T2 SD 3.6	Arrancar T2 SD 3.6	SD 3.2	SD 3.1	SD 3.1		na	na	na	Arrancar T2 SD 3.6	na

Nota 1 – Si se recibe INFO 0 o se produce una pérdida de alineación de trama en el punto de referencia T, es posible que no se obtenga EF 7 en algunas redes conformes con la Recomendación I.430 (véase la nota 3 del cuadro 4/I.430).

Nota 2 – Si la transmisión de INFO 2 comienza cuando la sección digital está sincronizada en ambos sentidos, coinciden los sucesos «listo para transmitir INFO 2» y «sección digital totalmente activada», y pueden fusionarse los estados SD 1.2 y SD 1.3.

Nota 3 – Se han incluido los estados SD 1.7 y SD 1.8 para ilustrar todo el alcance de los posibles procedimientos de desactivación. Se han considerado tres realizaciones posibles:

1) La secuencia de sucesos («sección digital totalmente desactivada», «expiración del temporizador T2» o «recibiendo INFO 0») no está determinada. En este caso, es preciso tener en cuenta ambos estados, SD 1.7 y SD 1.8.

2) La secuencia de sucesos está determinada, ya que la condición «sección digital totalmente desactivada» siempre se produce después de «expiración del temporizador T2» o «recibiendo INFO 0». En este caso, sólo hay que considerar el estado SD 1.7.

3) La condición «sección digital totalmente desactivada» siempre se produce antes de «expiración del temporizador T2» o «recibiendo INFO 0». Puede entonces considerarse la transición directa desde el estado SD 1.6 al estado SD 1.0 al producirse «expiración del temporizador T2» o «recibiendo INFO 0». Si esto sucede, la sección digital debe tomar disposiciones para que se emita EF 6.

– No se efectúa ningún cambio de estado o acción cuando se produce el suceso.

/ Suceso imposible debido a razones internas o a procedimientos entre entidades pares.

na Ninguna acción; ese suceso puede ocurrir o puede ser imposible.

EF Emitir el elemento de función EF .. a través del punto de referencia V_1.

SN a.b. Pasar al estado SD a.b.

5.4.2 *Descripción del cuadro de transición de estados de la capa 1 de TC*

5.4.2.1 *Estados de la capa 1 de TC (estados TC)*

A continuación se definen los estados a los que puede pasar la capa 1 de TC como resultado de: elementos de función (EF) recibidos a través del punto de referencia V_1, primitivas de servicio recibidas (primitivas GFI, FI), o sucesos internos.

Los estados TC se clasifican según la funcionalidad que soportan como sigue:

i) estados TC 1.X para el soporte de la funcionalidad conforme con la Recomendación I.430;

ii) estados TC 2.X para el soporte de la funcionalidad relacionada con los bucles (estos estados complementan los estados TC 1.X);

iii) estados TC 3.X para el soporte de la funcionalidad relacionada con la activación/desactivación de la sección digital únicamente (estos estados complementan los estados TC 1.X).

5.4.2.1.1 Estado TC 1.0: El acceso (interfaz en el punto de referencia T y sección digital) está en un estado estable (desactivado o activado). El temporizador T1 no está funcionando.

5.4.2.1.2 Estado TC 1.1: Se ha iniciado una activación para establecer una llamada. El temporizador T1 está funcionando.

5.4.2.1.3 Estado TC 2.0: El acceso está en un estado de bucle. El temporizador T1 no está funcionando.

5.4.2.1.4 Estado TC 2.1: Se ha efectuado una petición de bucle. El temporizador T1 está funcionando.

5.4.2.1.5 Estado TC 3.0: El acceso está en un estado estable. Únicamente la sección digital está activada mientras el interfaz en el punto de referencia T está activado o desactivado. El temporizador T1 no está funcionando.

5.4.2.1.6 Estado TC 3.1: Se ha iniciado una activación para establecer una llamada. Cuando se invocó la activación del interfaz en el punto de referencia T, la sección digital ya estaba activada. El temporizador T1 está funcionando.

5.4.2.1.7 Estado TC 3.2: Este es un estado transicional al que se pasa cuando se ha invocado la activación de la sección digital únicamente. El temporizador T1 está funcionando.

5.4.2.2 *Repertorio de primitivas FI y GFI dentro de la TC para el soporte de las funciones especificadas en las Recomendaciones I.440 e I.441. Están relacionadas con el control de la llamada*

El conjunto de estas primitivas se define en el § 6.2.1 de la Recomendación I.430 y en el § 4.1 de la Recomendación I.441.

La primitiva GFI-EI utilizada en esta Recomendación incluye la primitiva GFI-EI definida en el § 6.2.1.5 de la Recomendación I.430. Además, notifica una condición de error al control de la configuración de la gestión del sistema si el intento de activación o de operación en bucle ha fracasado (véase el § 5.4.2.3).

5.4.2.3 *Repertorio de primitivas GFI dentro de la TC para el soporte de las funciones asociadas con la sección digital*

Las primitivas que se ofrecen a continuación permiten a la sección digital efectuar un cambio entre dos modos. En el primero, la totalidad de la capacidad de transferencia de información de la sección digital está disponible, cualquiera sea el estado del interfaz usuario-red en el punto de referencia T. En el segundo, la totalidad de la capacidad de transferencia de información de la sección digital está disponible sólo si el interfaz usuario-red en el punto de referencia T ha de ser activado o está activado. Están relacionadas con el control de la configuración.

i) Petición GFI-ACTIVACIÓN SECCIÓN DIGITAL (GFI-ASDP)
La primitiva GFI-ASDP se utiliza para solicitar a la sección digital que mantenga la totalidad de la capacidad de transferencia de información sin tener en cuenta el estado del punto de referencia T. El control de configuración ha de disponer que se emita esta primitiva únicamente si el acceso está desactivado.

ii) Indicación GFI-ACTIVACIÓN SECCIÓN DIGITAL (GFI-ASDI)
La primitiva GFI-ASDI se utiliza para indicar que la sección digital está en un modo que puede mantener la totalidad de la capacidad de transferencia de información cualquiera sea el estado del interfaz usuario-red en el punto de referencia T.

iii) Petición GFI-DESACTIVACIÓN SECCIÓN DIGITAL (GFI-DSDP)
La primitiva GFI-DSDP se utiliza para restaurar el modo en el que el estado de la sección digital está controlado por esas primitivas (Petición FI-ACTIVACIÓN, o Petición GFI-ACTIVACIÓN, según convenga, y Petición GFI-DESACTIVACIÓN), que se utilizan para la activación/desactivación del interfaz en el punto de referencia T. Esto incluye la desactivación de la sección digital cuando el interfaz en el punto de referencia T ha sido previamente desactivado. El control de configuración ha de disponer que se emita esa primitiva únicamente si el interfaz en el punto de referencia T está desactivado.

iv) Indicación GFI-DESACTIVACIÓN SECCIÓN DIGITAL (GFI-DSDI)
Esta primitiva soporta un servicio de desactivación confirmada. Se emite cuando la sección digital está totalmente desactivada. Según los procedimientos de desactivación, el interfaz en el punto de referencia T está ya desactivado o todavía no está desactivado.

v) Indicación GFI-ERROR (GFI-EI)
La primitiva GFI-EI se utiliza para notificar a la gestión del sistema si el intento de activación o de operación en bucle ha fracasado.

vi) Indicación GFI-ATENTO (GFI-ATI)
Esta primitiva notifica a la gestión del lado red que la activación del interfaz en el punto de referencia T ha sido invocada por el lado usuario. Puede ser utilizada por la TC para asignar los recursos necesarios para soportar la capa 2.

Las primitivas que se indican a continuación están asociadas con las funciones de mantenimiento basadas en bucles. Las primitivas de petición de activación incluyen la activación de la sección digital y, posiblemente, del interfaz usuario-red en el punto de referencia T. El establecimiento del bucle pedido se notifica al solicitante mediante la primitiva GFI-AI. La desactivación de un bucle se invoca mediante la primitiva GFI-DSDP o, alternativamente, la primitiva GFI-DP, según proceda.

GFI-B2AP: petición de activación del bucle 2;

GFI-B1AP: petición de activación del bucle 1;

GFI-B1AAP: petición de activación del bucle 1A.

Las primitivas que se indican a continuación se utilizan con otros fines de prueba diferentes de los bucles (pruebas de continuidad).

GFI-AP: petición de activación del interfaz en el punto de referencia T y de la sección digital para fines de prueba de continuidad;

GFI-AI: indicación de activación del interfaz en el punto de referencia T y de la sección digital.

5.4.2.4 *Cuadro de transición de estados de la capa 1 de TC*

El cuadro de transición de estados (véase el cuadro 4/G.960), especifica los procedimientos. Incluye las acciones que deben ejecutarse ante diversos sucesos cuando se está en un estado determinado (véase en el § 5.4.2.1 para la definición de los estados). Especifica las interacciones con la capa 2 de TC y la gestión del sistema que se necesitan para soportar los procedimientos de interfaz de capa conforme con la Recomendación I.430 (secuencias de primitivas FI y GFI conforme con la Recomendación I.430), y las interacciones a través del interfaz de capa entre la capa 1 de TC y la gestión del sistema para soportar las funciones asociadas con la sección digital (véase el § 5.4.2.3 para la definición de las primitivas GFI correspondientes).

CUADRO 4/G.960

Cuadro de transición de estados de la capa 1 de TC
(máquina de estados de capa 1 de TC)

Estado / Suceso	TC 1.0	TC 1.1	TC 2.0	TC 2.1	TC 3.0	TC 3.1	TC 3.2
FI-AR/ GFI-AP	Arrancar T1 EF 1 TC 1.1	–	FI-DI –	FI-DI –	Arrancar T1 EF 1 TC 3.1	–	Rearrancar T1 EF 1 TC 3.1
GFI-DP	FI-DI EF 5 –	|	EF 5 TC 1.0	|	FI-DI EF 11 –	|	|
EF 2	Arrancar T1 GFI-ATI TC 1.1	(nota 3) GFI-ATI –	/	–	Arrancar T1 GFI-ATI TC 3.1	(nota 3) GFI-ATI –	Rearrancar T1 GFI-ATI TC 3.1
Expiración del temporizador T1	/	GFI-EI TC 1.0	/	GFI-EI TC 1.0	/	GFI-EI TC 3.0	GFI-EI TC 1.0
EF 3	(nota 4) GFI-ASDI –	GFI-ASDI –	Por especificar	Por especificar	(nota 4) GFI-ASDI –	GFI-ASDI –	Para T1 GFI-ASDI TC 3.0
EF 4	(nota 4) GFI-AI –	Para T1 FI-AI GFI-AI TC 1.0	Por especificar	Para T1 GFI-AI TC 2.0	(nota 4) –	Para T1 FI-AI GFI-AI TC 3.0	/
EF 6	GFI-DSDI –	/	Por especificar	Por especificar	/	/	/
EF 7	GFI-DI GFI-EI	/	Por especificar	Por especificar	GFI-DI GFI-EI	/	/
GFI-B2AP	Arrancar T1 EF 8 TC 2.1	|	|	|	|	|	|
GFI-B1AP	Arrancar T1 EF 9 TC 2.1	|	|	|	|	|	|
GFI-B1AAP	Arrancar T1 EF 10 TC 2.1	|	|	|	|	|	|
GFI-ASDP (nota 1)	Arrancar T1 EF 11 TC 3.2	(nota 2) TC 3.1	|	|	|	|	|
GFI-ASDP (nota 1)	(nota 5) EF 5 –	|	EF 5 TC 1.0	|	EF 5 TC 1.0	|	|

– Ningún cambio de estado, ninguna acción cuando se produce el suceso
| Suceso imposible por la definición del servicio de capa 1
/ Suceso imposible debido a razones internas o a procedimientos entre pares

FI-AI	Emitir primitiva Indicación FI-ACTIVACIÓN
FI-DI	Emitir primitiva Indicación FI-DESACTIVACIÓN
GFI-ATI	Emitir primitiva Indicación GFI-ATENTO
GFI-AI	Emitir primitiva Indicación GFI-ACTIVACIÓN
GFI-DI	Emitir primitiva Indicación GFI-DESACTIVACIÓN
GFI-DSDI	Emitir primitiva Indicación GFI-DESACTIVACIÓN SECCIÓN DIGITAL
GFI-EI	Emitir primitiva Indicación GFI-ERROR
EF..	Emitir elemento de función EF.. a través del punto de referencia V_1
TC a.b.	Pasar al estado TC a.b.

Nota 1 – Las primitivas GFI-ASDP y GFI-DSDP están permitidas únicamente si el punto de referencia T está desactivado. La gestión debe cumplir este requisito.

Nota 2 – Este suceso se produce en el caso de una colisión entre la primitiva GFI-ASDP y la primitiva GFI-ATI (o la primitiva GFI-ASDI, si la gestión ignora la primitiva GFI-ATI), en la frontera entre la capa 1 de TC y la gestión. Esta colisión ha sido causada por la invocación simultánea de activación sección digital únicamente y activación acceso procedentes del lado usuario.

Nota 3 – Este suceso se produce en el caso de una colisión entre los elementos de función EF1 y EF2 en el punto de referencia V_1. Esta colisión ha sido causada por invocaciones simultáneas de una activación del interfaz procedentes del lado usuario y del lado red.

Nota 4 – Estos sucesos se producen si el temporizador T1 expira al mismo tiempo que la compleción de una tarea que la sección digital indica a la capa 1 de TC mediante el elemento de función adecuado (EF3 y EF4). Esta es una situación causada por un retardo excesivo dentro de la sección digital. En algunos casos, es conveniente emitir la primitiva apropiada para notificar a la gestión el estado del acceso de cliente subsiguiente a la indicación de error que se habría transportado en una primitiva GFI-EI. Esto proporciona a la gestión la información necesaria para iniciar el procedimiento de recuperación óptimo.

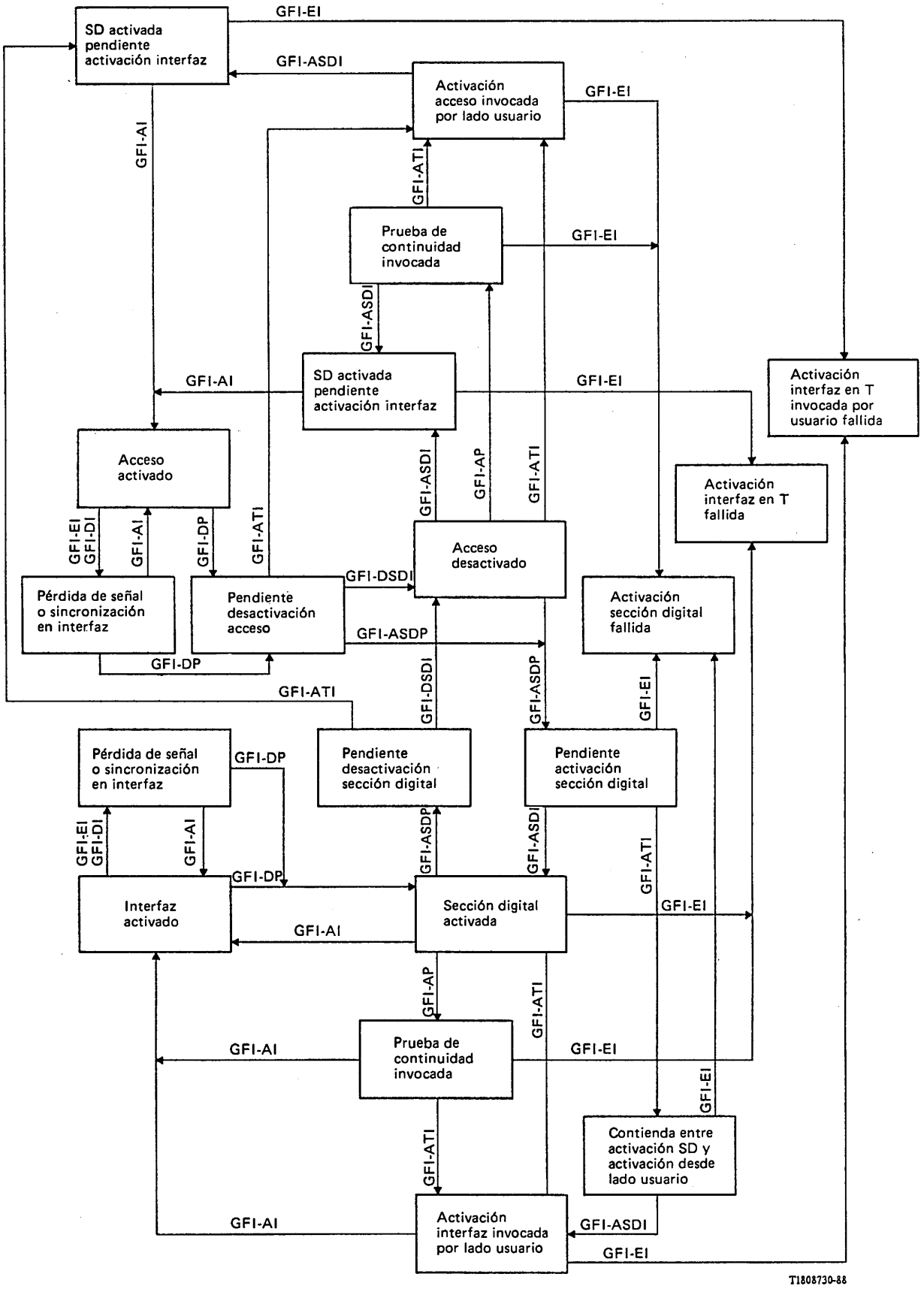
Nota 5 – Este suceso se produce si el temporizador T1 expira, y la gestión invoca una desactivación como consecuencia de la recepción de la primitiva GFI-EI. En particular, esta recuperación parece ser útil en caso de retardos excesivos (véase la nota 4).

5.4.2.5 *Procedimientos de primitivas para el soporte de funciones especificadas en las Recomendaciones I.440 e I.441*

En el § 6.2.1.6 de la Recomendación I.430 se especifican las secuencias de primitivas FI y GFI que son válidas entre la capa 1 de TC y la capa 2 de TC, y la capa 1 de TC y la gestión del sistema, respectivamente, para el soporte de funciones especificadas en las Recomendaciones I.440 e I.441 y los estados de capa 1 de TC tal como son percibidas por la capa 2 de TC y la gestión del sistema como resultado de las primitivas transferidas entre entidades.

5.4.2.6 *Procedimientos de primitivas para el soporte de funciones asociadas con la sección digital*

Las secuencias admitidas de primitivas GFI entre la capa 1 de TC y la gestión del sistema para el soporte de funciones asociadas con la sección digital se especifican en el diagrama de transición de estados, figura 7/G.960. Este diagrama de transición de estados define los estados de capa 1 de TC que la gestión del sistema percibe como estados de capa 1 de TC resultantes de las primitivas transferidas a través del interfaz de capa correspondiente.



Nota – Es preciso seguir estudiando las acciones que se ejecutarán al pasar a los estados «Pérdida de señal o sincronización en interfaz», «Activación sección digital fallida», «Activación de interfaz en T fallida», y «Activación interfaz en T invocada por usuario fallida».

FIGURA 7/G.960

Secuencias de primitivas GFI válidas y estados de capa 1 de TC percibidos por el control de configuración de gestión del sistema

5.5 *Tiempo de activación*

En el caso de la activación desde el lado usuario, el tiempo de activación se mide en el punto de referencia T entre el comienzo del envío de INFO 1 al interfaz en el punto de referencia T y la recepción de INFO 4 desde la sección digital.

En la activación desde el lado red, el tiempo de activación se define entre el elemento funcional 1 y el elemento funcional 4 en el punto de referencia V_1.

El tiempo de activación se especifica para una sección digital que puede alcanzar una tasa de errores de bit inferior al valor *x* (véase la nota 1) cuando está activada.

5.5.1 *Máximo tiempo de activación (véase la nota 2) cuando ésta se produce inmediatamente después de una desactivación (sin intervención de bucles ni acción de energización) (véase la nota 4)*

Sistema de transmisión por cable de pares metálicos

i) sin regenerador: 300 ms

ii) con regenerador: 600 ms

5.5.2 *Máximo tiempo de activación (véase la nota 2) cuando ésta se produce después de la primera energización de una sección digital*

i) sin regenerador: 10 s

ii) con regenerador: 10 s

Nota 1 – Las condiciones de prueba exactas requieren ulterior estudio.

Nota 2 – Se entiende que el valor especificado para el tiempo de activación es un 95%. Esto significa que en un 95% de activaciones efectuadas, el tiempo de activación debe ser inferior al valor especificado.

Nota 3 – Los valores tienen en cuenta el tiempo de respuesta del ET para enviar INFO 3 al recibir INFO 2.

Nota 4 – Al ser el temporizador T1 una parte funcional de la TC, puede ser físicamente realizado en la TC. En ese caso, su valor puede ajustarse según a las características del sistema de transmisión entre la TC y la sección digital cuando existe (por ejemplo, en el caso de un sistema de transmisión por satélite, deberá tenerse en cuenta un valor de 1000 ms).

6 Operación y mantenimiento

6.1 *Consideraciones generales*

Este párrafo describe las funciones de operación y mantenimiento para la sección digital del acceso a velocidad básica a la RDSI. Por el momento, se definen sólo las funciones para un sistema de transmisión digital de línea metálica.

Las funciones de operación relacionadas con el procedimiento de activación/desactivación se especifican en el § 5.

En el anexo A se exponen otras hipótesis relativas a la gestión del sistema.

Las funciones de mantenimiento recomendadas en la Recomendación I.603 proporcionan la capacidad de mantener la sección digital en el nivel de calidad de funcionamiento de la red indicado en el § 4 de esta Recomendación.

Debe ser posible comprobar y mantener la sección digital de acuerdo con la Recomendación I.603 independientemente del equipo de cliente.

Las características principales son:

a) facilidades de control de mantenimiento y de soporte de pruebas;

b) supervisión de los elementos funcionales para proporcionar información sobre operaciones y calidad de funcionamiento, e indicaciones de condición de avería;

c) facilidad de mantenimiento de la comunicación.

6.2 *Facilidades de control*

6.2.1 *Bucles*

6.2.1.1 *Realización de bucles*

La ubicación y las características de los bucles se definen en la Recomendación I.603.

6.2.1.2 *Procedimiento de establecimiento de bucles*

Los bucles son controlados por la gestión del sistema de TC.

Una petición de activación de la llamada normal no puede imponerse a una petición de bucle 1, 1A o 2.

El procedimiento para la operación en bucle comienza siempre a partir del estado desactivado de la sección digital.

Una secuencia posible es:

a) TC genera una orden de operación del bucle requerido;
b) TC recibe GFI-AI;
c) TC efectúa la prueba;
d) TC genera una instrucción de liberación;
e) TC recibe GFI-DI.

6.2.2 *Conmutación de línea a equipo auxiliar*

Esta función proporciona control de las conmutaciones a través del punto de referencia V_1:

a) para conmutar la línea desde la TL a un dispositivo de medición de línea;
b) para conmutar la línea desde la TL normal a una TL de reserva;
c) para conmutar la TL a una TR1 de prueba situada en la central local.

Esta función es opcional. La definición, opciones de control y procedimientos de la función requieren ulterior estudio.

6.2.3 *Control de funciones en la TR1*

Esta función permite controlar funciones específicas dentro de la TR1, y requiere ulterior estudio.

Ejemplo de esta función: control de conmutación entre un suministro normal y limitado de potencia en el interfaz usuario-red.

6.2.4 *Petición de información*

Esta función permite que la TC pida informes de estado específicos a la TL, el regenerador y la TR1.

6.2.5 *Energizar/desenergizar la línea*

Esta función permite aplicar potencia a la línea, y puede ser ejecutada automáticamente al recibir una indicación de fallo de alimentación.

6.2.6 *Prueba de continuidad*

La prueba de continuidad se describe en la Recomendación I.603.

La prueba de continuidad está controlada por la TC y es iniciada por GFI-AP. La gestión del sistema decide cuándo se aprueba (o sea, al recibir GSI-ASDI o GFI-AI). Cuando la gestión del sistema recibe GFI-EI (expiración del temporizador T1), se considera que la prueba ha fracasado. Véase también el anexo A a esta Recomendación.

6.3 *Supervisión*

6.3.1 *Funciones*

Las siguientes condiciones operacionales se supervisan a lo largo de la sección:

a) las condiciones de defecto;
b) las configuraciones de alimentación;
c) la calidad de la transmisión.

6.3.2 *Aspectos de realización*

Se deben proporcionar capacidades de supervisión en la sección digital (véase la Recomendación I.603). El tratamiento y procesamiento de la información depende de la realización. Por ejemplo:

a) la utilización de registros/contadores en grupos funcionales, el empleo de instrucciones y respuestas explícitas para establecer Informes de estado;
b) la transferencia de información hacia la central, cuando se produce una condición de defecto o en forma regular. A continuación, esa información es procesada por entidades externas a la sección digital.

6.3.3 *Condiciones de anomalía y defecto y acciones consiguientes*

6.3.3.1 *Condiciones de defecto*

Son ejemplos de condiciones de defecto:

i) tasa de errores excesiva;

ii) pérdida de la señal entrante;

iii) pérdida de la alineación de trama;

iv) fallo de alimentación.

Nota – El error de transmisión es un ejemplo de anomalía.

6.3.3.2 *Acciones consiguientes*

Después de detectar una condición de defecto es preciso efectuar acciones adecuadas, que se especifican en el cuadro 5/G.960.

La información de indicación de fallo (IIF) es transmitida automáticamente desde la sección digital hacia la TC.

CUADRO 5/G.960

Condiciones de defecto y acciones consiguientes

Equipo	Condiciones de defecto		Acciones consiguientes	
		IIF	Señal en V_1	Señal en T
TR	Tasa de error excesiva (nota 1)	Sí	UE	UE
Lado de línea	Pérdida de señal	Sí	EF 7 (nota 4)	INFO (nota 5)
	Pérdida de trama	Sí	EF 7 (nota 4)	INFO (nota 5)
TR	Tasa de error excesiva (nota 1)	Sí	UE	UE
Lado de línea	Pérdida de señal	Sí	No aplicable	INFO (nota 5)
	Pérdida de trama	Sí	No aplicable	INFO (nota 5)
TR en T	Pérdida de señal	Sí (nota 3)	EF 7 (nota 4)	No aplicable
	Pérdida de trama	Sí (nota 3)	EF 7 (nota 4)	No aplicable
TR	Pérdida de energía	Sí (nota 2)	UE	INFO 0

UE Ulterior estudio

Nota 1 – Si es procesada en la sección digital.

Nota 2 – Según las configuraciones de alimentación de energía, opcional.

Nota 3 – Opcional.

Nota 4 – Esta señal se define en el § 5.

Nota 5 – La determinación de si se podrá utilizar una INFO existente como se define en la Recomendación I.430 queda para ulterior estudio.

6.3.4 *Supervisión de la característica de error*

6.3.4.1 *Consideraciones generales*

Es preciso tomar disposiciones para supervisar la característica de error de la sección digital y proporcionar información al respecto.

6.3.4.2 *Parámetros de la característica de error*

La sección digital debe pasar a la TC la información necesaria para permitirle evaluar los parámetros de la característica de error definidos en la Recomendación G.821.

6.3.5 *Funciones de información de estado*

Las funciones de información de estado abarcan informaciones relacionadas con el funcionamiento y la calidad generales de la sección digital. La información puede ser transmitida automáticamente o a petición de la TC (véase el cuadro 6/G.960).

A continuación se enumeran las descripciones de las funciones de información de estado:

i) *Errores de transmisión*
Esta información, obtenida en la sección digital, permite a la TC evaluar la característica de error de transmisión.

ii) *Estado del bucle 1*
Esta información, enviada desde la TL, proporciona el estado del bucle 1.

iii) *Estado del bucle 1A*
Esta información, enviada desde el regenerador, proporciona el estado del bucle 1A.

iv) *Estado del bucle 2*
Esta información, enviada desde la TR1, proporciona el estado del bucle 2.

v) *Estado de la alimentación del interfaz usuario-red*
Esta información indica el estado de la alimentación del interfaz usuario-red en el punto de referencia T, o sea, modo de alimentación normal o restringida.

vi) *Fallo de alimentación en el interfaz usuario-red*
Esta información indica un fallo de la alimentación normal o restringida.
Se puede dividir esta función en dos Informes.
Esta información se comunica a petición de la TC.

vii) *Sobrecarga de la alimentación en el interfaz usuario-red*
Esta información indica que la potencia tomada de cualquier fuente dentro de la TR1 excede de la máxima potencia disponible.
Esta información se comunica a petición de la TC.

viii) *Información de indicación de defecto*
Esta información se transmite automáticamente en las condiciones especificadas en el § 6.3.3.1.

CUADRO 6/G.960

Funciones de informe de estado

Función	Ubicación	Obligatoria/facultativa
Error de transmisión	TL REG. TR	O F F
Estado del bucle 1 (nota)	TL	O
Estado del bucle 1A (nota)	REG.	O
Estado del bucle 2 (nota)	TR1	O
Estado de alimentación en el punto de referencia T	TR1	F
Fallo de la alimentación en el punto de referencia T	TR1	F
Sobrecarga de alimentación en el punto de referencia T	TR1	F
IIF	TL REG. TR	O O O

Nota – La información puede estar implícita (por ejemplo, indicación de activación).

6.3.6 *Funciones de informe de estado dependientes del sistema*

Estos informes de estado dependerán del tipo de sistema de transmisión digital utilizado, y hace falta proseguir su estudio.

En el cuadro 7/G.960 se ofrecen algunos ejemplos de un sistema determinado.

CUADRO 7/G.960

Funciones de informe de estado dependientes del sistema

Función	Ubicación
Estado de relevo de prueba de línea	TL
Estado de relevo de prueba de TL	TL
Estado del conmutador de potencia distante	TL
Telealimentación	TL
Sobretensión inducida en la línea	TL
Condición de corriente anormal	TL
Abertura del ojo en la recepción	TL REG. TR1
Coeficiente de compensación de eco	TL REG. TR1
Prueba de la batería	TR

7 Canal de control C_{V1}

Este canal de control proporciona, para cada sentido de la transmisión, la capacidad de transferir instrucciones, información de control de Informes de estado, e IIF.

Aunque se describe como un único canal, el canal de control puede estar compuesto por varios subcanales, que pueden utilizar diferentes mecanismos de transporte (según convenga a las funciones). A pesar de que algunas de las funciones mencionadas en el § 6 son de índole facultativa, el canal C_{V1} tendrá la capacidad de transmitir toda la información de control para permitir la ejecución de dichas funciones.

ANEXO A

(a la Recomendación G.960)

Requisitos de gestión del sistema

A.1 *Introducción*

Esta Recomendación especifica las funciones necesarias de la sección digital y de la capa 1 de la TC. Para asegurar su correcta ejecución, es preciso tener en cuenta los supuestos en que se fundan las funciones de gestión. Se supone que la estructura de la gestión corresponde a la estipulada en la Recomendación G.940 del CCITT.

En esta Recomendación se distingue únicamente entre la gestión de la capa 1 de TC y la gestión del sistema. Cuando se utiliza el término gestión del sistema, se trata tanto de la gestión del sistema como de la gestión de la capa, conforme a las definiciones de la Recomendación Q.940.

A.2 *Requisitos de gestión del sistema*

A.2.1 *Consideraciones generales*

La gestión del sistema no iniciará más de una acción, en cada momento, hacia la capa 1 de TC. Una acción está delimitada por la primitiva emitida por la gestión del sistema, y la primitiva correspondiente, que confirma la terminación de la tarea.

A.2.2 *Indicaciones de error*

La entidad de gestión analiza la secuencia de primitivas antes y después de la recepción de GFI-EI. A partir de esa secuencia de primitivas, la gestión del sistema puede determinar la causa de la primitiva GFI-EI (por ejemplo, activación infructuosa del interfaz, fracaso de la activación del acceso, pérdida de sincronización o de señal en el interfaz en el punto de referencia T).

Al producirse un error, la capa 1 de TC notificará ese suceso a la gestión del sistema mediante la primitiva GFI-EI. La gestión del sistema deberá decidir qué acciones adecuadas habrá que ejecutar (por ejemplo, retener o abandonar la llamada, iniciar GFI-DP o GFI-DSDP).

A.2.3 *Operaciones de establecimiento de bucles*

La gestión del sistema deberá tener presente que cuando la capa 1 de TC está ocupada en la operación de establecimiento de bucle, no envía ninguna primitiva a la capa 2 de TC.

Si la capa 2 de TC envía una primitiva a la capa 1 de TC durante la operación de establecimiento de bucle, ésta será ignorada por la capa 1 de TC.

El establecimiento de un bucle es iniciado por la gestión del sistema, que emite una primitiva GFI-ABxP, donde x indica el tipo de bucle: 2, 1 ó 1A.

El establecimiento de los bucles, 1, 2 y 1A es confirmado por la gestión del sistema mediante una primitiva GFI-AI. La gestión del sistema interpretará esta primitiva GFI-AI como una confirmación de bucle, y no como una indicación de activación normal, mediante el análisis de la secuencia de las primitivas.

A.2.4 *Prueba de continuidad*

La prueba de continuidad es iniciada por la gestión del sistema mediante la primitiva GFI-AP. La gestión del sistema deberá decidir cuándo se aprueba la prueba (o sea, al recibir GFI-ASDI o GFI-AI). Cuando la gestión del sistema recibe GFI-EI (expiración del temporizador T1), se considera que la prueba ha fracasado.

Si la prueba ha tenido éxito, la gestión del sistema deberá verificar, antes de enviar GFI-DP, si se ha hecho avanzar a un establecimiento de llamada o si hay una llamada disponible.

A.2.5 *Información que se enviará por el canal D durante la operación de establecimiento del bucle*

La información transmitida por el canal D no imitará ningún esquema HDLC. Por otra parte, incumbirá a la gestión del sistema decidir el envío del esquema requerido para la localización de averías.

A.2.6 *Control de la configuración*

La gestión del sistema asegurará que toda acción relacionada con el control de la configuración se efectuará únicamente cuando el punto de referencia T está desactivado.

ANEXO B

(a la Recomendación G.960)

Vocabulario de términos empleados en relación con las Recomendaciones I.430, I.431, G.960 y G.961

Introducción

Este anexo contiene un vocabulario de términos y definiciones que son apropiados para los aspectos de la capa 1 para el acceso de los clientes de la RDSI, a velocidad básica y a velocidad primaria.

Debe considerarse en relación con las Recomendaciones I.430, I.431, G.960 y G.961, dado que su alcance se limita a estas Recomendaciones. Su objeto es permitir una mejor comprensión de estas Recomendaciones. Se examinará en el próximo Periodo de Estudios para su armonización con las Recomendaciones elaboradas por otros órganos.

Un pequeño número de términos de este anexo ya figuran en otras Recomendaciones (por ejemplo, en la Recomendación I.112 y/o en la Recomendación G.701). Las referencias a éstas se indican como ayuda para asegurar la coherencia entre las Recomendaciones en el caso de futuras Recomendaciones (por ejemplo, «bucle completo {M.125}»). Cuando el término se define de manera diferente, pero se mantiene el fondo, la referencia se presenta como en el siguiente ejemplo: «grupo funcional [{I.112, 419}]».

Según los convenios aplicados en este anexo, todo término de utilización común, pero cuyo uso esté desaconsejado en el sentido definido se indica a continuación del término recomendado, como en el siguiente ejemplo «línea [bucle]».

Cuando se utiliza ampliamente un término truncado en un contexto conocido, se consigna el término completo a continuación de la forma coloquial, por ejemplo: «múltiplex, equipo múltiplex digital».

El § B.7 incluye una lista alfabética de todos los términos contenidos en esta Recomendación.

El § B.8 ilustra los aspectos generales de la terminología.

El § B.9 explica el punto de referencia V, el interfaz V y el concepto de punto de interfaz.

B.1 *Generalidades*

101 **acceso básico, acceso a velocidad básica**

Disposición de acceso usuario-red que corresponde a la estructura de interfaz, compuesta de dos canales B y un canal D. La velocidad binaria del canal D para este tipo de acceso es de 16 kbit/s.

102 **acceso a velocidad primaria**

Disposición de acceso usuario-red que corresponde a las velocidades primarias de 1544 kbit/s y 2048 kbit/s. La velocidad binaria del canal D para este tipo de acceso es 64 kbit/s. Las estructuras típicas del interfaz a velocidad primaria se indican en las Recomendaciones I.412 e I.431.

103 **central local, central local de la RDSI**

Central que, además de la función de conmutación, contiene la terminación de central para los accesos de cliente de la RDSI.

104 **terminación de línea (TL)**

Grupo funcional que contiene al menos las funciones de transmisión y recepción que terminan un extremo de un sistema de transmisión digital.

105 **terminación de central (TC)**

Grupo funcional que contiene al menos las funciones de lado red de capa 2 y capa 3 del interfaz I.420 en el punto de referencia T.

Nota 1 – Esto puede no ser cierto si hay concentradores u otros equipos inteligentes situados en la red de distribución de líneas locales.

Nota 2 – La TC no es la función de conmutación. No está definido el grado en que la TC soporta el procesamiento y la gestión del control de las llamadas.

106 **terminación de red (TR)**

Grupo funcional en el lado red de un interfaz usuario-red.

Nota – En las Recomendaciones I.430 e I.431, TR se utiliza para indicar los aspectos de capa 1 de terminación de red de los grupos funcionales TR1 y TR2.

107 **equipo terminal (ET)**

Grupo funcional en el lado usuario de un interfaz usuario-red.

Nota – En las Recomendaciones I.430 e I.431, ET se utiliza para indicar los aspectos de capa 1 de terminación de terminal de los grupos funcionales ET1, AT y TR2.

108 **grupo funcional** [{I.112, 419}]

Conjunto de funciones que pueden ser realizadas por un solo equipo.

Nota 1 – El medio de transmisión no forma parte de ningún grupo funcional.

Nota 2 – Los regeneradores, multiplexores y concentradores son grupos funcionales que quedan fuera del alcance de la Recomendación I.411.

109 **elemento de conexión de acceso [acceso de abonado]** [{I.324}]

Equipo que proporciona la concatenación de grupos funcionales entre e inclusive la terminación de central y la TR1. El término debe calificarse con el tipo de acceso soportado. Es decir:

- elemento de conexión de acceso básico;
- elemento de conexión de acceso a velocidad primaria.

110 **equipo del cliente [instalación de abonado]** [{I.324}]

Concatenación del equipo en el lado usuario del punto de referencia T (es decir, los AT, ET2, ET1, TR2 y medios de transmisión asociados). En el caso de acceso múltiple, el equipo de cliente incluye todo el equipo en el lado usuario de todos los accesos que comprende el acceso múltiple.

Nota 1 – Este término no debe implicar o limitar la propiedad o la responsabilidad de provisión del equipo.

Nota 2 – Se desaconsejan los términos «equipo de usuario» y «equipo de abonado».

111 **acceso de cliente de la RDSI [acceso de abonado a la RDSI]**

Equipo que permite la concatenación de todos los grupos funcionales correspondientes a un elemento de conexión de acceso o a un grupo de elementos de conexión de acceso relacionados (es decir, equipo de cliente y elemento de conexión de acceso).

Nota – Este término no debe implicar o limitar la propiedad o la responsabilidad de provisión del equipo.

112 **acceso directo, elemento de conexión de acceso directo**

Elemento específico de conexión de acceso en el que la sección digital de acceso básico o la sección digital de acceso a velocidad primaria está directamente conectada a la terminación de central en un punto de referencia V_1 o V_3 respectivamente.

113 **acceso distante, elemento de conexión de acceso distante**

Elemento específico de conexión de acceso en el que la sección digital no está directamente conectada a la terminación de central, sino conectada a través de un multiplexor o concentrador.

114 **punto de referencia** {I.112, 420}

Punto conceptual en la conjunción de dos grupos funcionales que no se superponen.

Nota – Se asigna a cada punto de referencia una letra prefijo, por ejemplo: punto de referencia T.

115 **interfaz, interfaz físico** {I.112, 408; G.701, 1008}

Frontera común entre equipos físicos.

116 **interfaz usuario-red [interfaz cliente-red]** {I.112, 409}

Interfaz, en el que se aplican los protocolos de acceso, y que está situado en el punto de referencia S o T.

117 **interfaz V**

Interfaz digital que normalmente coincide con el punto de referencia V.

Nota 1 – Un interfaz V específico se designa por un número sufijo.

Nota 2 – Los interfaces V son interfaces de red internos.

118 **punto de referencia V_1**

Punto de referencia V en el lado red de una sección digital de acceso básico para la provisión de un acceso básico.

Nota – El interfaz V_1 es una frontera funcional entre la terminación de central y la terminación de línea, y puede o no existir como interfaz físico. La estructura del interfaz V_1 consta de dos canales B, un canal D y un canal C_{V1}.

119 **punto de referencia V_2**

Punto de referencia V en el lado red de un concentrador para la provisión de cierto número de accesos a velocidad binaria básica y/o primaria.

120 **punto de referencia V_3**

Punto de referencia V en el lado red de una sección digital de acceso a velocidad primaria para la provisión de un solo acceso a velocidad primaria.

121 **punto de referencia V_4**

Punto de referencia V en el lado red de un multiplexor que soporta varias secciones digitales de acceso básico.

B.2 *Transmisión digital*

201 **enlace digital, enlace de transmisión digital** [{I.112, 302; G.701, 3005}]

Totalidad de los medios de transmisión digital de una señal digital de velocidad especificada entre puntos de referencia especificados.

Nota – Un enlace digital comprende una o más secciones digitales, y puede incluir un multiplexor o un concentrador, pero no conmutación.

202 **enlace de acceso digital**

Enlace digital entre el punto de referencia T y el punto de referencia V en el caso de acceso distante solamente.

203 **sección digital [sección]** [{G.701, 3007}]

Totalidad de los medios de transmisión digital de una señal digital de velocidad especificada entre dos puntos de referencia consecutivos. El término debe calificarse con el tipo de acceso soportado, o con un prefijo que designe el interfaz V en las fronteras de la sección digital. Por ejemplo:

- sección digital de acceso básico;
- sección digital de acceso a velocidad primaria;
- sección digital V_x.

204 **fronteras de sección digital**

Puntos de referencia en los extremos próximo y lejano de la sección digital.

205 **sistema digital, sistema de transmisión digital [sistema]** [{G.701, 3014}]

Medio específico de proporcionar una sección digital.

Nota – Para un tipo de sistema específico, este término puede calificarse con la inserción del nombre del medio de transmisión empleado por ese sistema específico. Algunos ejemplos son:

- sistema de transmisión de línea digital;
- sistema radiodigital;
- sistema de transmisión óptica digital.

206 **método de transmisión**

Técnica por la que el sistema de transmisión transmite y recibe señales a través del medio de transmisión.

207 **compensación de eco, cancelación de eco**

Método de transmisión utilizado en sistemas de transmisión digital, en el que se produce simultáneamente transmisión bidireccional en la misma línea y en la misma banda de frecuencia. Se requiere un compensador (cancelador) de eco para atenuar el eco de la transmisión en el extremo próximo.

208 **múltiplex por compresión en el tiempo [modo ráfaga]**

Método de transmisión utilizado en sistemas de transmisión digital, en el que se produce transmisión bidireccional en ráfagas unidireccionales no superpuestas.

209 **múltiplex, equipo múltiplex digital** [{G.701, 4017}]

Combinación de un multiplexor digital y un demultiplexor digital en el mismo emplazamiento, que funcionan en sentidos de transmisión opuestos.

210 **múltiplex estático [múltiplex fijo]**

Múltiplex en el que cada canal afluente es asignado a uno o más intervalos de tiempo del tren principal y cuya asignación es fija.

211 **múltiplex dinámico [múltiplex estadístico]**

Múltiplex en el que la información de señalización de algunos o todos los canales D afluentes es asignada a un número menor de intervalos de tiempo del tren principal de manera estadística, pero la asignación de los demás canales es fija.

212 **concentrador, concentrador digital**

Equipo que incluye el medio de combinar, en un sentido, cierto número de accesos básicos y/o accesos a velocidad primaria en un número menor de intervalos de tiempo omitiendo los canales en reposo y/o la redundancia, y para realizar la separación correspondiente en el sentido contrario.

B.3 *Señalización*

301 **INFO**

Señal definida de capa 1 con significado especificado y codificación en un interfaz usuario-red de acceso básico.

302 **SIG**

Señal que representa un intercambio de información de capa 1 entre terminaciones de línea de un sistema de transmisión digital para acceso básico.

303 **elementos de función (EF)**

Señal que representa un intercambio funcional de información de capa 1 en el interfaz V_1.

304 **canal de control; canal C [canal de servicio]**

Capacidad de transmisión especializada (dedicada) adicional proporcionada en un punto de referencia o interfaz, o transportada por un sistema de transmisión digital, para soportar la ejecución de funciones de gestión.

Nota – El canal de control en un punto de referencia, interfaz o tipo de sistema de transmisión específicos se designa por un sufijo apropiado. Por ejemplo:

- canal C_{V1}: canal de control en el interfaz V_1;
- canal C_L : canal de control en la línea.

B.4 *Activación/desactivación*

401 **desactivación**

Función que sitúa un sistema, o parte del mismo, en un modo no operante o parcialmente operante en el que el consumo de energía del sistema puede ser disminuido (modo de bajo consumo de energía).

402 **activación**

Función que sitúa un sistema, o parte del mismo, que puede haber estado en un modo de bajo consumo de energía durante la desactivación, en su modo totalmente operante.

403 **activación permanente**

Activación de un sistema, o de parte del mismo, que no será desactivado aun si no es necesario que sea totalmente operante.

404 **activación de línea**

Función que exige la activación del sistema de transmisión de línea digital, pero que puede también activar el interfaz usuario-red.

405 **activación de línea solamente**

Función que exige la activación del sistema de transmisión de línea digital únicamente y no activa el interfaz usuario-red.

406 **activación en una etapa, activación monoetapa**

Tipo de activación que invoca una secuencia de acciones para activar el sistema de transmisión de línea digital y el interfaz usuario-red a partir de una sola instrucción.

407 **activación en dos etapas, activación bietapa**

Tipo de activación que es iniciado por una instrucción que invoca una secuencia de acciones para activar el sistema de transmisión de línea digital y continuado por una segunda instrucción que invoca una secuencia de acciones para activar el interfaz usuario-red.

408 **desactivación en una etapa, desactivación monoetapa**

Desactivación del sistema de transmisión de línea digital y del interfaz usuario-red invocada por una sola instrucción.

409 **desactivación de interfaz usuario-red solamente**

Desactivación del interfaz usuario-red que no desactiva el sistema de transmisión de línea digital.

B.5 *Bucles*

501 **bucle, bucle digital** {M.125} **[bucle de prueba]** [{I.112 G}]

Mecanismo incorporado en un elemento del equipo mediante el cual un trayecto de comunicación bidireccional puede ser conectado con retorno sobre sí mismo de manera que parte o toda la información contenida en el tren de bits enviado por el trayecto de emisión vuelva por el trayecto de recepción.

502 **tipo de bucle**

Característica de un bucle que especifica la relación entre la información que entra al bucle y la información que sale del bucle en sentido contrario.

503 **bucle completo** {M.125}

Mecanismo de capa 1 que actúa sobre la totalidad del tren de bits. En el punto de bucle, el tren de bits recibido se transmitirá a la estación emisora sin modificación.

Nota – El empleo del término «bucle completo» no se refiere a la realización, pues este bucle puede proporcionarse por medio de elementos lógicos activos, el desequilibrio controlado de un transformador híbrido, etc. En el punto de control sólo están disponibles los canales de información.

504 **bucle parcial** {M.125}

Mecanismo de capa 1 que actúa sobre uno o más canales especificados multiplexados en la totalidad del tren de bits. En el punto de bucle, el tren de bits recibido asociado con el canal (o canales) especificado(s) se transmitirá a la estación emisora sin modificación.

505 **bucle lógico** {M.125}

Bucle que actúa selectivamente sobre cierta información contenida en uno o más canales especificados, y puede dar lugar a una determinada modificación de la información transmitida por el bucle. Pueden definirse bucles lógicos de aplicación a cualquier capa, que dependen de los procedimientos detallados de mantenimiento especificados.

506 **punto de bucle** [{M.125}]

Punto preciso de establecimiento del bucle.

507 **mecanismo de control de bucle [mecanismo de control]** {M.125}

Medio por el que el bucle es activado y liberado desde el punto de control de bucle.

508 **punto de control de bucle [punto de control]** {M.125}

Punto que tiene la posibilidad de controlar directamente los bucles. El punto de control de bucle puede recibir peticiones de activación de bucles desde varios puntos de petición de bucle.

509 **punto de petición de bucles** [{M.125}]

Punto que pide al punto de control de bucle que active los bucles.

510 **aplicación de bucle** {M.125}

Fase de mantenimiento para la que se utiliza el funcionamiento en bucle.

511 **señal hacia adelante**

Señal transmitida más allá del punto de bucle.

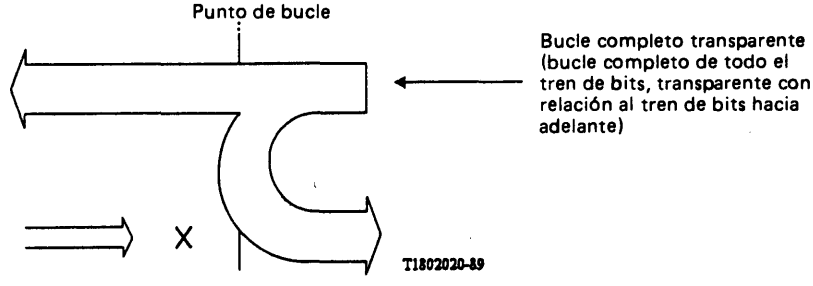
Nota – La señal hacia adelante puede ser una señal definida o no especificada.

512 **secuencia de prueba de bucle** [{M.125}]

Información transmitida durante el funcionamiento del bucle por el canal o canales que deben redireccionarse por el bucle.

513 **bucle transparente** {M.125}

Bucle en el que la señal transmitida más allá del punto de bucle (señal hacia adelante) cuando el bucle está activado, es la misma que la señal recibida en dicho punto. Véase la figura B-1/G.960.

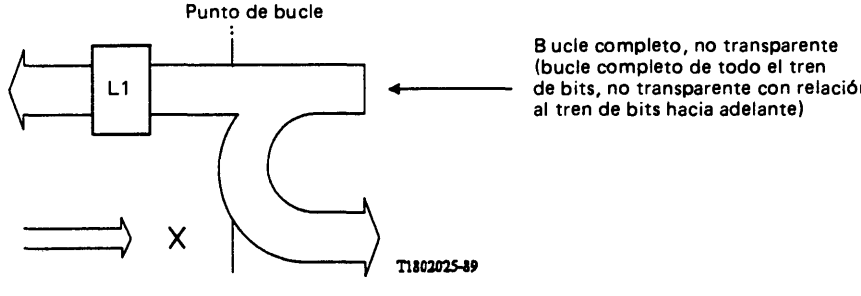


X Señal inhibida para evitar interferencias con la señal de bucle

FIGURA B-1/G.960

514 **bucle no transparente** {M.125}

Bucle en el que la señal transmitida más allá del punto de bucle (señal hacia adelante), cuando el bucle está activado, no es la misma que la señal recibida en dicho punto. La señal hacia adelante puede ser una señal definida o no especificada. Véase la figura B-2/G.960.



X Señal inhibida para evitar interferencias con la señal de bucle
L1 Dispositivo que cambia o inhibe la señal transferida

FIGURA B-2/G.960

B.6 *Red de distribución de líneas locales*

601 **red de distribución de líneas locales**

Red de cables e hilos instalados en ese momento entre una central local y las instalaciones del cliente.

602 **par trenzado**

Línea o parte de línea que tiene cada conductor (aislado) trenzado con el otro para reducir el efecto de inducción de los campos electromagnéticos y/o electroestáticos vagabundos.

Nota – Esta definición se aplica también a los cuadretes de pares trenzados, salvo que los dos pares se trenzan uno con otro.

603 **cable de central**

Cable que forma parte de la red de distribución de líneas locales, utilizado en la central local entre la terminación de línea y el repartidor principal.

604 **cable principal**

Cable utilizado en la red de distribución de líneas locales entre el repartidor principal y un punto de subrepartición.

605 **cable de distribución**

Cable utilizado en la red de distribución de líneas locales entre el punto de subrepartición y un punto de distribución.

606 **cable de instalación [cable de abonado]**

Cable o par de hilos metálicos utilizado en la red de distribución de líneas locales entre un punto de distribución y las instalaciones del cliente.

607 **rama múltiple**

Largo de línea en circuito abierto no utilizada conectada en T a la línea del cliente para conseguir flexibilidad en la red de distribución de líneas locales.

Nota – Las ramas múltiples no se utilizan en todas las redes de distribución de líneas locales.

608 **hilo desnudo**

Par de hilos metálicos suspendidos, y a menudo no aislados, paralelos entre sí.

Nota – Los cables de instalación aéreos de uso ordinario entre los postes de distribución y las instalaciones del cliente no son hilos desnudos.

609 **bobina de carga**

Dispositivo utilizado para modificar las características eléctricas de una línea a fin de obtener una atenuación relativamente constante en la gama de frecuencias vocales, pero que produce una atenuación relativamente alta más allá de esa gama.

610 **diafonía**

Fenómeno que provoca la introducción de una señal no deseada en una línea por acoplamiento con otra u otras líneas.

611 **diafonía intrasistema**

Diafonía entre líneas que comparten el mismo cable, en el que se utiliza el mismo tipo de sistema de transmisión por cada línea.

612 **diafonía entre sistemas**

Diafonía entre líneas que comparten el mismo cable, en el que se utilizan diferentes tipos de sistemas de transmisión por cada línea.

613 **paradiafonía (NEXT)**

Diafonía en la que el acoplamiento se produce en el transmisor o cerca del mismo.

614 **telediafonía (FEXT)**

Diafonía en la que el acoplamiento se produce en el extremo de la línea más alejado del transmisor, o cerca de dicho extremo.

615 **línea [bucle]**

Medio de transmisión entre terminaciones de línea. El término puede calificarse con el tipo de medio utilizado, por ejemplo:

- línea metálica: par de hilos metálicos (ordinariamente cobre);
- línea óptica: una fibra óptica (transmisión bidireccional), o un par de fibras (transmisión unidireccional).

616 **línea local [línea de abonado]**

Línea individual continua entre la terminación de línea (TL) y las instalaciones del cliente, pasando por cables de central, principales, de distribución y de instalación.

617 **línea local digital**

Línea local que es utilizada por un sistema de transmisión digital.

Nota – Los regeneradores no forman parte de la línea, pero pueden insertarse entre dos largos de línea.

101 acceso básico
109 [acceso de abonado]
111 [acceso de abonado a la RDSI]
111 acceso de cliente a la RDSI
112 acceso directo
113 acceso distante
101 acceso a velocidad básica
102 acceso a velocidad primaria
402 activación
407 activación bietapa
404 activación de línea
405 activación de línea solamente
406 activación monoetapa
407 activación en dos etapas
406 activación en una etapa
403 activación permanente
510 aplicación de bucle
609 bobina de carga
501 bucle
615 [bucle]
503 bucle completo
501 bucle de prueba
501 bucle digital
505 bucle lógico
514 bucle no transparente
504 bucle parcial
513 bucle transparente
606 [cable de abonado]
603 cable de central
605 cable de distribución
606 cable de instalación
604 cable principal
304 canal C
304 canal de control
304 [canal de servicio]
207 cancelación de eco
103 central local
103 central local de la RDSI
207 compensación de eco
212 concentrador
212 concentrador digital
607 derivación en puente
401 desactivación
409 desactivación de interfaz usuario-red solamente
408 desactivación en una etapa
408 desactivación monoetapa
610 diafonía
612 diafonía entre sistemas
611 diafonía intrasistema
109 elemento de conexión de acceso
112 elemento de conexión de acceso directo
113 elemento de conexión de acceso distante
303 elementos de función (EF)
202 enlace de acceso digital
201 enlace de transmisión digital
201 enlace digital
110 equipo del cliente
209 equipo múltiplex digital
107 equipo terminal (ET)
204 fronteras de sección digital
108 grupo funcional
608 hilo desnudo
301 INFO
110 [instalación de abonado]
115 interfaz
116 [interfaz cliente-red]
115 interfaz físico
116 interfaz usuario-red
117 interfaz V
615 línea
616 [línea de abonado]
616 línea local
617 línea local digital
507 [mecanismo de control]
507 mecanismo de control de bucle
206 método de transmisión
208 [modo ráfaga]
209 múltiplex
211 múltiplex dinámico
211 [múltiplex estadístico]
210 múltiplex estático
210 [múltiplex fijo]
208 múltiplex por compresión en el tiempo
602 par trenzado
613 paradiafonía (NEXT)
506 punto de bucle
508 [punto de control]
508 punto de control de bucle
509 punto de petición de bucles
114 punto de referencia
118 punto de referencia V_1
119 punto de referencia V_2
120 punto de referencia V_3
121 punto de referencia V_4
607 rama múltiple
601 red de distribución de líneas locales
203 [sección]
203 sección digital
512 secuencia de prueba de bucle
511 señal hacia adelante
302 SIG
205 [sistema]
205 sistema de transmisión digital
205 sistema digital
614 telediafonía (FEXT)
105 terminación de central (TC)
104 terminación de línea (TL)
106 terminación de red (TR)
502 tipo de bucle

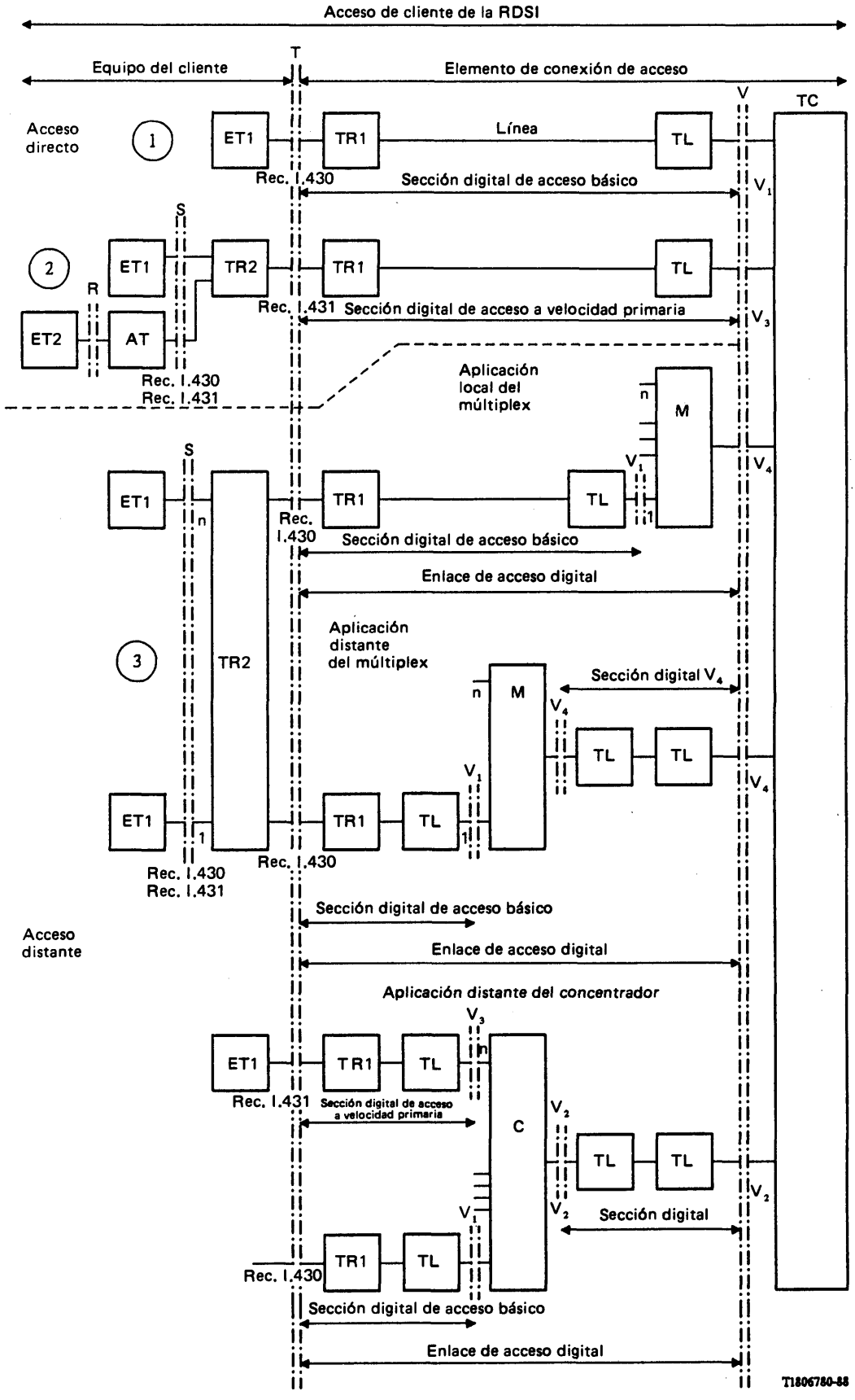


FIGURA B-3/G.960

B.9 *Clarificación del concepto de punto de referencia V, interfaz V y punto de interfaz*

B.9.1 El punto de referencia V_1 y el punto de referencia V_3 están siempre en el lado red de la terminación de línea y son aplicables a los accesos individuales (de bajo orden).

Un punto de referencia, cuando es físicamente realizado por un interfaz, requiere la especificación de al menos dos puntos de interfaz. Véase la figura B-4/G.960.

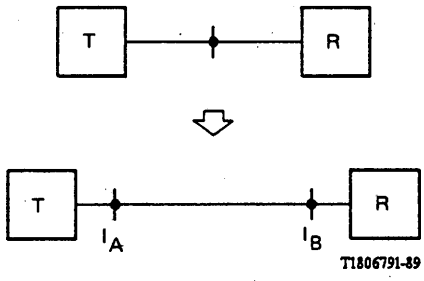
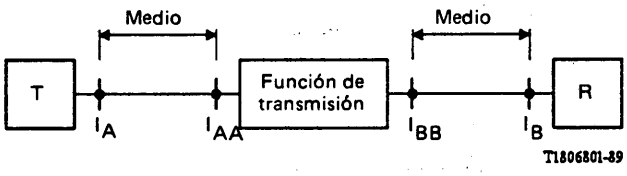


FIGURA B-4/G.960

B.9.2 *Punto de interfaz*

Una de al menos dos posiciones físicas asociadas con un interfaz. Los puntos de interfaz marcan el extremo del medio de transmisión que soporta el interfaz, y pueden ser el emplazamiento de los conectores (si se utilizan).

El alcance de cualquier interfaz puede ampliarse mediante el uso de un sistema de transmisión, siempre que el sistema de transmisión sea transparente con respecto a las funciones transportadas por el interfaz. En dicho caso, se requerirían otros dos puntos de interfaz. Véase la figura B-5/G.960.



Nota – La inserción de un sistema de transmisión en un interfaz específico puede venir limitada por requisitos relativos a la calidad de funcionamiento.

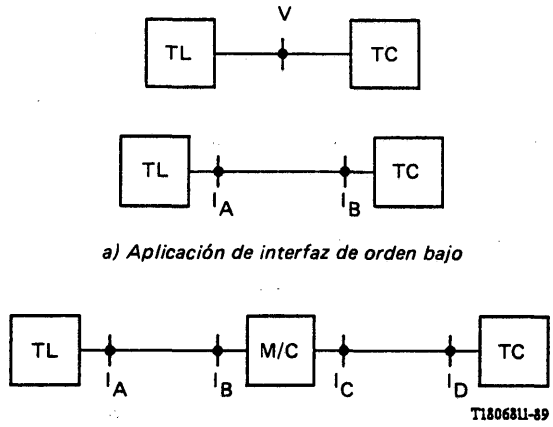
FIGURA B-5/G.960

B.9.3 Un grupo de accesos individuales puede ser multiplexado o concentrado conjuntamente para que incluya un acceso de orden superior (es decir, V_2 o V_6 para los interfaces de orden superior de acceso básico).

Sólo hay un punto de referencia V en el que pueden implantarse los interfaces V (entre TL y TE). Véase la figura B-6/G.960.

Este planteamiento concuerda con el uso de los puntos de interfaz I_B e I_A en las Recomendaciones I.430 e I.431 y

- con la técnica de modelación utilizada hasta ahora;
- con la terminología usada hasta ahora;
- con el hecho de que un punto de referencia S o T puede soportar una gama de interfaces (Recomendaciones I.430/I.431);
- no está en contradicción con la Recomendación Q.512.



Nota – I_B e I_A son los puntos de interfaz que soportan los interfaces V_1 o V_3. I_C e I_D son los puntos de interfaz que soportan los interfaces V_2 o V_4.

FIGURA B-6/G.960

Recomendación G.961

SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIGITAL POR LÍNEAS LOCALES METALICAS PARA EL ACCESO A VELOCIDAD BASICA DE LA RDSI

(Melbourne, 1988)

1 Generalidades

1.1 *Campo de aplicación*

Esta Recomendación trata de las características y parámetros de un sistema de transmisión digital en el lado red de la TR1 que forma parte de la sección digital para el acceso a velocidad binaria básica RDSI.

El sistema soportará la transmisión

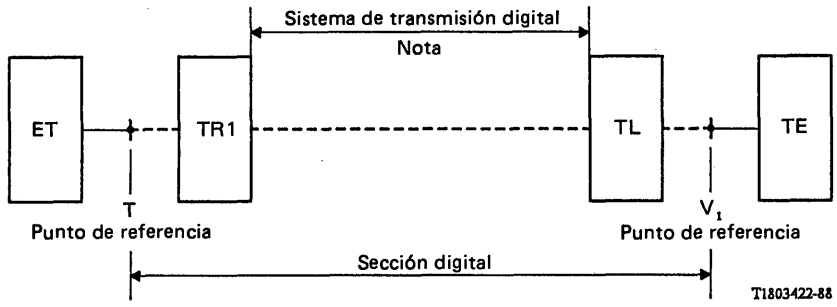
- dúplex,
- independiente de la secuencia de bits,

de dos canales B y un canal D, tal como se han definido en la Recomendación I.412 y las funciones suplementarias de la sección digital definidas en la Recomendación I.603 para operación y mantenimiento.

La terminología utilizada en esta Recomendación es muy específica y no figura en las correspondientes Recomendaciones de terminología. Por consiguiente en el anexo B a la Recomendación G.960 se incluyen los términos y las definiciones empleados en esta Recomendación.

1.2 *Definición*

La figura 1/G.961 muestra los límites del sistema de transmisión digital en relación con la sección digital.



Nota – En esta Recomendación por sistema de transmisión digital se entiende un sistema de línea que emplea líneas metálicas. Puede que sea necesario el uso de un regenerador intermedio.

FIGURA 1/G.961

Límites de la sección digital y del sistema de transmisión

El concepto de sección digital permite describir las funciones y los procedimientos de la red, y definir sus requisitos. Obsérvese que los puntos de referencia T y V_1 no son idénticos y, en consecuencia la sección digital no es simétrica.

El concepto de sistema de transmisión digital permite describir las características de una realización que utiliza un medio específico (de transmisión), como soporte de la sección digital.

1.3 *Objetivos*

Considerando que la sección digital entre la central local y el cliente es un elemento clave del éxito de la introducción de la RDSI en la red, se han tenido en cuenta los requisitos siguientes:

- satisfacer la característica de error especificada en la Recomendación G.960;
- trabajar en líneas locales a 2 hilos existentes descargadas, con exclusión de los hilos desnudos;
- el objetivo es utilizar el 100% del cable para acceso básico sin seleccionar los pares, reorganizar el cable o quitar las ramas múltiples (RM) que existen en muchas redes;
- el objetivo es estar en condiciones de extender el acceso básico de la RDSI proporcionando servicios a la mayoría de los clientes sin la utilización de regeneradores. En los pocos casos restantes pueden requerirse arreglos especiales;
- coexistencia, en la misma unidad de cable, de la mayor parte de los servicios existentes como telefonía y transmisión de datos en la banda vocal;
- deberán tenerse en cuenta las diferentes normas nacionales con relación a la IEM;
- se proporcionará la alimentación de la red telefónica en condiciones normales o con limitaciones, a través del acceso básico cuando la Administración proporcione esta facilidad;
- se proporcionará capacidad de realizar funciones de mantenimiento.

1.4 *Abreviaturas*

En esta Recomendación se emplean varias abreviaturas. Algunas se utilizan normalmente en la configuración de referencia de la RDSI mientras que otras se han creado únicamente para esta Recomendación. Estas últimas son las siguientes:

TEB Tasa de errores en los bits

RM Rama múltiple

CISPR Comité internacional especial para perturbaciones radioeléctricas (en la actualidad forma parte de la CEI)

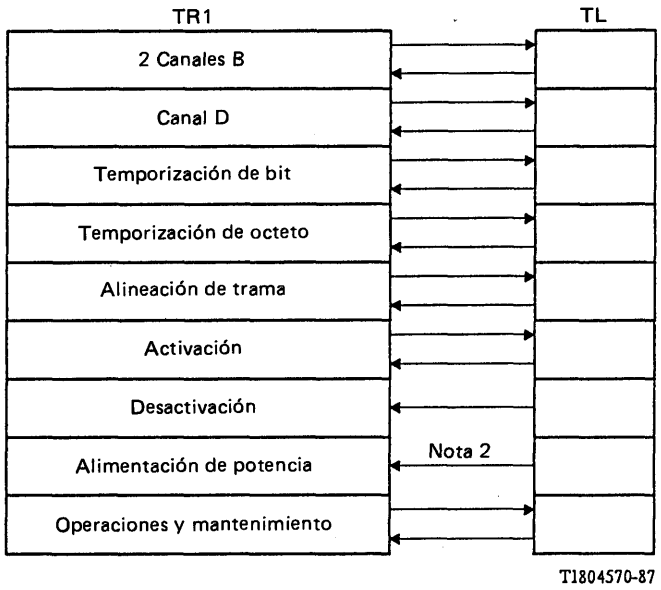
CL Canal de control del sistema de línea

CE Compensador (o cancelador) de eco

IEM Interferencia electromagnética
LLD Línea local digital
STD Sistema de transmisión digital
TDF Telediafonía
PSP Pérdida evaluada por suma de potencias
MCT Múltiplex por compresión en el tiempo
IU Intervalo unitario

2 Funciones

La figura 2/G.961 muestra las funciones del sistema de transmisión digital por líneas locales metálicas.



Nota 1 – Debe preverse la utilización facultativa de un regenerador.
Nota 2 – Esta función es opcional.

FIGURA 2/G.961

Funciones del sistema de transmisión digital

2.1 *Canal B*

Esta función suministra, para cada sentido de transmisión, dos canales a 64 kbit/s, independientes para uso como canales B (como se define en la Recomendación I.412).

2.2 *Canal C*

Esta función suministra para cada sentido de transmisión, un canal D a una velocidad binaria de 16 kbit/s (como se define en la Recomendación I.412).

2.3 *Temporización de bit*

Esta función proporciona la temporización de bit (elemento de señal) para permitir al equipo receptor recuperar la información de un tren global de bits. La temporización de bit para el sentido de la TR1 a la TL se obtendrá del reloj recibido por la TR1 de la TL.

2.4 *Temporización de octeto*

Esta función proporciona una señal de temporización de octeto a 8 kHz para los canales B. Se obtendrá a partir de la señal de alineación de trama.

2.5 *Alineación de trama*

Esta función permite a la TR1 y a la TL recuperar los canales multiplexados por división de tiempo.

2.6 *Activación desde la TL o la TR1*

Esta función restablece el sistema de transmisión digital (STD) entre la TL y la TR1 a su estado de funcionamiento normal. Los procedimientos requeridos para realizar esta función se describen en el § 6 de la presente Recomendación.

La activación a partir de la TL podría aplicarse solamente al STD o al STD y al equipo del cliente. Aun en el caso de que el equipo del cliente no esté conectado, el STD puede activarse.

Nota – Las funciones necesarias para operaciones y mantenimiento en la TR1 y en el regenerador (de ser necesario) y para algunos procedimientos de elevación/desactivación están combinadas en una capacidad de transporte que se transmite conjuntamente con los canales 2B + D. Esta capacidad de transporte se denomina canal CL (canal de transporte del sistema de línea).

2.7 *Desactivación*

Esta función se especifica con el fin de poder pasar la TR1 y el regenerador (de existir) al modo de bajo consumo de potencia o para reducir la diafonía dentro del sistema. Los procedimientos y el intercambio de información se describen en el § 6 de la presente Recomendación. Esta desactivación deberá iniciarse únicamente por la central (TC). (Véase la nota en el § 2.6.)

2.8 *Alimentación de potencia*

Esta función opcional proporciona telealimentación a un regenerador (de ser necesario) y a la TR1. Se recomienda el suministro de una corriente de humectación.

Nota – Algunas Administraciones exigen el suministro de la potencia de línea al interfaz usuario-red, siendo esta alimentación normal restringida, como se especifica en la Recomendación I.430.

2.9 *Operaciones y mantenimiento*

Esta función proporciona las acciones recomendadas y la información descrita en la Recomendación I.603.

Se han identificado las siguientes categorías de funciones:

- instrucción de mantenimiento (por ejemplo, control de bucle en el regenerador o en la TR1);
- información de mantenimiento (por ejemplo, errores de línea);
- indicación de las condiciones de avería;
- información con relación a la alimentación en la TR1.

Véase la nota en el § 2.6.

3 Medio de transmisión

3.1 *Descripción*

El medio de transmisión sobre el cual funcionará el sistema de transmisión digital es la red de distribución de líneas locales.

Una red de distribución de líneas locales emplea cable de pares para propocionar servicios a los clientes.

En una red de distribución de líneas locales, los clientes se conectan a la central local a través de líneas locales.

Una línea local metálica cursará simultáneamente transmisión digital en los dos sentidos proporcionando el acceso básico RDSI entre la TL y la TR1.

Para simplificar la introducción del acceso básico RDSI, un sistema de transmisión digital debe se capaz de funcionar satisfactoriamente en la mayoría de las líneas locales metálicas sin requerir ningún acondicionamiento especial. La máxima penetración en las líneas locales metálicas se obtiene manteniendo al mínimo los requisitos de la RDSI.

En lo sucesivo, el término línea local digital (LLD) se utiliza para describir una línea local metálica que satisface los requisitos mínimos de la RDSI.

3.2 *Requisitos mínimos de la RDSI*

a) ausencia de bobinas de carga;

b) ausencia de hilos desnudos;

c) cuando estén presentes ramas múltiples (RM), pueden haber algunas limitaciones. Las configuraciones disponibles con RM se discuten en el § 4.2.1.

3.3 *Características físicas de la LLD*

Además de satisfacer los requisitos mínimos de la RDSI, una LLD está construida normalmente de uno o más segmentos de pares trenzados que son empalmados. En una red de distribución de líneas locales típica, estas secciones de pares trenzados forman parte de tipos diferentes de cables, como se ilustra en la figura 3/G.961.

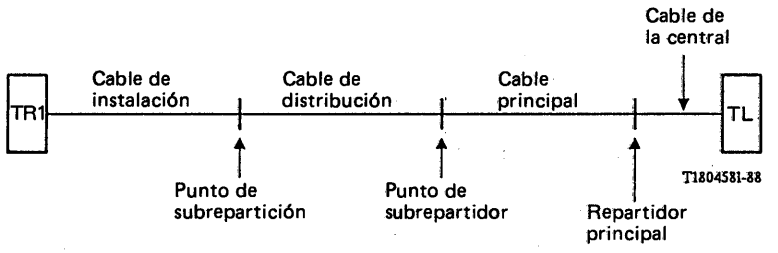


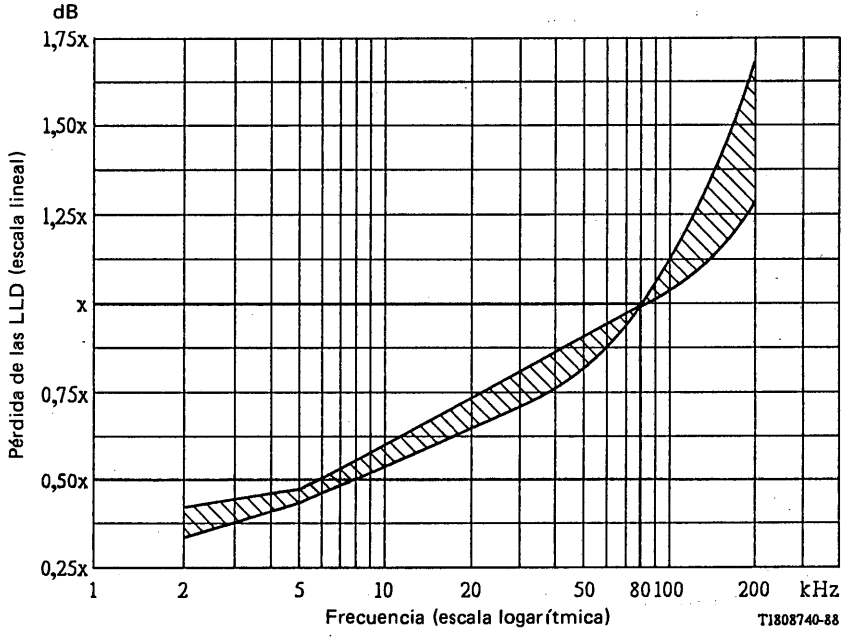
FIGURA 3/G.961

Modelo físico de LLD

3.4 *Características eléctricas de la LLD*

3.4.1 *Pérdida de inserción*

La LLD tendrá una pérdida no lineal en función de la frecuencia. Para cualquier LLD de una determinada combinación de calibres, sin RM y con una pérdida de inserción de x dB a 80 kHz, el comportamiento típico de su pérdida de inserción en función de la frecuencia se representa en la figura 4/G.961.



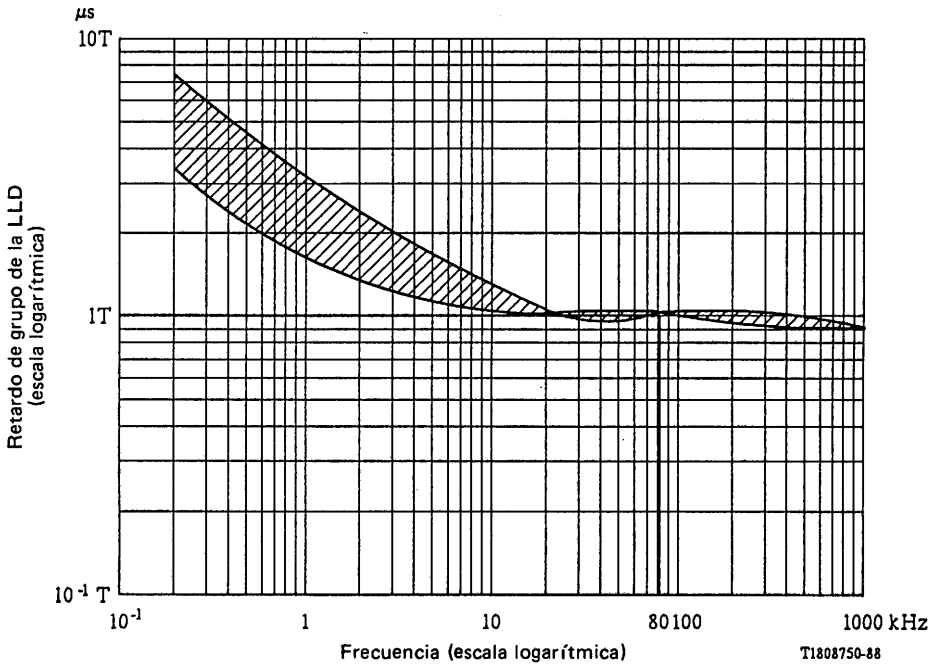
Nota – El valor máximo de x varía desde 37 dB a 50 dB a 80 kHz. El valor mínimo podría ser cercano a cero.

FIGURA 4/G.961

Características de pérdida de inserción típica en ausencia de ramas múltiples

3.4.2 *Retardo de grupo*

Las gamas de valores típicos de retardo de grupo de LLD en función de la frecuencia se muestran en la figura 5/G.961.



Nota – El valor máximo de retardo de grupo (T) unidireccional varía desde 30 a 60 microsegundos a 80 kHz.

FIGURA 5/G.961

Característica típica de retardo de grupo

3.4.3 *Impedancia característica*

Las gamas de valores típicas de las partes real e imaginaria de la impedancia característica de pares trenzados en tipos diferentes de cables se muestran en la figura 6/G.961.

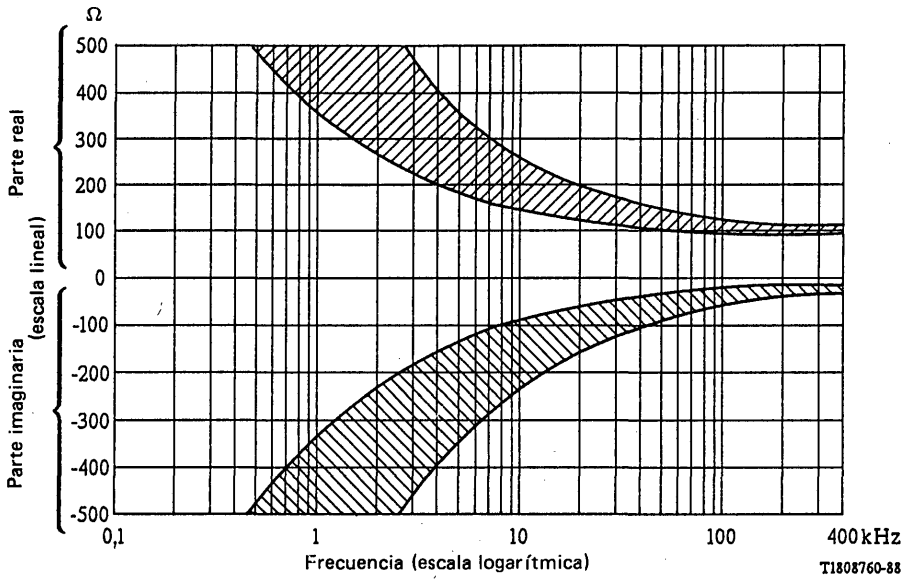


FIGURA 6/G.961

Gamas de valores típicos de las partes real e imaginaria de la impedancia característica

3.4.4 *Paradiafonía*

La LLD tendrá una pérdida de acoplamiento de diafonía finita con otros pares con los que comparte el mismo cable. En el peor caso la pérdida evaluada por su suma de potencias (PSP) varía de 44 a 57 dB a 80 kHz (véase el § 4.2.2).

La pérdida de la LLD y la gama de PSP han sido especificadas independientemente. Si embargo, no se requiere que en todos los puntos las dos gamas se cumplan simultáneamente. Una representación combinada de pérdida de la LLD/PSP se muestra en la figura 7/G.961 para definir la gama de funcionamiento combinado.

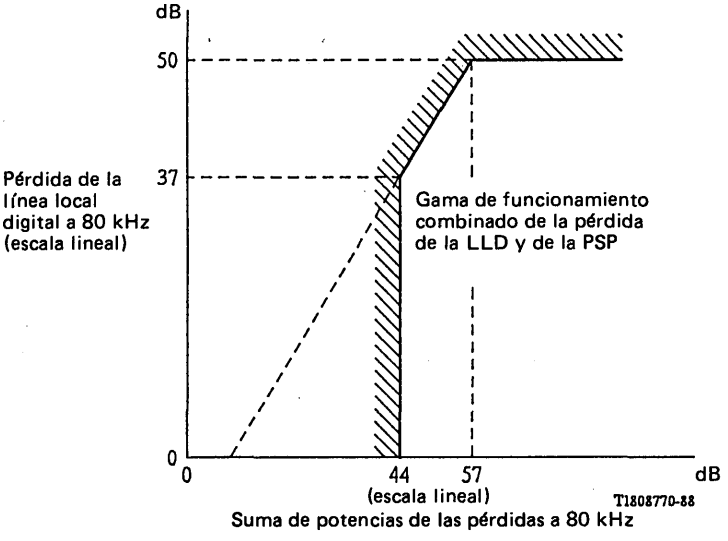


FIGURA 7/G.961

Representación combinada de pérdida de LLD/PSP gama de funcionamiento

3.4.5 *Desequilibrio con respecto a tierra*

La línea local digital tiene un equilibrio finito con respecto a la tierra. El desequilibrio con respecto a la tierra se mide en pérdida de conversión longitudinal. Los valores en el peor caso se muestran en la figura 8/G.961.

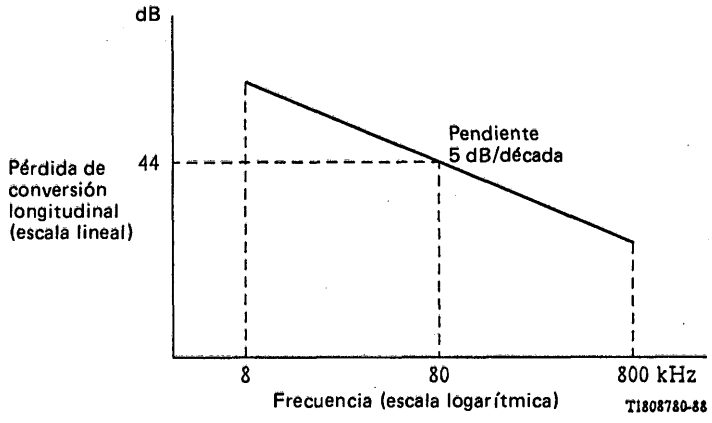


FIGURA 8/G.961

Peor caso de pérdida de conversión longitudinal en función de la frecuencia

3.4.6 *Ruido impulsivo*

La línea local digital tendrá ruido impulsivo procedente de otros sistemas que comparten el mismo cable y también procedentes de otras fuentes.

4 Comportamiento del sistema

4.1 *Exigencias del comportamiento*

Los límites de comportamiento de la sección digital se enumeran en el § 4 de la Recomendación G.960. El comportamiento del sistema de transmisión debe cumplir estos límites. Con esta finalidad, un sistema de transmisión digital tiene que pasar las pruebas de comportamiento en el laboratorio que se definen en las secciones siguientes.

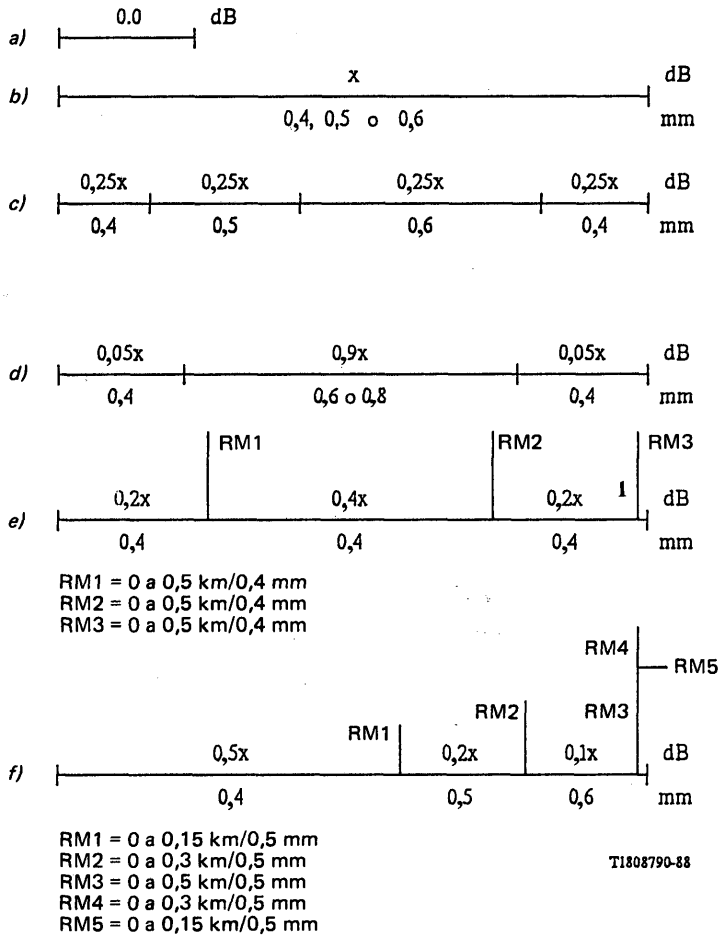
4.2 *Mediciones de comportamiento*

La medición del comportamiento en laboratorio de un sistema de transmisión digital determinado exige las preparaciones siguientes:

a) definición de una cierta cantidad de modelos de línea local digital que representen las características físicas y eléctricas encontradas en las redes de distribución de línea locales;
b) simulación del entorno eléctrico provocado por la pérdida finita por acoplamiento de diafonía a otros pares en el mismo cable;
c) simulación del entorno eléctrico provocado por el ruido impulsivo;
d) especificación de las pruebas de calidad en el laboratorio para verificar si se satisfacen los límites de las características indicadas en el § 4.1.

4.2.1 *Modelos físicos de línea local digital*

Para los fines de las pruebas de laboratorio de la calidad de un sistema de transmisión digital que proporcione el acceso básico a la RDSI, se requieren algunos modelos representativos de línea local digital a encontrar en una determinada red de distribución de línea local. La pérdida máxima en cada modelo se ajusta facultativamente entre 37 y 50 dB a 80 kHz para satisfacer los requisitos de la red determinada. De forma parecida, las longitudes de las ramas múltiples se ajustan facultativamente dentro de la gama definida en la figura 9/G.961.



Nota 1 – El valor de x varía desde 37 a 50 dB a 80 kHz.

Nota 2 – Puede utilizarse calibres equivalentes. Por ejemplo el calibre 0,6 es equivalente al AWG 22. AWG son las iniciales de American Wire Gauge.

FIGURA 9/G.961

Modelos físicos de LLD para pruebas de laboratorio

4.2.2 *Modelo para diafonía intrasistema*

4.2.2.1 *Definición de* **diafonía intrasistema**

El ruido de diafonía se produce en general debido a la pérdida de acoplamiento finita entre pares que comparten el mismo cable, especialmente aquellos pares que son físicamente contiguos. La pérdida de acoplamiento finita entre pares produce un residuo de señal que fluye de una LLD (LLD perturbadora) que está acoplada a una LLD contigua (LLD perturbada). Este residuo se conoce como ruido de diafonía. Se considera que la paradiafonía es el tipo dominante de diafonía. La paradiafonía intrasistema o la autoparadiafonía se produce cuando todos los pares interfieren uno con otro en un cable que lleva el mismo sistema de transmisión digital. La paradiafonía intersistema se produce cuando los pares llevan sistemas de transmisión digital diferentes interfiriendo entre ellas. La definición de paradiafonía intersistema no se trata en esta Recomendación.

El ruido de paradiafonía intrasistema acoplado a una línea local perturbada por una cierta cantidad de líneas locales perturbadoras se representa como si fuera causada por una única línea local digital perturbadora única con una característica de pérdida de acoplamiento en función de la frecuencia conocida como la PSP. El peor caso de PSP encontrado en una red de distribución de línea local se muestra en la figura 10/G.961. Todas las líneas locales digitales se presupone que tienen resistencias terminales fijas de *Ro* ohmios. La gama de *Ro* es de 110 a 150 ohmios.

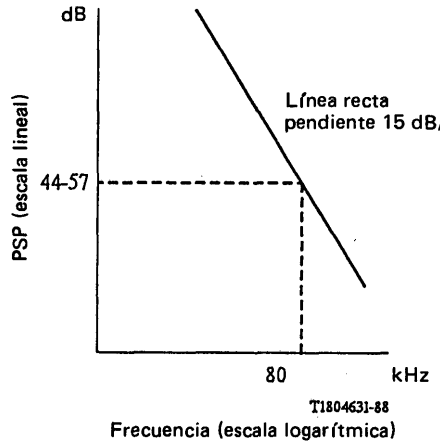


FIGURA 10/G.961

Peor caso de pérdida evaluada por suma de potencias (PSP)

4.2.2.2 *Configuración de medición*

Se necesita la simulación de ruido de paradiafonía intrasistema para la prueba del comportamiento de los sistemas de transmisión digital. El ruido intrasistema pasado por acoplamiento al receptor de la línea local digital perturbada depende:

a) del espectro de potencia de la señal digital transmitida. El espectro de potencia es una función de código de línea y del filtro de transmisión;

b) de la conformación del espectro debida a las características de la PSP de la figura 10/G.961.

La configuración de medición de la figura 11/G.961 puede ser utilizada para la prueba del comportamiento del ruido de diafonía intrasistema.

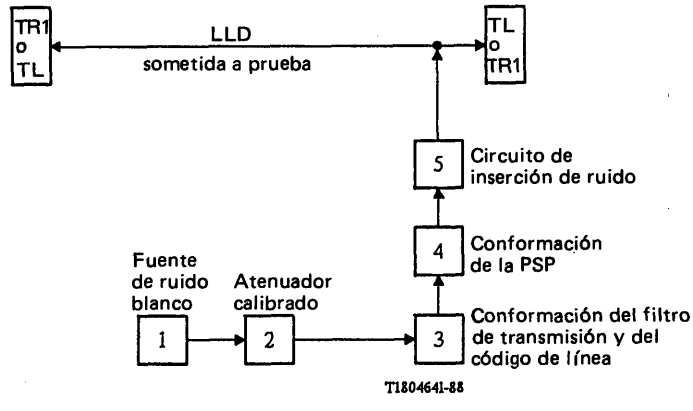


FIGURA 11/G.961

Simulación y prueba de ruido de diafonía

La configuración de medición de la figura 11/G.961 se describe a continuación:

a) el recuadro 1 representa una fuente de ruido blanco de densidad espectral constante. El espectro es plano desde 100 Hz a 500 kHz reduciéndose progresivamente después a razón de $\geqslant$ 20 dB/década;

b) el recuadro 2 representa un atenuador variable;

c) el recuadro 3 es un filtro que conforma al espectro de potencia para que corresponda a un código de línea determinado y a un filtro de transmisión determinado;

d) el recuadro 4 es un filtro que conforma al espectro de potencia de acuerdo con la característica PSP de la figura 10/G.961;

e) el recuadro 5 es un circuito de inserción de ruido que acopla el ruido de diafonía simulado de la LLD sin perturbar su comportamiento. El circuito de inserción debe tener la impedancia de salida relativa suficientemente alta en relación a la de la impedancia característica de la LLD en prueba. Se recomienda un valor de $\geqslant$ 4,0 kΩ en la gama de frecuencias de 0 a 1000 kHz.

Los recuadros 3, 4 y 5 de la figura 11/G.961 son conceptuales. Dependiendo de la relación individual, podrían posiblemente combinarse en un circuito. La configuración de medición de la figura 11/G.961 se calibra según los pasos siguientes:

a) cerrando la salida del recuadro 5 con una resistencia de un valor de *Ro*/2 ohmios, y midiendo el verdadero valor cuadrático medio del voltaje a través de él, en una anchura de banda que se extienda desde 100 Hz hasta 500 kHz. La potencia disipada en la resistencia *Ro*/2 es 3 dB mayor que la potencia acoplada en el receptor de la LLD en pruebas;

b) la forma del espectro de ruido medido a través de la resistencia *Ro*/2 sería:

- $\pm$1 dB para valores con 0 dB a 10 dB por debajo de la cresta teórica,
- $\pm$3 dB para valores con 10 dB a 20 dB por debajo de la cresta teórica,

para los objetivos de las medidas se recomienda una anchura de banda de resolución $\leqslant$ 10 kHz;

c) el factor de cresta de la tensión de ruido sobre la resistencia *Ro*/2 sería $\geqslant$ 4. Esto a su vez fija los requisitos de gama dinámica de los circuitos utilizados en la configuración de medición.

Con la disposición de medidas calibradas especificadas, el ruido de diafonía intrasistema debido al peor caso de PSP puede ser introducido en la LLD en pruebas mientras se supervisan sus características. El nivel de ruido puede ser aumentado o disminuido para determinar los márgenes de características positivas o negativas.

4.2.3 *Modelado del ruido impulsivo*

4.2.3.1 *Definición de ruido impulsivo*

La energía de ruido impulsivo aparece concentrada en cortos intervalos de tiempo aleatorios durante los cuales alcanza niveles considerables. Durante el resto del tiempo sus efectos son no significativos.

4.2.3.2 *Configuración de medición*

La figura 12/G.961 muestra una posible configuración para pruebas de ruido impulsivo.

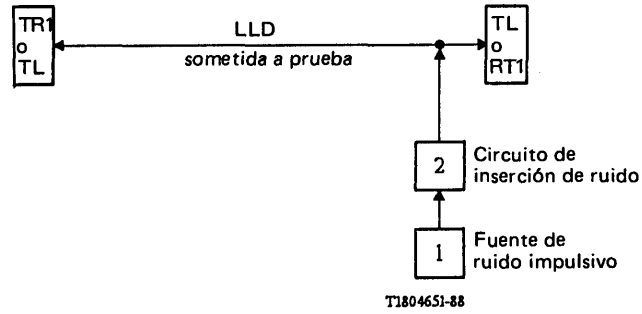
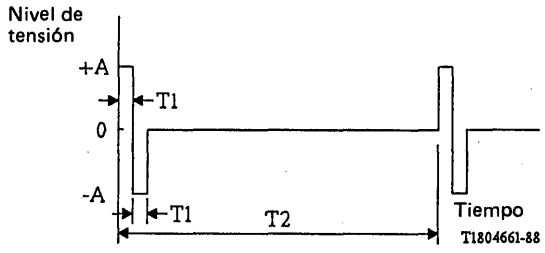


FIGURA 12/G.961

Simulación y prueba de ruido impulsivo

La fuente de ruido impulsivo de la figura 12/G.961 será objeto de estudio ulterior. Dos clases posibles de señales de ruido impulsivo se describen a continuación:

- Ruido blanco del nivel de densidad de espectro plano de 5 a 10 $\mu V/\sqrt{Hz}$ y un ancho de banda > 4 veces la frecuencia de Nyquist del sistema determinado. El factor de cresta del ruido debe ser > 4.
- Una forma de onda determinada, como la representada en la figura 13/G.961.



A Nivel de cresta, provisionalmente fijado en 100 mV
T1 Anchura del impulso, provisionalmente fijada a periodos de 3 baudios
T2 Periodo ⩾ T1

Nota – En algunas redes de distribución de líneas locales y como una opción nacional, las pruebas de características de ruido de diafonía se consideran suficientes para evaluar un sistema de transmisión digital determinado. En tales casos se aplican reglas de ingeniería adecuadas a la línea local digital para evitar el ruido impulsivo.

FIGURA 13/G.961

Posible forma de onda para simular ruido impulsivo

4.2.4 *Pruebas de características*

Se requieren cinco tipos de pruebas para describir las características globales de un sistema de transmisión digital determinado, para calificarlo, para funcionar sobre una red de distribución de línea local modelada en esta Recomendación.

4.2.4.1 *Gama dinámica*

La característica de la gama dinámica describe la capacidad de un sistema de transmisión digital determinado para funcionar con señales recibidas que varíen en nivel sobre una amplia gama. Los modelos 1 y 2 de la línea local digital de la figura 9/G.961 tienen una pérdida que varía desde muy poca (0 dB) a muy alta (37 a 50 dB a 80 kHz).

Cuando se prueba con los modelos 1 y 2 de la línea local digital de la figura 9/G.961, no deberían observarse errores en intervalos de medidas de 15 minutos (valor provisional) cuando se supervisa cualquier canal B.

La especificación de secuencias de datos que deben utilizarse para esta medida será objeto de posterior estudio.

4.2.4.2 *Inmunidad a los ecos*

Los modelos de línea local digital restantes de la figura 9/G.961 se utilizan para pruebas de características de sistemas de transmisión digital con la presencia de ramas múltiples y/o cambios de diámetro.

En todos los modelos no debería observarse ningún error en cualquier intervalo de medida de 15 minutos cuando se supervisa cualquier canal B.

La especificación de las secuencias de datos que deben utilizarse para esta medida será objeto de estudio ulterior.

4.2.4.3 *Diafonía intrasistema*

Utilizando la disposición de diafonía descrita en el § 4.2.2.2 con ruido diafonía simulado inyectado, en cada modelo de línea local digital en la figura 9/G.961, la tasa de errores en los bits TEB debería ser $\leqslant 10^{-6}$ (provisional).

Cuando se realicen medidas de tasa de errores en los bits TEB en un canal B, se requiere un intervalo de medidas de al menos 15 minutos (provisional).

En cada modelo de línea local digital, los márgenes de características están determinados. La definición de los márgenes de características positivas mínimas se deja para estudio ulterior. Esto es debido a que deben tenerse en cuanta las pérdidas adicionales en la línea local digital debidas a puentes y a efectos del entorno (por ejemplo, cambios de temperatura).

La especificación de secuencias de datos a utilizar para esta medida será objeto de ulterior estudio.

4.2.4.4 *Ruido impulsivo*

Para ulterior estudio.

4.2.4.5 *Tensiones longitudinales inducidas por líneas de potencia*

Para ulterior estudio.

5 Método de transmisión

El sistema de transmisión proporciona transmisión dúplex sobre líneas locales metálicas a dos hilos. La transmisión dúplex será conseguida por la utilización de compensación de eco o múltiplex por compresión en el tiempo (MCT). Con el método de compensación de eco, indicado en la figura 14/G.961, el compensador de eco produce una réplica del eco de la señal transmitida que es sustraída de la señal recibida total. El eco es el resultante del equilibrio imperfecto de la bobina híbrida y de las desigualdades de impedancia de la línea.

Con el método de multiplexación por compresión en el tiempo o «método de ráfagas», indicado en la figura 15/G.961, las transmisiones sobre la línea local digital están separadas en el tiempo (ráfagas). Los bloques de bits (ráfagas) se envían alternativamente en cada sentido. Las ráfagas se almacenan en memorias intermedias en cada terminal del transceptor, tales que el tren de bits a la entrada y a la salida del terminal transceptor con múltiplex por compresión en el tiempo tiene velocidad constante R. La velocidad binaria de la línea es necesario que sea mayor de 2R para proporcionar un intervalo de tiempo entre ráfagas que es necesario para permitir el retardo de transmisión y el cambio de transmisor a receptor (conmutación de Sn y Se en la figura 15/G.961).

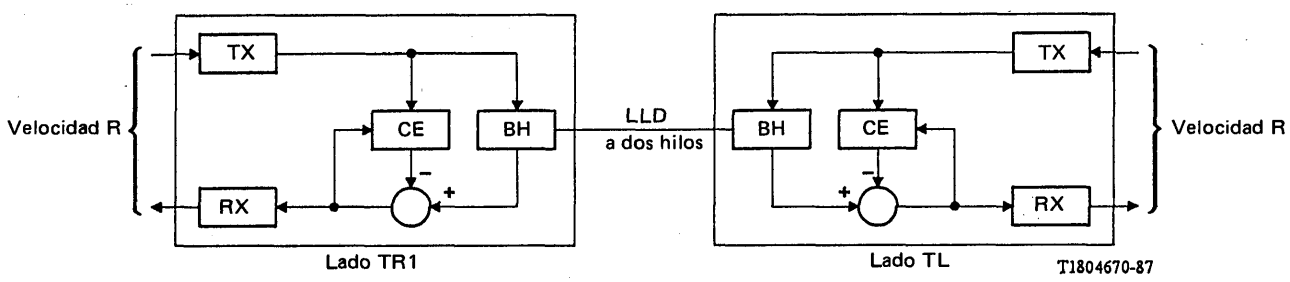


FIGURA 14/G.961

Diagrama funcional del método por CE

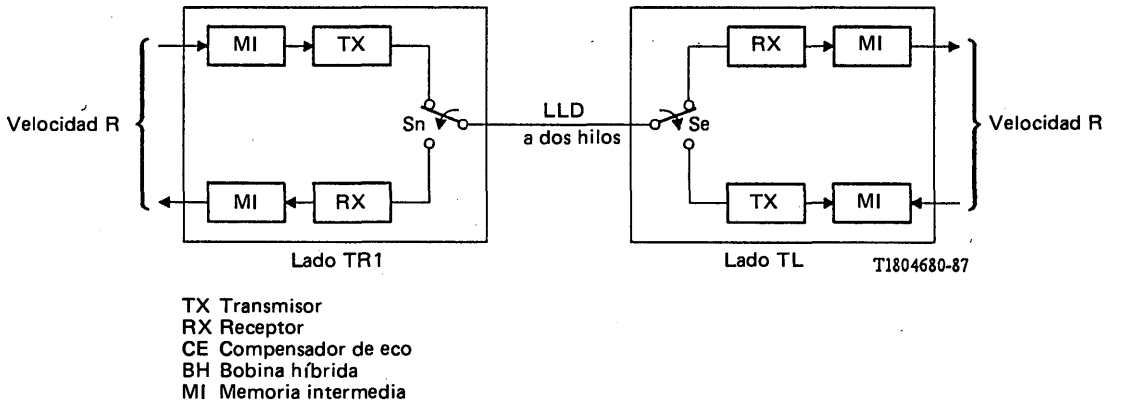


FIGURA 15/G.961

Diagrama funcional del método por MCT

6 Activación/desactivación

6.1 *Generalidades*

Las capacidades funcionales de los procedimientos de activación/desactivación se especifican en la Recomendación G.960. El sistema de transmisión tiene que satisfacer los requisitos de la Recomendación G.960. Especialmente, tiene que prever cursar las señales definidas en la Recomendación G.960 que son precisas para prestar los procedimientos.

6.2 *Representación física y de señales*

Las señales utilizadas en el sistema transmisión digital dependen del sistema y pueden encontrarse en el anexo A y en los apéndices a esta Recomendación.

7 Operación y mantenimiento

7.2.1 *Funciones de operación y mantenimiento*

Las funciones de operación y mantenimiento en el sistema de transmisión digital que utiliza líneas locales metálicas para el acceso a velocidad básica de la RDSI se definen en la Recomendación G.960.

7.2 *Canal CL*

7.2.1 *Definición de* **canal CL**

Este canal se transmite por el sistema de transmisión digital en los dos sentidos entre la TL y la TR1. Se utiliza para transferir información relacionada con la operación, mantenimiento, y activación/desactivación del sistema de transmisión digital y de una sección digital.

7.2.2 *Requisitos del canal CL*

Para estudio ulterior.

Se estudiará ulteriormente el mínimo número de funciones (opcionales u obligatorias) que el canal CL debe prestar.

7.3 *Modo de transferencia de enlaces de operación y mantenimiento*

Para estudio ulterior.

8 Alimentación de potencia

8.1 *Generalidades*

Este punto trata de la alimentación de potencia a la TR1, a un regenerador (de ser necesario), el suministro de potencia al interfaz usuario-red de acuerdo con la Recomendación I.430, bajo condiciones normales o con limitaciones.

Se definen cómo se aplican los procedimientos de activación y desactivación, en el caso de caída de la alimentación en la TR1, al regenerador (de ser necesario) y a la TL.

8.2 *Opciones de alimentación de potencia*

Se consideran las opciones de alimentación de potencia bajo condiciones normales o con limitaciones. La limitación es el fallo de la alimentación de red local de alimentación de potencia en la TR1.

a) Alimentación de potencia de la TR1 en condiciones normales será proporcionada utilizando una de las opciones siguientes:
   - alimentación de red;
   - telealimentación procedente de la red telefónica (o a través del regenerador, de ser necesario).

   En ambos casos la TR1 puede proporcionar potencia al interfaz usuario-red de acuerdo con la Recomendación I.430. Esta potencia se obtiene de la red local de alimentación de potencia o de forma remota a partir de la red telefónica.

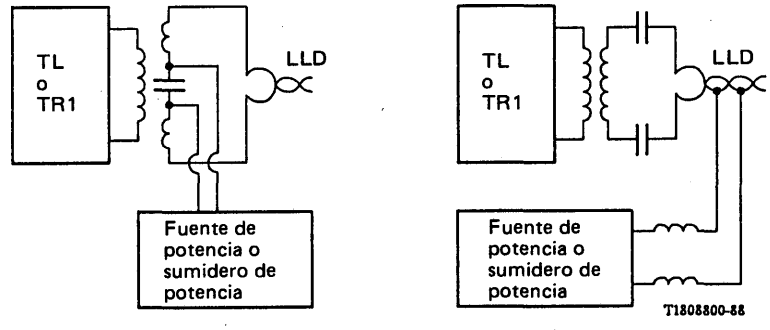
b) Alimentación de potencia a la TR1 en condiciones con limitaciones, cuando se proporcione, emplea una de las siguientes fuentes facultativamente:
   - batería de reserva;
   - telealimentación a partir de la red telefónica (o, a través de un regenerador de ser necesario).

En los dos casos la TR1 puede proporcionar potencia al interfaz usuario-red de acuerdo con la Recomendación I.430.

Las opciones de alimentación de potencia se eligen para satisfacer las normas nacionales.

8.3 *Métodos de alimentación y de restablecimiento*

En la figura 16/G.961 se describen dos métodos posibles de alimentación y recuperación de potencia.



a) Suministro de potencia y restablecimiento en serie

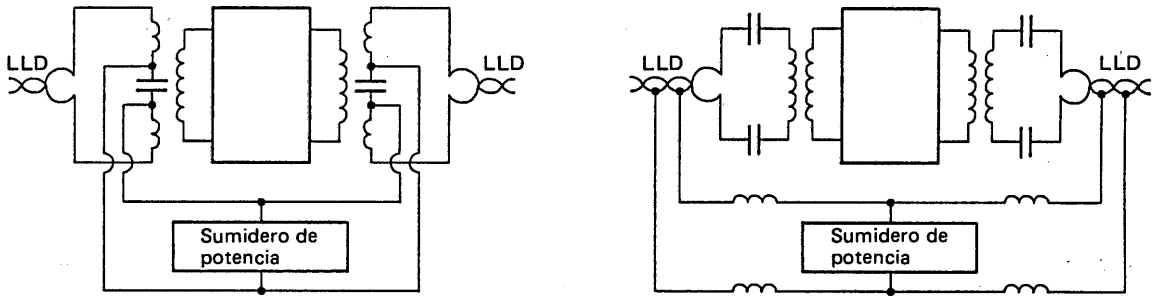
b) Suministro de potencia y restablecimiento en paralelo

FIGURA 16/G.961

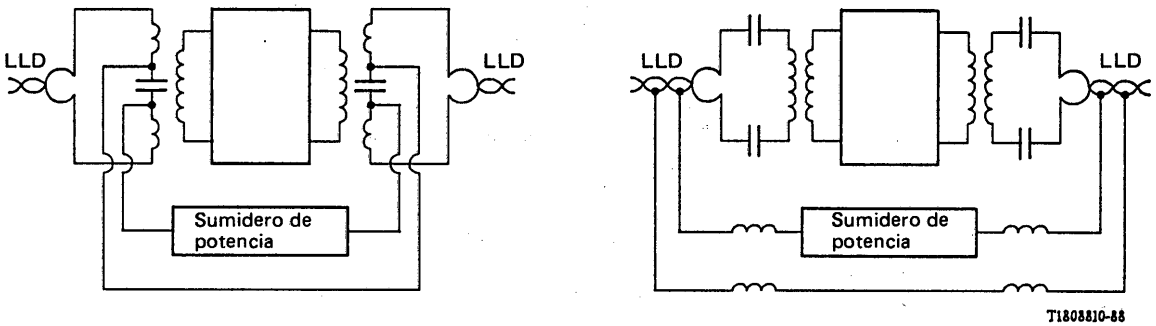
Métodos de alimentación y restablecimiento

Cuando no hay regenerador presente sobre la conexión de la LLD entre la TL y la TR1, para los dos casos de la figura 16/G.961 la fuente de alimentación podría ser una fuente de tensión con limitación de corriente o una fuente de corriente con limitación de tensión.

Cuando está presente un generador, los dos métodos de suministro de potencia y restablecimiento de la figura 16/G.961 son aún aplicables. Sin embargo, cuando una fuente de tensión se utiliza en la TL, el sumidero de potencia de regenerador se conecta en paralelo a la LLD y cuando la fuente de corriente se utiliza en la TL, el sumidero de potencia del regenerador se conecta en serie con la LLD. Las configuraciones obtenidas se muestran en la figura 17/G.961.



a) Alimentación del regenerador a partir de una fuente de tensión en la TL



b) Alimentación del regenerador a partir de una fuente de corriente en la TL

FIGURA 17/G.961

Alimentación del regenerador

8.4 *Resistencia de la LLD*

Este parámetro es un tema específico de la red local individual y fuera del alcance de esta Recomendación. Su valor máximo depende de la tensión a la salida de la TL, del consumo de energía de la TR1 y del regenerador (de ser requerido) y de la disposición de la alimentación de potencia en el interfaz usuario-red.

8.5 *Corriente de humectación*

La TR1 proporcionará una corriente continua de terminación que permita que fluya una corriente de humectación mínima (el valor de la cual debe ser definido) inclusive en el modo de bajo consumo de potencia o en el caso de alimentación local de la TR1.

8.6 *Aspectos de la TL*

Se requiere una limitación de corriente para configuraciones de fuentes de tensión o una limitación de tensión para configuraciones de fuente de corriente. Sus valores tendrán en cuenta las publicaciones pertinentes de la CEI y las normas nacionales de seguridad.

Se pueden tolerar pequeñas sobrecargas de la corriente de alimentación (condición de carga del condensador del conversor de corriente continua/corriente alterna en la TR1).

8.7 *Exigencias de potencia de la TR1 y del regenerador*

8.7.1 *Exigencias de potencia de la TR1*

a) estado activo sin alimentación del interfaz usuario red: debe ser definido;

b) estado activo incluyendo energía limitada del interfaz usuario-red como se define en la Recomendación I.430: debe ser definido;

c) estado activo incluyendo energía normal en el interfaz usuario-red como se define en la Recomendación I.430: debe ser definido;

d) modo de bajo consumo de potencia: debe ser definido.

8.7.2 *Requisitos de potencia del regenerador*

Para ulterior estudio.

8.8 *Limitación de corrientes transitorias*

La velocidad de cambio del consumo de corriente por la TR1 o por el regenerador a partir de la red no será mayor que X mA/µs. El valor de X debe ser definido.

9 Condiciones ambientales

9.1 *Condiciones climáticas*

Los diagramas de zonas hidrometeorológicas aplicables al funcionamiento de equipos de TR1 y TL en instalaciones de exteriores y protegidas y desprotegidas puede encontrarse en la Publicación 721/3 de la CEI. La selección de las clases es responsabilidad nacional.

9.2 *Protección*

9.2.1 *Aislamiento*

Se puede identificar el aislamiento entre varios puntos en la TR1:

- entre el interfaz de línea y el punto de referencia T;
- entre el interfaz de línea o el punto de referencia T y la fuente de corriente alterna principal (esto se define generalmente en la Guía 105 de la CEI y en el Publicación 950 de la CEI pero las normas de prueba pueden ser diferentes en diferentes países);
- entre el interfaz de línea y la tierra de protección de la corriente alterna principal.

9.2.2 *Protección contra sobretensiones*

- Conforme con las Recomendaciones K.12, K.20 para la TL.
- Conforme con las Recomendaciones K.12, K.21 para la TR1.

9.3 *Compatibilidad elecromagnética*

9.3.1 *Los niveles de susceptibilidad, niveles de emisiones radiadas y conducidas para el equipo de la TL o TR1*

Este tema está fuera del alcance de esta Recomendación. Deben tomarse en cuenta la Publicación 22 del CISPR y las normas nacionales.

9.3.2 *Limitación de la potencia de salida de la línea*

Deberá limitarse la potencia de salida debido a la pérdida de conversión longitudinal de la línea a altas frecuencias y la limitación de radiación según la Publicación 22 del CISPR y a las normas nacionales. Los valores específicos están fuera del alcance de esta Recomendación.

ANEXO A

(a la Recomendación G.961)

Estructura general de un apéndice sobre características eléctricas

A.0 *Características eléctricas*

Breve caracterización general del sistema de transmisión digital.

Nota – Este anexo es una directriz para la presentación de la descripción de sistemas de transmisión digital y no se pretende limitar ningún sistema que pudiera incluirse.

A.1 *Código de línea*

Para los dos sentidos de la transmisión el código de línea es ... y el esquema de codificación será ...

A.2 *Velocidad de símbolos*

La velocidad de símbolos se determina por el código de línea, la velocidad binaria del flujo de información y la estructura de trama. La velocidad de símbolos es ... kbaud.

A.2.1 *Requisitos del reloj*

A.2.1.1 *Exactitud del reloj de funcionamiento libre en la TR1*

La precisión del reloj de funcionamiento libre en la TR1 será de ± ... ppm.

A.2.1.2 *Tolerancia del reloj de la TL*

La TR1 y la TL aceptarán una exactitud de reloj obtenida a partir de la TC de ± ... ppm.

A.3 *Estructura de la trama*

La estructura de la trama contiene una palabra de trama, *N* veces (2B + D) y un canal CL.

Palabra de trama	*N* veces (2B + D)	Canal CL

A.3.1 *Longitud de la trama*

El número *N* de intervalos de tiempo (2B + D) en una trama es ...

A.3.2 *Asignación de bit en el sentido TL-TR1*

En la figura A-1/G.961 se indica la asignación de bits.

SE PREPARARÁ PARA CADA CASO ESPECÍFICO

FIGURA A-1/G.961

Asignación de bits en el sentido TL-TR1

A.3.3 *Asignación de bits en el sentido TR1-TL*

En la figura A-2/G.961 se indica la asignación de bits.

SE PREPARARÁ PARA CADA CASO ESPECÍFICO

FIGURA A-2/G.961

Asignación de bits en el sentido TR1-TL

A.4 *Palabra de trama*

La palabra de trama se utiliza para asignar las posiciones de los bits a los canales 2B + D + CL. Puede utilizarse también para otras funciones.

A.4.1 *Palabra de trama en el sentido TL-TR1*

El código de palabra de trama será ...

A.4.2 *Palabra de trama en el sentido TR1-TL*

El código de palabra de trama será ...

A.5 *Procedimiento de alineación de trama*

A.6 *Multitrama*

Puede utilizarse una estructura de multitrama para permitir la asignación de bits del canal CL en más tramas próximas una a otra. El inicio de la multitrama se determina por la palabra de trama. El número total de tramas en una multitrama es ...

A.6.1 *Palabra de multitrama en el sentido TR1-TL*

Una multitrama será identificada por ...

A.6.2 *Palabra de multitrama en el sentido TL-TR1*

Una multitrama será identificada por ...

A.7 *Desplazamiento (de trama) entre las tramas TL-TR1 y TR1-TL*

La TR1 sincronizará su trama con la trama recibida en el sentido de TL a TR1 y transmitirá su trama con un desplazamiento.

A.8 *Canal CL*

A.8.1 *Velocidad binaria*

A.8.2 *Estructura*

A.8.3 *Protocolos y procedimientos*

A.9 *Aleatorización*

Se aplicará aleatorización a los canales 2B + D y el algoritmo de aleatorización será el siguiente:

- En el sentido de la TL a la TR1;
- En el sentido de la TR1 a la TL.

A.10 *Activación/desactivación*

Procedimiento de descripción del sistema de activación/desactivación incluyendo las opciones soportadas y las no soportadas.

Véase también el § 5 de la Recomendación G.960.

A.10.1 *Señales utilizadas en la activación*

Se presenta una lista y una definición de las señales utilizadas para activación/desactivación (SIG).

- señales utilizadas para arranque (canal CL no disponible);
- bits en un canal CL en una trama ya establecida.

A.10.2 *Definición de temporizadores internos*

A.10.3 *Descripción del procedimiento de activación* (basado en un cronograma para el caso libre de error)

- activación desde el lado red;
- activación desde el lado usuario.

A.10.4 *Cuadro de transición de estados de la TR1 en función de INFO, SIG, temporizadores internos*

Se da la descripción de bucles y de opciones soportados de tal forma que la realización mínima pueda ser fácilmente identificada.

A.10.5 *Cuadro de transición de estados de la TL en función de FE, SIG, temporizadores internos*

Se da la descripción de bucles y opciones soportados de forma tal que la realización mínima pueda ser fácilmente identificada.

A.10.6 *Tiempos de activación*

Véanse los § 5.5.1 y 5.5.2 de la Recomendación G.960.

A.11 *Fluctuación de fase*

Se pretende que las tolerancias de fluctuación de fase aseguren que los límites establecidos en la Recomendación I.430 sean admitidos por los límites de fluctuación de fase de las líneas locales del sistema de transmisión. Los límites de fluctuación de fase indicados más abajo deben ser insatisfechos cualquiera que sea la longitud de línea local y esté o no incluido un regenerador, con tal de que estén cubiertos por las características de los medios de transmisión (véase el § 3). Los límites deben satisfacerse sin tener en cuenta las estructuras de los bits en los canales B, D y CL.

A.11.1 *Tolerancia de fluctuación de fase para señal de entrada en la TR1*

La TR1 satisfará los objetivos de comportamiento con una fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase de magnitudes máximas (J_1, J_2) indicadas en la figura A-3/G.961 para frecuencias de fluctuación simple de fase en la gama de F_1 Hz a F_3 kHz ($F_3 = 1/4\ F_6$, F_6 = frecuencia correspondiente a la velocidad de símbolos) superpuesta a la fuente de señal de prueba. La TR1 satisfará los objetivos de comportamiento con una fluctuación lenta de fase por día hasta ... IU cresta a cresta cuando la máxima velocidad de cambios de fase es ... IU/hora.

A.11.2 *Limitaciones en la fluctuación de fase de salida de la TR1*

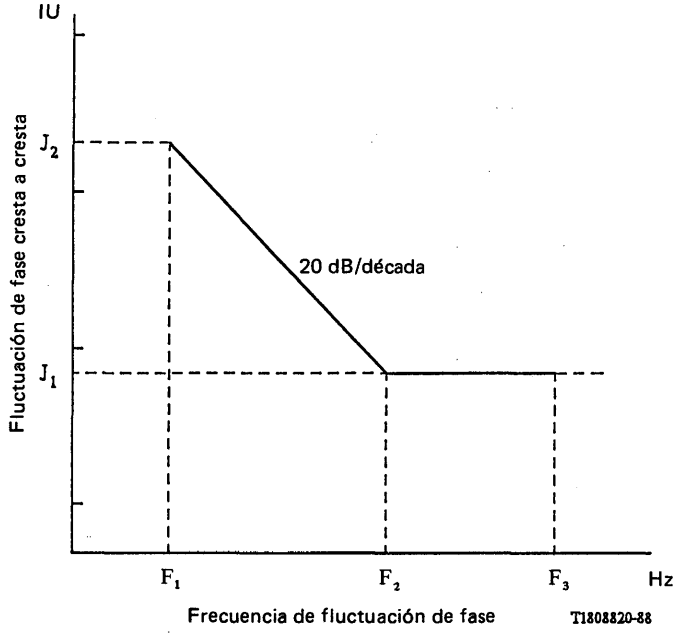
Con la fluctuación lenta de fase/fluctuación de fase, como se ha especificado en el § A.11.1 superpuesta a la señal de entrada TR1, la fluctuación de fase de la señal transmitida de la TR1 hacia la red se mantendrá en los límites siguientes:

a) La fluctuación de fase será igual o menor que ... IU cresta a cresta y menor que ... IU v.m.c. cuando se mide con un filtro paso alto con un régimen de caída de 20 dB/década por debajo de $M \cdot F_2$ Hz ($M \geqslant 1$).

b) La fluctuación de fase de la señal de salida con relación a la fase de la señal de entrada (de la red) no será superior a ... IU cresta a cresta o a ... IU v.m.c cuando se mida con un filtro paso banda que tenga un régimen de caída de 20 dB/década por encima de $N \cdot F_2$ Hz ($N \geqslant 2$) y régimen de caída de 20 dB/década por debajo de $K \cdot F_k$ ($F_k << 1$). Este requisito se aplica para una fluctuación de fase superpuesta a la fase de la señal entrante como se indicó en el § A.11.1 para frecuencias simples por encima de F_2 Hz.

A.11.3 *Condiciones de prueba para mediciones de fluctuación de fase*

No se dispone de señales de transición bien definidas en la terminación a dos hilos de las TR1 debido a la transmisión en los dos sentidos sobre dos hilos y debido a la gran interferencia entre símbolos.



Nota – Se proponen dos soluciones posibles:

a) Se proporciona un punto de prueba en la TR1 para medir la fluctuación de fase con una señal no perturbada.

b) Se define como instrumento de prueba un transceptor normal que incluya una línea local artificial en la TL.

FIGURA A-3/G.961

Fluctuación de fase tolerable de la señal de entrada

A.12 *Características de salida del transmisor de la TR1 y de la TL*

Las especificaciones siguientes se aplican con una impedancia de carga de ...

A.12.1 *Amplitud de los impulsos*

La amplitud nominal de cero a la cresta del mayor pulso será ... V y la tolerancia será ± ... %.

A.12.2 *Forma del impulso*

La forma del impulso satisfará la plantilla de impulso de la figura ...

A.12.3 *Potencia de la señal*

La potencia media de la señal estará entre ... dBm y ... dBm.

A.12.4 *Espectro de potencia*

El límite superior de la densidad espectral de potencia estará dentro de la plantilla de la figura ...

A.12.5 *No linealidad de la señal transmitida*

Esta es una medida de las desviaciones con respecto a la altura ideal del impulso y de la no linealidad de los impulsos individuales.

El método de medición será objeto de ulterior estudio.

A.13 *Terminación transmisor/receptor*

A.13.1 *Impedancia*

La impedancia nominal de entrada/salida mirando hacia la TR1 o la TL será respectivamente ...

A.13.2 *Pérdida de retorno*

La pérdida de retorno de la impedancia será mayor que la mostrada en la plantilla de la figura ...

A.13.3 *Pérdida de conversión longitudinal*

La pérdida de conversión longitudinal mínima será la siguiente:
... kHz ... dB
... kHz ... dB

APÉNDICE I

(a la Recomendación G.961)

Características eléctricas de un sistema de transmisión MMS 43

I.1 *Código de línea*

Para cada sentido de transmisión, el código de línea es un código de estado de supervisión modificado que hace corresponder cuatro bits con tres símbolos ternarios con niveles +, 0 o − (MMS 43). Los detalles del esquema de codificación se muestran en la figura I-1/G.961. Obsérvese que los números de las columnas para cada uno de los cuatro alfabetos S1 ... S4 indican los números del alfabeto que ha de utilizarse para la codificación del siguiente bloque de cuatro bits. Los bits y símbolos a la izquierda son los transmitidos o recibidos primero.

	S1	S2	S3	S4
0001	0 − +1	0 − +2	0 − +3	0 − +4
0111	− 0 +1	− 0 +2	− 0 +3	− 0 +4
0100	− + 0 1	− + 0 2	− + 0 3	− + 0 4
0010	+ − 0 1	+ − 0 2	+ − 0 3	+ − 0 4
1011	+ 0 − 1	+ 0 − 2	+ 0 − 3	+ 0 − 4
1110	0 + − 1	0 + − 2	0 + − 3	0 + − 4
1001	+ − + 2	+ − + 3	+ − + 4	− − − 1
0011	0 0 + 2	0 0 + 3	0 0 + 4	− − 0 2
1101	0 + 0 2	0 + 0 3	0 + 0 4	− 0 − 2
1000	+ 0 0 2	+ 0 0 3	+ 0 0 4	0 − − 2
0110	− + + 2	− + + 3	− + + 2	− − + 3
1010	+ + − 2	+ + − 3	+ − − 2	+ − − 3
1111	+ + 0 3	0 0 − 1	0 0 − 2	0 0 − 3
0000	+ 0 + 3	0 − 0 1	0 − 0 2	0 − 0 3
0101	0 + + 3	− 0 0 1	− 0 0 2	− 0 0 3
1100	+ + + 4	− + − 1	− + − 2	− + − 3

Nota – Un bloque ternario recibido 000 se decodifica como 0000 binario.

FIGURA I-1/G.961

Código SMM 43

I.2 *Velocidad de símbolos*

La velocidad de símbolos es 120 kbaudios.

I.2.1 *Requisitos de reloj*

I.2.1.1 *Exactitud de reloj en funcionamiento libre de la TR1*

La tolerancia de reloj de la TR1 en funcionamiento libre es ± 100 ppm.

I.2.1.2 *Tolerancia de reloj de la TL*

La tolerancia de la señal de reloj proporcionada en la TL es ± 1 ppm.

I.3 *Estructura de trama*

Cada trama contiene una palabra de trama, datos de 2B + D y el canal CL. No se utilizan multitramas.

I.3.1 *Longitud de trama*

La longitud de cada trama es 120 símbolos ternarios que corresponden a 1 ms. Cada trama tiene 108 símbolos (que corresponden a 144 bits) que transportan datos de 2B + D.

I.3.2 *Asignación de símbolos de TL a TR1*

En el sentido TL a TR1, los 120 símbolos de cada trama se utilizan como sigue:

- símbolos 1 a 84: 2B + D;
- símbolo 85: canal CL;
- símbolos 110 a 120: palabra de trama.

I.3.3 *Asignación de símbolos de TR1 a TL*

En el sentido TR1 a TL, la estructura de trama es idéntica a la del sentido TL a TR1.

La trama transmitida por TR1 se sincroniza con la recibida de la TL.

I.4 *Palabra de trama*

I.4.1 *Palabra de trama en el sentido TL a TR1*

La palabra de trama en el sentido TL a TR1 es

+ + + − − − + − − + −

I.4.2 *Palabra de trama en el sentido TR1 a TL*

La palabra de trama en el sentido TR1 a TL es

− + − − + − − − + + +

I.5 *Procedimiento de alineación de trama*

Se considera que el sistema de transmisión es síncrono si la palabra de trama ha sido identificada en la misma posición para cuatro tramas que se suceden inmeditamente. Se supone la pérdida de sincronismo si la posición de trama detectada no coincide con la posición prevista durante 60 ... 200 tramas sucesivas.

I.6 *Multitrama*

No se utiliza.

I.7 *Desplazamiento de trama en la TR1*

En la línea de la TR1, la palabra de trama transmitida por la TR1 aparece 60 ± 1 símbolos (0,5 ms) después que la recibida a la entrada de la TR1, medida entre los primeros símbolos de cada palabra de trama.

I.8 *Canal CL*

I.8.1 *Velocidad binaria*

La velocidad binaria del canal CL (canal de mantenimiento) es 1 kbit/s.

I.8.2 *Estructura*

No se define una estructura específica para mensajes transparentes.

I.8.3 *Protocolos de procedimientos*

Los mensajes transparentes en el canal CL utilizan polaridades «0» y «−» del símbolo CL de la señal de línea. Las polaridades «0» y «+» se utilizan para pedir un bucle 2B + D en la TR1 o en un repetidor intermedio. La utilización transparente del canal CL puede anular estas instrucciones de bucle.

I.9 *Aleatorización*

Se utiliza la aleatorización para minimizar la correlación entre los símbolos entrantes y transmitidos. La aleatorización se aplica solamente a los canales 2B + D.

El polinomio de aleatorización es diferente en los sentidos de transmisión de TR1 a TL y de TL a TR1.

- en el sentido TL a TR1:1 $\oplus x^{-5} \oplus x^{-23}$
- en el sentido TR1 a TL:1 $\oplus x^{-5} \oplus x^{-23}$.

donde $\oplus$ es la suma módulo dos y x^{-k} los datos aleatorizados retardados por intervalos de k símbolos.

I.10 *Activación/desactivación*

Se proporciona activación/desactivación para permitir la utilización de un estado de bajo consumo de potencia especialmente para aplicaciones en las que la TR1 es alimentada desde el TL por la línea local. La activación a partir del estado de bajo consumo de potencia puede iniciarse desde ambos extremos utilizando una señal de ráfaga de 7,5 kHz. Las colisiones se tratan a tavés de la duración y velocidad de repetición apropiadas de estas ráfagas.

Los procedimientos en el sistema de línea admiten los procedimientos en el punto de referencia T para el control de la llamada de conformidad con la Recomendación I.430 y el funcionamiento de los bucles 1 (en la TL), 1A (en el regenerador) y 2 (en la TR1) de conformidad con la Recomendación I.603. Los bucles son transparentes.

El temporizador 1 y el temporizador 2, definidos en la Recomendación I.430, están situados como sigue:

- el temporizador 1 en la capa 1 de la TC o en la TC,
- el temporizador 2 en la TR1.

La activación del sistema de línea para fines de mantenimiento, por ejemplo, supervisión de la característica de error, incluso si no hay ningún ET conectado al interfaz en el punto de referencia T.

La transmisión de INFO 2 en el interfaz en el punto de referencia T se inicia cuando el sistema de línea está sincronizado en el sentido TL a TR1.

I.10.1 *Señales utilizadas para activación*

A fin de proporcionar medios para controlar/indicar la progresión durante la activación/desactivación a través de la línea local, se utilizan los siguientes elementos de señal:

SIG 0 — De TR1 a TL y de TL a TR1
Ninguna señal.

SIG 1W — De TR1 a TL
Señal de atento (tono de 7,5 kHz); señaliza a la entidad de capa 1 en la central local que tiene que pasar al estado de mayor consumo de potencia y proporcionar la activación del sistema de línea y el interfaz, en el punto de referencia T.
Esta señal se utiliza también como acuse de atento a la recepción de SIG 2W.

SIG 2W — De TL a TR1
Señal de atento (tono de 7,5 kHz); señaliza a la TR1 que tiene que pasar al estado de mayor consumo de potencia y preparar la sincronización en una señal entrante de la TL.
Esta señal se utiliza también como acuse de atento al recibo de SIG 1W.

SIG 1 De TR1 a TL
Señal que contiene información de alineación de trama y permite la sincronización del receptor en la TL. Informa a la TL que la TR1 ha sincronizado en SIG 2.

SIG 2 De TL a TR1
Señal que contiene información de alineación de trama y permite la sincronización del receptor en la TR1.

SIG 1A De TR1 a TL
Señal similar a SIG 1 pero sin información de alineación de trama.

SIG 3 De TR1 a TL
Señal que contiene información de alineación de trama y permite la sincronización del receptor en la TL. Indica a la TC que el interfaz en el punto de referencia T está sincronizado en ambos sentidos de transmisión (salvo en el caso de bucle 2 y 1A).

SIG 4H De TL a TR1
Señal que exige a la TR1 que establezca capacidad de transferencia de información de capa 1 completa en ambos sentidos de transmisión.

SIG 4 De TL a TR1
Señal que contiene información de alineación de trama y datos operacionales en canales B y D.

SIG 5 De TR1 a TL
Señal que contiene información de alineación de trama y datos operacionales en canales B y D.

SIG 2-L2 De TL a TR1
Señal similar a SIG 2, pero que incluye una petición de bucle 2.

SIG 4H-L2 De TL a TR1
Señal que exige a la TR1 que haga funcionar el bucle 2 y establezca capacidad de transferencia de información de capa 1 en el sentido de TL a ET (bucle 2 transparente).

SIG 4-B2 Señal similar a SIG 4, pero que incluye una petición de bucle 2.

Todas las señales SIG, salvo SIG 1W y SIG 2W, son señales continuas. Las señales de atento SIG 1W y SIG 2W se envían solamente durante un periodo de tiempo especificado, pero pueden repetirse si no se recibe acuse. Los tiempos de repetición se especifican de manera que se asegure un interfuncionamiento apropiado con el procedimiento de activación normal.

Las peticiones de bucle se transmiten utilizando el canal CL. Las demás señales SIG no requieren el canal CL.

El canal CL se proporciona con todas las señales SIG, salvo SIG 0, SIG 1W, SIG 2W y SIG 1A.

I.10.2 *Definición de temporizadores internos*

En los cuadros de transición de estados y en los diagramas de flechas se utilizan los siguientes temporizadores internos:

Tn1 = 13 ms: temporizador para supervisar la repetición de la señal de atento SIG 2W de la TL.

Tl1 = 7 ms: temporizador para supervisar la repetición de la señal de atento SIG 1W de la TR1.

Tl2 = 1 ms: temporizador que define la duración de SIG 4H y SIG 4H-B2.

Tl3 = 1 ms: temporizador que asegura que, en condiciones sin fallos, la FI-AI se pasa primero en el ET y después en la TL/TC. Esto protege la primera trama de capa 2 (capa 3 – mensaje ESTABLECIMIENTO) del lado red.

Tl4 = 12 ms: temporizador utilizado para comenzar la transmisión de SIG 2 cuando se solicita el bucle 1.

Tl5 = 0,1 ... 1 s: temporizador para supervisar el procedimiento de desactivación (dentro de la TC).

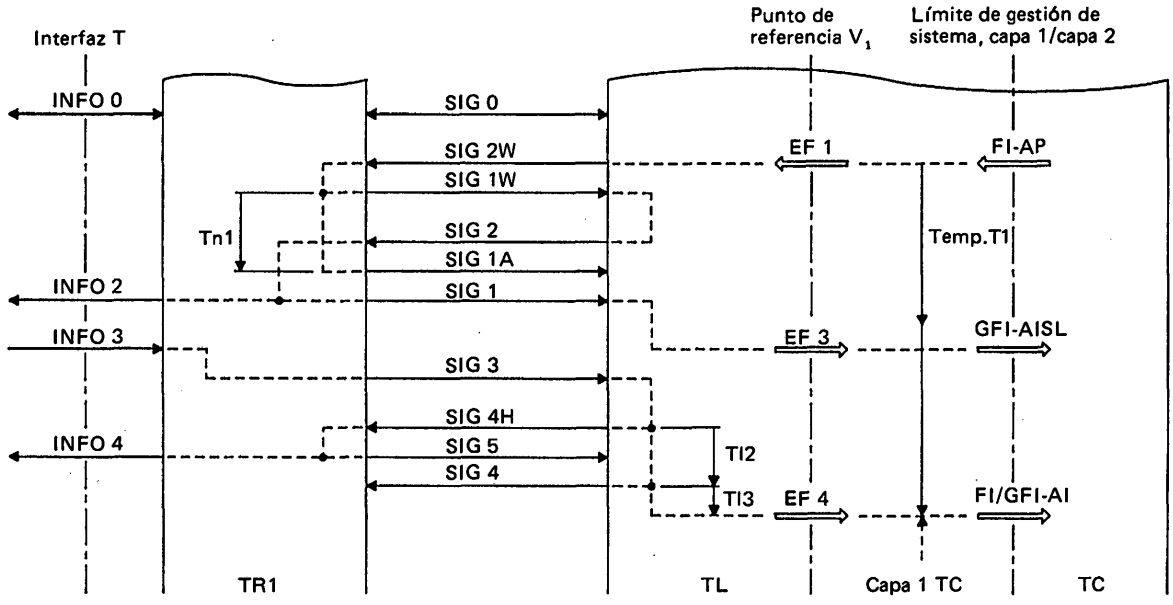
I.10.3 *Descripción del procedimiento de activación*

En la figura I-2/G.961 se describen los procedimientos de activación/desactivación para la situación sin fallos.

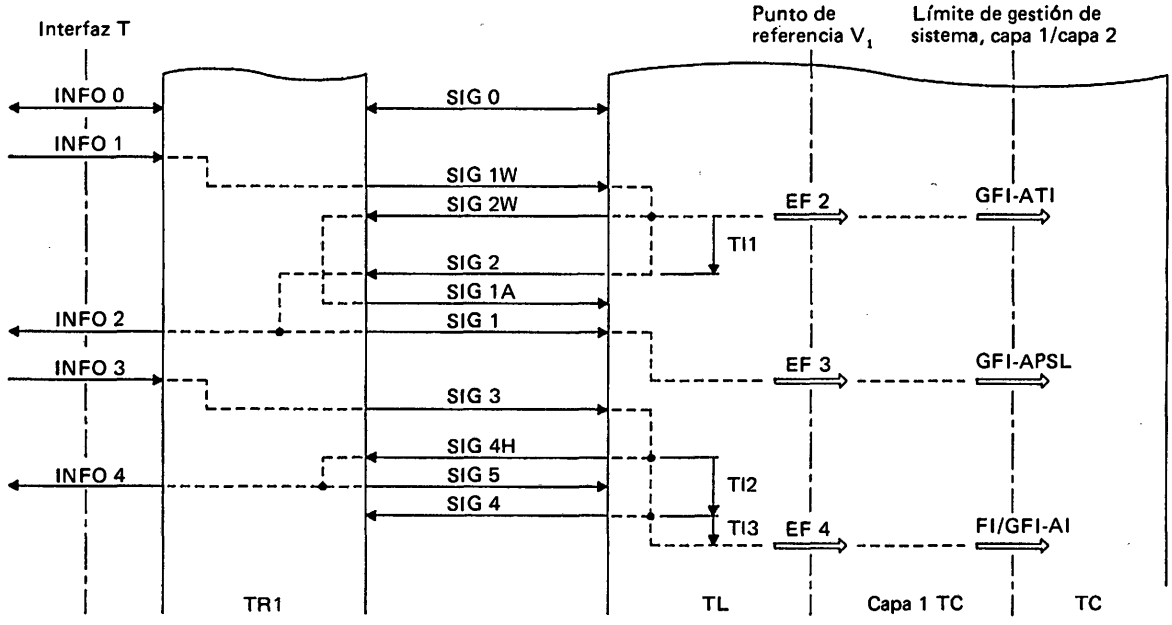
El temporizador T1 (situado en la capa 1 de TC) y el temporizador T2 (situado en la TR1) son los especificados en la Recomendación I.430; los elementos funcionales (EF) se definen en el § 5.4.1.3 de la Recomendación G.960, y las primitivas en los § 5.4.2.2 y 5.4.2.3 de la Recomendación G.960.

I.10.4 *Cuadro de transición de estados de la TR1*

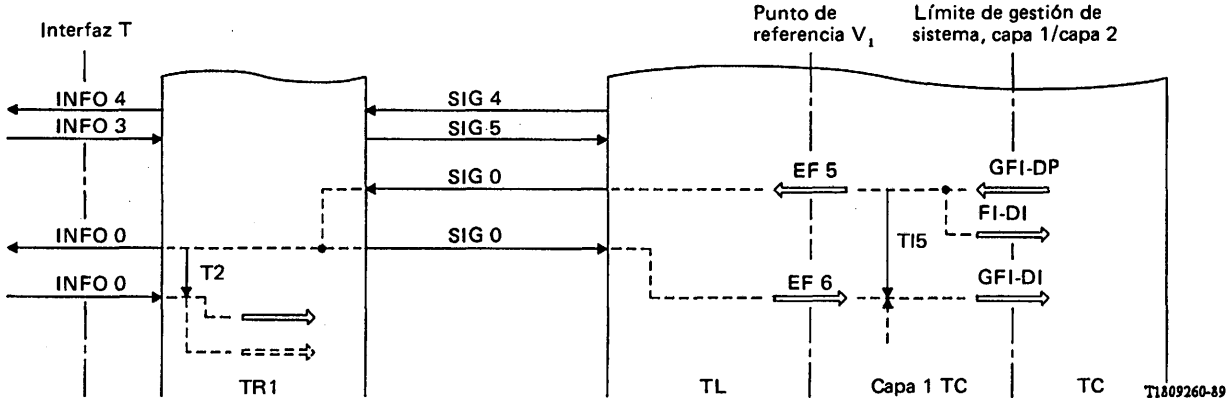
La transición de estados de la TR1 se muestra en el cuadro I-1/G.961. Las INFOS en el interfaz en el punto de referencia T se relacionan con las SIG en el sistema de línea y viceversa.



a) Activación desde el lado red



b) Activación desde el lado usuario



c) Desactivación

FIGURA I-2/G.961

Procedimientos de activación/desactivación: Diagramas de flechas (situaciones sin fallos)

CUADRO I-1/G.961

Cuadro de transición de estados de la TR1

Estado	TR 1.1	TR 1.2	TR 1.3	TR 1.4	TR 1.5	TR 1.6	TR 1.7	TR 1.8	TR 1.9	TR 1.10	TR 2.1	TR 2.2
Señal transmitida	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 2	INFO 2	INFO 4	INFO 0	INFO 2	INFO X (nota 2)	INFO 2	INFO 4 (nota 4)
Señal recepción	SIG 0	SIG 1W	SIG 1W	SIG 1A	SIG 1	SIG 3	SIG 5	SIG 0	SIG 5	SIG 0 (nota 3)	SIG 3	SIG 5 (nota 5)
INFO 0	–	–	–	–	–	–	TR 1.9	TR 1.1	–	–	–	–
INFO 1	TR 1.2	–	–	–	–	–	/	–	–	/	–	/
INFO 3	/	/	/	/	TR 1.6	–	–	–	TR 1.7	/	–	–
SIG 0	–	–	–	ST.T2; TR 1.8	ST.T2; TR 1.8	ST.T2; TR 1.8	ST.T2; TR 1.8	–	ST.T2; TR 1.8	ST.T2; TR 1.8	ST.T2; TR 1.8	ST.T2; TR 1.8
SIG 2W	ST. Tn1; TR 1.3	TR 1.4	/	/	/	/	/	–	/	/	/	/
SIG 2	/	–	–	TR 1.5	–	–	/	/	/	/	TR 1.6 –	/
SIG 4H	/	/	/	/	/	TR 1.7	–	/	/	/	TR 1.7	/
SIG 4	/	/	/	/	/	/	–	/	–	–	/	TR 1.7
Exp. de T2 (nota 1)	–	–	–	–	–	–	–	TR 1.1	–	–	–	–
Pérdida alineación de trama interfaz T	/	/	/	/	/	–	TR 1.9	–	–	–	/	/
Pérdida alineación de trama sistema de línea	/	/	/	/	TR 1.10	TR 1.10	TR 1.10	/	TR 1.10	–	TR 1.10	TR 1.10
Exp. de temp. interno Tn1	/	/	TR 1.4	/	/	/	/	/	/	/	/	/

CUADRO I-1/G.961*(cont.)*

Estado	TR 1.1	TR 1.2	TR 1.3	TR 1.4	TR 1.5	TR 1.6	TR 1.7	TR 1.8	TR 1.9	TR 1.10	TR 2.1	TR 2.2
Señal transmitida / Señal recepción	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 2	INFO 2	INFO 4	INFO 0	INFO 2	INFO X (nota 2)	INFO 2	INFO 4 (nota 4)
	SIG 0	SIG 1W	SIG 1W	SIG 1A	SIG 1	SIG 3	SIG 5	SIG 0	SIG 5	SIG 0 (nota 3)	SIG 3	SIG 5 (nota 5)
SIG 2-B2	/	–	–	TR 2.1	TR 2.1 ó –	TR 2.1 ó –	/	/	/	/	–	/
SIG 4H-B2	/	/	/	/	/	TR 2.2	–	/	/	/	TR 2.2	–
SIG 4-B2	/	/	/	/	/	/	TR 2.2	/	TR 2.2	TR 2.2	/	–

– Ningún cambio de estado.

/ Imposible por la definición de procedimientos de capa física de par a par o por motivos internos del sistema.

ST.Tx; TRy Arrancar temporizador x; pasar al estado TRy.

Nota 1 – Temporizador T2 definido en la Recomendación I.430.

Nota 2 – INFO X: señal sin información de alineación de trama es decir, CEROS binarios.

Nota 3 – Se permite cualquier otra señal que produce una indicación de error en el lado TL, especialmente la pérdida de alineación de trama o tasa de errores excesiva.

Nota 4 – El bit eco-D se pone a CERO binario.

Nota 5 – Los canales B y D se conectan en bucle al lado red.

Se utilizan los siguientes estados:

TR 1.1 Estado desactivado (modo de bajo consumo de potencia). No se transmite ninguna señal.

TR 1.2 La TR1 envía la señal de atento SIG 1W a la TL, al recibir INFO 1 del lado usuario, y espera la recepción de la señal de acuse de atento SIG 2W de la TL.

TR 1.3 Al recibir la señal de atento SIG 2W, la TR1 responde con SIG 1W y comienza la transmisión de SIG 1A al expirar el temporizador Tn1, a menos que se reciba una nueva señal de atento SIG 2W de la TL.

TR 1.4 Al terminarse el procedimiento de atento, la TR1 espera SIG 2 para sincronizar su receptor.

TR 1.5 El receptor en el lado red está sincronizado. La TR1 envía SIG 1 a la TL e INFO 2 al lado usuario para iniciar la activación del interfaz en el punto de referencia T. Espera la recepción de INFO 3.

TR 1.6 El interfaz en el punto de referencia T está sincronizado en ambos sentidos de transmisión. La TR1 envía SIG 3 a la TL y espera la recepción SIG 4H.

TR 1.7 La TR1 está totalmente activa y envía INFO 4 al lado usuario y SIG 5 a la TL. Los canales B y D son operacionales.

TR 1.8 Estado pendiente de desactivación. La TR1 envía INFO 0 al lado usuario para desactivar el interfaz en el punto de referencia T y SIG 0 a la TL. Espera la recepción de INFO 0 o la expiración del temporizador T2 para pasar al estado NT 1.1.

TR 1.9 Se pasa a este estado cuando se pierde la señal o se pierde la alineación de trama en el interfaz T. No senvía ninguna indicación a la TL, de conformidad con la nota 3 al cuadro 4/I.430.

TR 1.10 Se pasa a este estado al perder la alineación de trama en el lado línea. Se envía una indicación al lado usuario (INFO X) y al lado red (SIG 0).

Los siguientes estados admiten la activación cuando se solicita el bucle 2:

TR 2.1 El receptor en el lado red está sincronizado. La TR1 envía SIG 3 a la TL e INFO 2 al lado usuario (bucle transparente). Espera la recepción de SIG 4H-B2 de la TL.

TR 2.2 La TR1 está totalmente activa y envía INFO 4 al lado usuario (bucle transparente) y SIG 5 a la TL. Se aplica el bucle 2 y los datos de 2B + D en recepción son enviados a la TL.

I.10.5 *Cuadro de transición de estados de la TL*

La transición de estados de la TL se muestra en el cuadro I-2/G.961. Las señales SIG en el sistema de líneas están relacionadas con los elementos funcionales (EF) en el punto de referencia V_1.

Se utilizan los siguientes estados:

TL 1.1 Estado desactivado. No se transmite ninguna señal.

TL 1.2 Al recibir la señal de atento SIG IW, la TL responde con SIG 2W y comienza la transmisión de SIG 2 al expirar el temporizador Tl1, a menos que se reciba una nueva señal de atento SIG 1W de la TR1.

TL 1.3 La TL envía la señal de atento SIG 2 a la TR1, al recibir FE 1, y espera la señal de acuse de atento SIG 1W de la TR1.

TL 1.4 La TL envía SIG 2 a la TR1 y espera SIG 1 o SIG 3 para sincronizar su receptor. Cuando la TL está sincronizada y ha detectado SIG 1, emite FE 3.

TL 1.5 El sistema de transmisión de línea esta sincronizado en ambos sentidos de transmisión. La TL espera la recepción de SIG 3.

TL 1.6 El sistema de transmisión de línea y el interfaz en el punto de referencia T están sincronizados en ambos sentidos de transmisión. La TL envía SIG 4H hasta que expira el temporizador Tl2.

TL 1.7 Estado totalmente activo. La TL envía SIG 4 a la TR1 y emite FE 4. Los canales B y D son plenamente operacionales.

TL 1.8 Estado pendiente de desactivación. La TL envía SIG 0 a la TR1 para desactivar el sistema de línea y el interfaz en el punto de referencia T. Espera la recepción de SIG 0 para pasar al estado TL 1.1 y emitir FE 6.

CUADRO I-2/G.961

Cuadro de transición de estados de la TL

Estado	TL 1.1	TL 1.2	TL 1.3	TL 1.4	TL 1.5	TL 1.6	TL 1.7	TL 1.8	TL 2.1	TL 2.2	TL 2.3	TL 2.4
Señal transmitida / Señal recepción	SIG 0	SIG 2W	SIG 2W	SIG 2	SIG 2	SIG 4H	SIG 4	SIG 0	SIG 2W	SIG 2	SIG 4H	SIG 4
EF 1	TL 1.3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
EF 5	:	TL 1.8	TL 1.8	TL 1.8	TL 1.8	TL 1.8	TL 1.8	–	TL 1.8	TL 1.8	TL 1.8	TL 1.8
SIG 0	–	–	–	–	EF 7; –	EF 7; –	EF 7; –	EF 6; TL 1.1	–	–	–	–
SIG 1W	ST.T11, EF 2; TL 1.2	:	TL 1.4	/	/	/	/	–	–	/	/	/
SIG 1	/	/	/	EF 3; TL 1.5	–	/	/	–	/	–	–	–
SIG 3	/	/	/	ST.T12; TL 1.6	ST.T12; TL 1.6	–	–	–	/	–	–	–
Exp. temp. interno T11	–	TL 1.4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Exp. temp. interno T12	–	–	–	–	–	EF 7; TL 1.4	–	–	–	–	EF 4; TL 2.4	–
Pérdida alineación de trama sistema de línea	/	/	/	/	EF 7; –	EF 7; –	EF 7; –	–	/	/	/	/

CUADRO I-2/G.961

Estado	TL 1.1	TL 1.2	TL 1.3	TL 1.4	TL 1.5	TL 1.6	TL 1.7	TL 1.8	TL 2.1	TL 2.2	TL 2.3	TL 2.4
Señal transmitida / Señal recepción	SIG 0	SIG 2W	SIG 2W	SIG 2	SIG 2	SIG 4H	SIG 4	SIG 0	SIG 2W	SIG 2	SIG 4H	SIG 4
EF 4	ST.TI4; TL 2.1	–	TL 2.2 ó –	TL 2.2 ó –	TL 2.2 ó –	–	–	TL 2.1	:	:	:	:
Exp. temp. interno TI4	–	–	–	–	–	–	–	–	TL 2.2	–	–	–
Rec. sincronización en señal en bucle	/	/	/	–	–	–	–	–	/	ST.TI2; TL 2.3	–	–

– Ningún cambio de estado.

/ Imposible por la definición de los procedimientos de capa física de par a par o por razones internas del sistema.

: Imposible por la definición de la capa física.

a, b; TLx Ejecutar acción/emitir mensaje a y b; pasar al estado TLx.

l'état LTx.

ST.TIx Arrancar temporizador TIx.

Los siguientes estados admiten la activación cuando se solicita el bucle 1:

TL 2.1 La TL envía la señal de atento SIG 2W a la TR1 (bucle transparente), al recibir FE 9 y comienza la transmisión de SIG 2 al expirar el temporizador TI4.

TL 2.2 La TL ha aplicado el bucle 1 y está sincronizando su receptor en la señal de bucle.

TL 2.3 La TL envía SIG 4H hasta que expira el temporizador TI2.

TL 2.4 La TL está totalmente activa y envía SIG 4 a la TR1 (bucle transparente). Se hace funcionar el bucle 1.

El cuadro de transición de estados de TL no es afectado por las peticiones de bucles 2 y 1A. Las señales de control correspondientes son transferidas a través de los canales C_{V1} y CL.

I.10.6 *Tiempos de activación*

Para la definición de tiempos de activación, véase el § 5.5 de la Recomendación G.960.

a) Tiempo de activación máximo para la activación que se produce inmediatamente después de una desactivación:
   - sin regenerador: 210 ms
   - con regenerador: 420 ms.

b) Tiempo máximo para la activación que se produce después de la primera energización de una línea:
   - sin regenerador: 1,5 s
   - con regenerador: 3 s.

I.11 *Fluctuación de fase*

Las tolerancias de fluctuación de fase garantizarán que no se rebasa el límite máximo de fluctuación de fase de la red (véase la Recomendación G.823).

Además, los límites establecidos en la Recomendación I.430 deben ser apoyados por los límites de fluctuación de fase del sistema de transmisión en líneas locales.

Deben cumplirse los límites de fluctuación de fase indicados más adelante independientemente de la longitud de la línea local y de la inclusión de repetidores, a condición de que estén cubiertos por las características de los medios de transmisión (véase el § 3). Los límites deben respetarse con independencia de la señal transmitida. Debe estudiarse ulteriormente una secuencia de prueba adecuada (véase el § 4 de la Recomendación G.823).

I.11.1 *Límites de fluctuación de fase de entrada máxima admisible*

La amplitud de la fluctuación de fase a la entrada de la TR1 estará limitada por la plantilla de la figura I-3/G.961.

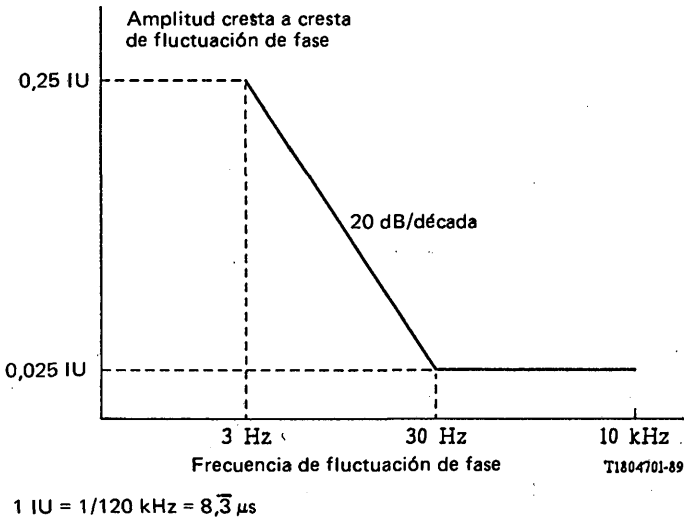


FIGURA I-3/G.961

Fluctuación de fase sinusoidal mínima admisible a la entrada

I.11.2 *Fluctuación de fase de salida de TR1 en ausencia de fluctuación de fase de entrada*

Cuando se mide con filtro paso alto una frecuencia de corte de 30 Hz, la fluctuación de fase a la salida de la TR1 no excederá de 0,02 IUpp. Sin un filtro, la fluctuación de fase no excederá de 0,1 IUpp.

I.11.3 *Fluctuación de fase de extracción de temporización*

La fluctuación de fase a la salida de la TR1 seguirá exactamente a la fluctuación de fase a la entrada. Por tanto, la función de transferencia de fluctuación de fase de la TR1 será inferior a ± 1 dB en la gama de frecuencia 3 Hz a 30 Hz.

I.11.4 *Condiciones de prueba para las mediciones de la fluctuación de fase*

Para ulterior estudio.

I.12 *Características de la salida del transmisor*

I.12.1 *Amplitud del impulso*

La amplitud de un solo impulso transmitido será 2 V ± 0,2 V con una impedancia de carga de 150 ohmios.

I.12.2 *Forma de impulso*

La forma de un solo impulso transmitido se ajustará a la plantilla mostrada en la figura I.4/G.961.

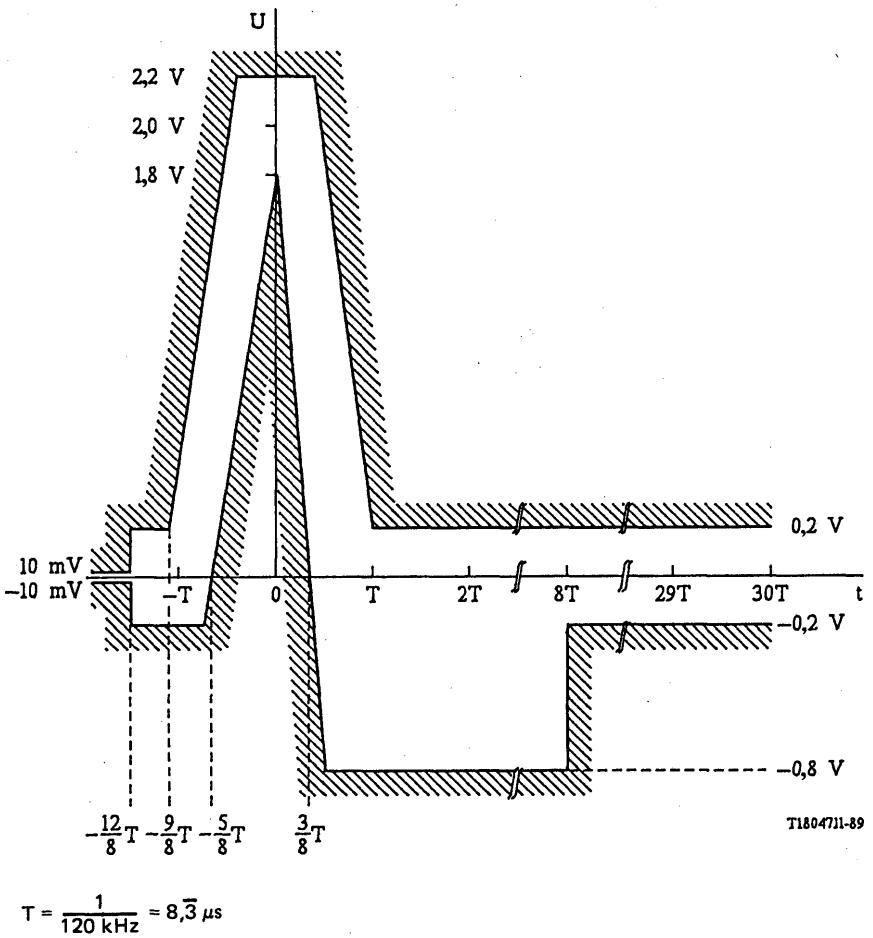


FIGURA I-4/G.961

Plantilla de impulsos para un solo impulso transmitido

I.12.3 *Potencia de la señal*

No se especifica.

I.12.4 *Espectro de la potencia*

El límite superior de la densidad espectral de potencia será el indicado en la figura I-5/G.961.

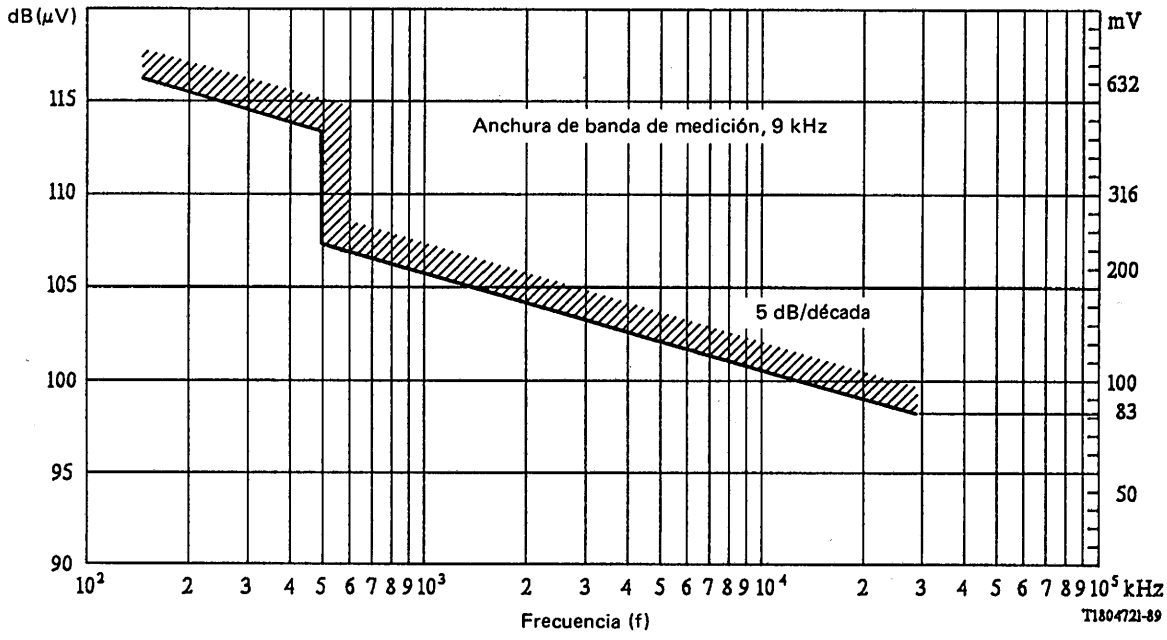


FIGURA I-5/G.961

Límites del espectro de potencia en transmisión

I.12.5 *No linealidad de la señal del transmisor*

No se especifica.

I.13 *Terminación de transmisor/receptor*

I.13.1 *Impedancia*

La impedancia nominal de salida/entrada de la TR1 y de la TL será de 150 ohmios.

I.13.2 *Pérdida de retorno*

La pérdida de retorno para 150 ohmios ± 1% medida para la TR1 o la TL rebasará los límites indicados en la figura I-6/G.961.

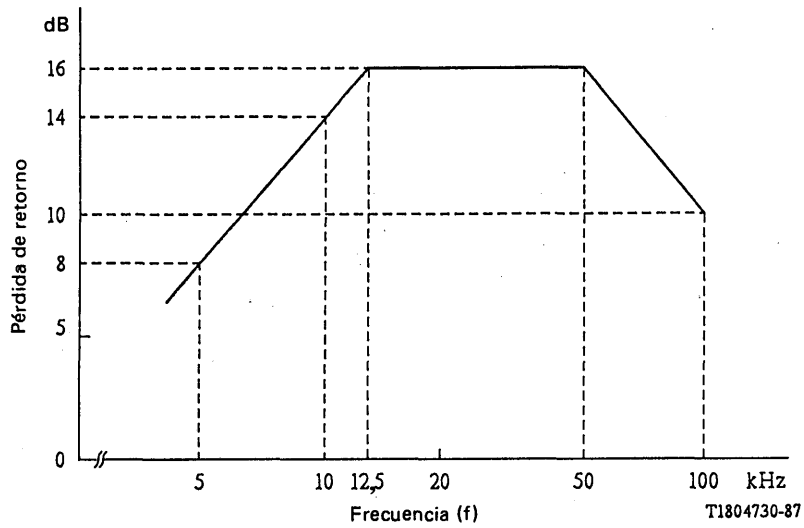


FIGURA I-6/G.961

Pérdida de retorno de la TR1 y la TL

I.13.3 *Pérdida de conversión longitudinal*

La pérdida de conversión longitudinal en el interfaz de línea para la TL y la TR1 rebasará los límites indicados en la figura I-7/G.961.

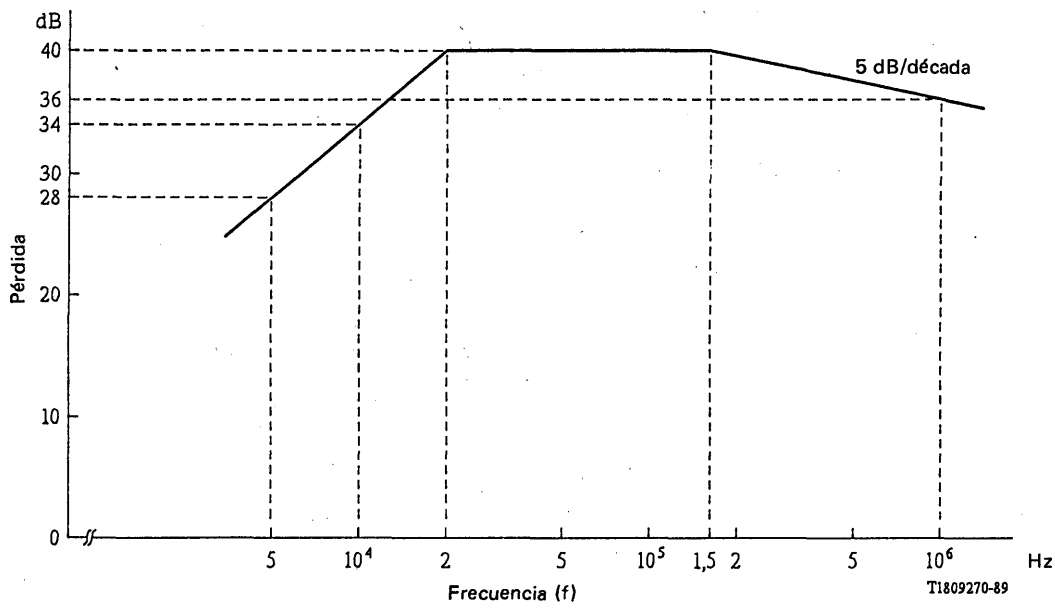


FIGURA I-7/G.961

Pérdida de conversión longitudinal

APÉNDICE II

(a la Recomendación G.961)

Características eléctricas de un sistema de transmisión 2B1Q

II.1 *Código de línea*

El código de línea será 2B1Q (2 binario, 1 cuaternario). Este es un código de 4 niveles y se utiliza sin redundancia.

El tren de bits que entra a la TR1 desde el interfaz en el punto de referencia T (o que entra a la TL desde la TC) se agrupará en pares de bits para la conversión a símbolos cuaternarios que se denominan cuartetos. La figura II-1/G.961 muestra la relación de los bits con los cuartetos en los canales B y D. Los canales B y D se aleatorizan antes de la codificación. Los bits M_1 a M_6 del canal CL se asocian también por pares, y se codifican y aleatorizan de la misma manera.

Datos	Tiempo → B_1				B_2				D
Pares de bits	$b_{11}b_{12}$	$b_{13}b_{14}$	$b_{15}b_{16}$	$b_{17}b_{18}$	$b_{21}b_{22}$	$b_{23}b_{24}$	$b_{25}b_{26}$	$b_{27}b_{28}$	d_1d_2
N.° de cuarteto (relativo)	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6	q_7	q_8	q_9
N.° de bits	8				8				2
N.° de cuartetos	4				4				1

b_{11} Primer bit del octeto B_1 según se ha recibido en el punto de referencia T

b_{18} Último bit del octeto B_1 según se ha recibido en el punto de referencia T

b_{21} Primer bit del octeto B_2 según se ha recibido en el punto de referencia T

b_{28} Último bit del octeto B_2 según se ha recibido en el punto de referencia T

d_1d_2 Bits de canal D consecutivos
(d_1 es el primer bit de un par según se ha recibido en el punto de referencia T)

q_i i-ésimo cuarteto con respecto al comienzo del campo de datos 2B + D de 18 bits dado

Nota – Hay 12 campos de 18 bits 2B + D por trama básica de 1,5 ms.

FIGURA II-1/G.961

Codificación 2B1Q de campos de bits 2B + D

Cada par sucesivo de bits aleatorizados en el tren de datos binario se convierte a un símbolo cuaternario que saldrá de los transmisores, como se especifica a continuación:

Primer bit (signo)	Segundo bit (magnitud)	Símbolo cuaternario (cuarteto)
1	0	+ 3
1	1	+ 1
0	1	– 1
0	0	– 3

En el receptor, cada símbolo cuaternario se convierte en un par de bits invirtiendo el cuadro anterior, se desaleatoriza y se forma en un tren de bits que representa los canales B y D y un canal CL que contiene M bits para mantenimiento y otros fines. Los bits en los canales B y D son colocados adecuadamente invirtiendo la relación de la figura II-1/G.961.

II.2 *Velocidad de baudios de línea*

La velocidad de símbolo de línea es 80 kbaudios.

II.2.1 *Tolerancia de reloj*

II.2.1.1 *Tolerancia del reloj de la TR1*

La tolerancia de reloj de la TR1 en funcionamiento libre es ± 100 ppm.

II.2.1.2 *Tolerancia de reloj de la TL*

La tolerancia del reloj proporcionado en TL es ± 5 ppm.

II.3 *Estructura de trama*

La trama será 120 símbolos cuaternarios transmitidos con un intervalo nominal de 1,5 ms. Cada trama contiene una palabra de trama, datos 2B + D y bits de canal CL mostrados en la figura II-2/G.961.

	← 1,5 ms →		
Trama	PT/PTI	12 × (2B + D)	CL
Función	Palabra de trama	2B + D	TARA
N.° de cuartetos	9	108	3
Posiciones de cuartetos	1-9	10-117	118-120
N.° de bits	18	216	6
Posiciones de bits	1-18	19-234	235-240

cuarteto	Símbolo cuaternario = 1 baudio
−3, −1, +1, +3	Nombres de símbolos
2B + D	Canales de datos de usuario B_1, B_2 y D
PT	Palabra de trama (código de 9 símbolos) = +3 +3 −3 −3 −3 +3 −3 +3 +3
PTI	Palabra de trama invertida (o complementaria) = −3 −3 +3 +3 +3 −3 +3 −3 −3
CL	Bits de canal M, M_1 a M_6

Nota – Las tramas en el sentido TR1 a red se desplazan con respecto a las tramas en el sentido red a TR1 por 60 ± 2 cuartetos.

FIGURA II-2/G.961

Estructura de trama del sistema de transmisión 2B1Q

II.3.1 *Longitud de trama*

El número de intervalos 2B + D en una trama es 12. Cada intervalo contiene 18 bits.

II.3.2 *Asignación de bits en el sentido de TL a TR1*

La asignación de bits de las tramas se muestra en las figuras II-1/G.961 y II-2/G.961.

II.3.3 *Asignación de bits en el sentido TR1 a TL*

Véase el § II.3.2.

II.4 *Palabra de trama (PT)*

La palabra de trama se utiliza para asignar posiciones de bits a los canales B, D y CL. Puede utilizarse también para sincronización de baudios.

II.4.1 *Palabra de trama en el sentido TL a TR1*

El código para palabra de trama en todas las tramas, salvo la primera, en una multitrama será:

$$PT = +3\ +3\ -3\ -3\ -3\ +3\ -3\ +3\ +3$$

El código para la palabra de trama de la primera trama de una multitrama será una palabra de trama invertida (PTI):

$$PTI = -3\ -3\ +3\ +3\ +3\ -3\ +3\ -3\ -3$$

II.4.2 *Palabra de trama en el sentido TR1 a TL*

Véase el § II.4.1.

II.5 *Procedimiento de alineación de trama*

No se especifica.

II.6 *Multitrama*

Para permitir la asignación de los bits de canal CL en más de una trama, se utiliza una multitrama. El comienzo de la multitrama es determinado por la palabra de trama invertida (PTI). El número de tramas en una multitrama es 8.

II.6.1 *Palabra de multitrama en el sentido TR1 a TL*

Véase el § II.4.1.

II.6.2 *Palabra de multitrama en el sentido TL a TR1*

Véase el § II.4.1.

II.7 *Desplazamiento de trama entre tramas de TL a TR1 y de TR1 a TL*

La TR1 sincronizará las tramas transmitidas con las tramas recibidas (sentido TL a TR1). Las tramas transmitidas serán desplazadas con respecto a las tramas recibidas por 60 ± 2 símbolos cuaternarios (es decir, 0,75 ms).

II.8 *Canal CL*

II.8.1 *Velocidad binaria*

La velocidad binaria para el canal CL es 4 kbit/s.

II.8.2 *Estructura*

Cuarenta y ocho bits de una multitrama se utilizan para el canal CL y se denominan bits M.

Veinticuatro bits por multitrama (2 kbit/s) se asigna a un canal de operaciones insertadas (COI) que admite necesidades de comunicaciones de operaciones entre la red y la TR1.

Doce bits por multitrama (1 kbit/s) se asignan a una función de verificación por redundancia cíclica (VRC).

Doce bits por multitrama (1 kbit/s) se asignan a otras funciones y bits de reserva como se muestra en la figura II-3/G.961.

		Alineación de trama	2B + D	Bits de CL (tara) M_1 a M_6					
	Posiciones de cuartetos	1-9	10-117	118s	118m	119s	119m	120s	120m
	Posiciones de bits	1-18	19-234	235	236	237	238	239	240
Multi-trama N.°	Trama básica N.°	Palabra de trama	2B + D	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6
		TL a TR1							
A	1	PTI	2B + D	COI_{a1}	COI_{a2}	COI_{a3}	ACT	1	1
	2	PT	2B + D	COI_{dm}	COI_{i1}	COI_{i2}	DEA	1	EBED
	3	PT	2B + D	COI_{i3}	COI_{i4}	COI_{i5}	1	VRC_1	VRC_2
	4	PT	2B + D	COI_{i6}	COI_{i7}	COI_{i8}	1	VRC_3	VRC_4
	5	PT	2B + D	COI_{a1}	COI_{a2}	COI_{a3}	1	VRC_5	VRC_6
	6	PT	2B + D	COI_{dm}	COI_{i1}	COI_{i2}	1	VRC_7	VRC_8
	7	PT	2B + D	COI_{i3}	COI_{i4}	COI_{i5}	1	VRC_9	VRC_{10}
	8	PT	2B + D	COI_{i6}	COI_{i7}	COI_{i8}	1	VRC_{11}	VRC_{12}
B, C, . . .									
		TR1 a TL							
1	1	PTI	2B + D	COI_{a1}	COI_{a2}	COI_{a3}	ACT	1	1
	2	PT	2B + D	COI_{dm}	COI_{i1}	COI_{i2}	ps_1	1	EBED
	3	PT	2B + D	COI_{i3}	COI_{i4}	COI_{i5}	ps_2	VRC_1	VRC_2
	4	PT	2B + D	COI_{i6}	COI_{i7}	COI_{i8}	ntm	VRC_3	VRC_4
	5	PT	2B + D	COI_{a1}	COI_{a2}	COI_{a3}	AFS	VRC_5	VRC_6
	6	PT	2B + D	COI_{dm}	COI_{i1}	COI_{i2}	1	VRC_7	VRC_8
	7	PT	2B + D	COI_{i3}	COI_{i4}	COI_{i5}	1	VRC_9	VRC_{10}
	8	PT	2B + D	COI_{i6}	COI_{i7}	COI_{i8}	1	VRC_{11}	VRC_{12}
2, 3, . . .									

1	Reserva = bit para normalización futura; fijado = UNO
COI	Canal de operaciones insertadas a Bit de dirección dm Indicador de datos/mensaje i Información (datos/mensaje)
PT	Palabra de trama
PTI	Palabra de trama invertida
s	Bit de signo (primero) del cuarteto
m	Bit de magnitud (segundo) del cuarteto
ACT	Bit de activación (puesto a UNO durante la activación)
ps_1, ps_2	Bits de estado de potencia (puestos a CERO para indicar problemas de potencia)
ntm	Bit de TR1 en modo de prueba (puesto a CERO para indicar modo de prueba)
AFS	Bit de arranque en frío solamente (puesto a UNO para indicar arranque en frío solamente)
VRC	Verificación por redundancia física: abarca 2B + D y M4 1 Bit más significativo 2 Siguiente bit más significativo etc.
DEA	Bit de desactivación (puesto a CERO para anunciar la desactivación)
EBED	Bit de error de bloque de extremo distante (puesto a CERO para multitrama con error)

Nota 1 – Desplazamiento de retardo de multitrama de TR1 a red con respecto a la multitrama de red a TR1 por 60 ± 2 cuartetos (aproximadamente 0,75 ms). Se aleatorizan todos los bits que no son la palabra de trama.

Nota 2 – Tramas básicas de 8 × 1,5 ms → multitrama de 12 ms.

FIGURA II-3/G.961

Técnica de multitrama de 2B1Q y asignaciones de bits de tara

II.8.3 *Protocolo y procedimientos*

Las funciones de canal CL (bits M) especificadas a continuación se basan en la asignación de bits para la multitrama definida en la figura II-3/G.961.

II.8.3.1 *Función de supervisión de errores*

II.8.3.1.1 *Verificación por redundancia cíclica (VRC)*

Los bits VRC son los bits M_5 y M_6 de las tramas 3 a 8 de la multitrama. El VCR es un código de detección de errores que será generado a partir de los bits apropiados en la multitrama e insertado en el tren binario por el transmisor. En el receptor, una VRC calculada a partir de los mismos bits se comparará con el valor de VRC recibido en el tren binario. Si los dos VRC difieren, ha habido por lo menos un error en los bits cubiertos en la multitrama.

II.8.3.1.2 *Algoritmos de VRC*

El código de verificación por redundancia cíclica (VRC) se calculará utilizando el polinomio:

$$P(x) = x^{12} \oplus x^{11} \oplus x^3 \oplus x^2 \oplus x \oplus 1$$

donde

$\oplus$ = suma módulo 2.

En la figura II-4/G.961 se ilustra un método para generar el código VRC para una multitrama dada. Al comienzo de una multitrama todas las células de registro están liberadas. Los bits de multitrama que han de ser cubiertos por VRC se sincronizan en el generador a partir de la izquierda. Durante los bits que no son cubiertos por la VRC (PT, PTI, M_1, M_2, M_3, M_5 y M_6) el estado del generador de VRC se congela y no cambia de estado de cualquiera de las etapas que se producen. Después que el último bit de multitrama que ha de ser cubierto por la VRC se sincroniza en la célula de registro 1, las doce células de registro contienen el código VRC de la próxima multitrama. Entre este punto y el comienzo de la próxima multitrama, el contenido de la célula de registro se almacena para la transmisión en el campo VRC de la próxima multitrama. Obsérvese que el bit de multitrama VRC1 reside en la célula de registro 12, el VRC2 en las células de registro 11, etc.

Nota – Los UNOS y CEROS binarios del interfaz en el punto de referencia T y los bits correspondientes procedentes de la red (a través del punto de referencia V_1) deben ser tratados como UNOS y CEROS binarios, respectivamente, para el cálculo de la VRC.

II.8.3.1.3 *Bits cubiertos por la VRC*

Los bits VRC se calcularán a partir de los bits en el canal D, ambos canales B y los bits M_4.

II.8.3.2 *Otras funciones de los bits M*

Un número de operaciones de transceptor y funciones de mantenimiento son tratadas por los bit M_4, M_5 y M_6 en la multitrama. Estos bits se definen en los puntos siguientes.

II.8.3.2.1 *Bit de error de bloque de extremo distante*

Un solo bit en cada multitrama se asigna para transportar el bit de error de bloque de extremo distante (EBED). El bit EBED se pondrá a UNO si no hay errores de VRC en la multitrama y a CERO si la multitrama contiene un error de VRC. Los bits EBED se colocarán en la próxima multitrama de salida disponible y se transmitirán al originador. Los bits EBED pueden supervisarse para determinar la calidad de funcionamiento del receptor del extremo distante.

II.8.3.2.2 *El bit ACT*

El bit ACT (bit de actuación) es el bit M_4 de la primera trama de las multitramas transmitidas por cada transceptor. El bit ACT se utiliza como una parte de la secuencia de arranque para comunicar que se está preparando para la progresión de comunicación de capa 2 (véase el § II.10.5).

II.8.3.2.3 *Bit DEA*

El bit DEA (bit de desactivación) es el bit M_4 de la segunda trama de las multitramas transmitidas desde la TL (véanse el § II.3 y la figura II-3/G.961). El bit DEA es utilizado por la TL para comunicar a la TR1 su intención de desactivar (véase el § II.10.1.5.2). Para permitir la detección fiable del bit DEA cuando se indica la intención de desactivar, su estado correspondiente (CERO binario) se transmitirá en tres multitramas sucesivas antes de terminar la transmisión de señal.

II.8.3.2.4 *Bit de alimentación de potencia de TR1*

Dos bits de cada multitrama (figura II-3/G.961) se utilizarán para indicar el estado de alimentación de la TR1. El cuadro II-1/G.961 muestra las asignaciones de bits de estado de alimentación y los mensajes y definiciones correspondientes.

La TR1 debe tener suficiente almacenamiento de energía para transmitir la indicación de ausencia de suministro de potencia durante un mínimo de tres multitramas.

II.8.3.2.5 *Bit indicador de modo de prueba TR1*

Se utilizará un bit, NTM, de cada multitrama (figura II-3/G.961) de la TR1 a la TL para indicar que la TR1 está en un modo de prueba iniciado por el usuario. Se considera que la TR1 está en un modo de prueba cuando el canal D o cualquiera de los dos canales B participan en una acción de mantenimiento iniciada localmente por el usuario. Mientras está en el modo de prueba, la TR1 puede estar indisponible para el servicio o la TR1 puede no ser capaz de realizar acciones solicitadas por mensajes COI. El bit será un UNO binario para indicar el funcionamiento normal y un CERO binario para indicar el modo de prueba.

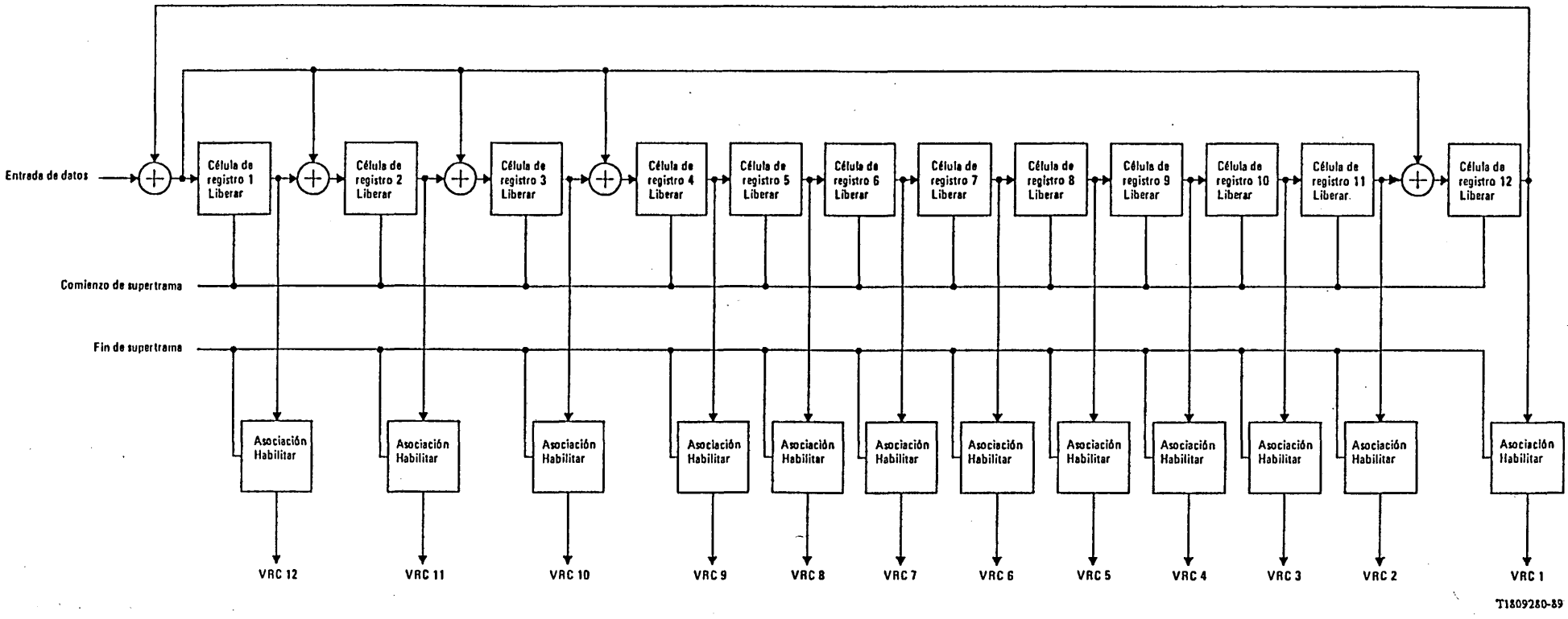


FIGURA II-4/G.961

Generador de VRC-12

CUADRO II-1/G.961

Asignaciones y mensajes del bit de estado de alimentación

Estado de la TR1	Valores binarios ps_1 ps_2	Definición
Potencia normal	11	Los suministros de potencia primaria y secundaria son normales
Ausencia de potencia secundaria	10	La potencia primaria es normal, pero la potencia secundaria es marginal, no está disponible o no se proporciona
Ausencia de potencia primaria	01	La potencia es marginal o no está disponible, la potencia secundaria es normal
Ausencia de suministro de potencia	00	La potencia primaria y secundaria son marginales o no están disponibles. La TR1 puede cesar en breve el funcionamiento normal

II.8.3.2.6 *Bit de arranque en frío solamente (AFS)*

El bit AFS es el bit M_4 de la quinta trama de la multitrama transmitida por una TR1. Se utilizará para indicar las capacidades de arranque del transceptor de la TR1. Si la TR1 tiene un transceptor de arranque en frío solamente, definido en el apartado 4) del § II.10, este bit se pone a UNO. En los demás casos, este bit se pondrá a CERO en la señal SN3.

II.8.3.2.7 *Bits reservados*

Todos los bits en M_4, M_5 y M_6 no asignados se reservan para normalización futura. Los bits reservados se pondrán a UNO antes de la aleatorización.

II.8.3.3 *Funciones de canal de operaciones insertadas (COI)*

Veinticuatro bits por multitrama (2 kbit/s) se asignan a un canal de operaciones insertadas (COI) que apoya necesidades de comunicaciones de operaciones entre la red y la TR1.

II.8.3.3.1 *Trama COI*

La trama COI se compondrá de 12 bits sincronizados con la multitrama:

Bits	3	1	8
Función proporcionada	Campo de dirección	Indicador de datos/mensaje	Campo de información

El campo de dirección de tres bits puede utilizarse para direccionar hasta siete posiciones. Sólo la especificación de direcciones de mensajes para la TR1 están dentro del alcance de esta Recomendación. Las otras direcciones son para elementos de red intermedios cuando el sistema se utiliza para ampliar el acceso en el que participan sistemas de portadoras.

El bit de indicador de datos/mensaje se pondrá a UNO para indicar que el campo de información contiene un mensaje de operaciones; se pondrá a CERO para indicar que el campo de información contiene datos numéricos. Pueden codificarse hasta 256 mensajes en el campo de información.

Se transmitirán exactamente dos tramas COI por multitrama que consisten en todos los bits M_1, M_2 y M_3 (véase la figura II-3/G.961).

II.8.3.3.2 *Modo de funcionamiento*

El protocolo COI funciona en un modo de instrucción/respuesta repetitivo. Se recibirán tres mensajes consecutivos idénticos debidamente direccionados antes de que se inicie una acción. Sólo un mensaje, bajo el control de la red, estará pendiente (todavía sin acuse de recibo) en un COI de acceso básico completo en un momento cualquiera.

La red enviará continuamente un mensaje debidamente direccionado. A fin de producir la acción deseada en el elemento direccionado, la red continuará a enviar el mensaje hasta que reciba tres tramas COI consecutivas idénticas del dispositivo direccionado que concuerden con la trama COI transmitida. Cuando la red está tratando de activar una función COI, los mensajes autónomos de la TR1 interferirán con la confirmación de recepción de un mensaje COI válido. El envío por la TR1 y la recepción por la red de tres mensajes «imposible cumplir» consecutivos idénticos debidamente direccionados constituye la notificación a la red de que la TR1 no admite la función solicitada, en cuyo momento la red puede abandonar su tentativa.

El elemento direccionado iniciará la acción cuando, y solamente cuando se hayan recibido tres tramas COI idénticas, consecutivas y debidamente direccionadas que contienen un mensaje reconocido por el elemento direccionado. La TR1 responderá a todos los mensajes recibidos. La respuesta debe ser un eco de la trama COI recibida hacia la red, con dos excepciones que se describen más adelante. Cualquier respuesta o trama COI devuelta en eco estará en la próxima trama COI de retorno disponible, lo que permite un tiempo de procesamiento de aproximadamente 0,75 ms.

Si la TR1 no reconoce el mensaje en una trama COI debidamente direccionada, más bien que el eco, en la tercera recepción y en todas las subsiguientes de dicha trama COI correctamente direccionada, devolverá el mensaje «imposible cumplir» en la próxima trama COI disponible.

Si la TR1 recibe tramas COI con direcciones distintas a su propia dirección (000), o la dirección en difusión (111), devolverá, en la próxima trama COI disponible, una trama COI hacia la red que contiene el mensaje «retención estado» y su propia dirección (la dirección de TR1, 000).

La especificación de protocolo no ha previsto mensajes autónomos de la TR1.

Todas las acciones que han de ser iniciadas en la TR1 serán de carácter continuado, de modo que permitan que múltiples acciones iniciadas por COI estén en efecto simultáneamente. Un mensaje separado será transmitido por la red para dejar sin efecto esta acción continuada.

II.8.3.3.3 *Direccionamiento*

Una TR1 reconocerá cualquiera de dos direcciones, una dirección de TR1 y una dirección en difusión. Estas direcciones son como sigue:

	Nodo	Dirección
	TR1	000
Difusión	(todos los nodos)	111

Una TR1 utilizará la dirección 000 al enviar el mensaje «imposible cumplir».

II.8.3.3.4 *Definición de las funciones COI requeridas*

1) *Establecimiento de bucle 2B + D:* Esta función dirige la TR1 a conectar en bucle el tren de bits de datos de usuario (2B + D) hacia la red. Este bucle es completo y puede ser transparente o no transparente, pero en cualquier caso continuará a proporcionar señal suficiente para que el ET mantenga la sincronización con la TR1.

2) *Establecimiento de bucle de canal B1 (o de canal B2):* Esta función dirige la TR1 a conectar en bucle un canal B individual hacia la red. El bucle de canal B individual puede proporcionar capacidades de mantenimiento por canal sin interrumpir totalmente el servicio al usuario. Este bucle es transparente.

3) *Retorno anormal:* La finalidad de este mensaje es liberar todas las operaciones controladas por COI pendientes y reiniciar el procesador de COI a su estado inicial.

4) *Acuse de imposible cumplir:* Esta será la confirmación de que la TR1 ha validado la recepción de un mensaje COI, pero que el mensaje COI no está en el menú de la TR1.

5) *Petición de corromper VRC:* Este mensaje solicita el envío de corromper VRC hacia la red, hasta que se cancele con retorno anormal.

6) *Notificación de VRC corrompida:* Este mensaje notifica a la TR1 que se enviará VRC internacionalmente corrompida desde la red hasta que se indique la cancelación mediante «retorno a normal»

7) *Retención estado:* Este mensaje es enviado por la red para mantener el procesador de COI de la TR1 y cualesquiera operaciones controladas por COI activas en su estado actual. Este mensaje puede ser enviado también por la TR1 hacia la red para indicar que la TR1 ha recibido una trama COI con una dirección impropia.

II.8.3.3.5 *Códigos para funciones COI requeridas*

El cuadro II-2/G.961 muestra los códigos para cada una de las funciones COI definidas en el § II.8.3.3.4.

CUADRO II-2/G.961

Mensajes requeridos para el modo COI de instrucción/respuesta

Mensajes	Código de mensaje	Origen (o) y destino (d)	
		Red	TR1
Establecimiento de bucle 2B + D	0101 0000	o	d
Establecimiento de bucle de canal B_1	0101 0001	o	d
Establecimiento de bucle de canal B_2	0101 0010	o	d
Petición de VRC corrompida	0101 0011	o	d
Notificación de VRC corrompida	0101 0100	o	d
Retorno a normal	1111 1111	o	d
Retención estado	0000 0000	d/o	o/d
Acuse de imposible cumplir	1010 1010	d	o

Se han reservado sesenta y cuatro mensajes COI para aplicaciones no normalizadas en los cuatro bloques siguientes de 16 códigos cada uno (x es UNO o CERO): 0100 xxxx, 0011 xxxx, 0010 xxxx, 0001 xxxx. Todos los códigos restantes no definidos en el cuadro II-2/G.961 no reservados para aplicaciones no normalizadas están reservados para normalización futura. De este modo, 184 códigos asociados con las direcciones de TR1 (000) y en difusión (111) están disponibles para normalización futura; es decir, 256 códigos totales menos 8 códigos definidos del cuadro menos 64 códigos para aplicaciones no normalizadas.

Nota – La reserva de códigos para aplicaciones no normalizados no respalda su utilización en modo alguno. Cualquier uso de estos mensajes no interferirá con el protocolo COI. Una TR1 y una TL que admiten mensajes para aplicaciones no normalizadas pueden no funcionar adecuadamente juntas.

II.9 *Aleatorización*

El tren de datos en cada sentido de transmisión será aleatorizado con un polinomio de vigésimo tercer orden (véase la figura II-5/G.961) antes de la inserción de PT.

En el sentido TL a TR1, el polinomio será:

$$1 \oplus x^{-5} \oplus x^{-23}$$

donde

$\oplus$ = suma módulo 2.

En el sentido TR1 a TL, el polinomio será:

$$1 \oplus x^{-18} \oplus x^{-23}$$

donde

$\oplus$ = suma módulo 2.

El tren de datos binarios será recuperado en el receptor aplicando el mismo polinomio a los datos aleatorizados según se utilizó en el transmisor.

Nota – Los UNOS y CEROS binarios que entran al transceptor de la TR1 desde el interfaz en el punto de referencia T o que entran en el transceptor del lado de la TL desde la red deben aparecer como UNOS y CEROS binarios, respectivamente, a la entrada del aleatorizador. Asimismo, durante la transmisión/recepción de la palabra de trama o de la palabra de trama invertida, el estado del aleatorizador debe permanecer inalterado. (Cuidado: es común que los bits de entrada sean todos UNOS, por ejemplo, durante periodos de reposo o durante el arranque. Para que los UNOS sean aleatorizados, el estado inicial del registro de desplazamiento de aleatorización no debe ser todos UNOS.)

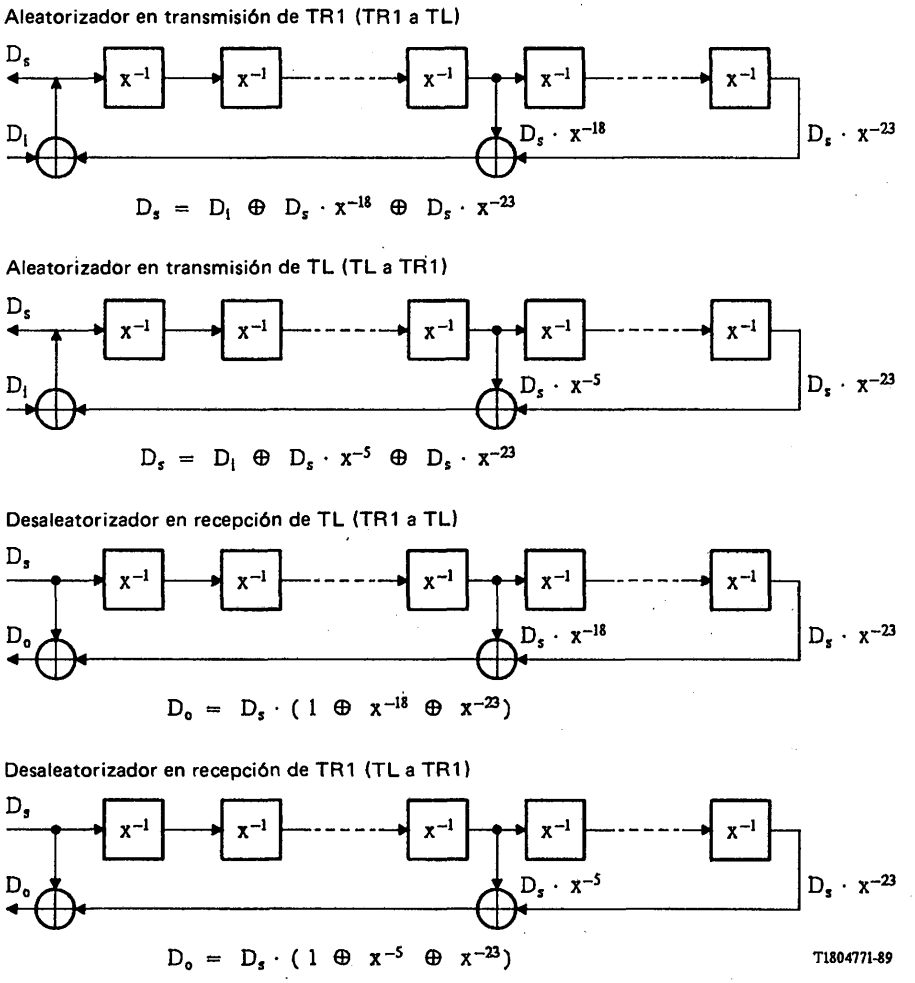


FIGURA II-5/G.961

Aleatorizador y desaleatorizador

II.10 *Activación/desactivación*

En esta sección se indican los requisitos y ejemplos para las peticiones de activación/desactivación, indicadores de activación y de desactivación e indicadores de errores. El sistema de transmisión es capaz de conectar bucles pero éstos no se ilustran en ejemplos. El sistema de transmisión es capaz también de ser activado sin activar el interfaz en el punto de referencia T. No se ha previsto el apoyo de la activación del sistema de transmisión sin activar el interfaz en el punto de referencia T, pero esta capacidad no está excluida (por ejemplo, mediante el uso de bits de canal CL de reserva).

Las siguientes definiciones tienen como finalidad aclarar los requisitos que han de seguirse:

1) *Arranque:* Un proceso caracterizado por una secuencia de señales producidas por la TL y por la TR1. El arranque da como resultado el establecimiento del modo director-subordinador, es decir, la sincronización de los receptores y el acondicionamiento de los ecualizadores y compensadores de eco hasta el punto en que se cumplen los requisitos de transmisión bidireccional.

2) *Arranque en caliente:* El proceso de arranque que se aplica a los transceptores que cumplen los requisitos facultativos de tiempo de activación de arranque en caliente después que han sido sincronizados una vez y han respondido subsiguientemente a una petición de desactivación. El arranque en caliente se aplica solamente si no ha habido cambios de las características de línea y del equipo. Los transceptores que cumplen los requisitos de arranque en caliente se denominan transceptores de arranque en caliente.

3) *Arranque en frío:* El proceso de arranque que se aplica a los transceptores que no cumplen los requisitos facultativos de tiempo de activación de arranque en caliente o que no han estado continuamente en un estado de desactivación resultante de una petición de desactivación a la TR1. El arranque en frío se aplica también si ha habido cambios de las características de línea o de los equipos, o ambos. Un arranque en frío comenzará siempre a partir del estado reiniciación.

4) *Arranque en frío solamente AFS:* Los transceptores de TR1 que no satisfacen los requisitos facultativos de tiempo de activación de arranque en caliente (véase el § II.10.6) se denominan transceptores de arranque en frío solamente.

5) *Reiniciación:* El estado reiniciación consiste en dos subestados: los estados reiniciación en recepción y reiniciación completa. En otras partes de esta Recomendación el término reiniciación se utiliza para referirse al estado reiniciación completa.

   La reiniciación no tiene repercusiones sobre el estado de convergencia de los coeficientes de ecualizador o de compensador de eco del transceptor. Los estados reiniciación son aplicables a los transceptores de arranque en frío solamente y arranque en caliente.

   Para realizaciones específicas de transceptor, los estados (o subestados) reiniciación pueden significar estados internos diferentes y posiblemente múltiples.

6) *Reiniciación completa:* El estado reiniciación completa es uno en el cual un transceptor ha detectado la pérdida de señal procedente del extremo distante y no está transmitiendo (envío de señal al bucle).

   Se pasará al estado reiniciación completa después de un aumento de consumo de potencia.

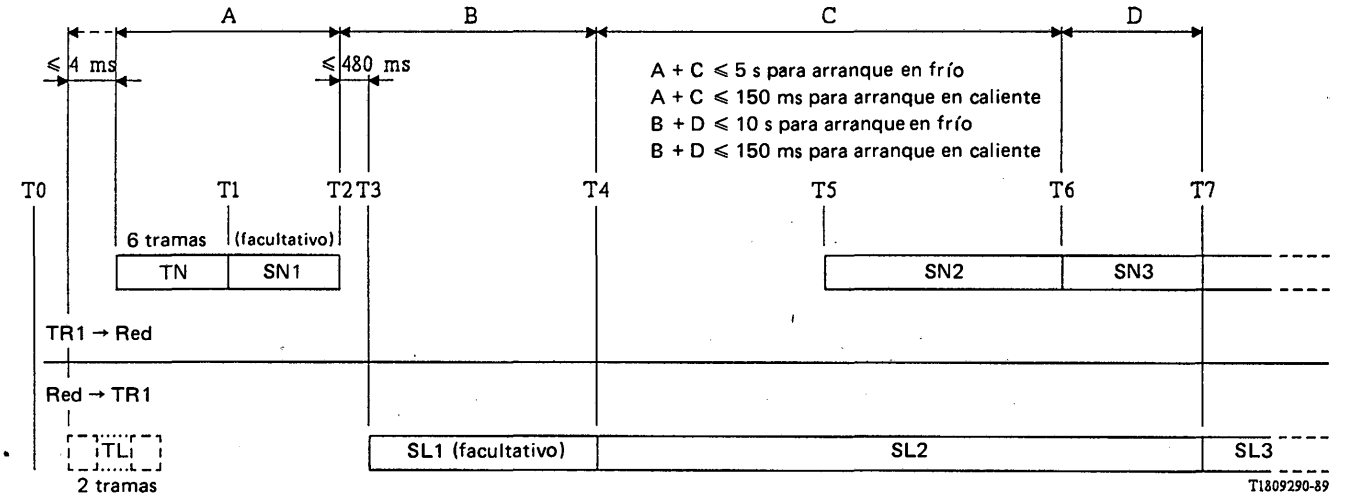
   Mientras está en el estado reiniciación completa, las TR1 pueden iniciar transmisiones solamente para solicitar servicio. En todas las demás condiciones, cuando el interfaz ha sido desactivado, las TR1 permanecerán en reposo, es decir, no comenzarán la transmisión de ninguna señal hasta que la TR1 ha recibido la señal de LT desde la red.

7) *Reiniciación en recepción:* El estado reiniciación en recepción es un estado transitorio en el cual la TR1 ha detectado la pérdida de la señal procedente del extremo distante y no está transmitiendo (envío de señal al bucle) y, además, no se le permite iniciar la secuencia de arranque (enviar tono de atento) pero será capaz de responder a la secuencia de arranque (detectando el tono de atento). Una TR1 debe permanecer en este estado al menos durante 40 ms después de detectar la pérdida de la señal recibida, como se especifica en los § II.10.1.5.2 y § II.10.2, y una vez transcurrido este tiempo, el transceptor pasará al estado reiniciación completa.

II.10.1 *Señales utilizadas para activación*

II.10.1.1 *Señales durante el arranque*

La figura II-6/G.961 define las señales producidas por los transceptores durante el arranque. Estas señales se aplican durante ambos tipos de arranque, es decir, arranque en frío y arranque en caliente. Durante el arranque, todas las señales en el interfaz consistirán en secuencias de símbolos de la forma definida en el § II.12.2.



Temporización: Descripción de suceso o estado:

T0 Estado reiniciación
T1 La red y el TR1 están atentas
T2 La TR1 discontinúa la transmisión, indicando que la TR1 está preparada para recibir señal
T3 La red responde a la terminación de señal y comienza a transmitir la señal hacia la TR1
T4 La red comienza a transmitir la señal SL2 hacia la TR1, indicando que la red está preparada para recibir la señal SN2
T5 La TR1 comienza a transmitir la señal SN2 hacia la red, indicando que la TR1 ha adquirido la trama PT y detectado la señal SL2
T6 La TR1 ha adquirido el marcador de multitrama y es totalmente operacional
T7 La red ha adquirido el marcador de multitrama y es plenamente operacional

FIGURA II-6/G.961

Secuencia de estados para el arranque del transceptor

Con la excepción de los tonos de atento (TN y TL) el aleatorizador será utilizado en la forma normal en la formulación de las señales. Por ejemplo, la figura II-7/G.961 muestra UNOS para bits de canal B y D y los bits de tara en la señal SN1. Estos UNOS son aleatorizados antes de la codificación, produciendo impulsos aleatorios en estas posiciones en el interfaz.

Salvo cuando se señala otra cosa en la figura II-7/G.961, todas las secuencias del impulso están alineadas en tramas y multitramas de acuerdo con la estructura de trama normal mostrada en las figuras II-1/G.961, II-2/G.961, y II-3/G.961, y todos los impulsos representan bits aleatorizados, salvo los de la palabra de trama. Las señales TN y TL son tonos de 10 kHz generados repitiendo el siguiente esquema de símbolos no aleatorizados y no alineados en trama:

$$\ldots +3 \; +3 \; +3 \; +3 \; -3 \; -3 \; -3 \; -3 \ldots$$

II.10.1.2 *Velocidad de línea durante el arranque*

Durante el arranque, la red producirá símbolos a la velocidad de línea nominal dentro de la tolerancia especificada en el § II.2.1.2.

La velocidad de símbolos de la TR1 será 80 kbaudios ± 100 ppm.

Señal	Palabra de trama (PT)	Multitrama (PTI)	2B + D	M	Arranque	Parada	Tiempo (tramas)
TN	± 3∓	± 3∓	± 3∓	± 3∓	†	†	6
SN1	Presente	Ausente	1	1	T1	T2	–
SN2	Presente	Ausente	1	1	T5	T6	–
SN3	Presente	Presente	Normal+	Normal	T6	*	–
TL	± 3∓	± 3∓	± 3∓	± 3∓	†	†	2
SL1	Presente	Ausente	1	1	T3	T4	–
SL2	Presente	Presente	0	Normal	T4	T7	–
SL3	Presente	Presente	Normal+	Normal	T7	*	–

∓	Los tonos tienen un esquema alterno de cuatro +3 símbolos seguidos de cuatro −3 símbolos y ninguna PT
†	Véanse la figura II-6/G.961 y el § II.10.1.3 para el tiempo de arranque y/o de parada de esta señal
TN, TL	Tonos producidos por la TR1 o la TL, respectivamente (véase el § II.10.1.1)
SNx, SLx	Esquema de impulsos producidos por la TR1 o la TL, respectivamente
Tx	Notación que se refiere a instantes de transición definidos en la figura II-6/G.961
Ausente	Debajo de la multitrama, esta notación significa solamente que se transmite PT en vez de PTI
Normal	Normal significa que los bits M se transmiten hacia la línea dos hilos como se requiere durante el funcionamiento normal; por ejemplo, se transmiten bits VRC válidos, bits COI y bits de indicador
Normal+	Salvo para establecer un bucle, los bits 2B + D permanecerán en el estado anterior (señal SN2 o SL2) hasta que ambos bits ACT indiquen la transparencia total de los canales B y D (es decir, los bits 2B + D de señales SN3 y SL3 permanecerán puestos a UNO y CERO, respectivamente, hasta que se logre la transparencia en ambos extremos de la línea local digital (LLD))
*	Las señales SN3 y SL3 continúan indefinidamente (o hasta la desactivación)

FIGURA II-7/G.961

Definiciones de señales durante el arranque

II.10.1.3 *Secuencia de arranque*

La figura II-6/G.961 muestra la secuencia de señales en el interfaz que son generadas por los transceptores. Los puntos de transición en la secuencia se definen también en la figura II-7/G.961. Para más información sobre los sucesos en el interfaz en el punto de referencia T, véase la Recomendación I.430.

II.10.1.4 *Tono de atento*

Cuando los transceptores cumplen los requisitos facultativos de tiempo de activación de arranque en caliente, o cuando las TR1 de arranque en frío solamente que tienen capacidad facultativa para iniciar el arranque, están en el estado reiniciación o están desactivadas por haber respondido a una petición de desactivación, cualquiera de los dos transceptores puede iniciar el arranque enviando un tono definido en la figura II-7/G.961.

II.10.1.5 *Indicadores de progresión*

II.10.1.5.1 *Activación*

En el sentido TR1 a TL, el bit ACT permanece puesto a CERO hasta que el equipo de usuario indica progresión en la obtención de preparado para transmitir. La acción correspondiente en el punto de referencia T en el equipo de usuario es la recepción de la señal INFO 3. Para comunicar esta indicación de progresión, ACT de la TR1 se pone a UNO. Suponiendo que INFO 3 aparece antes de T6 y T7, esta indicación de progresión no afectará los símbolos de tara en el interfaz hasta T6, cuando los bits de tara de TR1 están autorizados a ser normales y pueden no ser detectados por la TL hasta T7.

Después del suceso T7 (figura II-6/G.961) y después que se recibe ACT = UNO de la TR1, la TL pone el bit ACT a UNO a fin de comunicar la preparación para comunicación de capa 2 (véase el § II.8.3.2.2).

II.10.1.5.2 *Desactivación*

Los transceptores en el estado activo que cumplen los requisitos facultativos de tiempo de activación de arranque en caliente cesarán la transmisión sobre la base del bit DEA (véase el § II.8.3.2.3) y la pérdida subsiguiente de la señal recibida. El bit DEA del TL se pondrá a UNO antes de que se inicie la activación. La TL anunciará la desactivación poniendo el bit DEA a CERO.

La TL enviará DEA = CERO al menos en tres multitramas antes de cesar la transmisión. Cesará la transmisión antes de enviar un bit DEA en la multitrama que sigue a la multitrama en la cual se envía por última vez DEA = CERO. Durante las multitramas con DEA = CERO, la TR1 tiene tiempo de preparar la desactivación. La TR1, al detectar la pérdida de señal procedente de la TL, cesará la transmisión, pasará al estado reiniciación en recepción y desactivará. Su tiempo de respuesta a una pérdida de la señal recibida será tal que la TR1 pasará al estado reiniciación en recepción dentro de 40 ms a partir de la ocurrencia de la transición a ninguna señal en su interfaz. Como se especifica en las definiciones dadas al principio del § II.10, no iniciará la transmisión del tono de atento durante un periodo de 40 ms como mínimo, después que cesa la transmisión y entonces pasará al estado reiniciación completa. La TL pasará al estado reiniciación completa al detectar la pérdida de la señal recibida.

Los transceptores de la TL que no aplican los requisitos facultativos de tiempo de activación de arranque en caliente pondrán continuamente el bit DEA a UNO.

II.10.2 *Temporizadores*

Se utilizarán temporizadores para determinar el paso a los estados reiniciación. Al producirse cualquiera de las siguientes condiciones:

1) fallo de arranque completo dentro de 15 s (arranque en caliente o en frío),
2) pérdida de la señal recibida durante más de 480 ms, o
3) pérdida de sincronización durante más de 480 ms,

el transceptor responderá como sigue: al cumplirse las condiciones 1) ó 3), cesará la transmisión y después, a la detección subsiguiente de la pérdida de la señal recibida, el transceptor pasará al estado reiniciación en recepción. Su tiempo de respuesta a una pérdida de señal (después que se han cumplido las condiciones 1) ó 2)) será tal que pasará al estado reiniciación en recepción y será capaz de responder a la iniciación del tono de atento por el transceptor del extremo distante dentro de 40 ms después que el transceptor del extremo distante cesa la transmisión. Al cumplirse la condición 2), el transceptor pasará inmediatamente al estado reiniciación en recepción. Como se especifica en el apartado 7) del § II.10, el transceptor permanecerá en el estado reiniciación en recepción durante 40 ms por lo menos, después de lo cual pasará al estado reiniciación completa. El transceptor puede no iniciar la transmisión del tono de atento en el estado reiniciación en recepción.

Para las condiciones 2) y 3), los requisitos se aplican a los transceptores después del arranque, es decir, después que se logra la sincronización de multitrama (véanse T6 y T7 en la figura II-6/G.961 para transceptores de TR1 y TL, respectivamente).

Además, una TR1 pasará al estado reiniciación completa si no se recibe una señal dentro de 480 ms después de que cesa la transmisión de la señal TN, o SN1 si se envía (véase T2 y T3 en las figuras II-6/G.961 y II-7/G.961).

II.10.3 *Descripción del procedimiento de activación*

II.10.3.1 *Activación desde el equipo de usuario*

Mientras la TR1 y la TL permanecen en el estado desactivado como resultado de la recepción y la respuesta a una petición de desactivación, o mientras están en reiniciación, una petición de activación del equipo de usuario dará como resultado el envío de la señal TN (tono) desde la TR1 hacia la TL. La TL, al recibir la señal TN permanecerá en silencio hasta la detección del cese de la señal de la TR1. El resto de la secuencia seguirá después como se indica en las figuras II-6/G.961 y II-7/G.961. Si la TL trata de activar al mismo tiempo puede enviar un tono TL durante el tono TN sin perjuicio.

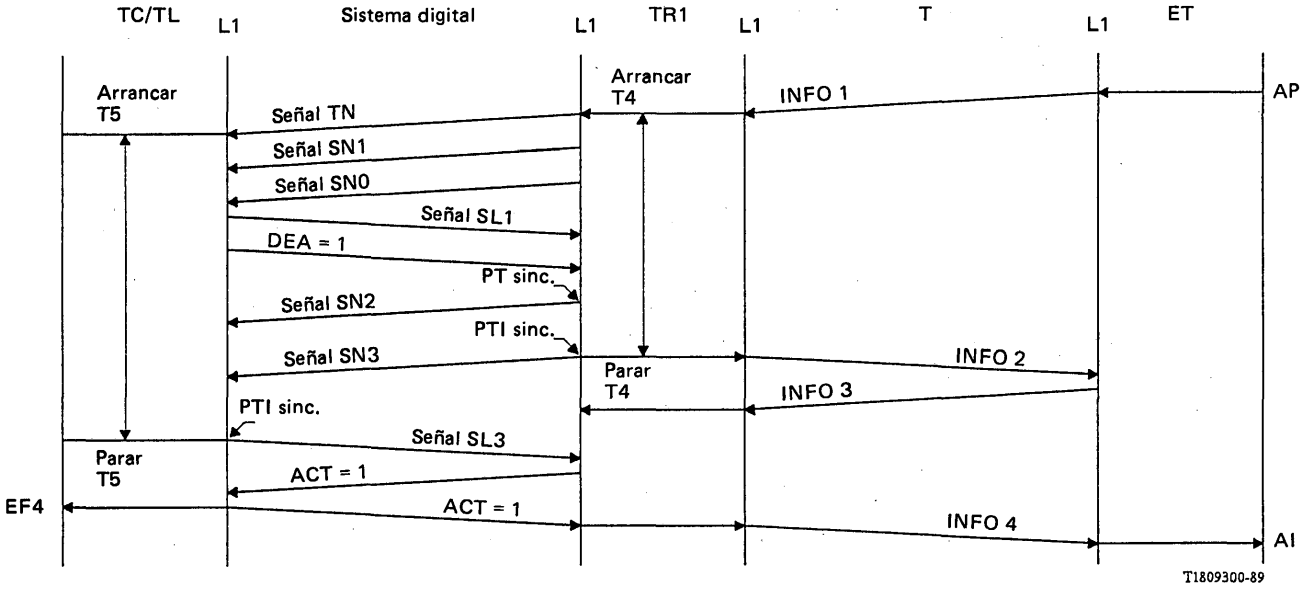
Mientras están en el estado reiniciación, las TR1 pueden iniciar la transmisión solamente para solicitar servicio. En todas las demás condiciones cuando el sistema ha sido desactivado, las TR1 permanecerán en reposo, es decir, no comenzarán la transmisión de ninguna señal hasta que la TR1 ha recibido la señal TL de la TL.

II.10.3.2 *Activación desde la red*

Mientras la TR1 y la TL permanecen en el estado desactivado como resultado de la recepción y la respuesta a una petición de desactivación, o mientras están en reiniciación, una petición de activación de la TL dará como resultado que el envío de la señal TL desde la TL hacia la TR1. La TR1, al recibir la señal TL, responderá con la señal TN dentro de 4 ms contados a partir del comienzo de la señal TL. El resto de la secuencia sigue como se indica en las figuras II-6/G.961 y II-7/G.961.

II.10.3.3 *Mapas de secuencia*

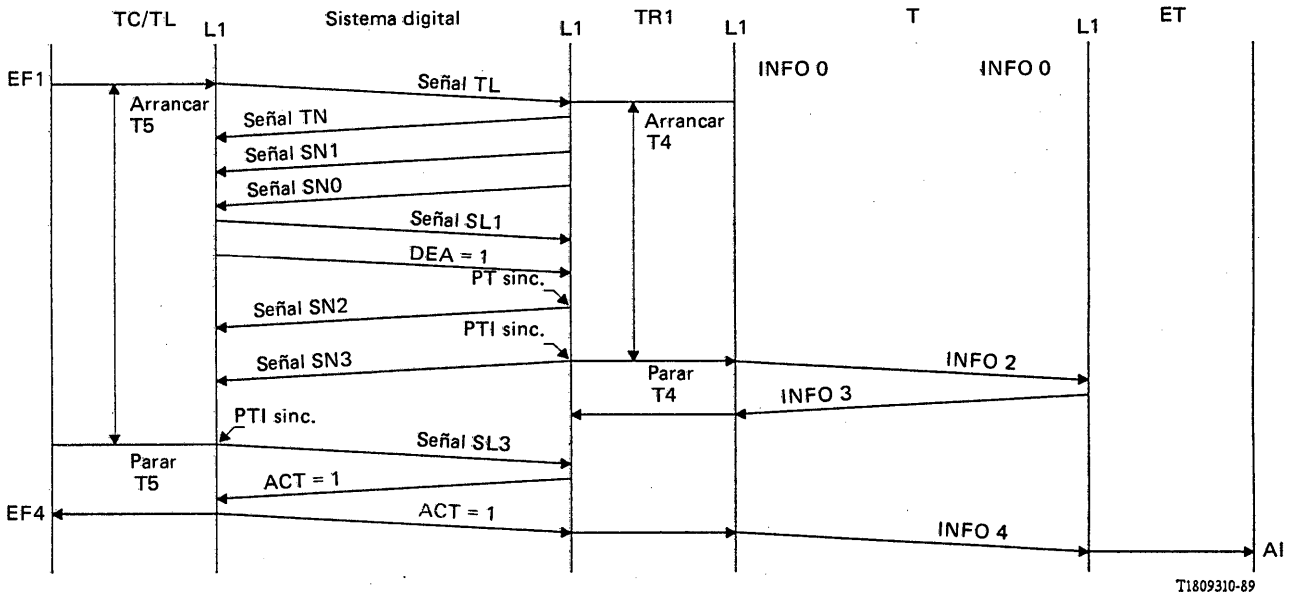
En las figuras II-8/G.961 y II-9/G.961 se muestran ejemplos de mapas de secuencias para la activación tanto por el terminal como por el equipo TC.



Nota – La recepción de INFO 3 y de la señal SL3 en la TR1 puede producirse teóricamente en cualquiera de los dos órdenes.

FIGURA II-8/G.961

Activación iniciada por el equipo terminal



Nota – La recepción de INFO 3 y de la señal SL3 en la TR1 puede producirse teóricamente en cualquiera de los dos órdenes.

FIGURA II-9/G.961

Activación iniciada por la central

II.10.3.4 *Transparencia*

La transparencia de la transmisión en ambos sentidos por la TR1 se proporcionará después que la TR1 logra el estado operacional completo (T6), y los bits ACT = UNO de la TL y DEA = UNO. El estado operacional completo de la TR1 significa que la TR1:

1) ha adquirido la temporización de bits y la sincronización de trama a partir de la señal entrante de la TL,
2) ha reconocido el marcador de multitrama de la TL, y
3) ha hecho converger totalmente los coeficientes de su compensador de eco y de su ecualizador.

La transparencia de la transmisión en ambos sentidos en la TL se proporcionará cuando la TL:

1) logra el estado operacional completo (T7),
2) detecta la presencia del marcador de multitrama de la TR1, y
3) recibe ACT = UNO TR1.

El estado operacional completo en la TL significa que la TL:

1) ha adquirido la fase de temporización de bits de la señal entrante de la TR1, y la sincronización de trama,
2) ha reconocido el marcador de multitrama de la TR1, y
3) ha hecho converger totalmente los coeficientes de su compensador de eco y de su ecualizador.

Después que tanto la TL como la TR1 logran la transparencia en ambos sentidos, los bits ACT continuarán reflejando el estado de preparación de la TL y del equipo terminal para la comunicación de capa 2. El bit ACT en el sentido TL a TR1 reflejará el estado del lado TL del interfaz. El bit ACT en el sentido TR1 a TL reflejará el estado del lado TR1 del interfaz. Siempre que cualquiera de los dos extremos, por cualquier motivo, pierde su preparación para comunicar en capa 2 (por ejemplo, el terminal está desconectado), dicho extremo pondrá su bit ACT transmitido a CERO. Un cambio de estado de este bit será repetido por lo menos en tres multitramas transmitidas consecutivas.

II.10.4 *Cuadro de transición de estados para la TR1*

El cuadro II-3/G.961 proporciona un ejemplo de un cuadro de transición de estados para la TR1 como una función de INFO, SIG y temporizadores.

CUADRO II-3/G.961

Cuadro de transición de estados para la TR1 como una función de INFO, SIG y temporizadores

Evento	Nombre de estado	Potencia desconectada	Reiniciación completa	Aviso	Acondicionamiento de CE	CE convergido	Sinc. PT	Sinc. PTI	Pendiente de activación	Activo	Pendiente de desactivación	Corte	ET inactivo	Reiniciación en recepción
	Código de estado	TR0	TR1 (T0)	TR2	TR3 (T1)	TR4 (T2)	TR5 (T5)	TR6 (T6)	TR7	TR8	TR9	TR10	TR11	TR12
	Tx	Señal SN0	Señal SN0	Señal TN	Señal SN1	Señal SN0	Señal SN2	Señal SN3 ACT=0	Señal SN3 ACT=1	Señal SN3 ACT=1	Señal SN3 (nota 7)	Señal SN0	Señal SN3 ACT=0	Señal SN0
	(nota 6)	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 2	INFO 2	INFO 4		INFO 0	INFO 2	INFO 0
Potencia conectada		TR1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Pérdida de potencia		–	TR0	TR0	TR0	TR0	TR0	TR0	TR0	TR0	TR0	TR0	TR0	TR0
Señal INFO 1 recibida en T (notas 1 y 2)		/	ST.T4 TR2	–	–	–	–	–	–	/	/	–	/	–
Señal INFO 3 recibida en T (notas 1 y 3)		/	/	/	/	/	/	TR7	–	–	–	–	TR7	/
Señal INFO 0 recibida en T (notas 1 y 4)		/	–	–	–	–	–	–	TR11	TR11	–	–	/	–
Fin de tono TN (9 ms)		/	/	TR3	–	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Tono TL recibido		/	ST.T4 TR2	–	/	/	/	/	/	/	/	/	/	ST.T4 STP.T6 TR2
Compensador de eco convergido		/	–	–	TR4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Sinc. trama básica (PT)		/	/	/	/	TR5	–	–	–	–	–	–	–	–
Sinc. multitrama (PTI)		/	/	/	/	/	STP.T4 TR6	–	–	–	–	–	–	–
DEA = 0 recibido (nota 5)		/	/	/	/	/	/	TR9	TR9	TR9	–	–	TR9	–
ACT = 0 recibido		/	/	/	/	/	/	–	–	TR7	–	–	–	–
ACT = 1 y DEA = 1 recibidos		/	/	/	/	/	/	–	TR8 AI	–	–	–	–	–
Pérdida de sincronización (> 480 ms)		/	/	/	/	/	/	TR10	TR10	TR10	–	–	TR10	–
Pérdida de señal (> 480 ms)		/	/	/	/	ST.T6 TR1	ST.T6 TR12	ST.T6 TR12	ST.T6 TR12	ST.T6 TR12	/	/	ST.T6 TR12	–
Expiración del temporizador T4 (15 s)		/	–	TR10	TR10	TR10	TR10	/	/	/	/	–	/	–
Pérdida de señal (< 40 ms)		/	/	/	/	/	/	/	/	/	ST.T6 TR12	ST.T6 TR12	/	/
Expiración del temporizador T6 (40 ms)		/	–	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	TR1

Nota – Véase después del cuadro II-4/G.961, los símbolos, abreviaturas y notas

II.10.5 *Cuadro de transición de estados para la TL*

El cuadro II-4/G.961 proporciona un ejemplo de un cuadro de transición de estados para la TL como una función de EF, SIG y temporizadores.

CUADRO II-4/G.961

Cuadro de transición de estados para la TL como una función de EF, SIG y temporizadores

Evento	Nombre de estado	Potencia desconectada	Reiniciación completa	Aviso	Tono de atento	Acondicionamiento CE	CE convergido	Sinc. PT	Sinc. PTI	Activo	Aviso de desactivación	Corte	Pendiente de desactivación	Reiniciación en recepción
	Código de estado	TL0	TL1 (T0)	TL2	TL3 (T1)	TL4 (T3)	TL5 (T4)	TL6	TL7 (T7)	TL8	TL9	TL10	TL11	TL12
	Tx	SL0	SL0	Señal TL	SL0	Señal SL1	Señal SL2 DEA=1 ACT=0	Señal SL2 DEA=1 ACT=0	Señal SL3 DEA=1 ACT=0	Señal SL3 DEA=1 ACT=1	Señal SL3 DEA=0 ACT=0	SL0	SL0	SL0
Potencia conectada		TL1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Pérdida de potencia		–	TL0 EF7	TL0 EF7	TL0 EF7	TL0 EF7	TL0 EF7	TL0 EF7	TL0 EF7	TL0 EF7	TL0 EF7	TL0 EF7	TL0 EF7	TL0
Petición de activación (EF1)		/	ST.T5 TL2	–	–	–	–	–	–	/	/	–	–	–
Petición de desactivatión (EF5) (nota 8)		/	–	–	–	–	–	–	TL9 EF7	TL9	–	–	–	–
Fin de tono (TL) (3 ms)		/	/	TL3	–	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Tono TN recibido		/	ST.T5 TL3	–	–	/	/	/	/	/	/	/	/	ST.T5 STP.T7 TL3
Pérdida de energía de señal		/	–	–	TL4	–	/	/	/	/	/	/	/	–
Compensador de eco convergido		/	–	–	–	TL5	–	–	–	–	–	–	–	–
Sinc. trama básica (PT)		/	/	/	/	/	TL6	–	–	–	–	–	–	–
Sinc. multitrama (PTI)		/	/	/	/	/	/	STP.T5 TL7	–	–	–	–	–	–
ACT = 0 recibido		/	/	/	/	/	/	/	–	TL7 EF6,7	–	–	–	–
ACT = 1 recibido		/	/	/	/	/	/	/	TL8 EF4	–	–	–	–	–
Pérdida de sincronización (> 480 ms)		/	/	/	/	/	/	/	TL10 EF7	TL10 EF6,7	–	–	–	–
Pérdida de señal (> 480 ms)		/	/	/	/	/	/	ST.T7 TL12 EF7	ST.T7 TL12 EF7	ST.T7 TL12 EF6,7	–	/	/	/
Fin de última multitrama con DEA = 0 (nota 9)		/	/	/	/	/	/	/	/	/	TL11	/	/	/
Expiración del temporizador T5 (15 s)		/	–	TL10 EF7	TL10 EF7	TL10 EF7	TL10 EF7	TL10 EF7	/	–	/	–	/	/
Pérdida de señal (< 40 ms)		/	–	/	/	/	/	/	/	/	/	ST.T7 TL12	TL1	–
Expiración del temporizador T7 (40 ms)		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	TL1

–	Ningún cambio, ninguna acción
/	Situación imposible
EF1	Elemento de función – Corresponde a la primitiva petición de activación – FI-AP
EF4	Elemento de función – Corresponde a la primitiva indicación de activación – FI/GFI-AI
EF5	Elemento de función – Corresponde a la primitiva petición de desactivación – GFI-DP
EF6	Elemento de función – Corresponde a la primitiva indicación de desactivación – GFI-DI
EF7	Elemento de función – Corresponde a la primitiva indicación de error
TRn	Pasar al estado TRn
TLn	Pasar al estado TLn
ST.Tn	Arrancar temporizador T*n*
STP.Tn	Parar temporizador T*n*
SL0	Ninguna señal

Nota 1 – Estos sucesos son iniciados por la matriz de estados finitos «G» (MEF), definida en la Recomendación I.430 y comunicada a la MEF de la TR a través de mensajes.

Nota 2 – Esta condición actúa como un suceso de petición de activación.

Nota 3 – Esta condición indica que el trayecto de datos de usuario (canales 2B + D) en el sentido ET a TR1 es transparente a datos de usuario.

Nota 4 – Esta condición indica que el trayecto de datos de usuario (canales 2B + D) en el sentido ET a TR1 no es transparente a datos de usuario.

Nota 5 – Este suceso tiene prioridad sobre ACT = CERO recibido para las TR1 de arranque en caliente. Este suceso podrá ser pasado por alto por las TR1 que no desean desactivar (TR1 de arranque en frío solamente).

Nota 6 – Aunque las señals INFO en el punto de referencia T se muestran como señales en transmisión en la MEF de la «TR», la MEF de la «TR» no controla directamente estas señales. Se incluyen sólo para información.

Nota 7 – Las señales de salida en este estado permanecen inalteradas con respecto a las señales de salida durante el estado precedente (por ejemplo, ACT = CERO si TR6 o TR11 precedieron, o act = UNO si TR7 o TR8 precedieron).

Nota 8 – Este suceso originará la desactivación de la TR1 independientemente de si el transmisor es de arranque en frío solamente o de arranque en caliente.

Nota 9 – Este suceso debe producirse después de recibir por lo menos tres multitramas. Véase el § II.10.1.5.2.

II.10.6 *Tiempos de activación*

La TL y la TR1 completarán el proceso de arranque, incluida la sincronización y el acondicionamiento de los ecualizadores hasta el punto de satisfacer los criterios de funcionamiento dentro de los siguientes periodos de tiempo: Los transceptores de arranque en frío solamente sincronizarán dentro de 15 s. Los transceptores que satisfacen los requisitos facultativos de tiempo de activación de arranque en caliente sincronizarán dentro de 300 ms, en arranques en caliente y dentro de 15 s en arranques en frío. El requisito de tiempo de arranque en frío de 15 s se distribuye proporcionalmente de modo que a la TR1 se asignan 5 s y a la TL 10 s. Para arranques en caliente, el requisito de tiempo de arranque de 300 ms se distribuye equitativamente entre la TR1 y la TL, 150 ms para cada una. Para los detalles, véase la figura II-6/G.961.

Nota – El requisito de 300 ms se aplica solamente a pruebas en laboratorio. Ningún temporizador de 300 ms participa en bucles en servicio real. (Véanse las definiciones de arranques en caliente y en frío en el § II.10.)

Como se indica en la figura II-6/G.961, los requisitos de tiempo de arranque abarcan el periodo comprendido desde el tono de atento hasta T7, y no incluyen el tiempo para la activación del equipo terminal de usuario. Todos los tiempos de activación se aplican solamente a la línea local lineal (LLD), y no se aplican solamente a todo el enlace de acceso de usuario cuando pueden participar sistemas de portadoras.

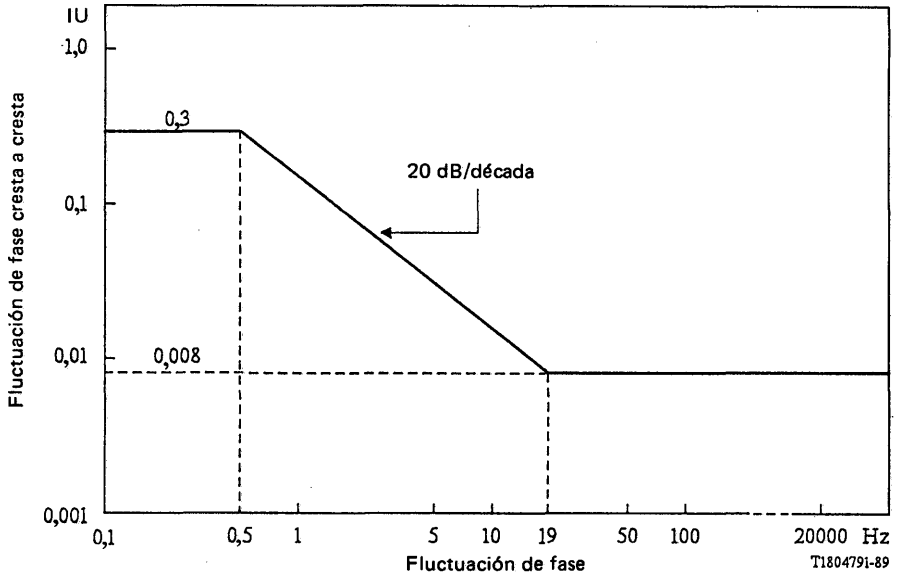
Nota – El valor en la Recomendación G.960 es 10 s. Este es un valor del 95%.

II.11 *Fluctuación de fase*

A fin de asegurar el apoyo de los requisitos de fluctuación de fase de la Recomendación I.430, la fluctuación de fase de la señal de temporización recuperada en el reloj de la TR1 no excederá de los límites indicados en la figura 9/I.430 y en el § 8.3.1 de la Recomendación I.430. Las tolerancias de fluctuación de fase están destinadas a asegurar que los límites de la Recomendación I.430 son apoyadas por los límites de fluctuación de fase del sistema de transmisión en líneas de abonado. Los límites de fluctuación de fase indicados a continuación deben cumplirse independientemente de la longitud de la línea de abonado y de la inclusión de un repetidor, a condición de que estén cubiertos por las características de los medios de transmisión. Los límites deben cumplirse con independencia de la señal transmitida. En esta Recomendación, la fluctuación de fase se especifica en términos de intervalos unitarios (IU) de la señal nominal a 80 kbaudios (12,5 µs).

II.11.1 *Tolerancia de fluctuación de fase de la señal de entrada*

La TR1 cumplirá los objetivos de funcionamiento con fluctuación lenta de fase/fluctuación de fase en la magnitud máxima indicada en la figura II-10/G.961, para frecuencias de fluctuación de fase individuales en la gama de 0,1 Hz a 20 kHz, superpuesta en la fuente de señal de prueba con la velocidad de símbolos de la señal recibida en la gama de 80 kbaudios ± 5 ppm. La TR1 cumplirá también los objetivos de funcionamiento con una fluctuación lenta de fase por día de hasta 1,44 IU cresta a cresta, cuando la velocidad máxima de cambio de fase es 0,06 IU/hora.



Nota – Intervalo unitario (IU) = 12,5 µs.

FIGURA II-10/G.961

Fluctuación de fase de la señal de entrada de TR1 sinusoidal admisible

II.11.2 *Limitaciones de la fluctuación de fase de salida*

Con la fluctuación lenta de fase/fluctuación de fase especificada en el § II.11.1, salvo lo señalado, superpuesta en la señal de entrada de la TR1, la fluctuación de fase en la señal transmitida de la TR1 a la TL se conformará a lo siguiente, con la velocidad de símbolos de la señal recibida en la gama de 80 kbaudios ± 5 ppm, como se describe en el § II.2:

1) La fluctuación de fase será igual o menor que 0,04 IU cresta a cresta y menor que 0,01 IU, valor cuadrático medio, cuando se mide con un filtro de paso alto que tiene un decremento de 6 dB/octava por debajo de 100 Hz.

2) La fluctuación de fase en la fase de la señal de salida (la señal transmitida hacia la TL) con respecto a la fase de la señal de entrada (procedente de la TL) no excederá de 0,05 IU cresta a cresta y de 0,015 IU, valor cuadrático medio, cuando se mide con un filtro de paso banda con un decremento de 6 dB/octava por encima de 40 Hz y por debajo de 1,0 Hz. (Obsérvese que el corte de 1,0 Hz asegura que se sustrae la diferencia media en la fase de las señales de entrada y de salida.) Este requisito se aplica con fluctuación de fase superpuesta en la fase de la señal de entrada como se especifica en el § II.11.1 para frecuencias individuales hasta 19 Hz.

3) La desviación de fase máxima (cresta) de la fase de la señal de salida con respecto a su diferencia nominal (promedio a largo plazo) con respecto a la fase de la señal de entrada (procedente de la TL) no excederá de 0,1 IU. Este requisito se aplica durante el funcionamiento normal que incluye después un «arranque en caliente». (Obsérvese que esto significa que, si se desactiva y se activa subsiguientemente de conformidad con los requisitos de «arranque en caliente», la diferencia media a largo plazo en la fase de la señal de salida con respecto a la fase de la señal de entrada no cambiará esencialmente.)

II.11.3 *Condiciones de prueba para las mediciones de la fluctuación de fase*

Debido a la transmisión bidireccional en el punto a dos hilos y debido a la severa interferencia entre símbolos, no se dispone de transiciones de señal bien definidas en el punto a dos hilos de la TR1.

Se proponen dos soluciones posibles:

1) Se proporciona un punto de prueba en la TR1 para medir la fluctuación de fase con una señal no perturbada.

2) Se define un transceptor de TL normalizado que incluye una línea de transmisión artificial como un instrumento de prueba.

II.12 *Características de salida del transmisor de TR1 y TL*

Las siguientes especificaciones se aplican con una impedancia de carga de 135 ohmios resistiva en una banda de frecuencias de 0 Hz a 160 kHz.

II.12.1 *Amplitud del impulso*

La cresta nominal del impulso mayor será 2,5 voltios (véase la figura II-11/G.961).

II.12.2 *Forma del impulso*

El impulso transmitido tendrá la forma especificada en la figura II-11/G.961. La plantilla de impulsos para los cuatro símbolos cuaternarios se obtendrá multiplicando la plantilla de impulsos normalizados mostrada en la figura II-11/G.961 por 2,5 V, 5/6 V, −5/6 V o −2,5 V. Cuando la señal consiste en una secuencia de símbolos con alineación de trama con una palabra de sincronización y símbolos equiprobables en las demás posiciones, la potencia media nominal es 13,5 dBm.

II.12.3 *Potencia de la señal*

La potencia media de una señal formada por una secuencia de símbolos con alineación de trama, con una palabra de trama y símbolos equiprobables en todas las demás posiciones, debe estar comprendida entre 13,0 dBm y 14,0 dBm en la banda de frecuencias de 0 Hz a 80 kHz.

II.12.4 *Densidad espectral de potencia*

El límite superior de la densidad espectral de potencia de la señal transmitida será la mostrada en la figura II-12/G.961.

II.12.5 *Linealidad del transmisor*

II.12.5.1 *Requisitos*

Esta es una medida de las desviaciones con respecto a las alturas de impulso ideales y la no linealidad de cada impulso. Las señales transmitida y recibida tendrán suficiente linealidad para que el valor cuadrático medio de la no linealidad de la señal esté por lo menos 36 dB por debajo del valor, eficaz de la señal en el interfaz.

Nivel normalizado		Símbolos cuaternarios			
		+3	+1	−1	−3
A	0,01	0,025 V	0,00833 V	−0,00833 V	−0,025 V
B	1,05	2,625 V	0,8750 V	−0,8750 V	−2,625 V
C	1,00	2,5 V	5/6 V	−0,5/6 V	−2,5 V
D	0,95	2,275 V	0,79167 V	−0,79167 V	−2,275 V
E	0,03	0,075 V	0,025 V	−0,025 V	−0,075 V
F	−0,01	−0,025 V	−0,00833 V	0,00833 V	0,025 V
G	−0,12	−0,3 V	−0,1 V	0,1 V	0,3 V
H	−0,05	−0,125 V	−0,04167 V	0,04167 V	0,125 V

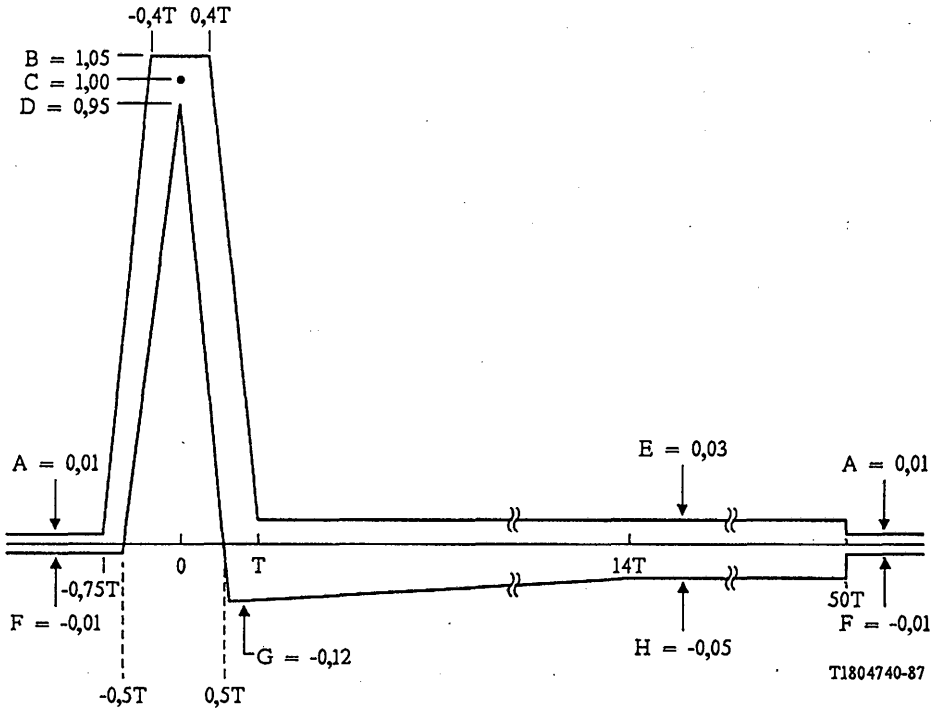


FIGURA II-11/G.961

Impulso de salida normalizado de TR1 o TL

II.12.5.2 *Método de prueba de linealidad*

Con el transceptor (TL o TR1) terminado en una resistencia de 135 ohmios a través de un bucle de longitud cero, y excitado por una secuencia binaria arbitraria, la tensión que aparece a través de la resistencia es filtrada (para corregir la distorsión por solape), muestreada y convertida a la forma digital (V_{sal}) con una precisión de no menos de 12 bits (véase la figura II-13/G.961). Estas muestras se comparan con la salida de un filtro lineal ajustable, cuya entrada es la entrada del transmisor aleatorizada, alineada en trama y codificada linealmente. Las señales en el substractor pueden estar en forma digital, o pueden estar en forma analógica.

La entrada del filtro digital lineal (datos de entrada cuaternarios de la figura II-13/G.961) puede considerarse una norma de linealidad. Puede ser producida a partir de la salida del transmisor por un receptor sin errores (sin desaleatorizador), o a partir de los datos de entrada del transmisor aleatorizados, si están disponibles. Si las muestras introducidas al filtro ajustables están disponibles en forma digital, no se requiere otro convertidor A/D. Sean analógicas o digitales, estas muestras deben tener la relación 3:1:−1:−3, con una exactitud de por lo menos 12 bits.

La velocidad de muestreo de los muestreadores y filtros puede ser más alta que la velocidad de símbolos, y generalmente tendrá varias veces la velocidad de símbolos para una buena exactitud. Como otra posibilidad, la velocidad de muestreo puede ser la velocidad de símbolos, pero los valores cuadráticos medios se obtienen promediando todas las fases de muestras con respecto a la señal del transmisor.

Como el filtro corrector de la distorsión por solape, el muestreador y el convertidor A/D que funcionan en la salida del transmisor pueden introducir pérdida o ganancia, se requiere una calibración adecuada que determina $< V_{sal}^2 >$ a la salida del filtro, como se muestra en la figura II-13/G.961, más bien que el valor cuadrático medio de la propia salida del transmisor.

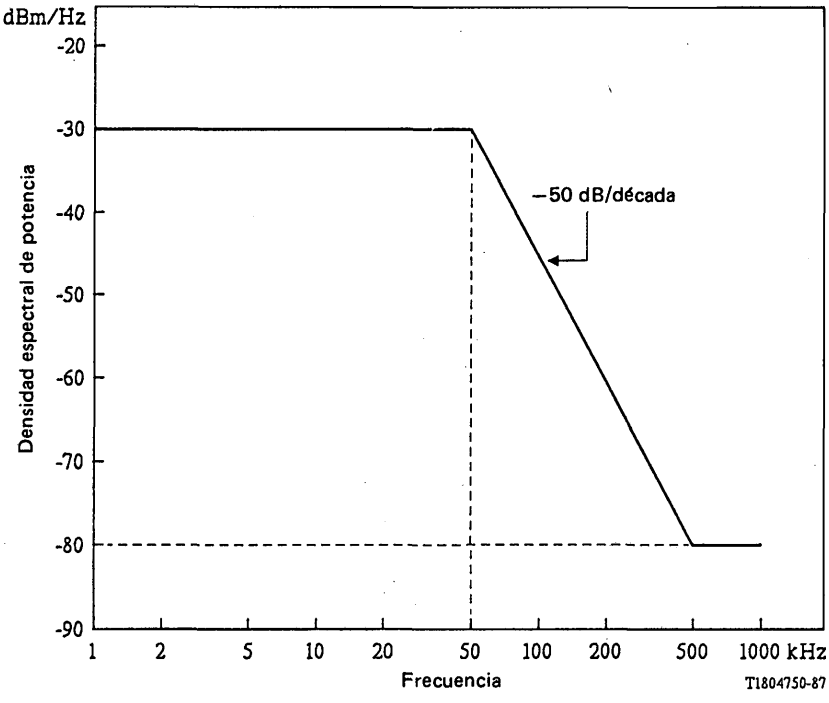


FIGURA II-12/G.961

Límite superior de la densidad espectral de potencia de la señal procedente de TR1 y TL

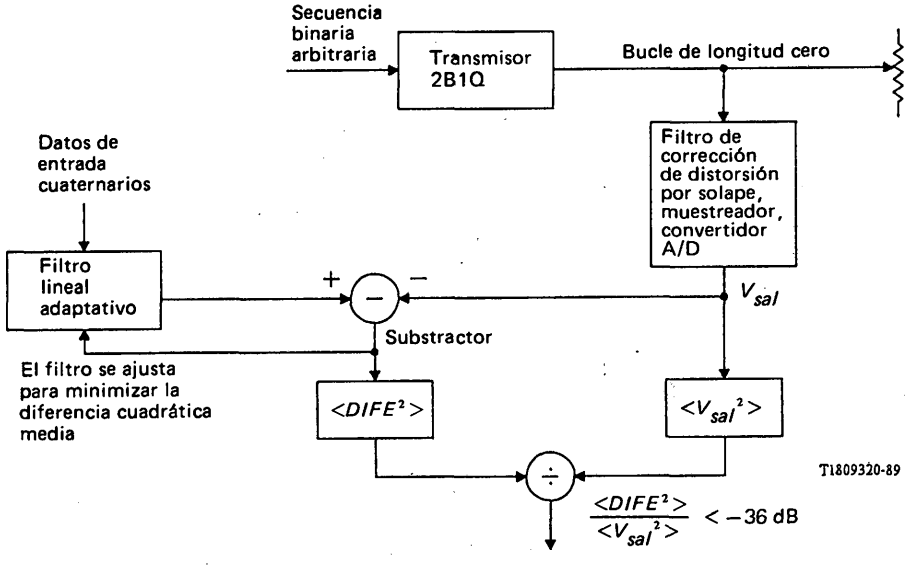


FIGURA II-13/G.961

Medición de la linealidad del transmisor

II.13 *Terminación del transmisor/receptor*

II.13.1 *Impedancia*

La impedancia del punto de excitación nominal en el interfaz hacia la TR1 será 135 ohmios.

II.13.2 *Pérdida de retorno*

La pérdida de retorno con respecto a 135 ohmios, en una banda de frecuencias de 1 kHz a 200 kHz, será la indicada en la figura II-14/G.961.

II.13.3 *Pérdida de conversión longitudinal*

II.13.3.1 *Simetría longitudinal*

La simetría longitudinal (o impedancia a tierra) viene dada por:

$$LBal = 20 \log \left| \frac{e_l}{e_m} \right| \; dB$$

donde

e_l es la tensión longitudinal aplicada (referida a la tierra del edificio o a la tierra del cable (verde) de la TR1).

e_m es la tensión metálica resultante que aparece a través de una terminación a 135 ohmios.

La simetría será > 60 dB a frecuencias hasta 4 kHz y > 55 dB a frecuencias más altas hasta 160 kHz.

La figura II-15/G.961 define un método de medición para la simetría longitudinal. Para la utilización directa de esta configuración de prueba, la medición debe realizarse con la TR1 energizada pero inactiva (ninguna señal transmitida).

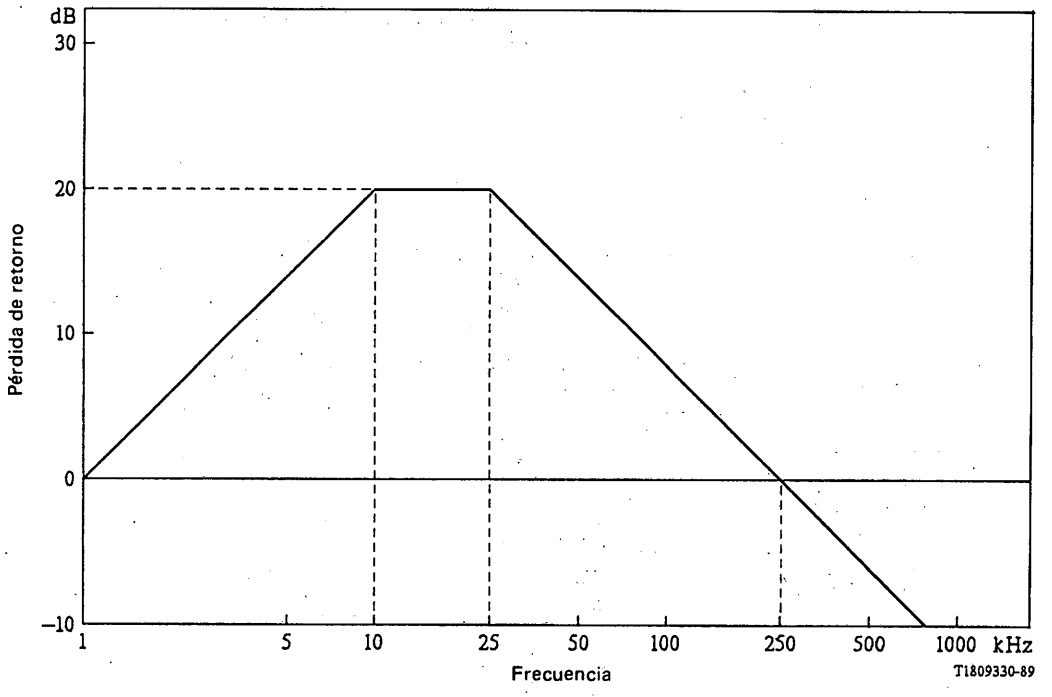
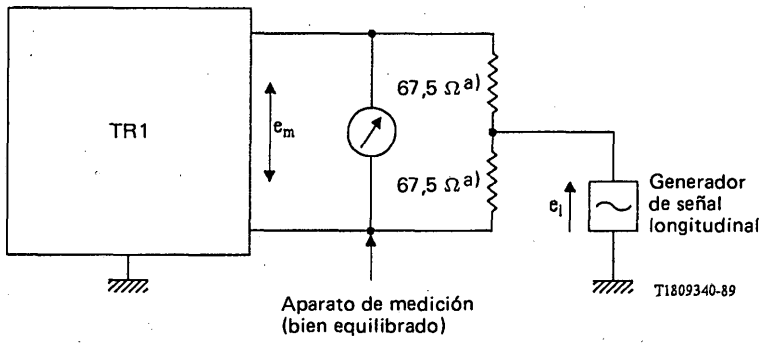


FIGURA II-14/G.961

Pérdida de retorno mínima



a) Estas resistencias deben adaptarse para una tolerancia mejor que 0,03%.

FIGURA II-15/G.961

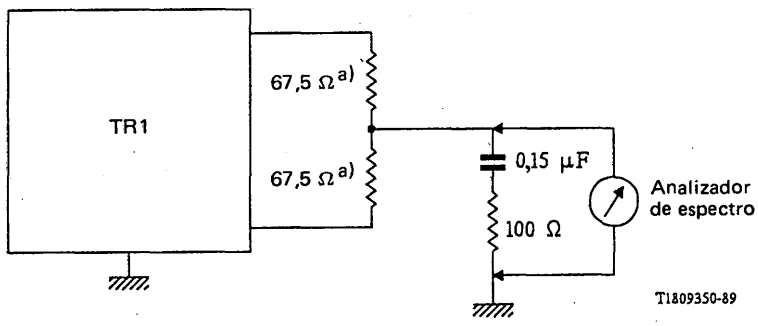
Método de medición de la simetría longitudinal

II.13.3.2 *Tensión de salida longitudinal*

El componente longitudinal de la señal de salida de la TR1 tendrá una tensión eficaz en cualquier anchura de banda de 4 kHz promediada en cualquier periodo de 1 s, inferior a −50 dBv en la gama de frecuencias de 100 Hz a 170 kHz, e inferior a −80 dBv en la gama de 170 kHz a 270 kHz. Es necesario cumplir esta limitación con una terminación longitudinal que tiene una impedancia igual o mayor que una resistencia de 100 ohmios en serie con un condensador de 0,15 μF.

La figura II-16/G.961 define un método de medición para la tensión de salida longitudinal. Para la utilización directa de esta configuración de prueba, la TR1 debe ser capaz de generar una señal en ausencia de una señal de la TL.

La referencia de tierra para estas mediciones será la tierra del edificio.



a) Estas resistencias deben adaptarse para una tolerancia mejor que 0,1%.

FIGURA II-16/G.961

Método de medición de la tensión de salida longitudinal

APÉNDICE III

(a la Recomendación G.961)

Características eléctricas de un sistema de transmisión AMI

III.0 *Generalidades*

El sistema admitirá la transmisión transparente dúplex de los dos canales D a 64 kbit/s y de un canal D a 16 kbit/s, definidos en la Recomendación I.412. La transmisión bidireccional por cables de pares simétricos se basa en las técnicas de compensación de eco. Se añade una capacidad suplementaria de 16 kbit/s a la información de datos de 144 kbit/s resultante, para proporcionar un canal CL (para fines de control, supervisión y mantenimiento) y otras facilidades de transmisión.

Las tramas de la señal transmitida contienen palabras de trama que incluyen un periodo de tiempo de ausencia de señal de línea. Este formato de trama permite, cuando el desplazamiento relativo entre las tramas en los dos sentidos de transmisión es menor que los valores especificados en el § III.7, simplificar la recuperación de temporización, la fijación del ecualizador de línea y la actualización del compensador de eco.

III.1 *Código de línea*

Para ambos sentidos de transmisión el código de línea es AMI.

El tren binario se codificará de acuerdo con la siguiente regla:

- un UNO binario se representa por ninguna señal en línea;
- un CERO binario se representa alternadamente como un impulso positivo o un impulso negativo.

III.2 *Velocidad de símbolos*

La velocidad de símbolos es determinada por el código de línea, la velocidad binaria del tren de información y la estructura de trama. La velocidad de símbolos es 160 kbaudios.

III.2.1 *Requisitos de reloj*

III.2.1.1 *Exactitud de reloj de la TR1 en funcionamiento libre*

La exactitud de reloj en funcionamiento libre en la TR1 será ± 50 ppm.

III.2.1.2 *Tolerancia del reloj de la TL*

La TR1 y la TL aceptarán una exactitud de reloj procedente de la TC de ± 1 ppm.

III.3 *Estructura de trama*

La estructura de trama contiene una palabra de trama, 32 veces (2B + D) y un canal CL, además de un bit auxiliar y un bit de parada. En ambos sentidos de transmisión la estructura general de la trama es la siguiente:

Palabra de trama	A	4 [8 (2B + D) + CL]	P

A = Bit auxiliar.

El bit A de la trama se utiliza para distinguir los sentidos de transmisión y señalizar el establecimiento correcto del procedimiento de activación por la inversión de polaridad.

P = Bit de paridad.

El bit P se utiliza para obtener un número par de CEROS binarios en la trama; por tanto, se pone a CERO binario o UNO binario según el número de CEROS binarios en la trama sea impar o par respectivamente.

III.3.1 *Longitud de trama*

El número de intervalos (2B + D) en una trama es 32, mientras que el número de bits CL es 4.

III.3.2 *Asignación de bits en el sentido de TL a TR1*

En la figura III-1/G.961 se indica la asignación de bits.

Posición de bits	Utilización		
1 a 58	palabra de trama		
59	bit auxiliar		
60 a 67	canal B1	primer intervalo (2B + D)	primer bloque [8 (2B + D) + CL]
68 a 75	canal B2		
76 y 77	canal D		
.			
.			
.			
.			
186 a 193	canal B1	octavo intervalo (2B + D)	
194 a 201	canal B2		
202 y 203	canal D		
204	canal CL		
.			
.			
.			
.			
.			
492 y 493	canal B1	primer intervalo (2B + D)	cuarto bloque [8 (2B + D) + CL]
494 a 508	canal B2		
509 y 510	canal D		
.			
.			
.			
621 a 628	canal B1	octavo intervalo (2B + D)	
629 a 636	canal B2		
637 y 638	canal D		
639	canal CL		
640	bit de paridad		

FIGURA III-1/G.961

Asignación de bits en el sentido TL-TR1

III.3.3 *Asignación de bits en el sentido de TR1 a TL*

Igual que el § 3.2.

III.4 *Palabra de trama*

La palabra de trama se utiliza para asignar posiciones de bits a los canales 2B + D + CL y a los bits A y P. Puede utilizarse también para la recuperación de temporización, actualización del compensador de eco y fijación del ecualizador de línea.

III.4.1 *Palabra de trama en el sentido de TL a TR1*

El código para la palabra de trama será 57 UNOS binarios consecutivos (codificados como ausencia de línea en la señal) y un CERO binario (impulso de línea positivo).

III.4.2 *Palabra de trama en el sentido de TR1 a TL*

Igual que en el § III.4.1.

III.5 *Procedimiento alineación de trama*

El procedimiento de alineación de trama será como sigue:

III.5.1 *Estado 1: Alineación de trama correcta*

Para pasar al estado de alineación correcta, la palabra de trama, el bit auxiliar y el bit de paridad deben detectarse correctamente tres veces consecutivas.

III.5.2 *Estado 2: Prealarma para la alineación de trama*

Para pasar al estado de prealarma basta no detectar una vez la palabra de trama, el bit auxiliar y el bit de paridad.

III.5.3 *Estado 3: Fuera de alineación de trama*

Para pasar al estado fuera de alineación deben detectarse ocho verificaciones negativas consecutivas de la condición definida en el estado 1.

III.6 *Multitrama*

Para permitir la asignación de bits del canal CL en más tramas que se siguen una a la otra, se utilizará una estructura de multitrama. El comienzo de la multitrama es determinado por el contenido del canal CL en una palabra de trama según se describe en el § III.6.1. El número total de trama en una multitrama es 4.

III.6.1 *Palabra de multitrama en el sentido TR1 a TL*

La multitrama se identificará detectando los bits de canal CL. El canal CL es síncrono con la trama, y se supone el comienzo de una multitrama cuando se verifica paridad impar en los cuatro bits CL de una trama. Hay cuatro bits CL en una trama, codificados como sigue:

Estructura de canal CL

I	I	I	O	Primera trama
I	I	I	P	Segunda trama
I	I	I	P	Tercera trama
P	P	P	P	Cuarta trama

donde I son bits de información y P, O, son bits de control de paridad. Los bits P de la cuarta trama se dedican a la paridad vertical de las tramas anteriores, mientras que O es la paridad impar de la primera trama. La evaluación de paridad se realiza considerando los UNOS binarios. La primera trama CL se utiliza también para la alineación de multitrama. En la condición fuera de alineación de trama, no se tendrá en cuenta el canal CL.

III.6.2 *Palabra de multitrama en el sentido TR a TR1*

Igual que en el § III.6.1.

III.6.3 *Procedimiento de alineación de multitrama*

La alineación de multitrama se basa en una detección correcta de la paridad (impar y par) del canal CL. Se supone la alineación de multitrama correcta cuando los cuatro bits de paridad cumplen la secuencia horizontal impar, par, par, par y la secuencia vertical par (véase el § III.6.1). Cuando no se detecta esta secuencia, se supone un estado de prealarma de alineación de multitrama, y si no se dispone de la detección correcta, se supone el estado fuera de alineación de multitrama. A partir del estado fuera de alineación de multitrama o de la condición de prealarma de alineación de multitrama, sólo entra en el sistema una detección correcta de la secuencia adecuada en estado de alineación de multitrama correcta.

III.7 *Desplazamiento de trama entre tramas de TL a TR1 y de TR1 a TL*

La TR1 sincronizará su trama con las tramas recibidas en el sentido TL a TR1 y transmitirá su trama con el desplazamiento especificado en el § III.7.1.

En la TL, el desplazamiento entre las tramas en los dos sentidos de transmisión no excederá del valor especificado en el § III.7.2.

III.7.1 *Posición de trama relativa en la entrada/salida de la TR1*

El primer bit de cada trama transmitida de una TR1 a la TL será retardado, nominalmente, por 583 periodos de bits con respecto al primer bit de la trama recibida de la TL. La figura III-2/G.961 ilustra las posiciones de bits relativas para las tramas transmitida y recibida.

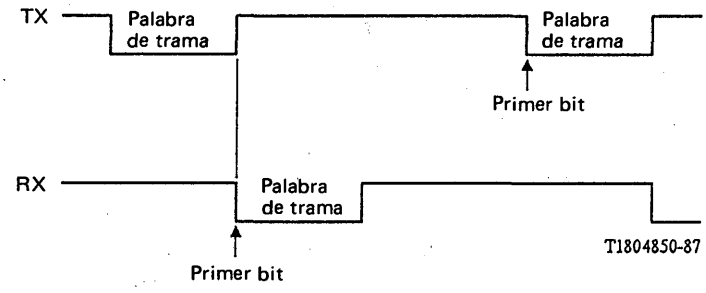


FIGURA III-2/G.961

Diagrama de temporización en la TR1

III.7.2 *Posición de trama relativa en la entrada/salida de la TL*

El retardo entre el primer bit de cada trama transmitida de una TL a la TR1 y el primer bit de cada trama recibida de la TR1 no excederá de 583 + 13 periodos de bits. La figura III-3/G.961 muestra las posiciones de bits relativas para las tramas transmitida y recibida.

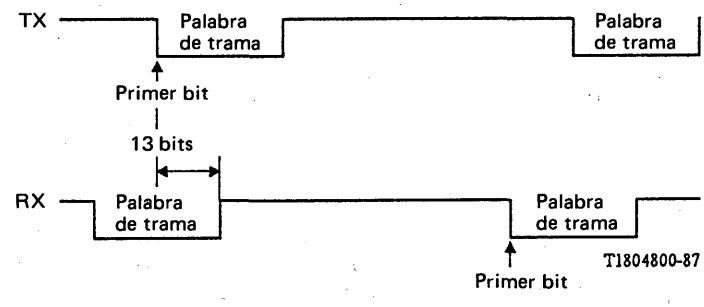


FIGURA III-3/G.961

Diagrama de temporización en la TL

III.8 *Canal CL*

El canal CL se utilizará para transportar información de activación/desactivación, prueba y mantenimiento.

III.8.1 *Velocidad binaria*

La velocidad binaria para el canal CL es 1 kbit/s.

III.8.2 *Estructura*

Las informaciones que han de transmitirse se organizan en tramas de 16 bits (4 cuadrupletes en una multitrama). Cada trama de 16 bits contiene:

- 9 bits de información;
- 7 bits para control de paridad y detección de errores y alineación de multitrama.

Designando por I los bits de información y por O y P los bits para paridad impar y par, la trama genérica puede representarse como se indica en el § III.6.1.

III.8.2.1 *Funcionamiento del canal CL*

El funcionamiento del canal CL será como sigue:

Con una tasa de errores en los bits de 10^{-3}

- la probabilidad de simulación de tama será inferior a 10^{-10};
- la probabilidad de no detectar una trama correcta en 100 ms será inferior a 10^{-10}.

III.8.2 *Protocolos y procedimientos*

Los mensajes por el canal CL pueden dividirse en dos categorías, a saber:

a) Mensajes relacionados con el procedimiento de activación/desactivación e informe espontáneo de información de mantenimiento no solicitados por la TC.

b) Mensajes auxiliares para fines de mantenimiento. Estas funciones comprenden acciones que pueden ser comenzadas solamente por la TC y que pueden realizarse durante el estado completamente activo.

Los mensajes de la categoría a) están presentes en un modo continuo; esto significa que se transmiten continuamente por el canal CL hasta que haya que transmitir un nuevo mensaje.

Los mensajes utilizados para la transmisión de estos mensajes permiten la transmisión de información de un solo octeto y la información de múltiples octetos.

El procedimiento, que sólo puede ser comenzado por la TL/TC, será como sigue:

- La TL/TC envía en un modo continuo el primer mensaje que contiene el primer octeto de información. El primer octeto de información contiene siempre la dirección del equipo de destino en el sentido de ida (regenerador, TR1). El mensaje se transmite continuamente hasta la recepción de un mensaje de acuse del equipo de destino.
- La TL/TC envía, de la misma manera, los siguientes mensajes cada uno de los cuales contiene una información de octeto. El equipo de destino acusa recibo de cada mensaje enviado por la TL/TC.
- La TC/TL envía un mensaje de fin del cual se acusa recibo como de cualquier otro mensaje.
- Cuando el equipo de destino tiene que enviar información de respuesta, el procedimiento es el mismo indicado anteriormente. En este caso no es necesario proporcionar la dirección pues el equipo de destino es la TL/TC.

III.9 *Aleatorización*

La aleatorización se aplicará en canales (2B + D + CL). El polinomio de aleatorización es $1 \oplus x^{-9} \oplus x^{-11}$ en ambos sentidos de transmisión.

La aleatorización con un circuito de guarda de dos umbrales se utiliza para evitar largas secuencias de UNOS binarios.

Las figuras III-4/G.961 y III-5/G.961 muestran los circuitos de aleatorización y desaleatorización, respectivamente.

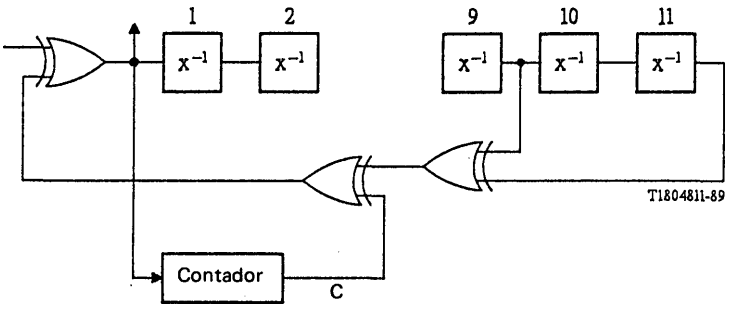


FIGURA III-4/G.961

Circuito de aleatorización

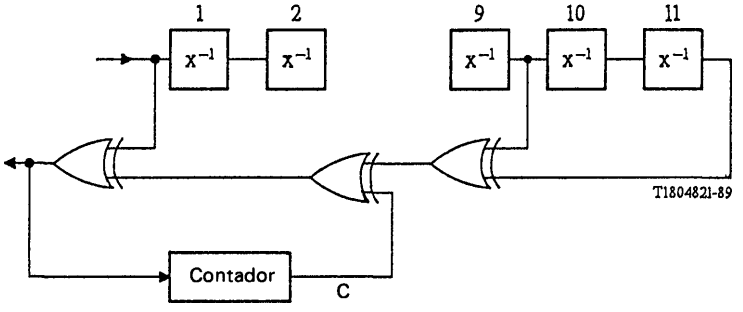


FIGURA III-5/G.961

Circuito de desaleatorización

El contador C es aumentado en cada UNO binario transmitido y es liberado en cada CERO binario transmitido. El contador envía un CERO binario cuando se han transmitido 16 UNOS consecutivos y fija su umbral a dos si un UNO binario aparece de nuevo en su entrada. En esta condición, el contador envía un CERO binario cada dos UNOS binarios consecutivos en sus entradas. El umbral se fija de nuevo a 16 en el primer CERO binario transmitido.

III.10 *Activación/desactivación*

Las orientaciones tenidas en cuenta en la definición de los procedimientos de activación/desactivación pueden resumirse como sigue:

- en el estado desactivado, ninguna señal está presente en la línea,
- durante la activación se envían señales apropiadas para acelerar la convergencia del ecualizador, la sincronización de bits y de tramas y la convergencia del compensador de eco.

Se supone una relación directora/subordinadora entre la TL y la TR1, de modo que, incluso si la TR1 comienza a pedir una activación, es siempre la TL (con el conocimiento de la TC), que asume la iniciativa de continuar el procedimiento y después la transmisión.

El sistema apoyará la activación tanto del sistema de transmisión en el interfaz en el punto de referencia T, como la activación del sistema de transmisión solamente, interfaz, la desactivación del sistema de transmisión y del interfaz en el punto de referencia T o del interfaz en el punto de referencia T solamente.

Es posible la activación en frío y en caliente. La activación en frío comienza después de la transición potencia desconectada a potencia conectada o después de algunos procedimientos específicos de mantenimiento. El arranque en frío se relaciona con la TR1 y la TL que no han almacenado ninguna información sobre los coeficientes de compensador de eco o la fijación de ecualizadores, de modo que se prevé un largo tiempo de activación. La activación en caliente se aplica cuando la TL y TR1 contienen información completa sobre los coeficientes de compensadores de eco y la fijación de ecualizadores de línea, de modo que se prevé un tiempo de activación corto.

El modo de bajo consumo de potencia es un estado en el que la TL y la TR1 consumen muy poca potencia y cuando no hay señal en la línea; este estado permite reducir estadísticamente la alimentación de potencia desde la oficina central. Naturalmente, algunas partes del sistema, en particular las secciones receptoras, están siempre activas para detectar las peticiones de activación entrantes.

III.10.1 *Señales utilizadas para activación*

III.10.1.1 *Señales utilizadas para el arranque (canal CL no disponible)*

Durante los procedimientos de activación/desactivación, las siguientes señales específicas (SIG) son intercambiadas en la línea por la TL y la TR:

Hacia el destino (de TL a TR1)

INFO U0 (IU0): Ninguna señal en la línea.

INFO U12 (IU12): Tono de ráfaga de 20 kHz. Esta señal de línea se obtiene repitiendo 72 veces el siguiente esquema de ocho símbolos de línea (+ + + + − − − −) cada 8 ms. El tono de ráfaga se envía en modo semidúplex.

INFO U22 (IU22): Tono de ráfaga de 80 kHz. Esta señal de línea se obtiene repitiendo 291 veces el siguiente esquema de dos símbolos de línea (+ −) cada 8 ms. El tono de ráfaga se envía en modo semidúplex.

INFO U4 (IU4): Transmisión dúplex. La señal de línea tiene la misma estructura de trama de la señal útil pero con los canales de bits B1, B2, D y CL en el valor binario CERO. El tren binario es aleatorizado con una secuencia seudoaleatoria y codificado de acuerdo con la regla AMI. El segundo bit de la trama se pone al valor binario CERO.

INFO U6 (IU6): Transmisión dúplex de datos operativos por los canales B y D; el canal CL se utiliza para transportar información de activación/desactivación, prueba y mantenimiento de capa 1. El segundo bit de la trama se pone al valor binario UNO.

Hacia el origen (de TR1 a TL)

INFO U0 (IU0): Ninguna señal en la línea.

INFO U11 asinc.: Tono de ráfaga de 20 kHz. Esta señal de línea se obtiene repitiendo 72 veces el siguiente esquema de ocho símbolos de línea (+ + + + − − − −) cada 16 ms. El tono de ráfaga se envía en modo semidúplex.

INFO U11 sinc.: Tono de ráfaga de 20 kHz. Esta señal de línea se obtiene repitiendo 72 veces el siguiente esquema de ocho símbolos de línea (+ + + + − − − −) cada 8 ms. El tono de ráfaga se envía en modo semidúplex sincronizado con la IU12 proveniente de la TL.

INFO U21 (IU21): Tono de ráfaga de 80 kHz. Esta señal de línea se obtiene repitiendo 291 veces el siguiente esquema de dos símbolos de línea (+ −) cada 8 ms. El tono de ráfaga se envía en modo semidúplex.

INFO U3 (IU3): Transmisión dúplex. La señal de línea tiene la misma estructura de trama de la señal útil pero con los canales de bits B1, B2, D y CL en el valor binario CERO. El tren binario es aleatorizado con una secuencia seudoaleatoria codificado de acuerdo con las reglas AMI. El segundo bit de la trama se pone al valor binario UNO.

INFO U5 (IU5): Transmisión dúplex de datos operativos por los canales B y D; el canal CL se utiliza para transportar información de activación/desactivación, prueba y mantenimiento de capa 1. El segundo bit de la trama se pone al valor binario CERO.

III.10.1.2 *Bits en el canal CL*

Los bits I (véase el § III.6.1) de los canales CL se utilizan para transportar instrucciones de activación/desactivación e instrucciones/informes de prueba y mantenimiento, mientras que los bits P y O se emplean para el control de paridad y detección de errores y se codifican en consecuencia. Sólo se indican a continuación las señales de activación/desactivación que son intercambiadas entre la TL y la TR1 y transportadas a través del canal CL.

Bit I del canal CL de la TL a la TR1

000010001 PETICIÓN DE ACTIVACIÓN (AP)
Petición de activación de toda la capa 1, se activan el sistema de transmisión y el interfaz en el punto de referencia T.

000001111 PETICIÓN DE ACTIVACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN (UAR)
Petición de activación del sistema de transmisión solamente. Como en el caso de la instrucción AR, el procedimiento de activación se realiza automáticamente. En el caso en que el interfaz en el punto de referencia T está activo, será desactivado.

000010011 PETICIÓN DE ACTIVACIÓN CON BUCLE 2 (AR2)
Petición de activación con bucle 2 en TR1.

000000001 PETICIÓN DE DESACTIVACIÓN (DP)
Petición de desactivación del sistema de transmisión. La TL y la TR1 realizan automáticamente el procedimiento de desactivación.

Bits I del canal CL de la TR1 a la TL

000001001 RESINCRONIZACIÓN (RSY)
La indicación RSY es introducida por el interfaz T cuando se ha perdido la sincronización en el interfaz en el punto de referencia T y no se dispone de datos válidos.

000011001 INDICACIÓN DE ACTIVACIÓN (AI)
En el procedimiento de activación del interfaz en el punto de referencia T se ha completado satisfactoriamente hasta los equipos terminales cuando la AI está activa.

0000111101 INDICACIÓN DE ACTIVACIÓN CON BUCLE 2 (AIL)
Se ha establecido la conexión a través del bucle 2 en el interfaz T. Después de una instrucción ARL, AIL indica que la señal acusa recibo de AI.

000001111 INDICACIÓN DE ACTIVACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN (UAI)
El sistema de transmisión es activado en la TR1 y esta información es transferida a la TL/TC. El interfaz en el punto de referencia T no está activado.

III.10.2 *Definición de temporizadores internos*

Durante los procedimientos de activación/desactivación, se utilizarán los siguientes temporizadores:

- *Temporizador A:* Este temporizador está situado en la TR1. Tiene dos significados diferentes: durante el procedimiento de activación, su valor es 8 s y es un límite superior para el tiempo de activación. Cuando se obtiene la activación, su valor es 500 ms como un tiempo de guarda para evitar desactivaciones no deseadas debido a interrupción de la señal o pérdida de la trama de línea proveniente de la TL.
- *Temporizador 2:* Este temporizador está situado en la TR1. Su valor se fija en 50 ms y su finalidad es evitar reactivaciones no deseadas desde una TC.

II.10.3 *Descripción del procedimiento de activación*

III.10.3.1 *Descripción del procedimiento de activación desde la TL*

En la figura III-6/G.961 basada en secuencias de flechas se resume el procedimiento de activación originado en la TC. Este procedimiento de activación comienza con una petición de activación (EF1) proveniente de la TC. La TL comienza el procedimiento con EF2 a la TC y transmitiendo INFO U12 (IU12) por la línea. A la recepción de INFO U11 (IU11) de la TR1, la TL transmite INFO U22 (IU22) hacia la red, IU22 es utilizada por la TR1 para la fijación del ecualizador de línea (solamente para arranques en frío), recuperación de temporización rápida y fijación de umbrales de decisión AMI. Una vez que la TR1 ha terminado su procedimiento de acondicionamiento, transmite INFO U21 (IU21) a la TL. Esta SIG es utilizada por la TL para la fijación del ecualizador de línea (solamente en arranques en frío), recuperación de temporización y fijación de umbrales de

decisión AMI. Después la TL transmite INFO U4 (IU4) que es utilizada por la TR1 para actualizar el compensador de eco (periodo de acondicionamiento corto para arranques en caliente, más largo para arranques en frío). Al final de este periodo de acondicionamiento, la TR1 envía INFO U3 (IU3), que es utilizada por la TL para los mismos fines explicados para la TR1. Cuando se han terminado todos los periodos de acondicionamiento, la TL envía INFO U6 (IU6) (canales B y D operacionales) en la que losbits I del canal CL transportan instrucciones EF1. La TR1 responde con INFO U5 (IU5) (canales B y D operacionales) con el código EF3 en los bits I del CL si el interfaz en el punto de referencia T no está activo y después INFO U5 (IU5) con EF4 cuando el interfaz en el punto de referencia T está activo.

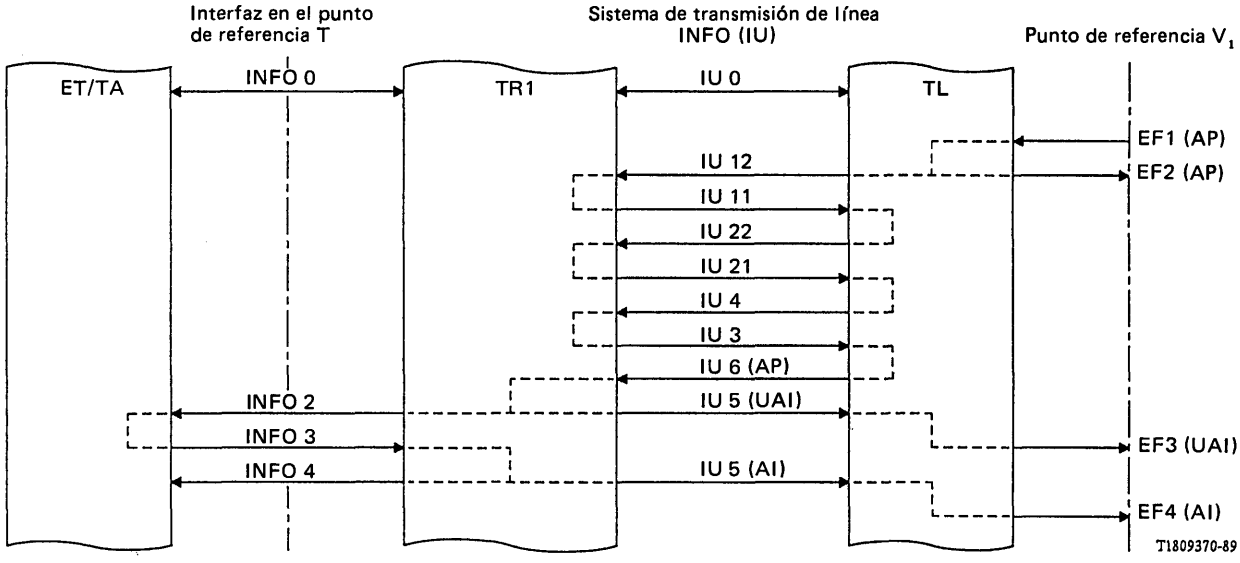


FIGURA III-6/G.961

Activación de la capa 1 desde el lado red

III.10.3.2 *Descripción del procedimiento de activación desde la TR1*

La figura III-7/G.961, basada en secuencias de flechas, resume el procedimiento de activación originado en el lado usuario. El procedimiento de activación originado en el lado usuario. El procedimiento de activación comienza con una petición de activación INFO 1 proveniente del interfaz en el punto de referencia T. La TR1 comienza el procedimiento transmitiendo INFO U11 (IU11) asinc hacia la TL. La TL pasa esta información a la TC con EF2 y espera la EF1 de la TC para continuar el procedimiento de activación. Si la TC da su acuse con EF1, el procedimiento de activación se reanuda y es igual al indicado en el § III.10.3.1.

III.10.3.3 *Descripción del procedimiento de desactivación*

La desactivación de la capa 1 se realiza físicamente sólo bajo el control completo de la TL/TC. La desactivación es comenzada en la TC con el envío de EF3 a la TL. La TL transmite INFO U6 (IU6) con la instrucción DP en los bits I del canal CL. La TR1 envía INFO 0 al interfaz en el punto de referencia T e INFO U0 (IU0) a la TL. La figura III-8/G.961, basada en secuencias de flechas, resume el procedimiento de desactivación.

III.10.4 *Cuadro de transición de estados de la TR1*

El funcionamiento detallado del procedimiento de activación/desactivación en la TR1 se describe en el cuadro III-1/G.961 como una función de INFO, SIG y temporizadores internos.

El bucle 2 será originado solamente a partir de un estado desactivado, y no será posible ninguna transición del bucle 2 al estado activo.

III.10.5 *Cuadro de transición de estados de la TL*

El funcionamiento detallado del procedimiento de activación/desactivación en la TL se describe en el cuadro III-2/G.961 como una función de INFO, SIG y temporizadores internos.

El bucle 1 será originado solamente a partir de un estado desactivado, y no será posible ninguna transición de bucle 1 al estado activo. El bucle 1 será o no transparente. Es posible que después del bucle 1 se requiera una activación larga (arranque en frío), pues el sistema podría perder toda la información sobre los coeficientes de ecualizador de línea, compensador de eco, etc.

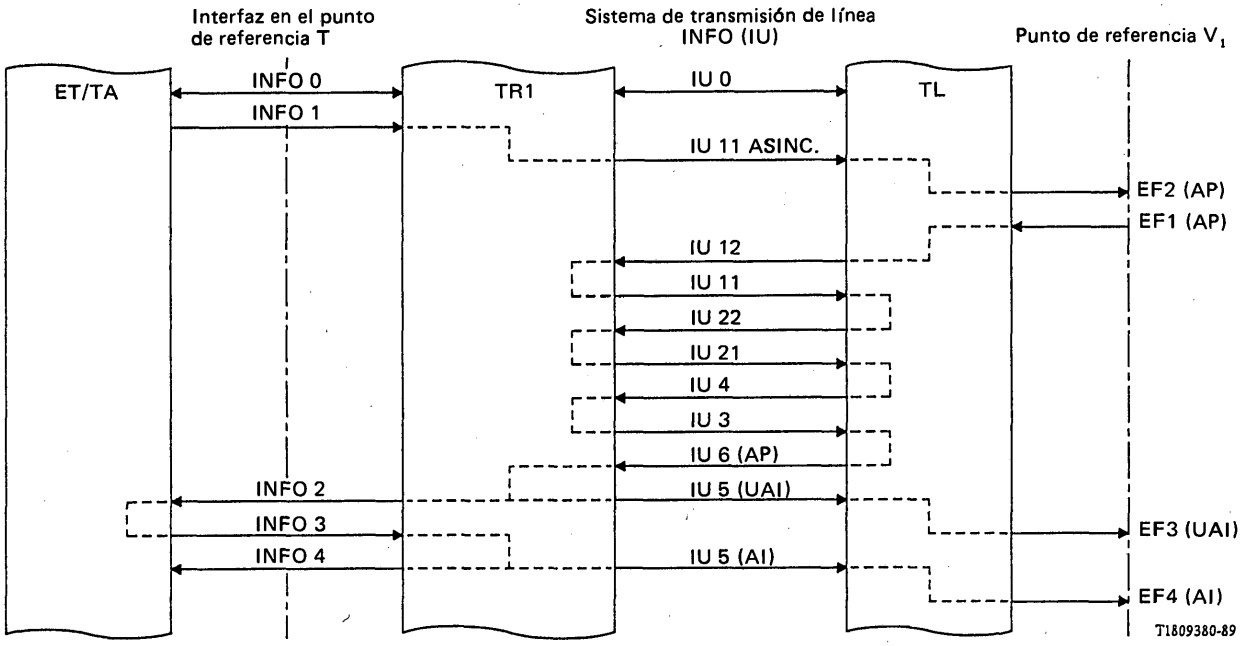


FIGURA III-7/G.961

Activación de la capa 1 desde el lado usuario

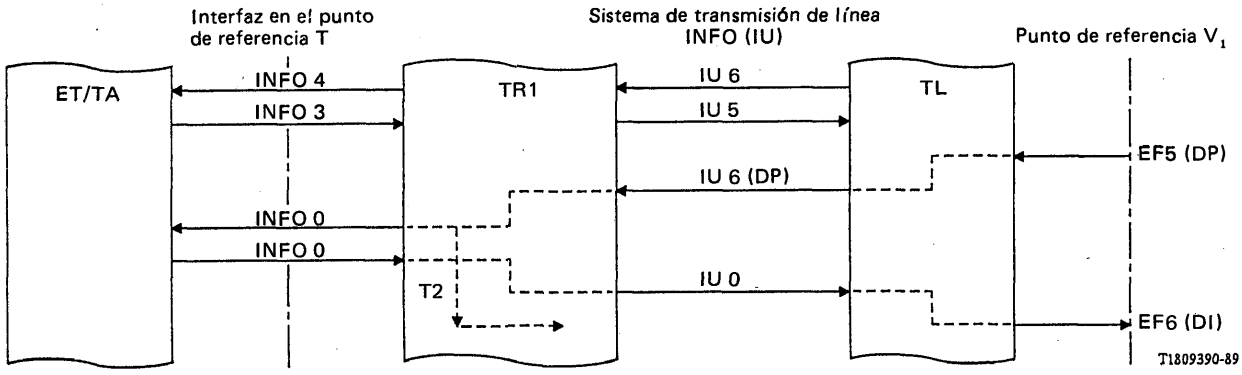


FIGURA III-8/G.961

Desactivación de la capa 1

CUADRO III-1/G.961

Cuadro de transición de estados de la TR1 (matriz de estados de la TR)

	Estado	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6	TR7	TR8	TR9	TR10	TR11	TR12	TR13	TR14	TR15
	Nombre	Desactivación	Pendiente de activación paso 1	Pendiente de activación paso 2	Pendiente de activación paso 3	Pendiente de activación paso 4	Sólo línea activa	Pendiente de activación interfaz T	Interfaz T + línea activos	Pérdida de trama en U en TR6	Pérdida de trama en U en TR8, 9	Pendiente de desactivación expiración TA	Pendiente de desactivación IU6 (DP)	Interfaz U activo bucle 2	Bucle 2 activo	Pérdida de trama en U bucle 2
	Señales Tx / Línea INFO	IU0	IU11 asinc.	IU11	IU21	IU3	IU5 + UAI en CL	IU5 + X en CL	IU5 + AI en CL	IU0	IU0	IU0	IU5 + X en CL	IU5 + UAI o RSY	IU5 + AI en CL	IU0
	Nuevo evento Rx / S/T	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 2	INFO 4	INFO 0	INFO X	INFO 0	INFO 0	INFO 2	INFO 4	INFO X
S/T	INFO 0	–	–	–	–	–	–	–	TR7	–	–	TR1	TR1	/ /	TR13	–
S/T	INFO 1	TR2	–	–	–	–	--- (nota)	–	TR7	–	–	–	–	| |	| |	| |
S/T	INFO 2	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	TR14	–	–
S/T	INFO 3	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	TR8	–	/ /	–	–	–	/ /	–	–
S/T	Pérdida de alineación de trama en el interfaz T	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	TR7	/ /	/ /	–	–	/ /	TR13	/ /
S/T	Expiración T2	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	TR1	TR1	/ /	/ /	/ /
S/T	Expiración TA	/ /	ST.T2 TR11	ST.T2 TR11	ST.T2 TR11	ST.T2 TR11	/ /	/ /	/ /	TR1	ST.T2 TR11	/ /	/ /	/ /	/ /	ST.T2 TR11
LÍNEA	IU0	–	–	ST.TA	ST.TA	ST.TA	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
LÍNEA	IU12	TR3	TR3	–	ST.TA	ST.TA	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	–	–	/ /	/ /	/ /
LÍNEA	IU22	/ /	/ /	Parar TA TR4	–	ST.TA	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	–	–	/ /	/ /	/ /
LÍNEA	IU4	/ /	/ /	ST.TA	Parar TA TR5	–	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	–	–	/ /	/ /	/ /
LÍNEA	IU6 + AP en CL	/ /	/ /	/ /	/ /	Parar TA TR7	TR7	–	–	/ /	/ /	–	–	/ /	/ /	/ /
LÍNEA	IU6 + UAR en CL	/ /	/ /	/ /	/ /	Parar TA TR6	–	/ /	TR6	/ /	/ /	–	–	/ /	/ /	/ /
LÍNEA	IU6 + AR2 en CL	/ /	/ /	/ /	/ /	Parar TA TR13	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	–	–	–	–	/ /
LÍNEA	IU6 + DP en CL	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	TR1	ST.T2 TR12	ST.T2 TR12	/ /	/ /	–	–	ST.T2 TR12	ST.T2 TR12	/ /
LÍNEA	Pérdida de alineación de trama en interfaz U	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	ST.TA TR9	ST.TA TR10	ST.TA TR10	–	–	/ /	/ /	ST.TA TR15	ST.TA TR15	–
LÍNEA	Recuperación después de la pérdida de alineación de trama en el interfaz U	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	Parar TA TR6	Parar TA TR7 o TR8	/ /	/ /	/ /	/ /	Parar TA TR13 o TR14

Nota – Véase después del cuadro III-2/G.961, los símbolos, las abreviaturas y la nota.

CUADRO III-2/G.961

Cuadro de transición de estados de la TL (matriz de estados de la TL)

	Estado	TL1	TL2	TL3	TL4	TL5	TL6	TL7	TL8	TL9	TL10	TL11	TL12	TL13
	Nombre	Desactivación	Esperar activación	Pendiente de activación paso 1	Pendiente de activación paso 2	Pendiente de activación paso 3	Pendiente de activación paso 4	Línea INFO	Interfaz T o bucle 2 activo	Pérdida de trama en U en TL8	Pérdida de trama en U en TL7	Indicación de error distante	Pérdida de trama en U en TL11	Pendiente de desactivación
	Señales Tx / Línea INFO	IU0	IU0	IU12	IU22	IU4	IU6 + EF en CL	IU6 + EF en CL	IU6 + EF en CL	IU6 + EF en CL	IU6 + EF en CL	IU6 + EF en CL	IU6 + EF en CL	IU6 + EF en CL
	Nuevo evento Rx / V_1	EF 6 (DI)	EF 2 (AP)	EF 2 (AP)	EF 2 (AP)	EF 2 (AP)	EF 2 (AP)	EF 3 (UAI)	EF 4 (AI)	EF 7 (RSY)	EF 7 (RSY)	EF 7 (RSY)	EF 7 (RSY)	EF recibido de CL
V_1	EF 1 (AP)	TL3	TL3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	EF 11 (UAR)	TL3	/ /	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	EF 9 (ARL)	TL4	/ /	/ /	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	EF 8 (AR2)	TL3	/ /	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	EF 10 (AR4)	TL3	/ /	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	EF 5 (DP)	–	–	TL1	TL1	TL1	TL1	TL13	TL13	TL1	TL1	TL13	TL1	–
LÍNEA	IU11 asinc.	TL2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	IU11	/ /	TL1	TL4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	IU21	/ /	TL1	–	TL5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	IU3	/ /	TL1	–	–	TL6	–	–	–	–	–	–	–	–
	IU5 + UAI en CL	/ /	TL1	–	–	–	TL7	–	TL7	–	–	TL7	–	–
	IU5 + AI en CL	/ /	TL1	–	–	–	TL8	TL8	–	–	–	TL8	–	–
	IU5 + AP en CL	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	TL6	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
	IU0	–	TL1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	TL1
	IU5 + RSY en CL	/ /	TL1	–	–	–	–	TL11	TL11	–	–	–	–	–
	Pérdida de alineación de trama en interfaz U	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	TL10	TL9	–	–	TL12	–	TL1
	Recuperación después de pérdida de alineación de trama en interfaz U	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	TL8	TL7	/ /	TL11	/ /

/	Evento imposible
–	Ningún cambio de estado
/	Evento imposible por la definciión del servicio de capa 1
INFO IU5 + X	Señal de línea con mensaje X por el canal CL
INFO IU6 + X	Señal de línea con mensaje X por canal CL
St.T2	Arrancar temporizador T2
St.TA	Arrancar temporizador TA
INFO IU6 + EF	Señal de línea con un mensaje por canal CL relacionado con EF en el interfaz V_1 procedente de la TC1.

Nota – La TR1 transmite AP en vez de UAI por el canal CL.

III.10.6 *Tiempos de activación*

El tiempo de activación a partir de un arranque en caliente será inferior a 300 ms.

El tiempo de activación a partir de un arranque en frío será inferior a 4 ms.

III.11 *Fluctuación de fase*

Las tolerancias de fluctuación de fase están destinadas a asegurar que los límites de la Recomendación I.430 del CCITT son apoyados por los límites de fluctuación de fase del sistema de transmisión en líneas locales. Los límites de fluctuación de fase indicados más adelante deben cumplirse independientemente de la longitud de la línea y de la inclusión de un regenerador, siempre que estén cubiertos por las características de los medios de transmisión (véase el § 3). Los límites deben cumplirse con independencia de los esquemas de bits transmitidos por los canales B, D y CL.

III.11.1 *Tolerancia de fluctuación de fase de la señal de entrada de la TR*

La TR1 cumplirá los objetivos de funcionamiento con fluctuación lenta de fase/fluctuación de fase en las magnitudes máximas indicadas en la figura III-9/G.961 para cada frecuencia de fluctuación de fase en la gama de 1 Hz a 40 kHz, superpuestas en la fuente de señal de prueba. La TR1 cumplirá también los objetivos de funcionamiento con fluctuación lenta de fase diaria de hasta 3 IU cresta a cresta cuando la velocidad máxima de cambio de fase es 0,6 IU hora.

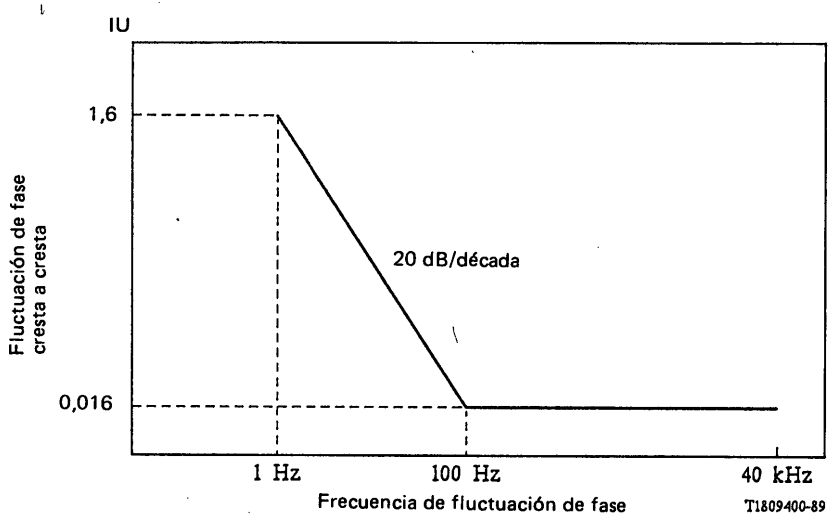


FIGURA III-9/G.961

Fluctuación de fase mínima admisible en la señal de entrada de la TR1

III.11.2 *Limitación de la fluctuación de fase de salida de la TR*

Con la fluctuación lenta de fase/fluctuación de fase especificada en el § III.11.1 superpuesta en la señal de entrada de la TR1, la fluctuación de fase de la señal transmitida por la TR1 hacia la red se ajustará a lo siguiente:

a) La fluctuación de fase será igual o inferior a 0,08 IU cresta a cresta e inferior a 0,02 IU, valor cuadrático medio, cuando se mide con un filtro paso alto que tiene un decremento de 20 dB/década por debajo de 100 Hz.

b) La fluctuación de fase en la fase de la señal de salida con respecto a la fase de la señal de entrada (procedente de la red) no excederá de 0,08 IU cresta a cresta o de 0,02 IU, valor cuadrático medio, cuando se mide con un filtro de paso banda que tiene un decremento de 20 dB/década por encima de 200 Hz y un decremento de 20 dB/década por debajo de 0,1 Hz. Este requisito se aplica con una fluctuación de fase superpuesta en la fase de la señal de entrada como se especifica en el § III.11.1 para cada frecuencia hasta 100 Hz.

III.11.3 *Condiciones de prueba para las mediciones de la fluctuación de fase*

Las mediciones de la fluctuación de fase se han efectuado utilizando puntos de prueba.

III.12 *Características de la salida del transmisor de la TR1 y de la TL*

Las siguientes especificaciones se aplican con una impedancia de carga de 130 ohmios.

III.12.1 *Amplitud del impulso*

La amplitud nominal cero a cresta del impulso mayor será 2 V y la tolerancia ± 10%.

III.12.2 *Forma del impulso*

La forma del impulso se ajustará a la plantilla de la figura III-10/G.961.

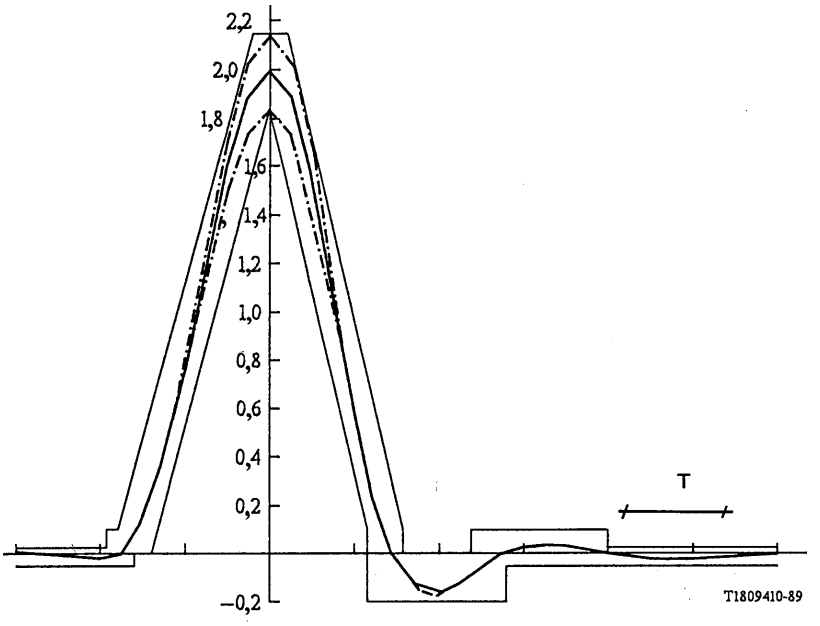


FIGURA III-10/G.961

Plantilla de impulso en transmisión

III.12.3 *Potencia de la señal*

La potencia de la señal de media estará comprendida entre 8 dBm y 9 dBm.

III.12.4 *Espectro de potencia*

El límite superior de la densidad espectral de potencia se ajustará a la plantilla de la figura III-11/G.961.

III.12.5 *No linealidad de la señal del transmisor*

La no linealidad de la señal del transmisor será inferior al 1%.

III.13 *Terminación de transmisor/receptor*

III.13.1 *Impedancia*

La impedancia nominal de entrada/salida mirando hacia la TR1 o la TL respectivamente será 130 ohmios.

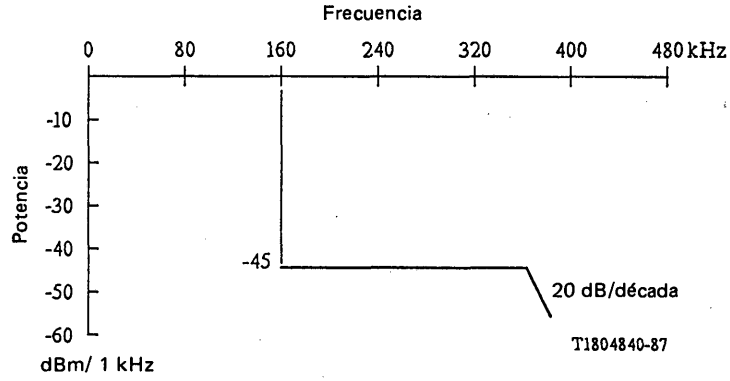


FIGURA III-11/G.961

Plantilla de la densidad espectral de potencia transmitida

III.13.2 *Pérdida de retorno*

La pérdida de retorno de la impedancia será superior a 11 dB en la gama de frecuencias 5 a 60 kHz y superior a 16 dB en la gama de frecuencias 60 a 100 kHz.

III.13.3 *Pérdida de conversión longitudinal*

La pérdida de conversión longitudinal mínima será como sigue:

- hasta 80 kHz 45 dB;
- por encima de 80 kHz 40 dB.

APÉNDICE IV

(a la Recomendación G.961)

Características eléctricas de un sistema de transmisión AMI que utiliza un método TCM

IV.1 *Código de línea*

Para ambos sentidos de transmisión, el código de línea es AMI y el esquema de codificación se realizará de forma que un CERO binario esté representado por ninguna señal en línea, mientras que un UNO binario esté representado alternativamente por un impulso positivo o negativo.

IV.2 *Velocidad de símbolos*

La velocidad de símbolo es determinada por el código de línea, la velocidad del tren de información y la estructura de trama. La velocidad de símbolos es 320 kbaudios.

IV.2.1 *Requisitos de reloj*

IV.2.1.1 *Exactitud de reloj en funcionamiento libre de la TR1*

La exactitud del reloj en funcionamiento libre en la TR1 será ± 50 ppm.

IV.2.1.2 *Tolerancia del reloj de la TR1*

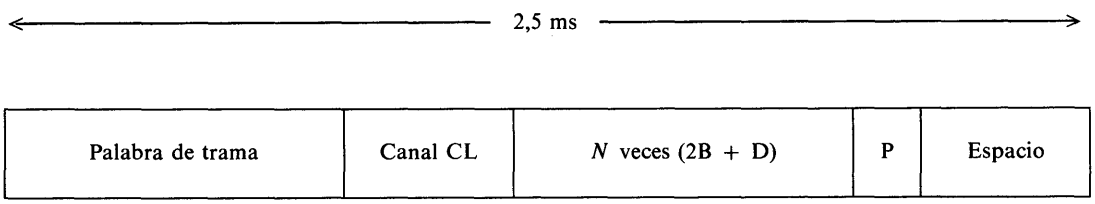
La TR1 aceptará una exactitud de reloj procedente de la TL de ± 10 ppm.

IV.2.1.3 *Tolerancia de reloj de TL*

La TR1 aceptará una exactitud de reloj de la TC de ± 10 ppm.

IV.3 *Estructura de trama*

La estructura de trama contiene una palabra de trama, N veces (2B + D) y un canal CL.



P Bit de paridad: el bit P se utiliza para obtener un número par de UNOS binarios en una trama; por tanto, se pone a UNO binario o CERO cuando el número de UNOS binarios en una trama es impar o par respectivamente.

IV.3.1 *Longitud de trama*

El número *N* de intervalos (2B + D) en una trama es veinte.

IV.3.2 *Asignación de bits en el sentido TL a TR1*

En la figura IV-1/G.961, se muestra la asignación de bits.

IV.3.3 *Asignación de bits en el sentido TR1 a TL*

En la figura IV-2/G.961, se muestra la asignación de bits.

Posiciones de bit	1 ~ 8	9	10	11 ~ 13	14 ~ 16	XX (Nota)	YY (Nota)	ZZ (Nota)	VV (Nota)	377	378 ~ 800
Funciones	Palabra de trama	Bit de control	Bit de multitrama	Bits de control	Bits VRC	Canal B_1	Canal D	Canal B_2	Canal D	Bit de paridad	Espacio (ninguna señal en linea)
		Canal CL									

Nota – XX = (17 + 18n) hasta (24 + 18n); donde n = 0 ~ 19.
YY = 25 + 18n ; donde n = 0 ~ 19.
ZZ = (26 + 18n) hasta (33 + 18n); donde n = 0 ~ 19.
VV = 34 + 18n ; donde n = 0 ~ 19.

FIGURA IV-1/G.961

Asignación de bits en el sentido TL a TR1

Posiciones de bit	1 ~ 8	9	10	11 ~ 13	14 ~ 16	XX (Nota)	YY (Nota)	ZZ (Nota)	VV (Nota)	377	378 ~ 800
Funciones	Palabra de trama	Bit de información	Bit de multitrama	Bits de información	Bits VRC	Canal B_1	Canal D	Canal B_2	Canal D	Bit de paridad	Espacio (ninguna señal en linea)
		Canal CL									

Nota – XX = (17 + 18n) hasta (24 + 18n); donde n = 0 ~ 19.
YY = 25 + 18n ; donde n = 0 ~ 19.
ZZ = (26 + 18n) hasta (33 + 18n); donde n = 0 ~ 19.
VV = 34 + 18n ; donde n = 0 ~ 19.

FIGURA IV-2/G.961

Asignación de bits en el sentido TR1 a TL

IV.4 *Palabra de trama*

La palabra de trama se utiliza para asignar la posición de bits a los canales 2B + D + CL. Sin embargo, puede utilizarse también para otras funciones.

IV.4.1 *Palabra de trama en el sentido TL a TR1*

El código para la palabra de trama será «100000M0». M es el bit de alternancia «1»/«0» en cada trama.

IV.4.2 *Palabra de trama en el sentido TR1 a TL*

El código para la palabra de trama será «1000000M». M es el bit de alternancia «1»/«0» en cada trama.

IV.5 *Procedimiento de alineación de trama*

El procedimiento de alineación de trama se define como sigue:

a) *Estado de alineación de trama*

Se considera que el sistema de transmisión está en estado de alineación de trama si se ha identificado la palabra de trama en la misma posición durante tres tramas consecutivas.

b) *Estado de pérdida de alineación de trama*

Se considera que el sistema de transmisión está en el estado de pérdida de alineación de trama si no se ha identificado la palabra de trama en la posición de trama prevista durante seis tramas antes de identificar la palabra de trama en la posición de trama durante doce tramas.

IV.6 *Multitrama*

Para permitir la asignación de bits del canal CL en más tramas siguientes una a la otra, puede utilizarse una estructura de multitrama. El comienzo de la multitrama es determinado por la palabra de trama. El número total de tramas en una multitrama es cuatro.

IV.6.1 *Palabra de multitrama en el sentido TL a TR1*

La multitrama es identificada por el bit de multitrama, asignado en el canal CL. El código para la palabra en multitrama, que es definido por los bits de multitrama en cuatro tramas consecutivas en el estado alineación de trama es «1000».

IV.6.2 *Palabra de multitrama en el sentido TR1 a TL*

Igual que en el § IV.6.1.

IV.7 *Desplazamiento de trama entre las tramas de TL a TR1 y de TR1 a TL*

La TR1 sincronizará su trama en la trama recibida en el sentido TL a TR1 y transmitirá su trama con un desplazamiento. La posición de trama relativa en la entrada/salida de TR1 es como sigue. El primer bit de cada trama transmitida de la TR1 a la TL será retardado por 383 a 384 periodos de bits con respecto al primer bit de la trama recibida de la TL.

IV.8 *Canal CL*

IV.8.1 *Velocidad binaria*

La velocidad binaria del canal CL es 3,2 kbit/s.

IV.8.2 *Estructura*

a) Se asignan treinta y dos bits (3,2 kbits/s) en una multitrama para el uso de canal CL.

b) Se asignan cuatro bits (0,4 kbit/s) a bits de multitrama.

c) Se asignan dieciséis bits (1,6 kbit/s) para funciones de mantenimiento y control operacional en el sentido TL a TR1, y para funciones de mantenimiento e información operacional en el sentido TR1 a TL.

d) Se asignan doce bits (1,2 kbit/s) para una función de verificación por redundancia cíclica.

IV.8.3 *Protocolos y procedimientos*

Los protocolos y procedimientos de mantenimiento/control operacional/información son los siguientes:

a) los modos de transferencia se basan en bits;

b) los modos de envío son continuos;

c) la identificación es confirmada por la recepción de bits idénticos durante tres multitramas consecutivas en el estado de alineación de trama;

d) las invocaciones de control duran mientras se identifica el control de envío;

e) las invocaciones de información duran mientras se identifica el suceso de causa.

IV.9 *Aleatorización*

La aleatorización se aplicará en canales 2B + D y el algoritmo de aleatorización será como sigue:

– En el sentido TL a TR1: $x^9 \oplus x^5 \oplus 1$

– En el sentido TR1 a TL: $x^9 \oplus x^5 \oplus 1$

IV.10 *Activación/desactivación*

La activación/desactivación se define en el § 5 de la Recomendación G.960. La aplicaciones proporcionadas por el sistema de transmisión se describen a continuación.

IV.10.1 *Señales utilizadas para activación*

A continuación se definen las señales utilizadas para activación/desactivación (SIG). Se definen señales utilizadas para arranque (los bits en el canal CL no están disponibles) y bits en el canal CL (en tramas ya establecidas).

a) Señales utilizadas para arranque (CL no disponible)

- SIG 0 (de TR1 a TL y de TL a TR1): Ninguna señal en línea.
- SIG 1 (de TL a TR1): Señal que desactiva la línea y el interfaz en el punto de referencia T.
- SIG 2 (de TR1 a TL): Señal de atento para notificar a la capa 1 de la TL que tiene que pasar al estado de alto consumo de potencia y proporcionar la activación de la línea y del interfaz en el punto de referencia T. Se invoca recibiendo la señal INFO 1 a través del punto de referencia T en caso de activación desde el lado usuario. Esta señal se utiliza también como acuse de atento al recibir la señal SIG 3 en caso de activación desde el lado red.
- SIG 3 (de TL a TR1): Señal de atento para notificar a la capa 1 de la TR1 que tiene que pasar al estado de alto consumo de potencia y preparar la sincronización en una señal entrante de la TL. Esta señal se utiliza también como acuse de atento al recibir la señal SIG 2 en caso de activación desde el lado usuario.
- SIG 4 (de TL a TR1): Señal que contiene información de alineación de trama y permite la sincronización del receptor en la TR1.
- SIG 5 (de TR1 a TL): Señal que contiene información de alineación de trama y permite la sincronización del receptor en la TL. Informa a la TL que la TR1 ha sincronizado en la señal SIG 4.

b) Bits en el canal CL en trama ya establecida.

- SIG 6 (de TL a TR1): Señal que exige que la TR1 establezca la capacidad completa de transferencia de información de capa 1 disponible entre la TR1 y la TL, y que la TR1 active el interfaz T enviando la señal INFO 2 a través del punto de referencia T.
- SIG 7 (de TL a TR1): Señal que exige que la TR1 establezca la capacidad completa de transferencia de información de capa 1 disponible entre el ET y la TC enviando la señal INFO 4 a través del punto de referencia T.
- SIG 8 (de TR1 a TL): Señal que indica que el interfaz en el punto de referencia T ha sido activado, y requiere que la TL proporcione la capacidad completa de transferencia de información de capa 1 disponible entre el ET y la TC. Se invoca recibiendo la señal INFO 3 a través del punto de referencia T.
- SIG 9 (de TL a TR1): Señal que exige que la TR1 establezca la capacidad completa de transferencia de información de capa 1 disponible entre la TR1 y la TL, y que la TR1 active el bucle 2.
- SIG 10 (de TR1 a TL): Señal que indica que se ha activado el bucle 2 en la TR1, y exige que la TL proporcione la capacidad completa de transferencia de información de capa 1 disponible entre la TR1 y la TC.
- SIG 11 (de TL a TR1 y de TR1 a TL): Señal de sincronización que contiene información de alineación de trama y canales 2B + D + CL.

- SIG 12 (de TR1 a TL): Señal que indica que el receptor en el lado del interfaz T de la TR1 ha pasado al estado de alineación de trama perdida.
- SIG 13 (de TL a TR1): Señal que indica que el receptor en el lado línea de la TL ha pasado al estado alineación de trama perdida. Esta señal contiene también una función como la señal SIG 4.
- SIG 14 (de TR1 a TL): Señal de sincronización que contiene información de alineación de trama en canales 2B + D + CL; los bits en los canales 2B + D se ponen en reposo.

Nota – La definición del elemento de función (EF) a través del punto de referencia V_1, figura en el § 5.4 de la Recomendación G.960. Los EF utilizados para activación/desactivación se enumeran en el cuadro IV-1/G.961.

CUADRO IV-1/G.961

Repertorio de elementos de función asociados con los procedimientos de activación/desactivación

EF	Sentido	Repertorio
EF 1	TC a TL	Petición de activación para el interfaz en el punto de referencia T
EF 5	TC a TL	Petición de desactivación para la línea y el interfaz en el punto de referencia T
EF 9	TC a TL	Petición de activación de bucle 1
EF 8	TC a TL	Petición de activación de bucle 2
EF 4	TL a TC	El interfaz T está activado o se proporciona un bucle, respectivamente
EF 3	TL a TC	La línea está activada
EF 6	TL a TC	La línea y el interfaz en el punto de referencia T están desactivados
EF 7	TL a TC	Indicación de error
EF 2	TL a TC	Petición de arrancar el temporizador T1 dentro de la capa 1 de la TC

IV.10.2 *Definición de temporizadores internos*

El temporizador T2 (véase el § 6 de la Recomendación I.430) reside dentro de la capa 1 de la TL.

IV.10.3 *Descripción del procedimiento de activación*

a) Activación desde el lado red: véase la figura IV-3/G.961.

b) Activación desde el lado usuario: véase la figura IV-4/G.961.

c) Desactivación desde el lado red: véase la figura IV-5/G.961.

d) Activación de bucle 2: véase la figura IV-6/G.961.

Nota 1 – No se proporciona la activación del sistema del línea solamente, cuando se dispone de la capacidad de transferencia de información completa mientras el interfaz en el punto de referencia T permanece desactivado.

Nota 2 – Se proporciona un bucle 1 no transparente cuando no se transmite señal en la línea en el punto a dos hilos de la TL.

Nota 3 – Se proporciona un bucle 2 no transparente cuando se envía INFO 0 desde la TR1 en el interfaz en el punto de referencia T.

Nota 4 – No es aplicable un repetidor.

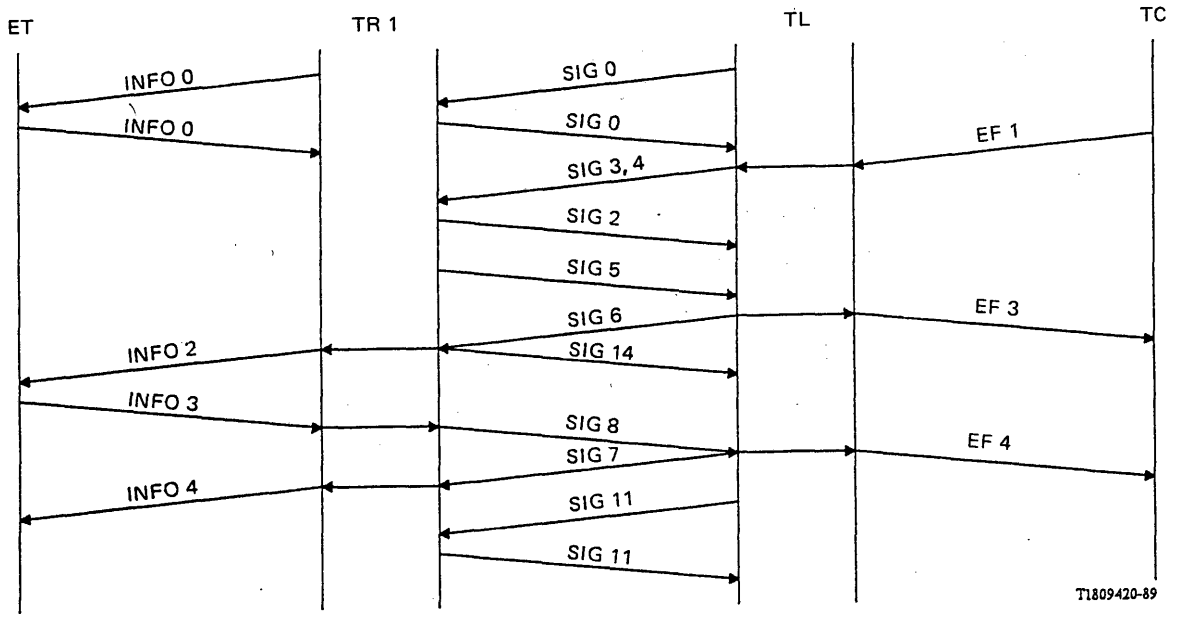


FIGURA IV-3/G.961

Activación desde el lado red

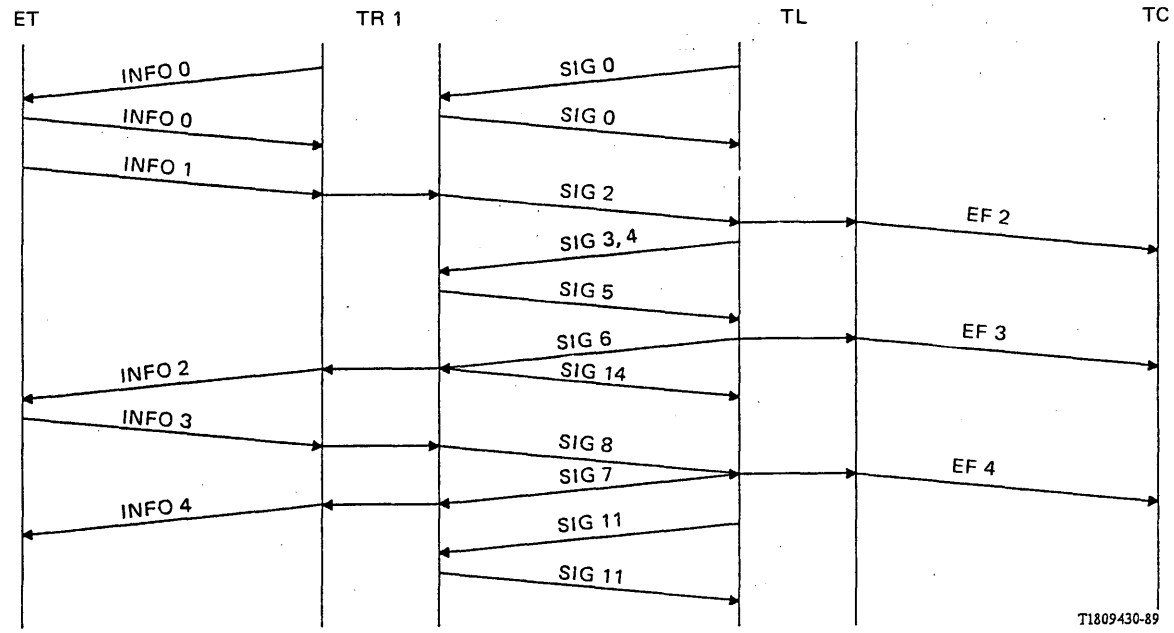


FIGURA IV-4/G.961

Activación desde el lado usuario

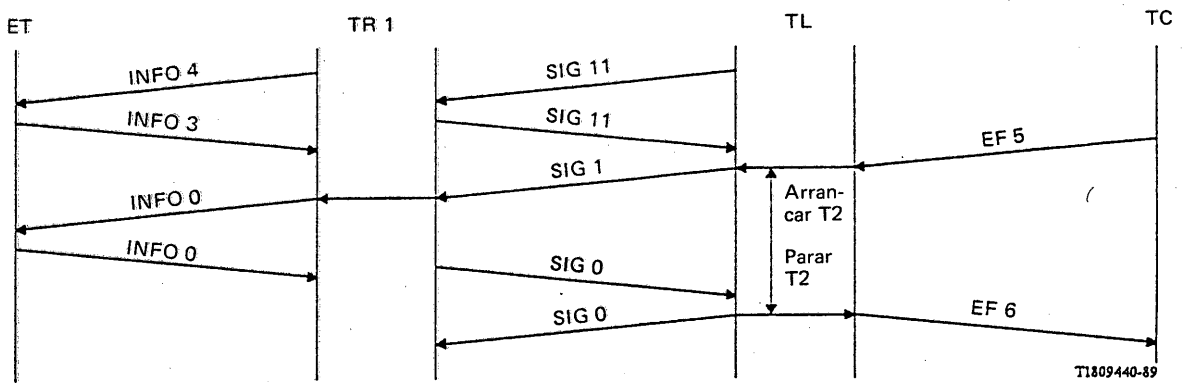


FIGURA IV-5/G.961

Desactivación desde el lado red

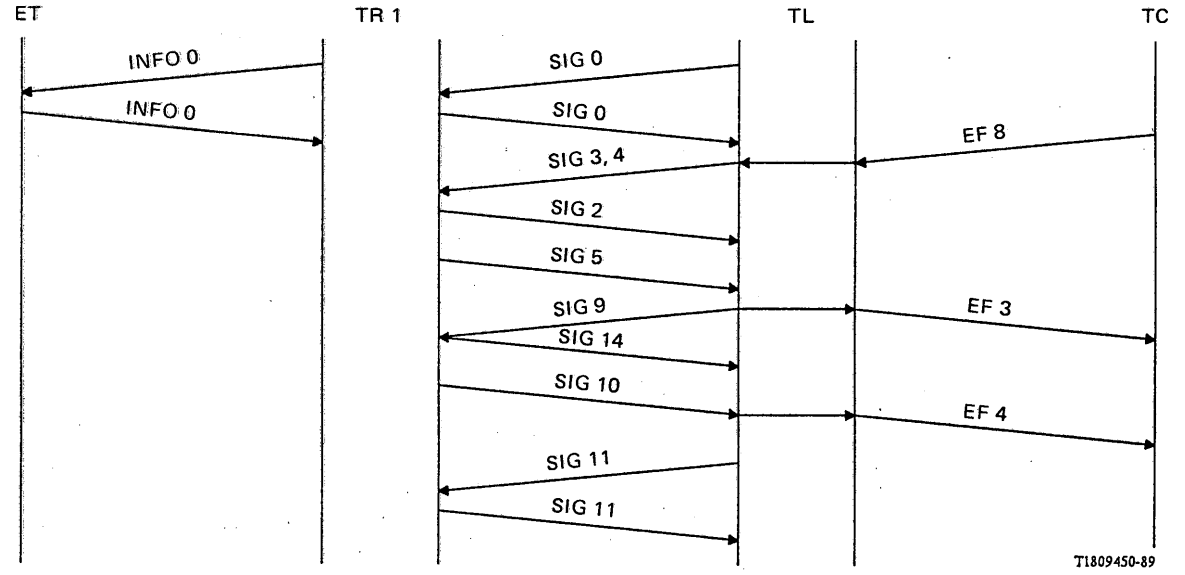


FIGURA IV-6/G.961

Activación de bucle 2

IV.10.4 *Cuadro de transición de estados de la TR1*

El cuadro de transición de estados de la TR1 como una función de INFO y SIG se ilustra en el cuadro IV-2/G.961.

IV.10.5 *Cuadro de transición de estados de la TL*

El cuadro de transición de estados de la TL como una función de EF, SIG y el temporizador interno T2 se ilustra en el cuadro IV-3/G.961.

CUADRO IV-2/G.961

Cuadro de transición de estados de la TR1

Evento	Nombre de estado	Desactivación	Pendiente de activación de potencia	Pendiente de activación de la línea en el lado TR1	Pendiente de activación de la línea en el lado TL	Línea activa	Interfaz T preactivo	Interfaz T preactivo	Alineación de trama perdida del interfaz T	Línea activa	Bucle 2 activo
	Código de estado	TR 1.0	TR 1.1	TR 1.2	TR 1.3	TR 1.4	TR 1.5	TR 1.6	TR 1.7	TR 2.1	TR 2.2
	Tx	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 0	INFO 2	INFO 2	INFO 4	INFO 2	INFO 0	INFO 0
		SIG 0	SIG 2	SIG 2	SIG 5	SIG 14	SIG 8	SIG 11	SIG 12	SIG 14	SIG 10 SIG 11
SIG 1		/	TR 1.0	TR 1.0	TR 1.0	TR 1.0	TR 1.0	TR 1.0	TR 1.0	TR 1.0	TR 1.0
SIG 3		TR 1.2	TR 1.2	–	–	/	/	/	/	/	/
Línea del lado TR1 activa		/	/	TR 1.3	–	–	–	–	–	–	–
SIG 6		/	/	/	TR 1.4	–	–	–	–	–	–
SIG 7		/	/	/	/	/	TR 1.6	–	–	/	/
SIG 9		/	/	/	TR 2.1	/	/	/	/	–	–
SIG 13		/	/	/	–	TR 1.3	TR 1.3	TR 1.3	TR 1.3	TR 1.3	TR 1.3
Alineación de trama pérdida del interfaz T		/	/	/	/	/	TR 1.7	TR 1.7	–	/	/
Alineación de trama de línea perdida en el lado TR1		/	/	/	TR 1.2	TR 1.2	TR 1.2	TR 1.2	TR 1.2	TR 1.2	TR 1.2
Recepción INFO 1		TR 1.1	–	–	–	–	/	/	/	–	–
Recepción INFO 3		/	/	/	/	TR 1.5	–	–	TR 1.5	/	/
Bucle 2 establecido		/	/	/	/	/	/	/	/	TR 2.2	–

/ Evento imposible

– Ningún cambio de estado

CUADRO IV-3/G.961

Cuadro de transición de estados de la TL

Evento	Nombre de estado	Desactivación	Pendiente de activación de línea	Línea activa	Interfaz T activo	Pendiente de desactivación	Alineación de trama de línea perdida	Pendiente de activación de línea	Línea activa	Bucle 2 activo
	Código de estado	LT 1.0	LT 1.1	LT 1.2	LT 1.3	LT 1.4	LT 1.5	LT 2.1	LT 2.2	LT 2.3
	Tx	SIG 0	SIG 3 SIG 4	SIG 6	SIG 7 SIG 11	SIG 1	SIG 13	SIG 3 SIG 4	SIG 9	SIG 11
SIG 2		EF 2 LT 1.1	–	–	/	/	–	–	/	/
Línea totalmente activa		/	EF 3 LT 1.2	–	–	–	EF 3 LT 1.2	EF 3 LT 2.2	–	–
SIG 8		/	/	EF 4 LT 1.3	–	–	/	/	/	/
SIG 10		/	/	/	/	/	/	/	EF 4 LT 2.3	–
Alineación de trama de línea perdida		/	/	EF 7 LT 1.5	EF 7 LT 1.5	–	–	/	EF 7 LT 2.1	EF 7 LT 2.1
SIG 12		/	/	/	EF 7 LT 1.2	–	/	/	/	/
Expiración del temporizador T2		/	/	/	/	LT 1.0	/	/	/	/
EF 1		LT 1.1	/	/	/	/	/	/	/	/
EF 5		/	Arrancar T2 LT 1.4	Arrancar T2 LT 1.4	Arrancar T2 LT 1.4	/	Arrancar T2 LT 1.4	Arrancar T2 LT 1.4	Arrancar T2 LT 1.4	Arrancar T2 LT 1.4
EF 8		2.1	/	/	/	/	/	/	/	/

/ Evento imposible

– Ningún cambio de estado

IV.10.6 *Tiempos de activación*

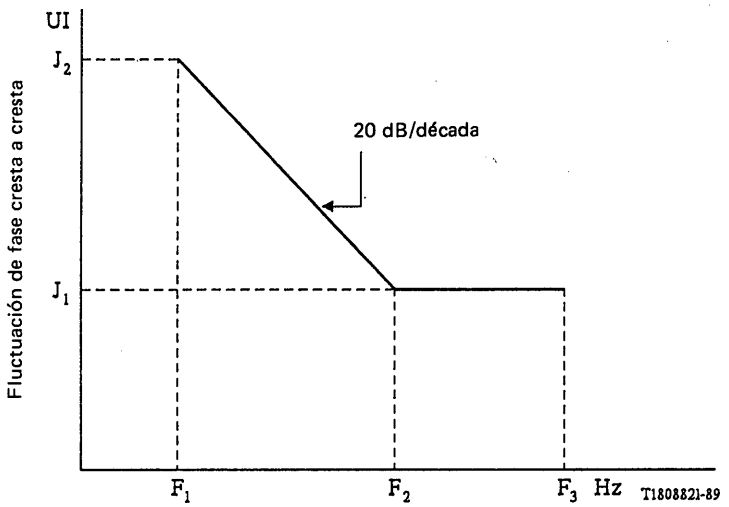
Véanse los § 5.5.1 y 5.5.2 de la Recomendación G.960.

IV.11 *Fluctuación de fase*

La tolerancia de fluctuación de fase está destinada a asegurar que los límites de la Recomendación I.430 son apoyados por los límites de fluctuación de fase del sistema de transmisión en líneas locales. Los límites de fluctuación de fase indicados más adelante deben cumplirse independientemente de la longitud de la línea local y de la inclusión de un regenerador, siempre que estén cubiertos por las características de los medios de transmisión (véase el § 3). Los límites deben cumplirse con independencia de los esquemas de bits en los canales B, D y CL.

IV.11.1 *Tolerancia de fluctuación de fase de la señal de entrada de la TR1*

La TR1 cumplirá los objetivos de funcionamiento con fluctuación lenta de fase/fluctuación de fase en las magnitudes máximas indicadas en la figura IV-7/G.961, para cada frecuencia de fluctuación de fase en la gama comprendida entre 3 Hz y 80 kHz, superpuesta en la fuente de la señal de prueba. La TR1 cumplirá también los objetivos de funcionamiento con una fluctuación lenta de fase por día de hasta 1,0 IU cresta a cresta cuando la velocidad máxima de cambio de fase es 1,0 IU/hora.



$$1\ \text{IU} = \frac{1}{320\ \text{kHz}} = 3{,}125\ \mu\text{s}$$

F_1	F_2	F_3	J_1	J_2
3 Hz	30 Hz	80 kHz	0,1 IU	1,0 IU

FIGURA IV-7/G.961

Fluctuación de fase mínima admisible en la señal de entrada de la TR1

IV.11.2 *Limitaciones de la fluctuación de fase de salida de la TR1*

Con la fluctuación lenta de fase/fluctuación de fase especificada en el § IV.11.1, superpuesta en la señal de entrada de la TR1, la fluctuación de fase en la señal transmitida por la TR1 hacia la red se ajustará a lo siguiente:

a) La fluctuación de fase será igual o inferior a 0,1 IU cresta a cresta e inferior a 0,25 IU, valor cuadrático medio, medida con un filtro paso alto que tiene un decremento de 20 dB/década por debajo de 90 Hz.

b) La fluctuación de la fase de la señal de salida con respecto a la fase de la señal de entrada (procedente de la red) no excederá de 0,12 IU cresta a cresta o de 0,025 IU, valor cuadrático medio, medida con un filtro paso alto que tiene un decremento de 20 dB/década por encima de 90 Hz y un decremento de 20 dB/década por debajo de 0,3 Hz. Esto se aplica con fluctuación de fase superpuesta en la fase de la señal de entrada como se especifica en el § IV.11.1 para cada frecuencia hasta F_2 Hz.

IV.11.3 *Condiciones de prueba para mediciones de la fluctuación de fase*

Debido a la transmisión bidireccional en el punto a dos hilos y, a la severa interferencia entre símbolos, no se dispone de transmisiones de señal bien definidas en el punto a dos hilos de la TR1.

Nota – Se proponen dos soluciones posibles:

a) Se proporciona un punto de prueba en la TR1 para medir la fluctuación de fase de una señal no perturbada.

b) Se define como instrumento de prueba un transceptor de TL normalizado que incluye una línea local artificial.

IV.12 *Características de salida del transmisor de TR1 y TL*

La especificación siguiente se aplica con una impedancia de carga de 110 ohmios.

IV.12.1 *Amplitud del impulso*

La amplitud nominal de cero a cresta del impulso mayor será 6 V y la tolerancia será ± 10%.

IV.12.2 *Forma del impulso*

La forma del impulso se ajustará a la plantilla de impulso de la figura IV-8/G.961.

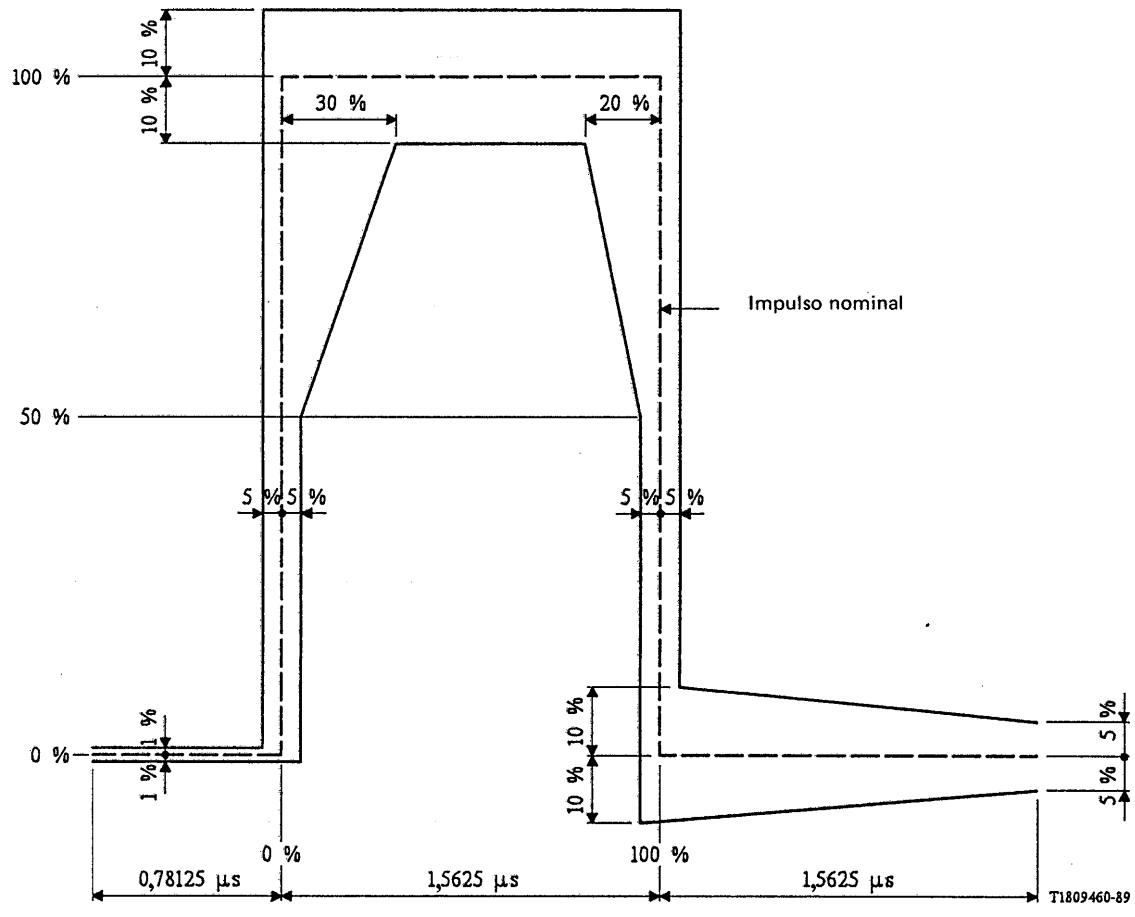


FIGURA IV-8/G.961

Plantilla de impulso de salida del transmisor

IV.12.3 *Potencia de la señal*

La potencia de señal media estará comprendida entre 14,5 dBm y 17,1 dBm.

IV.12.4 *Espectro de potencia*

El límite superior de la densidad espectral de potencia se ajustará a la plantilla de la figura IV-9/G.961.

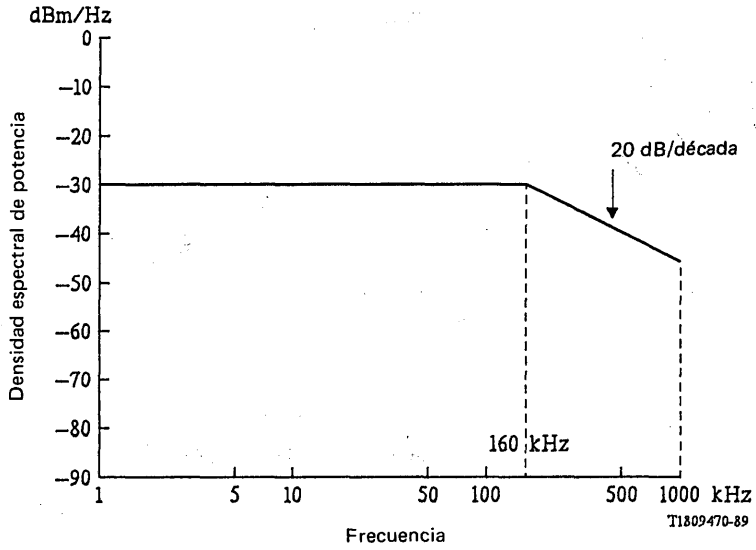


FIGURA IV-9/G.961

Límite superior de la densidad espectral de potencia de la señal

IV.12.5 *No linealidad de la señal del transmisor*

Esta es una medida de las desviaciones con respecto a las alturas de impulso ideales y a la no linealidad de cada impulso. La desviación entre alturas de impulsos positivos y negativos será inferior al 5%.

Deberá estudiarse ulteriormente el método de medición.

IV.13 *Terminación de transmisor/receptor*

IV.13.1 *Impedancia*

a) La impedancia de entrada nominal mirando hacia la TR1 o la TL respectivamente será de 110 ohmios.

b) La impedancia de salida nominal mirando hacia la TR1 o la TL respectivamente será inferior a 30 ohmios en presencia de impulsos de excitación y de 110 ohmios en ausencia de impulsos de excitación.

IV.13.2 *Pérdida de retorno*

La pérdida de retorno de la impedancia será mayor que la indicada en la plantilla de la figura IV-10/G.961.

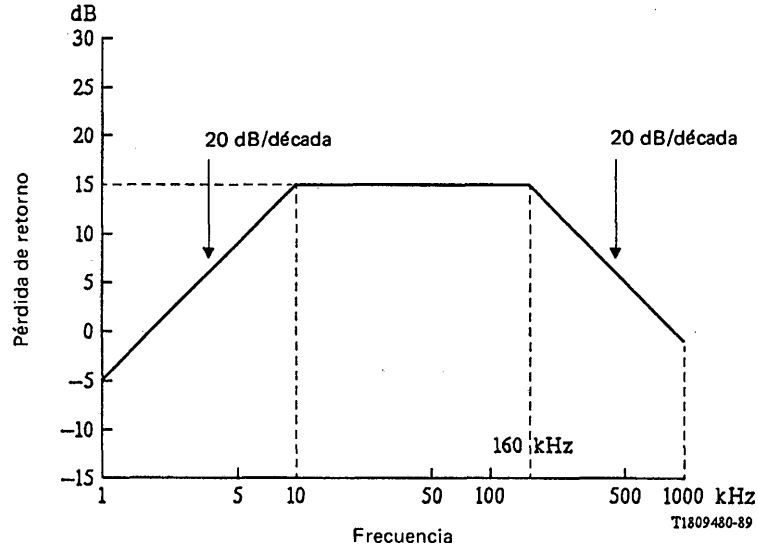


FIGURA IV-10/G.961

Pérdida de retorno mínima de impedancia

IV.13.3 *Pérdida de conversión longitudinal*

La pérdida de conversión longitudinal mínima será mayor que la mostrada en la plantilla de la figura IV-11/G.961.

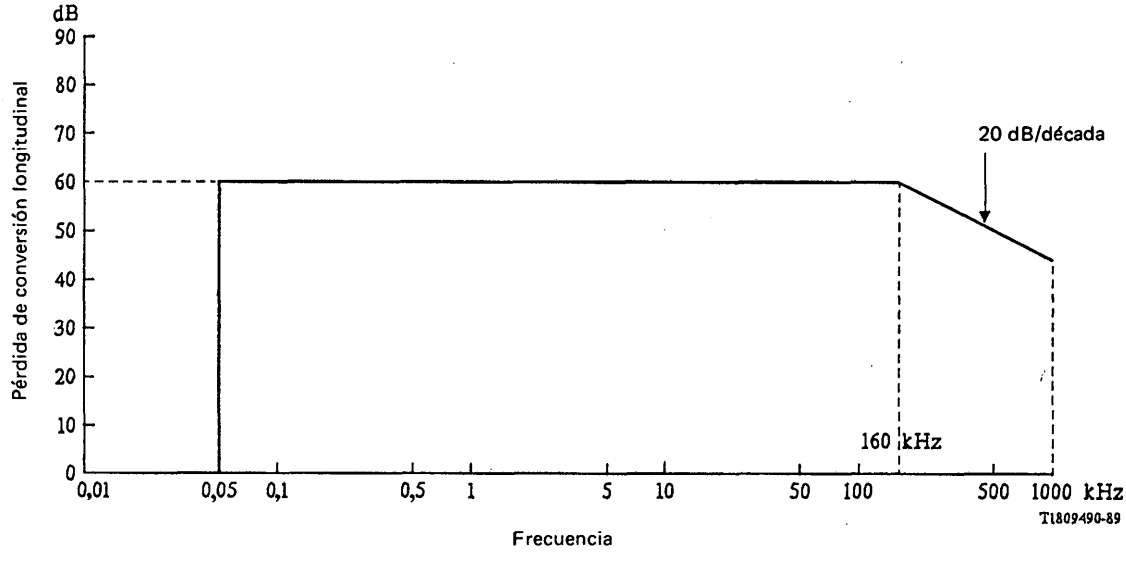


FIGURA IV-11/G.961

Pérdida de conversión mínima

APÉNDICE V

(a la Recomendación G.961)

Sistema de línea digital para acceso a la velocidad básica de la RDSI que utiliza el código de línea bifásico binario

V.0 *Características eléctricas*

Este apéndice describe un sistema de transmisión transparente a 160 kbit/s que utiliza técnicas de compensación de eco. La velocidad de transmisión admitirá dos canales B a 64 kbit/s y un canal D a 16 kbit/s definidos en la Recomendación I.412. La capacidad restante de 16 kbit/s se utilizará para alineación de trama e información de canal auxiliar.

La aleatorización de datos se realiza en todos los datos alineados en trama utilizando diferentes polinomios en el extremo de la central y en el del abonado. Se utiliza codificación bifásica para el código de línea. La señal codificada es filtrada y transmitida a la línea a una velocidad de símbolos de 160 kbaudios. Las transiciones de elementos de señalización bifásicos permiten la extracción de reloj basado en datos con baja fluctuación de fase y la ecualización puede realizarse mediante una estructura de realimentación de decisión de pocos elementos. La toma de decisión binaria permite una mejor inmunidad a la interferencia residual entre símbolos y al eco residual y simplifica el diseño del receptor puesto que no requiere referencias de control automático de potencia/decisión.

V.1 *Código de línea*

Para ambos sentidos de transmisión, el código de línea es bifásico. El esquema de codificación es el siguiente:

El CERO binario se representa por una transición negativa en el medio del periodo de bits.

El UNO binario se representa por una transición positiva en el medio del periodo de bits.

Se producen transiciones en la frontera de bits si sucesivos bits de datos binarios son idénticos.

La señal binaria codificada se conforma de modo que filtre efectivamente los componentes de altas frecuencias.

V.2 *Velocidad de símbolos*

La velocidad de símbolos es determinada por el código de línea, la velocidad binaria del tren de información y la estructura de trama. La velocidad de símbolos es 160 kbaudios.

V.2.1 *Requisitos de reloj*

V.2.1.1 *Exactitud de reloj en funcionamiento libre de la TR1*

La exactitud del reloj en funcionamiento libre en la TR1 será ± 230 ppm.

V.2.1.2 *Tolerancia del reloj de la TL*

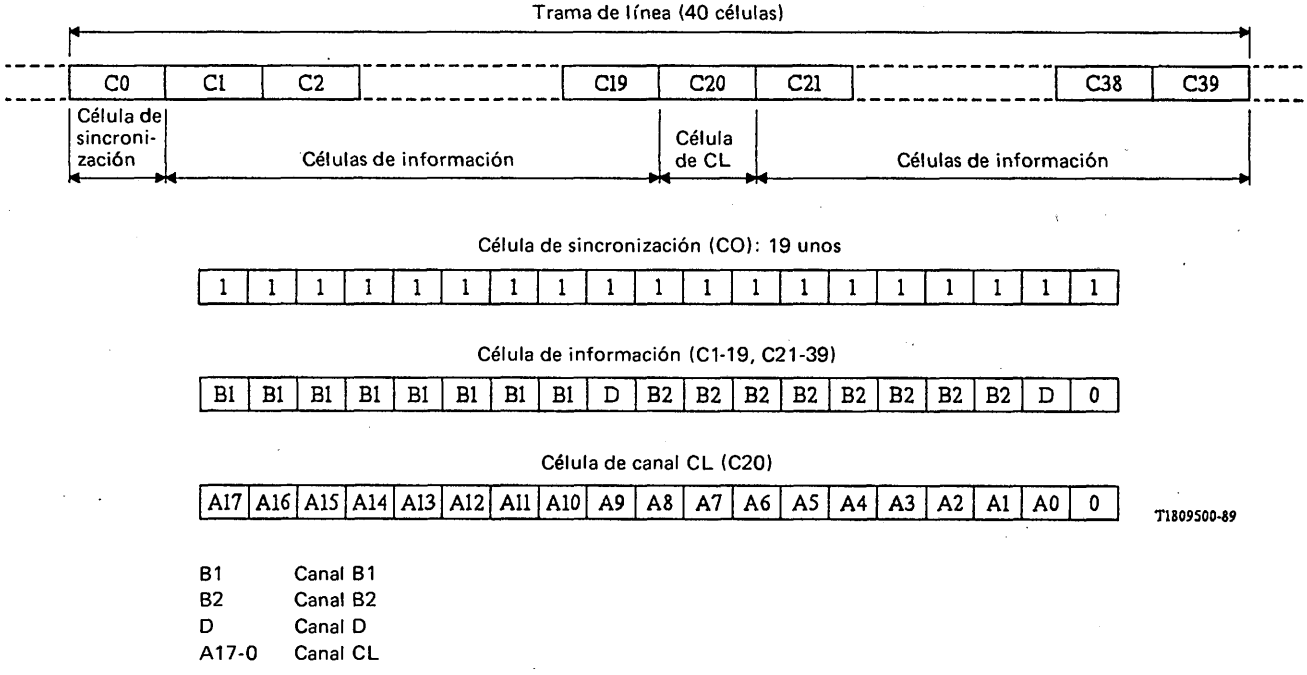
La TR1 y TL aceptarán una exactitud de reloj procedente de la TC de ± 50 ppm de conformidad con la Recomendación G.703.

V.3 *Estructura de trama*

La estructura de trama contiene una palabra de trama, N veces (2B + D) y un canal CL.

Como se muestra en la figura V-1/G.961, una trama de línea se define como 40 «células», C0 a C39, cada una de las cuales contiene 19 bits a la velocidad binaria de transmisión. La célula C0 contiene un esquema de sincronización de trama.

Las células C1 a C19 y C21 a C39 contienen los canales B1, B2, y D de abonados. La célula C20 contiene un canal CL.



Nota – El orden de transmisión es de izquierda a derecha.

FIGURA V-1/G.961

Estructura de trama

V.3.1 *Longitud de trama*

La estructura de trama y la velocidad de línea definidas dan como resultado una trama de línea de 760 bits y de 4,75 ms de duración.

V.3.2 *Asignación de bits en el sentido TL a TR1*

Como se define en el § V.3.

V.3.3 *Asignación de bits en el sentido TR1 a TL*

Como se define en el § V.3.

V.4 *Palabra de trama*

V.4.1 *Palabra de trama en el sentido TL a TR1*

La palabra de trama ocupa la célula C0 en la estructura de trama, y consiste en 19 UNOS consecutivos, lo que es único dentro de la secuencia de bits de trama. Esto se asegura definiendo que el 19 bit de las células C1 a C39 esté permanentemente puesto a cero.

V.4.2 *Palabra de trama en el sentido TR1 a TL*

Como se define en el § V.4.1.

V.5 *Procedimiento de alineación de trama*

Se buscará un esquema de alineación de 20 bits de 19 UNOS consecutivos precedido inmediatamente por un cero para el tren de datos entrante. La alineación de trama se define como la recepción correcta de tres tramas consecutivas que contienen el esquema de alineación en las posiciones previstas dentro de las tramas.

V.5.1 *Supervisión de la alineación de trama*

La pérdida de alineación de trama se define como la detección de tres tramas consecutivas cada una con uno o más errores en el esquema de alineación. La supervisión de la alineación de trama será un proceso continuo.

V.5.2 *Detección de polaridad de línea*

En la TR1 se proporciona un mecanismo para la detección automática de la polaridad de línea. Un temporizador de 80 ms es arrancado solamente por la transición de inactivo a activo de la señal detección de señal de línea, procedente del sistema de transmisión. Este temporizador se mantiene repuesto cuando se logra la alineación de trama. La expiración del temporizador hace que se invierta la polaridad de datos entrantes y salientes. Una vez determinada la polaridad de línea, se mantiene como la polaridad inicial para las operaciones de detección siguientes. Se elige la duración del temporizador de 80 ms para tener en cuenta la convergencia del sistema de transmisión más el tiempo requerido para obtener la alineación de trama.

A fin de evitar duplicación del esquema de alineación por una secuencia de datos en un tren de datos procedente de una línea invertida, los canales B1, B2 y D, en el sentido TL a TR1, deben ponerse a todos UNOS durante esa parte del procedimiento de activación antes de que se transconecten datos operacionales. Además, por lo menos un bit del canal auxiliar debe ponerse también a uno durante el proceso de activación.

V.6 *Multitrama*

No hay una estructura de multitrama.

V.7 *Desplazamiento de trama entre las tramas de TL a TR1 y de TR1 a TL*

Las tramas de TL y de TR1 a TL en la TR1 pueden estar en cualquier alineación pero la TL tiene que efectuar la alineación con cualquier desplazamiento de las tramas de líneas recibidas con respecto a las tramas de líneas transmitidas.

V.8 *Canal CL*

La finalidad del canal CL es transportar información de mantenimiento así como las banderas de datos válidos y preparado para datos.

V.8.1 *Velocidad binaria*

La velocidad binaria del canal CL es 3,8 kbit/s.

V.8.2 *Estructura*

La figura V-2/G.961 muestra el formato del canal CL en los dos sentidos, de TL a TR1 y de TR1 a TL, que se divide en los siguientes tipos de campo.

a) M3-0: Un campo de 4 bits para el transporte de una instrucción de mantenimiento a una terminación de transmisión distante. La identidad de la terminación se incluye en la codificación de la instrucción.

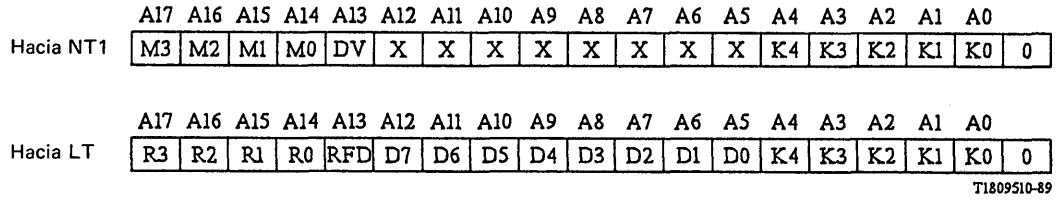
b) R3-0: Un campo de 4 bits para el transporte de una respuesta de mantenimiento a la TL.

c) DV: Una bandera de datos válidos indica que, en el sentido TL a TR1, los canales de B1, B2 y D contienen datos operacionales.

d) RFD: Una bandera de preparado para datos que indica que, en el sentido de TR1 a TL, los canales B1, B2 y D contienen datos operacionales.

e) D7-0: Un campo de 8 bits para el transporte de cualesquiera datos de mantenimiento que puedan estar asociados con una respuesta de mantenimiento.

f) K4-0: Un código de verificación por redundancia cíclica de 5 bits que funciona en los bits de células auxiliares A17 a A5 inclusive.



A17-0 Posición de bits de célula de canal CL (véase la figura V-1/G.961)
M3-0 Instrucción de mantenimiento
R3-0 Respuesta de mantenimiento
DV Bandera de datos válidos
RFD Bandera de preparado para datos
D7-0 Datos de mantenimiento
K4-0 Verificación cíclica
X No utilizado (puesto a uno)

FIGURA V-2/G.961

Formato de canal CL

V.8.3 *Protocolos y procedimientos*

Las operaciones de mantenimiento se basan en un protocolo repetitivo de instrucción/respuesta en eco. La operación de mantenimiento es iniciada por la transmisión continua de la instrucción de mantenimiento necesaria desde la TL. Cuando la terminación apropiada recibe la instrucción validada, es devuelta continuamente en eco a la TL como una respuesta de mantenimiento y se ejecuta la instrucción. Si la instrucción pide datos, éstos se devuelven simultáneamente en el campo datos de mantenimiento. La terminación sigue devolviendo en eco la instrucción y proporciona cualesquiera datos mientras recibe instrucciones validadas apropiadas. Para las respuestas que no están acompañadas de datos, el campo de datos de mantenimiento no está definido. La TL supone la conclusión de la operación de mantenimiento cuando recibe una respuesta validada que concuerda con la instrucción transmitida.

Los bucles se aplican utilizando instrucciones de mantenimiento y los datos de funcionamiento del sistema de transmisión se devuelven utilizando el campo de datos de mantenimiento. Las operaciones de mantenimiento pueden realizarse siempre que la sección digital esté activada.

V.8.4 *Seguridad*

En los bits A17 a A0 inclusive del canal CL funciona a un mecanismo de seguridad.

El procedimiento de validación consiste en dos etapas:

a) Un código de redundancia cíclica de 5 bits K4-0 funciona en los bits A17 a A5 inclusive del canal CL. El generador del código es:

$$g(x) = (1 \oplus x)(1 \oplus x \oplus x^4)$$

Este es un código de Hamming que permite la detección y la corrección de errores de bits aislados.

b) Sólo se acepta como válido el conjunto de bits A17 a A5 de canal CL si han sido verificados/corregidos satisfactoriamente y concuerdan con los dos conjuntos anteriores que fueron verificados/corregidos satisfactoriamente. Obsérvese que estos tres conjuntos no tienen necesariamente que venir de tramas de líneas consecutivas.

V.9 *Aleatorización*

La totalidad del tren de datos binarios alineados en trama se aleatoriza como sigue:

a) Polinomio de aleatorización de TR1 a TL

$$1 \oplus x^{-14} \oplus x^{-15}$$

b) Polinomio de aleatorización de TL a TR1

$$1 \oplus x^{-1} \oplus x^{-15}$$

($\oplus$ = O EXCLUSIVA)

V.10 *Activación/desactivación*

Se asigna un bit del canal CL para utilización durante los procedimientos de activación y desactivación. Esta es la bandera de datos válidos en el sentido TL a TR1 y la bandera preparado para datos en el sentido TR1 a TL. Estos bits no están incluidos en el protocolo de mantenimiento descrito anteriormente, y funcionan como indicaciones no solicitadas simples.

V.10.1 *Señales utilizadas para la activación/desactivación*

Las señales SIG utilizadas para activación/desactivación son:

Sentido TL a TR1

Señal	Palabra de trama	2B + D	M	DV	K
I0	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
I2	Normal	1	1	0	Normal
I4	Normal	Normal	Normal	1	Normal

Sentido TR1 a TL

Señal	Palabra de trama	2B + D	R	RFD	D0-D7	K
I0	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
I1	0	0	0	0	0	0
I31	Normal	0	1	0	Normal	Normal
I3	Normal	Normal	Normal	1	Normal	Normal

V.10.2 *Definición de temporizadores internos*

Los siguientes temporizadores están situados dentro de la TL:

- Temporizador 2 (T2), que impide la reactivación no intencional desde la TC.
- Temporizador A (TA), que se arranca si, a partir del estado de capa 1 activa (TL4) se recibe SIG I31, que indica pérdida de SIG 13. Si SIG 13 no se recibe siguientemente antes de que expire el temporizador A, se inicia la desactivación.
- Temporizador B (TB), que se arranca cuando se pierde la alineación de trama. Si no se logra la recuperación de la alineación de trama antes de que expire el temporizador B, se inicia la desactivación.

Deberá estudiarse ulteriormente las duraciones de los temporizadores internos.

V.10.3 *Descripción de los procedimientos de activación/desactivación*

La figura V-3/G.961 (hoja 1 de 3) ilustra el método de activación desde la red. Petición FI-ACTIVACIÓN hace que SIG 12 se transmita desde la red hacia la TR1. La TR1 consigue el estado detección de señal de línea y sincronización de trama. En este punto, la TR1 envía INFO 2 hacia el ET y envía simultáneamente SIG I31 hacia la red. A tiempo, la red obtiene el estado en sincronización y el ET responde a INFO 2 con INFO 3. Este último suceso se señaliza a la red desde la TR1 enviando SIG I3. En la red esto da como resultado la indicación de activación. La red responde enviando SIG I4 hacia la TR1. Al recibo de esta señal, la TR1 envía INFO 4 hacia el ET, completando así el procedimiento de activación.

La figura V-3/G.961 (hoja 2 de 3) ilustra la activación desde el lado usuario. El proceso de activación es esencialmente similar al de la activación desde el lado red, salvo que INFO 1 desde el ET comienza el proceso. En este caso, la TR1 comienza el proceso enviando SIG I1 hacia la red. Se obtiene el estado detección de señal de línea en la red. La red envía SIG I2 a la TR1. A partir de esto, el proceso es igual al descrito anteriormente.

En la figura V-3/G.961 (hoja 3 de 3) se ilustra el método de desactivación. La petición de desactivación hace que cese la transmisión de la red a TR1 (SIG I0). Al detectar esto, la TR1 envía SIG I1 a la red, e INFO 0 hacia el ET. El ET responde devolviendo INFO 0 a la TR1, y al recibir ésta, la TR1 cesa de transmitir a la red (SIG I0). En la red, esto da como resultado una indicación de desactivación, completándose así el procedimiento de desactivación.

Las definiciones de las SIG figuran en el § V.10.1 y para las definiciones de las INFO, véase la Recomendación I.430.

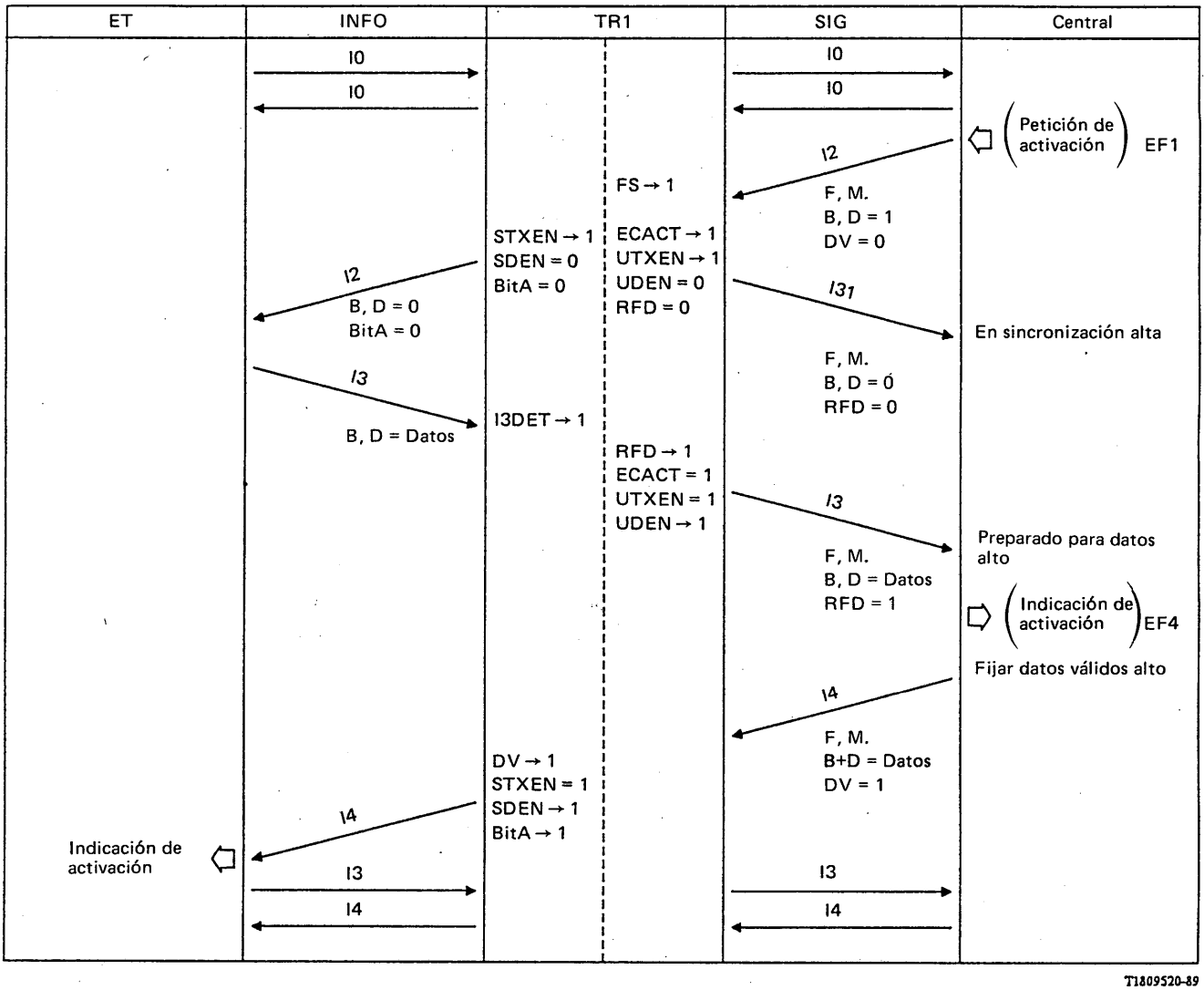


FIGURA V-3/G.961 (hoja 1 de 3)

Activación desde el lado red – Activación iniciada por la central

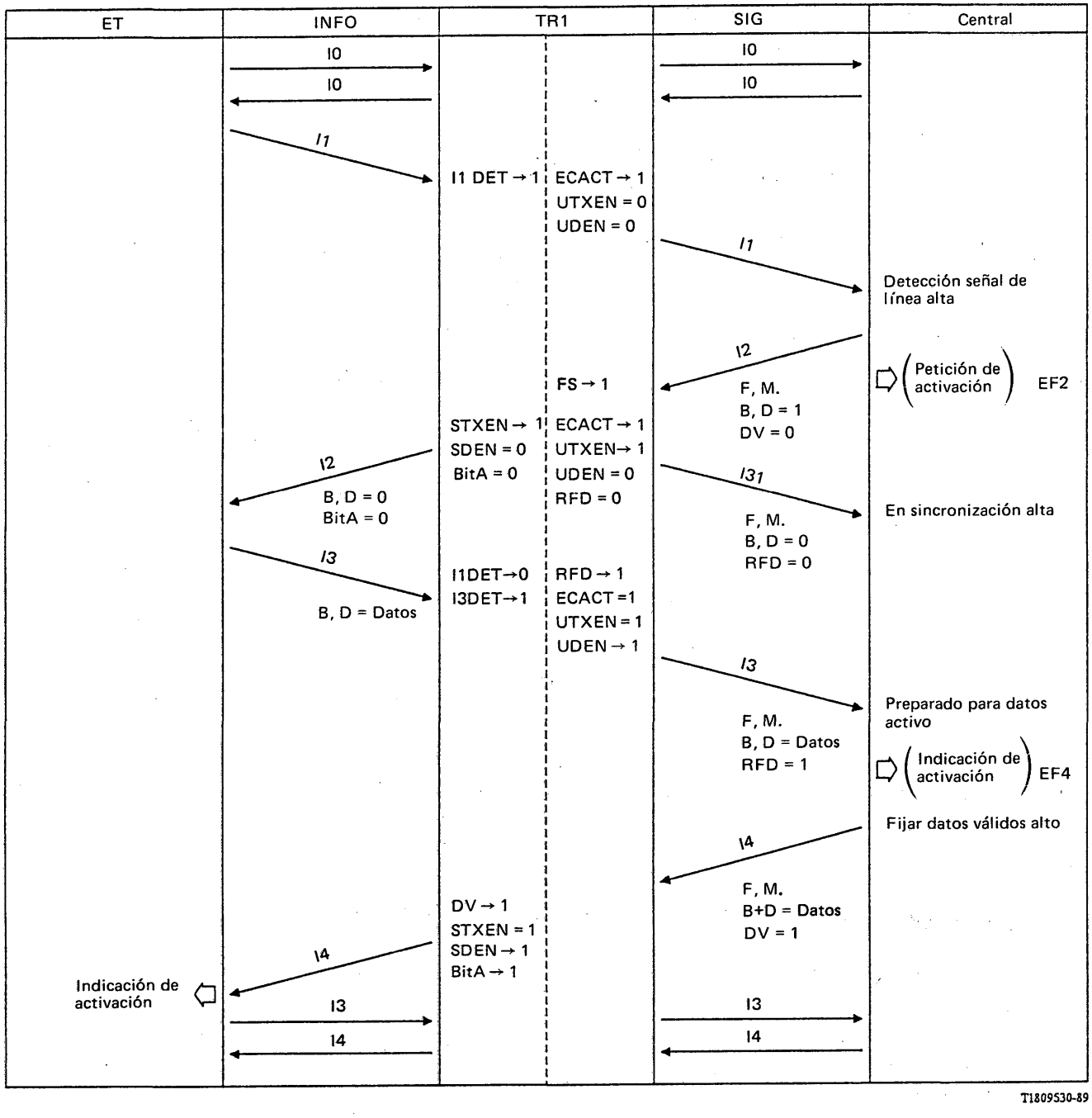


FIGURA V-3/G.961 (hoja 2 de 3)

Activación desde el lado usuario – Activación iniciada por el terminal

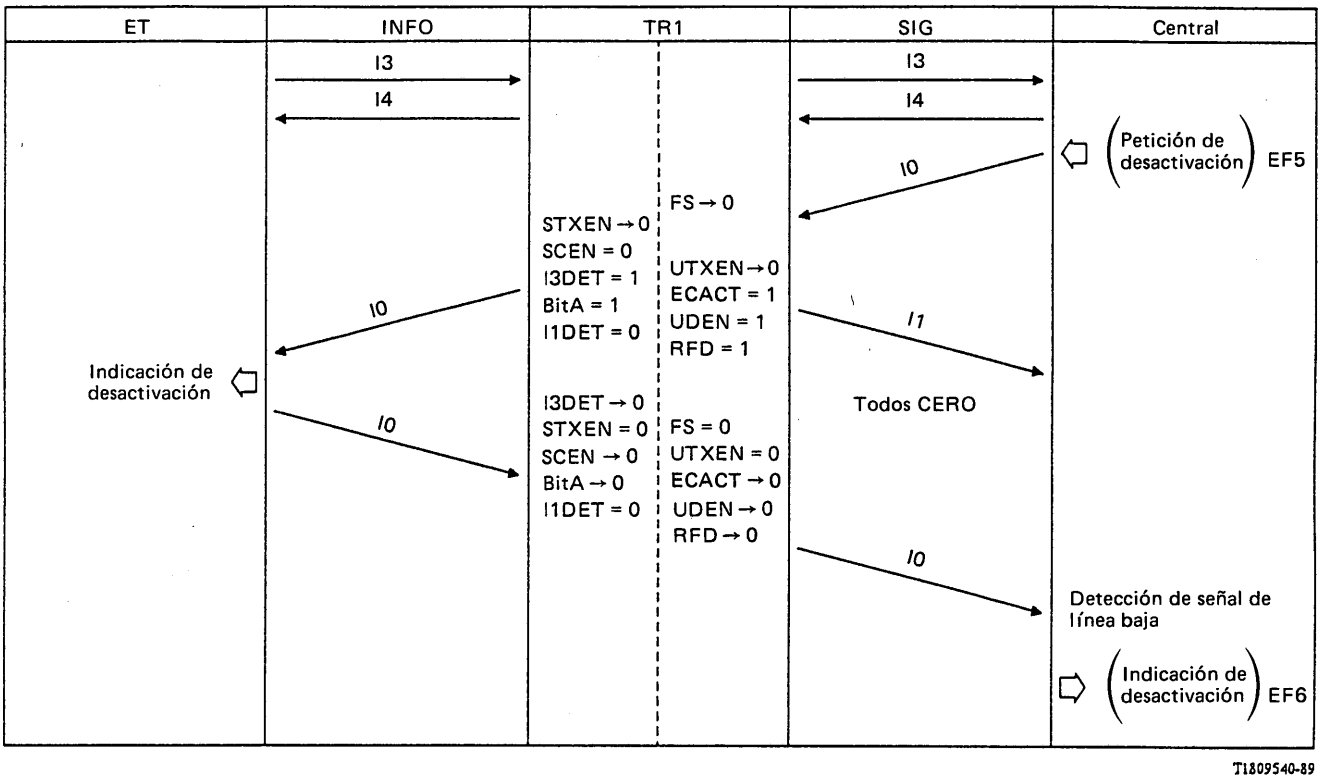


FIGURA V-3/G.961 (hoja 3 de 3)

Desactivación

V.10.4 *Cuadro de transición de estados de la TR1 como una función de INFO y SIG*

Véase el cuadro V-1/G.961.

V.10.5 *Cuadro de transición de estados de la TL como una función de EF, SIG y temporizadores internos*

Véase el cuadro V-2/G.961.

V.10.6 *Tiempos de activación*

Sistema de transmisión por cables de pares metálicos.

Tiempo de activación máximo que se produce inmediatamente después de una desactivación (sin que intervenga un bucle o acción de energización):

a) sin regenerador: 100 ms;

b) con regenerador: 200 ms.

Tiempo de activación máximo que se produce después de la primera alimentación de una línea:

a) sin regenerador: 250 ms;

b) sin regenerador: 500 ms.

V.11 *Fluctuación de fase*

Las tolerancias de fluctuación de fase están destinadas a asegurar que los límites de la Recomendación I.430 son apoyados por los límites de fluctuación de fase del sistema de transmisión en líneas locales.

CUADRO V-1/G.961

Cuadro de transición de estados de activación/desactivación de la TR1

Estados		TR1 Desactivación	TR2 Pendiente de activación	TR3 Activación del sistema	TR4 Esperar datos válidos	TR5 Capa 1 activa
Eventos	Señal transmitida	I0	I1	I31	I3	I3
Señal recibida	I0 (Petición de desactivación)	–	–	I0 TR1	I0 TR1	I0 TR1
	I2 (Petición de activación)	I2 TR3	I2 TR3	–	–	I2 TR3
	I4 (Datos válidos)	/	I2 TR3	/	I4 TR5	–
Procedente del ET	I0 (Indicación de desactivación)	–	I0 TR1	–	– TR3	I2 TR3
	I1 (Petición de activación)	– TR2	–	/	/	/
	I3 (Indicación de activación)	– TR2	–	– TR4	–	–

/ Imposible

– Ningún cambio

CUADRO V-2/G.961

Cuadro de transición de estados de activación/desactivación de la TL

Estados		TL1 Desacti-vación	TL2 Esperar activación del sistema	TL3 Activación del sistema	TL4 Capa 1 activa	TL5 Pérdida de alineación de trama	TL6 Esperar desactivación
Eventos	Señal transmitida	I0	I2	I2	I4	(Nota)	I0
Señal recibida	I0 (Indicación de desactivación)	–	–	EF7 –	EF7 –	–	EF6 TL1
	I1 (Petición de activación)	EF2 TL2	–	/	/	/	–
	I31 (Sistema activado)	/	EF3 TL3	–	Arrancar TA TL3	/	–
	I3 (Capa 1 activada)	/	/	Parar TA EF4 TL4	–	/	/
Evento interno	Pérdida de alineación de trama	/	/	Arrancar TB TL5	Arrancar TB TL5	/	–
	Recuperación de trama	/	/	/	/	Parar TB TL3	–
	Expiración de temporizador T2	–	–	–	–	–	EF6 TL1
	Expiración de temporizador A	–	–	Arrancar T2 EF7 TL6	–	–	–
	Expiración de temporizador B	–	–	–	–	Arrancar T2 EF7 TL6	–
Elemento de función recibido	EF1	– TL2	/	/	/	/	– TL2
	EF5	–	Arrancar T2 TL6	Arrancar T2 TL6	Arrancar T2 TL6	Arrancar T2 TL6	–

/ Imposible

– Ningún cambio

Nota – La SIG transmitida por la TL cuando se pierde la alineación de trama no cambiará con respecto a la transmitida inmediatamente antes de la pérdida (es decir, I2 o I4).

Estados en la TR

TR1	Desactivado
TR2	Pendiente activación
TR3	Sistemas de tramsmisión activado
TR4	Espera de datos válidos
TR5	Capa 1 activada

Estados en TL

TL1	Desactivado
TL2	Espera de activación del sistema de transmisión
TL3	Sistema de transmisión activado
TL4	Capa 1 activada
TL5	Pérdida de alineación de trama
TL6	Espera de indicación de desactivación
St.T2	Arrancar temporizador T2
St.TA	Arrancar temporizador TA

Las definiciones de los elementos de función igual que en la Recomendación G.960.

V.11.1 *Tolerancia de fluctuación de fase de la señal de entrada de la TR1*

Para ulterior estudio.

V.11.2 *Limitaciones de la fluctuación de fase de salida de la TR1*

Para ulterior estudio.

V.11.3 *Condiciones de prueba para mediciones de fluctuación de fase*

Para ulterior estudio.

V.12 *Características de salida del transmisor de TR1 y TL*

Las siguientes especificaciones se aplican con una impedancia de carga de 140 ohmios.

V.12.1 *Amplitud del impulso*

La amplitude cresta nominal de impulso de señal transmitido será 1,6 V y la tolerancia será ± 5%.

V.12.2 *Forma del impulso*

La forma del impulso será la mostrada en la figura V-4/G.961.

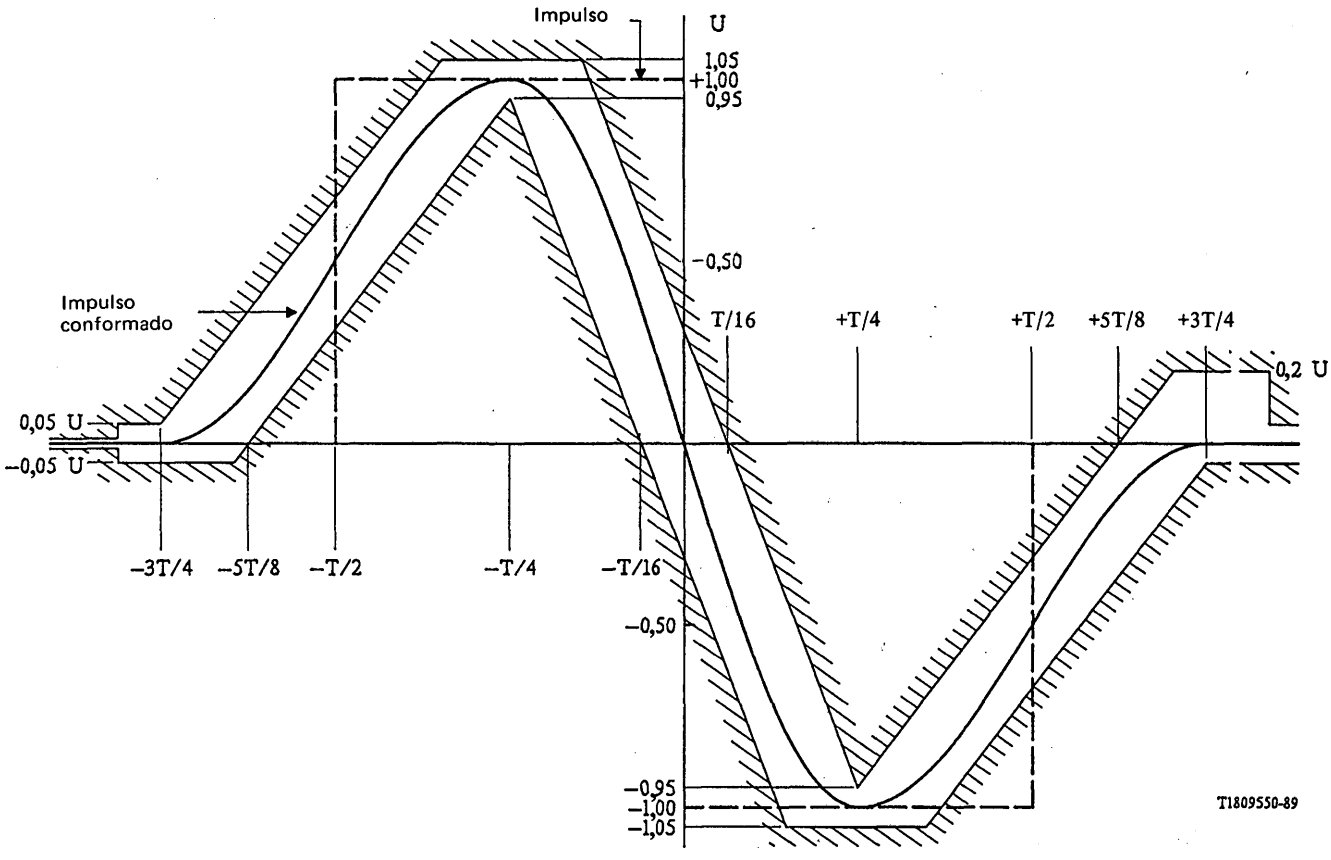


FIGURA V-4/G.961

Forma del impulso

V.12.3 *Potencia de la señal*

La potencia total máxima en transmisión, promediada en cualquier periodo de un segundo, enviada a la línea será +10 dBm.

V.12.4 *Espectro de potencia*

El límite superior de la densidad espectral de potencia, promediada en cualquier periodo de un segundo en cualquier banda de 3 kHz, será el que se muestra en la plantilla de la figura V-5/G.961.

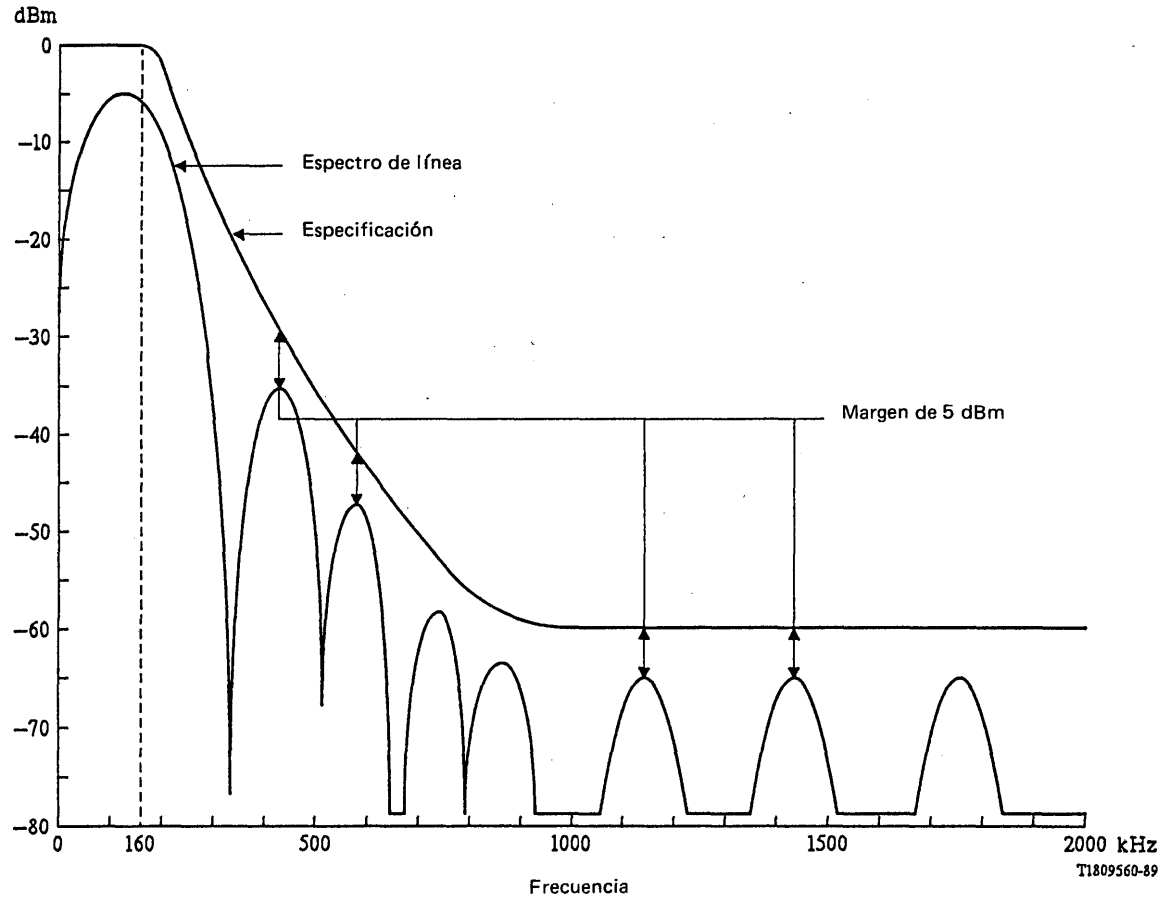


FIGURA V-5/G.961

Espectro de potencia de señal de línea

V.12.5 *No linealidad de la señal del transmisor*

Esta es una medida de las desviaciones con respecto a las alturas de impulso ideales y a la no linealidad de cada impulso. Deberá estudiarse ulteriormente.

V.13 *Terminación de transmisor/receptor*

V.13.1 *Impedancia*

La impedancia de excitación de línea nominal será 140 ohmios.

V.13.2 *Pérdida de retorno*

La pérdida de retorno de la impedancia (contra 140 ohmios) será superior a la indicada en la plantilla de la figura V-6/G.961.

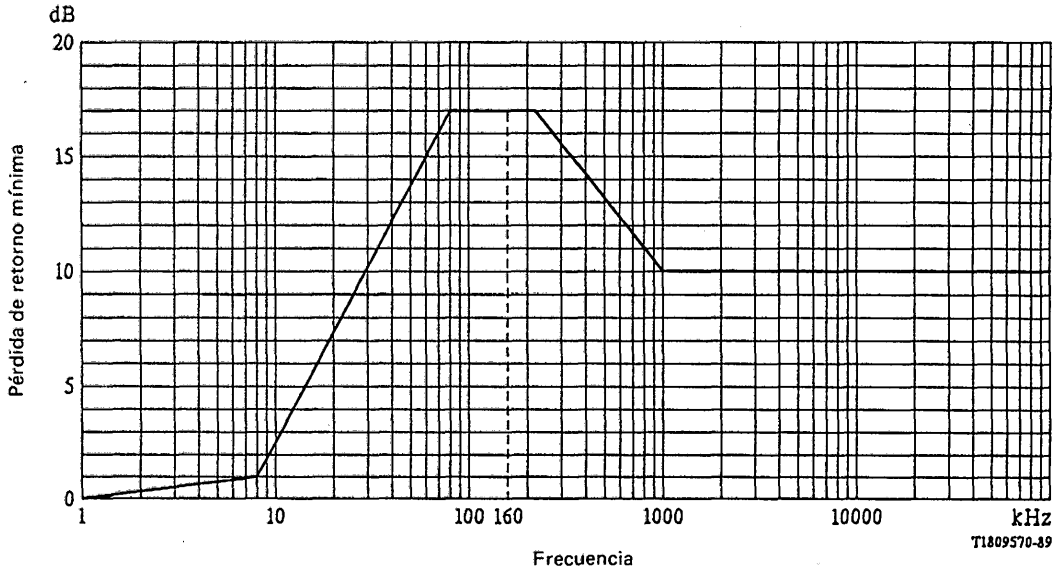


FIGURA V-6/G.961

Pérdida de retorno

V.13.3 *Pérdida de conversión longitudinal*

Esta es una medida de la inmunidad con respecto a tensiones longitudinales. En la banda de frecuencias 100 Hz a 256 kHz, la pérdida de conversión no deberá ser inferior a 46 dB. De 256 kHz a 4 MHz, la pérdida de conversión no deberá ser inferior a $[46 - 40 \log_{10} (f/256)]$ dB (donde f es la frecuencia en kHz).

APÉNDICE VI

(a la Recomendación G.961)

Sistema de transmisión de acceso básico que utiliza el código de línea SU32

VI.0 *Generalidades*

La norma SU32 admitirá la transmisión dúplex, transparente, de dos canales de 64 kbit/s y un canal de 16 kbit/s por cables de pares simétricos que utilizan técnicas de compensación de eco. Además de la transmisión transparente de 2B + D, se proporciona la capacidad de 5,3 kbit/s para un canal auxiliar que apoya funciones de VRC de datos, control, supervisión y mantenimiento. El tren de bits se codifica para la transmisión utilizando un código de bloque condicional SU32 ternario (3B2T de sustitución) de alto rendimiento, filtrado y transmitido a la línea a una velocidad de 108 kbaudios. Se superpone una señal de temporización ortogonal en el código de línea para el muestreo de símbolos, lo que no compromete ni la eficacia del código de línea ni el rendimiento. Se utiliza una palabra de sincronización única para lograr la sincronización de trama. La activación rápida y fiable se asegura mediante un procedimiento binario de entrada en contacto, para el acondicionamiento separado del compensador y del ecualizador.

VI.1 *Código de línea*

Los datos binarios se codifican en forma ternaria utilizando el código de línea SU32. Este se basa en el código de línea 2B2T fijo e incondicional y se modifica como sigue. Cada triplete binario se convierte a un duplete ternario y se transmite a menos que sea idéntico al duplete transmitido previamente. Si los dupletes en curso y anterior son idénticos, se transmite en su lugar la palabra de código no utilizada «00». La regla de codificación SU32 se muestra en el cuadro VI-1/G.961. En este cuadro el bit más a la izquierda es el primero que entra en el codificador y el símbolo más a la izquierda es el primero que sale del codificador.

CUADRO VI-1/G.961

Codificación SU32 (3B2T de sustitución)

Entrada binaria	Salida ternaria	Entrada binaria	Salidad ternaria
000	− −	100	0 −
001	− 0	101	+ −
010	− +	110	+ 0
011	0 +	111	+ +

Decodificación

La decodificación de la señal recibida es la inversa del proceso de codificación.

Tolerancia a la inversión de polaridad de línea

El código es simétrico de modo que la inversión de los datos ternarios da como resultado una inversión de los datos binarios decodificados. De este modo la corrección de polaridad debida a la inversión del cable puede aplicarse a datos binarios aleatorizados o no aleatorizados, o a datos ternarios. La corrección de polaridad transmitida y recibida se realiza en la TR1.

VI.2 *Velocidad de símbolos*

La velocidad de símbolos es determinada por el código de línea, la velocidad binaria del tren de información y la estructura de trama. La velocidad de símbolos es 108 kbaudios.

VI.2.1 *Tolerancia de reloj*

VI.2.1.1 *Exactitud de reloj en funcionamiento libre de la TR1*

La tolerancia de reloj en funcionamiento libre de la TR será ± 192 ppm.

VI.2.1.2 *Tolerancia del reloj en funcionamiento libre en la TL*

El reloj en funcionamiento libre en la TL se enganchará en fase al reloj de la central que tiene una tolerancia de frecuencia de ± 50 ppm, permitiendo así el funcionamiento con cualquier equipo que cumple la Recomendación G.703.

VI.3 *Estructura de trama*

Hay dos estados de funcionamiento del sistema de transmisión, estado estable y estado de acondicionamiento. La estructura de trama tratada en este punto es para el estado estable (transferencia de información).

Los canales B1, B2, D y CL corresponden directamente a partir de bits binarios a través del aleatorizador con la estructura de trama ternaria. La tabla de código SU32 está concebida para excluir ciertas secuencias de código únicamente identificables, que se aprovecha para fines de sincronización.

Multitrama: palabra y posición de multitrama

La multitrama de 12 ms se identifica cada 16 tramas de 3/4 ms sustituyendo el símbolo de datos VRS (N.º 79) por un «0» ternario. En todas las demás tramas, este símbolo tiene un valor binario. Esto, combinado con la palabra de sincronización de trama que precede, identifica de manera única la posición del comienzo de la supertrama.

Formato multitrama

Una multitrama consiste en dieciséis tramas de 81 símbolos ternarios de 0,75 ms.

6 tramas de 2B + D	Palabra de trama	VRC_1	Canal CL_1
6 tramas de 2B + D	Palabra de trama	VRC_2	Canal CL_2
6 tramas de 2B + D	Palabra de trama	VRC_3	Canal CL_3
6 tramas de 2B + D	Palabra de trama	VRC_4	Canal CL_4
6 tramas de 2B + D	Palabra de trama	VRC_5	Canal CL_5
6 tramas de 2B + D	Palabra de trama	VRC_6	Canal CL_6
6 tramas de 2B + D	Palabra de trama	VRC_7	Canal CL_7
6 tramas de 2B + D	Palabra de trama	VRC_8	Canal CL_8
6 tramas de 2B + D	Palabra de trama	VRC_9	Canal CL_1
6 tramas de 2B + D	Palabra de trama	VRC_{10}	Canal CL_2
6 tramas de 2B + D	Palabra de trama	VRC_{11}	Canal CL_3
6 tramas de 2B + D	Palabra de trama	VRC_{12}	Canal CL_4
6 tramas de 2B + D	Palabra de trama	VRC_{13}	Canal CL_5
6 tramas de 2B + D	Palabra de trama	VRC_{14}	Canal CL_6
6 tramas de 2B + D	Palabra de trama	VRC_{15}	Canal CL_7
6 tramas de 2B + D	Palabra de trama	«0»	Canal CL_8

1 . . . . . 72, 73 . . . 78 . . . 79 . . . 80 81

<---------- Trama de transmisión de 750 µs ---------->

Estructura de multitrama de 12 ms

Nota – Los datos de los canales B1, B2, D y CL están aleatorizados. Los datos VRC y las palabras de trama no están aleatorizados.

VI.3.1 *Longitud de trama*

Hay seis intervalos (2B + D) en cada trama de 81 símbolos de 3/4 ms.

VI.3.2 *Asignación de bits binarios en el sentido TL a TR*

Se aplica la siguiente ordenación de bits binarios antes de la aleatorización.

$B1_1$	$B1_2$	$B1_3$	$B1_4$	$B1_4$	$B1_5$	$B1_6$	$B1_7$	$B1_8$	$B2_1$	$B2_2$	$B2_3$	$B2_4$	$B2_5$	$B2_6$	$B2_7$	$B2_8$	D_1	D_2
$B1_1$	$B1_2$	$B1_3$	$B1_4$	$B1_4$	$B1_5$	$B1_6$	$B1_7$	$B1_8$	$B2_1$	$B2_2$	$B2_3$	$B2_4$	$B2_5$	$B2_6$	$B2_7$	$B2_8$	D_1	D_2
$B1_1$	$B1_2$	$B1_3$	$B1_4$	$B1_4$	$B1_5$	$B1_6$	$B1_7$	$B1_8$	$B2_1$	$B2_2$	$B2_3$	$B2_4$	$B2_5$	$B2_6$	$B2_7$	$B2_8$	D_1	D_2
$B1_1$	$B1_2$	$B1_3$	$B1_4$	$B1_4$	$B1_5$	$B1_6$	$B1_7$	$B1_8$	$B2_1$	$B2_2$	$B2_3$	$B2_4$	$B2_5$	$B2_6$	$B2_7$	$B2_8$	D_1	D_2
$B1_1$	$B1_2$	$B1_3$	$B1_4$	$B1_4$	$B1_5$	$B1_6$	$B1_7$	$B1_8$	$B2_1$	$B2_2$	$B2_3$	$B2_4$	$B2_5$	$B2_6$	$B2_7$	$B2_8$	D_1	D_2
$B1_1$	$B1_2$	$B1_3$	$B1_4$	$B1_4$	$B1_5$	$B1_6$	$B1_7$	$B1_8$	$B2_1$	$B2_2$	$B2_3$	$B2_4$	$B2_5$	$B2_6$	$B2_7$	$B2_8$	D_1	D_2
CL_1	CL_2	CL_3																

Los datos binarios se aleatorizan como se define en el § VI.9 y se codifican en ternarios. Se multiplexan después en el siguiente formato de trama:

T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}
T_{13}	T_{14}	T_{15}	T_{16}	T_{17}	T_{18}	T_{19}	T_{20}	T_{21}	T_{22}	T_{23}	T_{24}
T_{25}	T_{26}	T_{27}	T_{28}	T_{29}	T_{30}	T_{31}	T_{32}	T_{33}	T_{34}	T_{35}	T_{36}
T_{37}	T_{38}	T_{39}	T_{40}	T_{41}	T_{42}	T_{43}	T_{44}	T_{45}	T_{46}	T_{47}	T_{48}
T_{49}	T_{50}	T_{51}	T_{52}	T_{53}	T_{54}	T_{55}	T_{56}	T_{57}	T_{58}	T_{59}	T_{60}
T_{61}	T_{62}	T_{63}	T_{64}	T_{65}	T_{66}	T_{67}	T_{68}	T_{69}	T_{70}	T_{71}	T_{72}
0	0	0	0	0	0	VRC	T_{73}	T_{74}			

VI.3.3 *Asignación de bits binarios en el sentido TR1 a TL*

La estructura de trama y el orden de los bits en el sentido TR1 a TL son idénticos a los utilizados en el sentido TL a TR1 especificado en el § VI.3.2.

VI.4 *Palabra de trama*

La palabra de trama de seis ceros ternarios terminada por el bit VRC_{15} binario (ilustrado en el cuadro anterior) se utiliza para definir las fronteras de trama de 0,75 ms. Obsérvese que una vez cada supertrama se sustituye el bit binario VRC por un cero ternario. Esta palabra de trama es única y no puede ser emulada por ningún esquema de datos de 2B + D.

La palabra de trama especificada anteriormente es igual en ambos sentidos de transmisión.

VI.5 *Procedimiento de alineación de trama*

La función de alineación de trama se especifica en la secuencia de activación. La transmisión de 2B + D no puede comenzar a menos que se haya logrado la alineación de trama. Se considera que se ha logrado la alineación de trama inicial cuando el total acumulado de palabras de trama de 7 bits recibidas correctas comparado con las incorrectas excede de cuatro. En funcionamiento de estado estable, esta cuenta acumulada se mantiene pero se limita a un máximo de 64. Se indica la pérdida de alineación de trama si este total acumulado cae por debajo de dos.

VI.6 *Multitrama*

La estructura de multitrama se ha descrito en el § VI.3 de este apéndice, sobre la estructura de trama.

VI.7 *Desplazamiento de trama entre las tramas de TL a TR1 y de TR1 a TL*

No se necesitan requisitos de fase específicos entre tramas en los sentidos TL a TR1 y TR1 a TL.

VI.8 *Canal CL*

Un canal de operaciones protegidas insertadas de 4 kbit/s se asigna parcialmente a funciones de supervisión de mantenimiento. Queda una capacidad de reserva importante y bits no definidos para la asignación futura de mensajes así como necesidades nacionales específicas.

Este canal está protegido por una verificación VRC de 6 bits y un protocolo obligado que permite que todos los mensajes se repitan cada 6 ms.

VI.8.1 *Velocidad binaria*

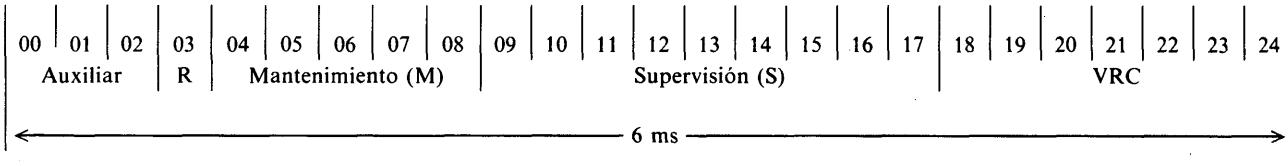
Se asignan 24 bits por multitrama de 6 ms (4 kbit/s) a un canal de operaciones protegidas insertadas, que apoya funciones de supervisión y de mantenimiento entre la red y la TR1 y comprende capacidad de reserva para funciones definidas por el usuario. Además, se asigna una capacidad de 1,33 kbit/s al canal CL para proporcionar detección de errores VRC_{15} y alineación de trama de 12 ms.

VI.8.2 *Estructura*

Dentro de cada trama de 12 ms, el canal de operaciones envía dos mensajes consecutivos de 24 bits. Cada mensaje de 24 bits comprende:

- 1 bit Preparado para datos/datos válidos (R)
- 5 bits Canal de mantenimiento (M)
- 9 bits Canal de supervisión (S)
- 3 bits No asignados (canal auxiliar de 500 bits/s)
- 6 bits Campo de verificación por redundancia cíclica (VRC).

La estructura del canal CL es la siguiente:



VI.8.2.1 *Mensaje de mantenimiento*

En el sentido TC a TR1 se asigna 9 de los 32 posibles mensajes de instrucción. Un mensaje idéntico se devuelve en el sentido TR1 a TC como acuse.

Códigos de mensajes de mantenimiento de TC a TR1

N.º	Mensaje	Código de 5 bits				
		M1	M2	M3	M4	M5
1	Ningún bucle (mensaje nulo)/suprimir bucle	1	1	1	1	1
2	Conectar bucle B1 en TR1	1	1	0	1	1
3	Conectar bucle B2 en TR1	1	0	1	1	1
4	Conectar bucle B1 + B2 en TR1	1	0	0	1	1
5	Conectar bucle B1 + B2 + D en TR1	1	0	0	0	1
6	Conectar bucle B1 en regenerador	0	0	1	1	1
7	Conectar bucle B2 en regenerador	0	1	0	1	1
8	Conectar bucle B1 + B2 en regenerador	0	1	1	1	1
9	Conectar bucle B1 + B2 + D en regenerador	0	1	1	0	1

Formatos de mensajes de subcanal de supervisión

Se dispone de un campo de 9 bits en cada sentido de transmisión para poder proporcionar la información de supervisión. Ésta contiene un campo de datos/dirección de 8 bits y una bandera de 1 bit utilizada para indicar si el campo de 8 bits contiene o no datos válidos.

Código de instrucciones de mensajes de supervisión de TC a TR1

N.º	Mensaje de supervisión y destino	Interfaz S
1	No se solicita ninguna información de supervisión	1 1111 1111
2	Valor CAG TC	0 0000 0100
3	Cierre de ojo TC	0 0000 0101
4	Altura de ojo TC	0 0000 0110
5	Cómputo de errores VRC TC	0 0000 0111
6	Valor de CAG TR1	0 0001 0000
7	Cierre de ojo TR1	0 0001 0001
8	Altura de ojo TR1	0 0001 0010
9	Cómputo de errores VRC TR1	0 0001 0011
11	CAG receptor lado TL regenerador	0 0000 1000
12	Cierre de ojo receptor lado TL regenerador	0 0000 1001
13	Altura de ojo receptor lado TL regenerador	0 0000 1010
14	Cómputo VRC receptor lado TL regenerador	0 0000 1011
15	CAG receptor lado TR1 regenerador	0 0000 1100
16	Cierre de ojo receptor lado TR1 regenerador	0 0000 1101
17	Altura de ojo receptor lado TR1 regenerador	0 0000 1110
18	Cómputo VRC lado TR1 regenerador	0 0000 1111

VI.8.3 *Protocolo y procedimientos*

El canal de mantenimiento se utiliza para establecer bucles desde la TL. Cuando se ha recibido un mensaje de mantenimiento sin errores y se ha aplicado, el mismo mensaje es devuelto en eco desde la TR1 a la TL.

El canal de supervisión está concebido para ser utilizado como un sistema obligado, y una instrucción es enviada por el extremo de la TL hasta que se recibe la respuesta prevista. Se emplea un mensaje de reposo delimitador de nueve UNOS. Todos los mensajes y respuestas válidos ponen a UNO el primer bit de los 9 bits de supervisión. Por tanto, puede pasarse con seguridad a través de este canal una palabra de 8 bits. Por ejemplo, el canal de supervisión se utiliza para notificar información de cierre de ojo desde la TR1 a la TL.

VI.8.4 *Funcionamiento del canal CL*

Con una tasa de errores media a 144 kbit/s de 1 en 1000, caracterizada por un tamaño de ráfaga de errores media de 10, se logrará el siguiente rendimiento:

a) El 99,8% de todos los mensajes se transmitirá dentro de 6 ms.

b) No más de un mensaje por hora se transmitirá en más de 18 ms.

c) La tasa media de mensajes erróneos será inferior a uno por hora con un tiempo máximo de corrección de 18 ms.

VI.9 *Aleatorización*

Los datos binarios de los canales B1, B2, D y C se aleatorizan como sigue:

a) polinomio aleatorizador de TR a TL

$$1 \oplus x^{-18} \oplus x^{-23} \text{ (donde } \oplus \text{ denota O exclusiva)}$$

b) polinomio aleatorizador de TL a TR

$$1 \oplus x^{-5} \oplus x^{-23}$$

VI.10 *Activación/desactivación*

VI.10.1 *Señales utilizadas para activación*

La figura VI-1/G.961 ilustra la secuencia de activación iniciada por la TC en términos de elementos de función (EF) e INFO.

La figura VI-2/G.961 ilustra la secuencia de activación iniciada por el usuario en términos de elementos de función (EF) e INFO.

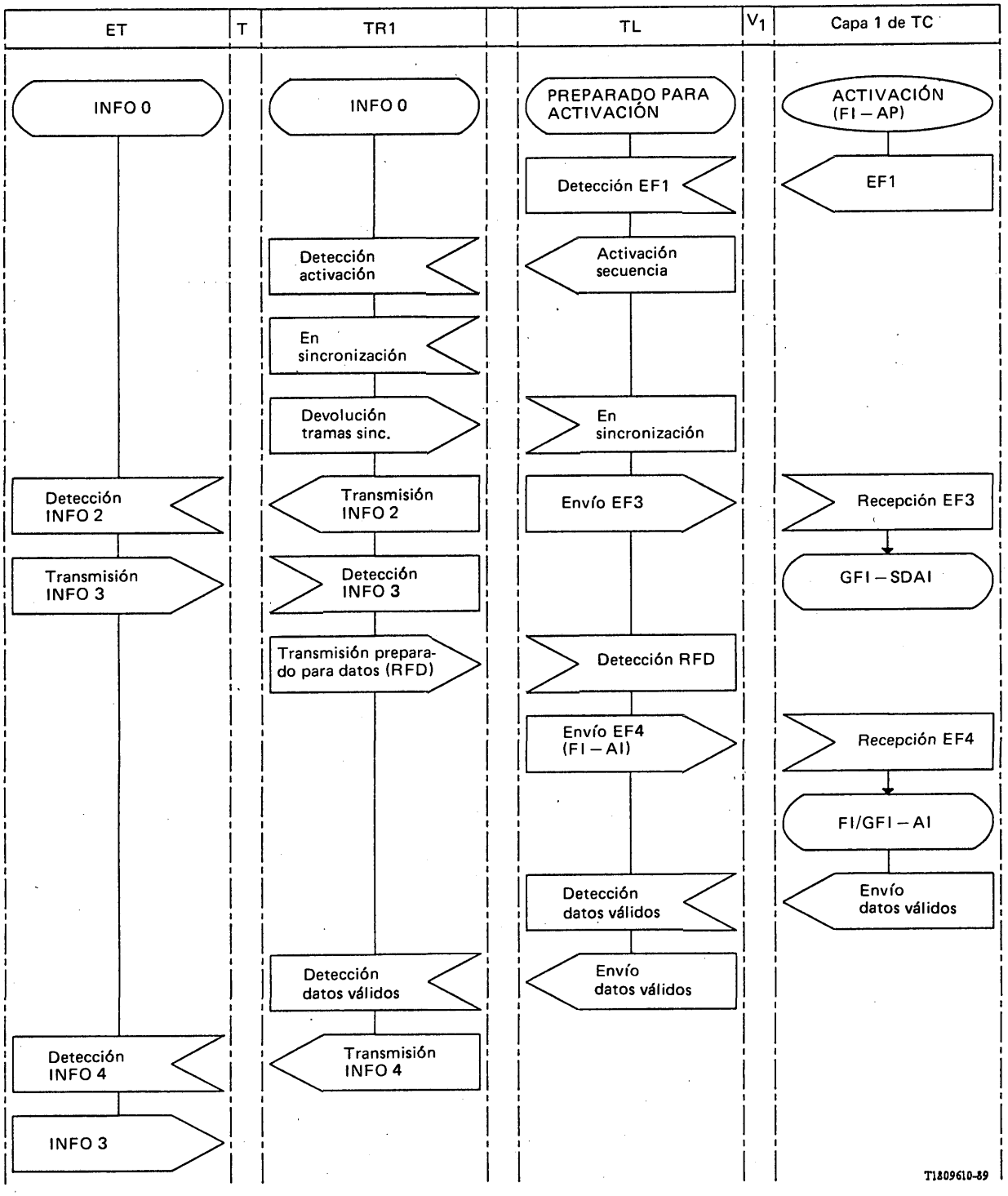


FIGURA VI-1/G.961

Activación desde el lado red

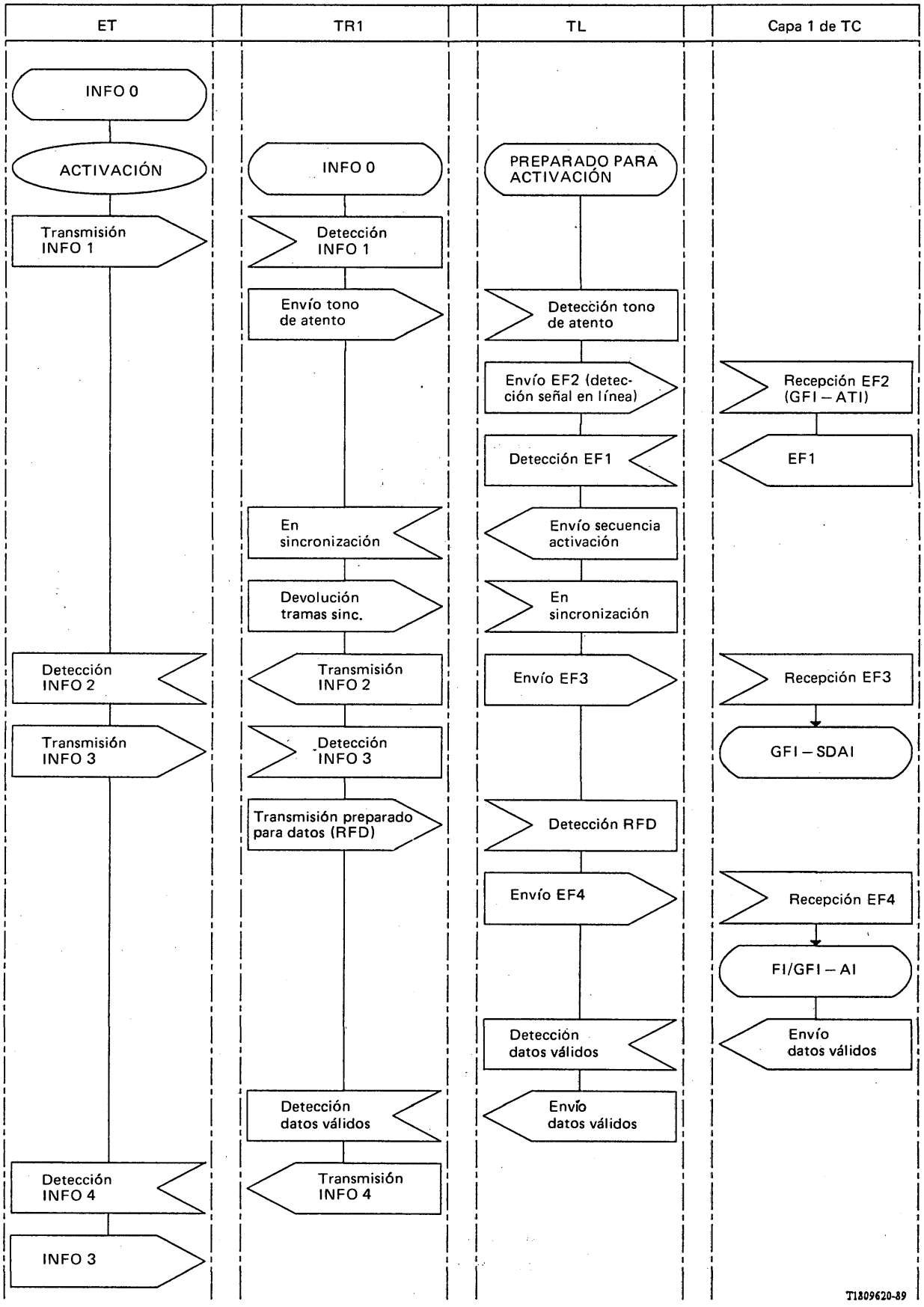


FIGURA VI-2/G.961

Activación desde el lado usuario

La definición de los elementos de función, estados de la TL y estados de la TR utilizados en las figuras de activación y en los cuadros de transición de estados de este apéndice se indica a continuación.

Definición de elementos de función, estados de la TL y estados de la TR	
	Elementos de función (EF)
EF1	Petición de activación del interfaz desde la TC.
EF2	Señal de línea detectada en la sección digital.
EF3	La sección de línea digital está activada (en sincronización).
EF4	La red de usuario en el punto de referencia T está activada o se aplica un bucle.
EF5	Petición de desactivación de la sección digital.
EF6	La sección digital y el interfaz en el punto de referencia T han sido desactivados.
EF7	Indicación de error. (Pérdida de sincronización o no se detecta la señal en la línea.)
	Estados de la TR1
TR1	La TR1 está preparada para la activación.
TR2	La TR1 está ejecutando la secuencia de acondicionamiento de la sección digital.
TR3	La TR1 está en sincronización con la TL y la sección digital de TL a TR1 es capaz de transmitir datos sin errores.
TR4	Equivale al estado TR3 más la sincronización del interfaz en el punto de referencia T.
TR5	Los canales de datos 2B + D a través de la sección digital y a través del punto de referencia T son plenamente operacionales.
TR6	La TR1 ha enviado una petición de activación a la TL y espera una respuesta.
TR7	La TR1 no está activa pero no está preparada para activación.
	Estados de la TL
TL1	La TL está preparada para la activación.
TL2	La TL está ejecutando la secuencia de acondicionamiento de la sección digital.
TL3	La sección digital ha sido activada correctamente y está sincronizada en ambos sentidos.
TL4	Tanto la sección digital como el interfaz en el punto de referencia T están correctamente activados y sincronizados.
TL5	Los canales de datos 2B + D a través de la sección digital y a través del punto de referencia T son plenamente operacionales.
TL7	La TL ha cesado la transmisión por la sección digital y espera que desaparezcan todas las señales en la línea.

La respuesta de la sección digital a la petición de activación EF1 de la TC o a la petición de activación INFO 1 del ET es señalizar a través de la sección digital mediante la transmisión de una velocidad de cuarto de baudio (27 kHz).

En el sentido TR1 a TL, la duración de este tono de atento no será inferior a 32 ciclos completos de la secuencia de datos repetitiva +--+. El tono no durará más de 10 ms.

En el sentido TL a TR1, la duración del tono de atento no será inferior a 32 ciclos completos de la secuencia de datos repetitiva +--+. El tono no durará más de 10 ms.

VI.10.2 *Definición de temporizadores internos*

El procedimiento de activación tomará nominalmente 120 ms hasta el punto en que pueda comenzar la transmisión con alineación de trama sin errores.

En el caso de que falle el procedimiento de activación, o se pierda la sincronización en el interfaz o en el punto de referencia T, o en el sistema de transmisión descritos en este documento, se requiere un temporizador en la TR para terminar la operación. Este temporizador no excederá de 65 ms medidos a partir del punto de pérdida de sincronización, o en el caso de activación, medidos desde el momento en que debería lograrse la sincronización.

No es esencial emplear un temporizador para la identificación de fallo de activación o la pérdida de sincronización señalizada a la TL. Sin embargo, cuando no hay un control externo del procedimiento de desactivación aplicado a la terminación de la TL a dos hilos, debe emplearse un temporizador que no exceda de 65 ms a partir del momento de la pérdida de sincronización o medidos desde el momento en el cual debería haberse logrado la activación.

VI.10.3 *Procedimiento de activación*

El cuadro VI-2/G.961 muestra las señales de secuencia de acondicionamiento que deben ser transmitidas a la línea por la TL y la TR1. En la TL, los desplazamientos se miden en periodos de baudios a partir del fin de la transmisión del tono de atento. En la TR1, los desplazamientos se miden en periodos de baudios a partir de la detección del fin del tono de atento. Para el funcionamiento correcto es necesario que el tiempo que transcurre desde que la TL completa la ráfaga de tono de atento hasta la detección por la TR1 del fin del tono de atento sea menor o igual a 32 baudios.

CUADRO VI-2/G.961

Secuencia de acondicionamiento de activación

Desplazamiento (baudios)	Duración (baudios)	Señal de temporización TL	Datos TL	Señal de temporización TR	Datos TR
0	64	Desconectada	Ninguno	Desconectada	Ninguno
64	512	Conectada	Ninguno	Desconectada	Ninguno
576	512	Desconectada	Ninguno	Conectada	Ninguno
1 088	512	Conectada	Ninguno	Desconectada	Ninguno
1 600	512	Desconectada	Ninguno	Conectada	Ninguno
2 112	4096	Conectada	SBSA	Desconectada	Ninguno
6 208	32	Conectada	Ninguno	Desconectada	Ninguno
6 240	4064	Connectada	Ninguno	Desconectada	SBSA
10 304	(405) (nota 1)	Conectada	Ternarios (nota 1)	Desconectada	Ninguno
10 709 (nota 1)	(405) (nota 2)	Conectada	Ternarios (nota 2)	Desconectada	Ternarios (nota 2)

SBSA significa una secuencia binaria seudoaleatoria de 511 bits generada por el polinomio $(1 \oplus x^{-4} \oplus x^{-9})$.

Nota 1 – La transmisión continua de datos ternarios de la TL a TR1 desde este momento. La TR1 no devolverá datos ternarios hasta que haya logrado la sincronización, la cifra de 405 baudios y el desplazamiento subsiguiente a la próxima fila se considera como una guía de la duración normal de este proceso.

Nota 2 – La transmisión ternaria de la TR1 a la TL supone que se ha logrado la transmisión sin errores y la sincronización de trama en la TR. Después que la TL adquiere la sincronización puede comenzar la transmisión de 2B + D dúplex.

Se incluye el paso condicional entre la adquisición de la sincronización por la TR1 y la devolución de datos ternarios para proporcionar un mecanismo por el cual pueda lograrse la alineación facultativa de las palabras de trama de TL a TR1 y de TR1 a TL.

VI.10.4 *Cuadro de transición de estados de la TR*

Véase el cuadro VI-3/G.961.

CUADRO VI-3/G.961

Cuadro de transición de estados de la TR

	Estado	TR1 Preparado para activación	TR2 Acondicio-namiento	TR3 Espera de T	TR4 Espera de datos válidos	TR5 Estado estable	TR6 Activación ET	TR7 Pendiente de desac-tivación
	Señal transmitida al ET	I0	I0	I2	I2	I4	I0	
Eventos								
Origen	Evento							
TL	Indicación de activación [EF1]	TR2	–	–	–	–	TR2	–
TR1	En sincronización [EF3]	/	TR3	–	–	–	/	–
ET	INFO 3	/	/	TR4	–	–	/	–
TR1	Datos válidos	/	/	/	TR5	–	/	–
ET	Indicación de activación INFO 1	TR6	/	/	/	/	/	–
TR1	Pérdida de sincronización [EF3]	–	TR7	TR7	TR7	TR7	–	–
TR1	No se detecta ninguna señal en la linea en SD	–	–	–	–	–	–	TR1

– Ningún cambio

/ Imposible

[ ] Evento de origen distante

SD Sistema digital

VI.10.5 *Cuadro de transición de estados de la TL*

Véase el cuadro VI-4/G.961.

CUADRO VI-4/G.961

Cuadro de transición de estados de la TR

	Estado	TR1 Preparado para activación	TR2 Acondicionamiento	TR3 Espera de T	TR4 Espera de datos válidos	TR5 Estado estable	TR6 Activación ET	TR7 Pendiente de desactivación
	Señal transmitida al ET	Inactiva	Secuencia de acondicionamiento	Estado estable	Estado estable	Estado estable		Inactiva
Eventos								
Origen Evento TL EF1 (Petición de activación)		TL2	/	/	/	/		–
TL DS en sincr.		/	EF3 TL3	–	–	–		/
TL EF2 Ninguna actividad de línea DSL ⟶ Falsa		/	–	–	–	–		TL1
TR1 [INFO 3] Preparado para datos		/	/	EF4 TL4	–	–		/
TL Pérdida de sincronización		/	EF7 TL7	EF7 TL7	EF7 TL7	EF7 TL7		–
TC EF5 Petición de desactivación		/	EF7 TL7	EF7 TL7	EF7 TL7	EF7 TL7		–
TC Datos válidos		/	/	/	TL5	–		–

– Ningún cambio

/ Imposible

[ ] Evento de origen distante

DSL Detección señal de línea

VI.10.6 *Tiempos de activación*

Los tiempos de «arranque en frío» y «arranque en caliente» serán 120 ms ± 10 ms con todas las combinaciones de cable admisibles. Este tiempo de activación fiable y repetible es un resultado de la secuencia de activación específica indicada en esta norma SU32.

VI.11 *Fluctuación de fase*

La característica de fluctuación de fase debe ser suficiente a los efectos de proporcionar el reloj para el interfaz en la función del punto de referencia T de conformidad con la Recomendación I.430 del CCITT.

La propuesta de SU32 presenta una señal de temporización ortogonal superpuesta sobre los datos. Esto conduce a lograr fácilmente una circuitería de temporización de bucle digital enganchado en fase con una fluctuación de fase estable y baja.

VI.11.1 a VI.11.3

Para ulterior estudio.

VI.12 *Características de salida del transmisor de la TR o de la TL*

VI.12.1 *Amplitud del impulso*

La amplitud de impulso nominal será cero a 1,8 voltios de cresta. La tolerancia en esta amplitud de impulso de cresta será tal que la potencia y la amplitud de la señal en función de espectro de frecuencia sea la especificada en el § VI.12.

VI.12.2 *Forma del impulso*

La forma del impulso es determinada por la plantilla de impulso de la figura VI-3/G.961.

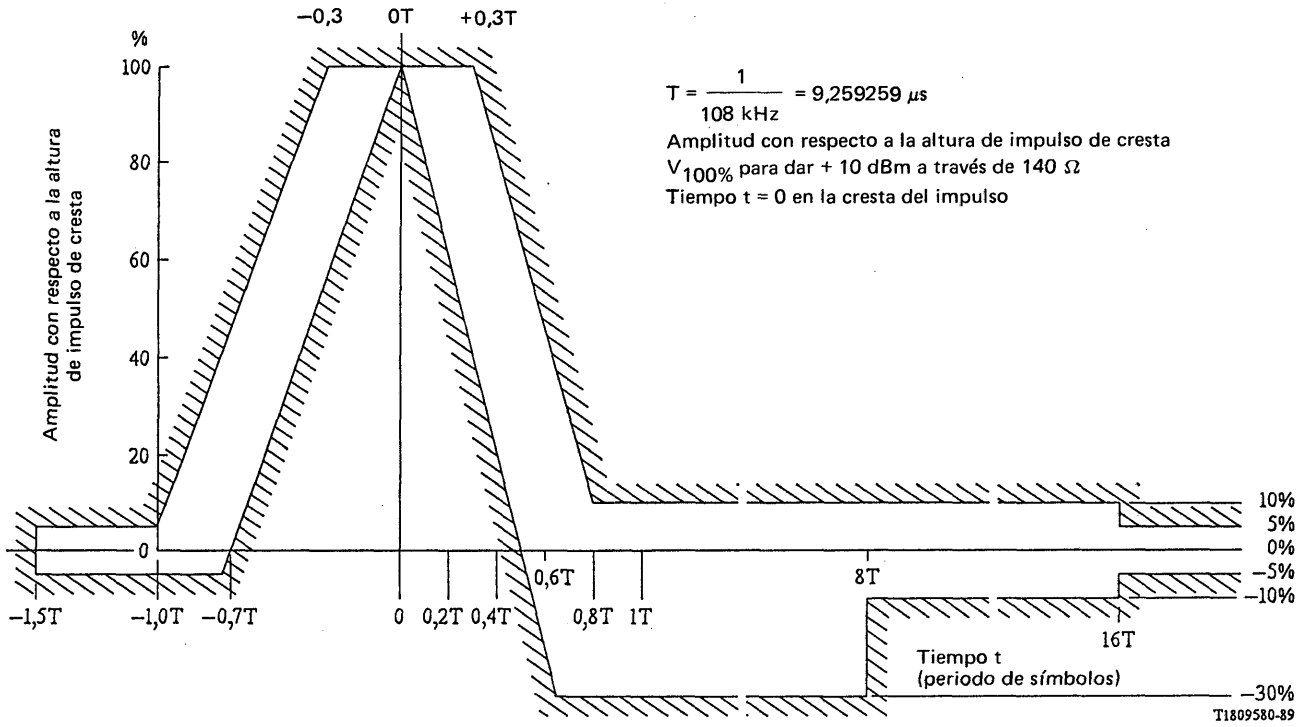


FIGURA VI-3/G.961

Plantilla del impulso –
Confirmación del impulso del transmisor a 108 kbaudios

VI.12.4 *Espectro de potencia*

SU32 tiene un espectro de código modificado por la regla de codificación condicional comparada con la señalización ternaria aleatoria. En la figura VI-4/G.961 se indica el espectro de potencia teórico cuando se utiliza SU32 con conformación del impulso regular de anchura completa con acoplamiento de transformador.

Los límites para la densidad espectral de potencia transmitida se muestran en la figura VI-5/G.961.

Condiciones: Potencia en transmisión de 10mW
Se supone el acoplamiento de transformador
Impulsos rectangulares de anchura completa

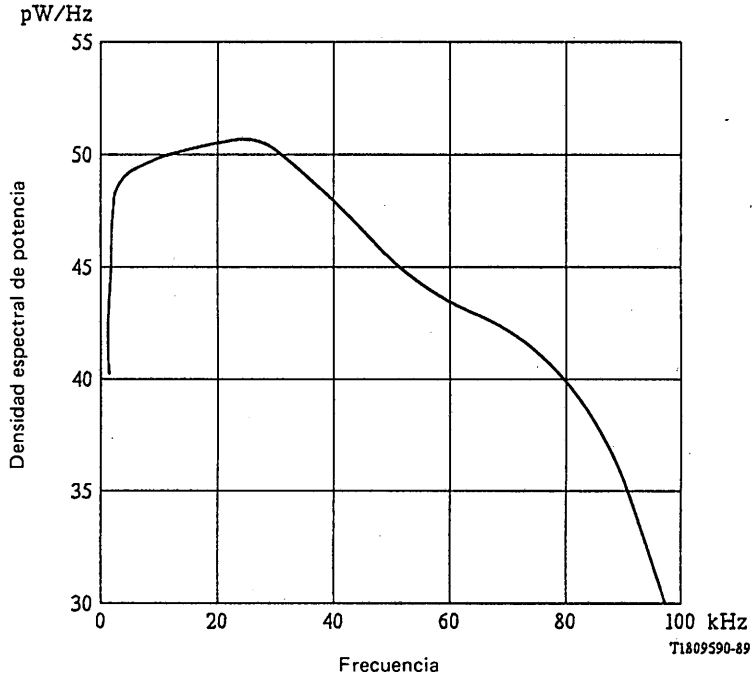


FIGURA VI-4/G.961

Densidad espectral de potencia en línea del código de línea SU32

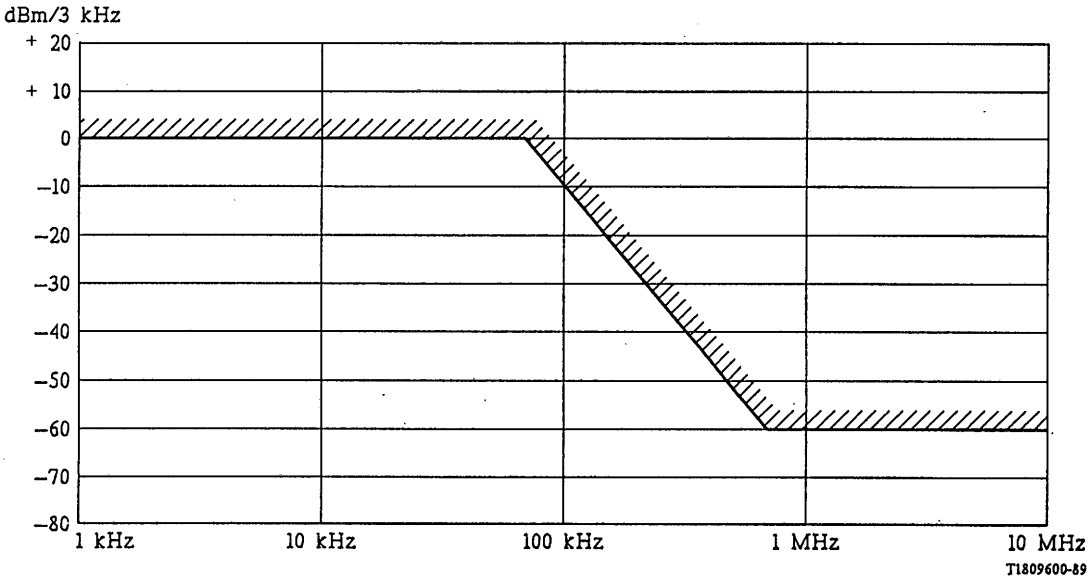


FIGURA VI-5/G.961

Especificación de la densidad espectral de potencia transmitida

Niveles de potencia

Las señales enviadas a la línea deben conformarse a los siguientes criterios, en todas las condiciones de funcionamiento con una terminación resistiva de 140 ohmios.

a) La potencia total máxima en transmisión, promediada en cualquier periodo de un segundo, no debe exceder de +11 dBm.

b) La potencia máxima en transmisión, promediada en cualquier periodo de 1 segundo en cualquier banda de 3 kHz, por debajo de 100 kHz, debe ser inferior a 0 dBm. Este límite se extiende a c.c. (excluida la alimentación).

c) La potencia nominal recomendada en transmisión será +9,5 dBm con una tolerancia de ± 1 dB.

VI.13 *Terminación del transmisor/receptor*

VI.13.1 *Impedancia*

La impedancia de salida/entrada nominal mirando hacia la TR será 140 ohmios. La impedancia de salida/entrada nominal mirando hacia la TL será 140 ohmios.

VI.13.2 *Pérdida de retorno*

Para ulterior estudio.

VI.13.3 *Pérdida de conversión longitudinal*

La pérdida de conversión longitudinal en la gama 100 Hz a 1,6 veces la velocidad de símbolos (f_0) excederá de 46 dB. Para una frecuencia 10 MHz > f > 1,6 f_0, la pérdida longitudinal excederá de 46 – 40 log (f/1,6 f_0) dB o 24 dB, la que sea mayor.

Suplemento N.º 15

CÓDIGO CUATERNARIO CASI DIFERENCIAL (CÓDIGO ADQ)

(Citado en la Recomendación G.911, este suplemento está publicado en la página 673 del fascículo III.3 del *Libro Naranja*, Ginebra, 1977)

Suplemento N.º 27

INTERFERENCIA DE FUENTES EXTERNAS

(Citado en las Recomendaciones G.221 y G.950, este suplemento está publicado en la página 346 del fascículo III.2 o en la página 390 del fascículo III.3 del *Libro Rojo*, Ginebra, 1985)

TEMPERATURA DE LOS CONTENEDORES SUBTERRÁNEOS PARA LA INSTALACIÓN DE REPETIDORES

(Melbourne, 1988)

(Véase la Recomendación G.950)

1 Consideraciones generales

Este suplemento consta de las partes A y B.

En la *parte A* (origen: República Federal de Alemania) se informa de la temperatura del suelo tomada por servicios meteorológicos de la mayoría de las regiones del mundo y se muestran las variaciones estacionales en función de la profundidad (en la República Federal de Alemania).

En la *parte B* (origen: Italia) se dan directrices para el cálculo de la temperatura del suelo en el contenedor, en función entre otras cosas de la temperatura atmosférica, la profunidad y la disipación energética del equipo instalado en el contenedor.

Además, ambas partes contienen información general de interés para la planificación.

2 Parte A

2.1 *Definición*

En los puntos siguientes se analizan las condiciones climáticas de interés para los pequeños contenedores subterráneos que no tienen la posibilidad de ajustarse a condiciones de temperatura específicas. Normalmente estos contenedores están herméticamente cerrados y no es necesario abrirlos por ejemplo, para mantenimiento preventivo. Se pueden utilizar con o sin supervisión de la presión del gas o pueden contener agentes deshumidificadores.

2.2 *Temperatura de los contenedores subterráneos*

La temperatura de los contenedores subterráneos depende de la temperatura del terreno que los rodea. Depende además de la disipación de energía del equipo instalado.

La temperatura del suelo a diversas profundidades es conocida prácticamente en todas las regiones del mundo [1]. La figura 1 muestra la variación estacional de la temperatura del subsuelo en función del valor medio a largo plazo de la temperatura de la superficie. En la figura 2 se representan ejemplos de la variación de la temperatura en función del tiempo para el periodo de un año. En la figura 3 se representa la temperatura mínima y máxima anual en función de la profundidad. Los ejemplos representados en las figuras 2 y 3 corresponden a una región específica de la República Federal de Alemania, de suelo arenoso.

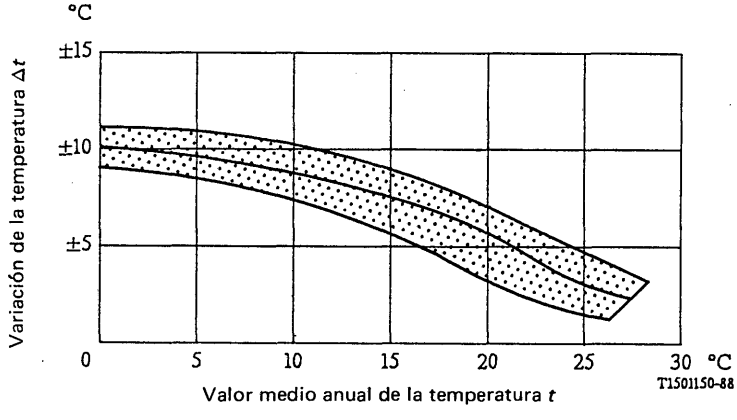


FIGURA 1

Relación entre el valor medio a largo plazo de la temperatura de la superficie *t* y las variaciones anuales que cabe esperar a una profundidad de unos 80 cm

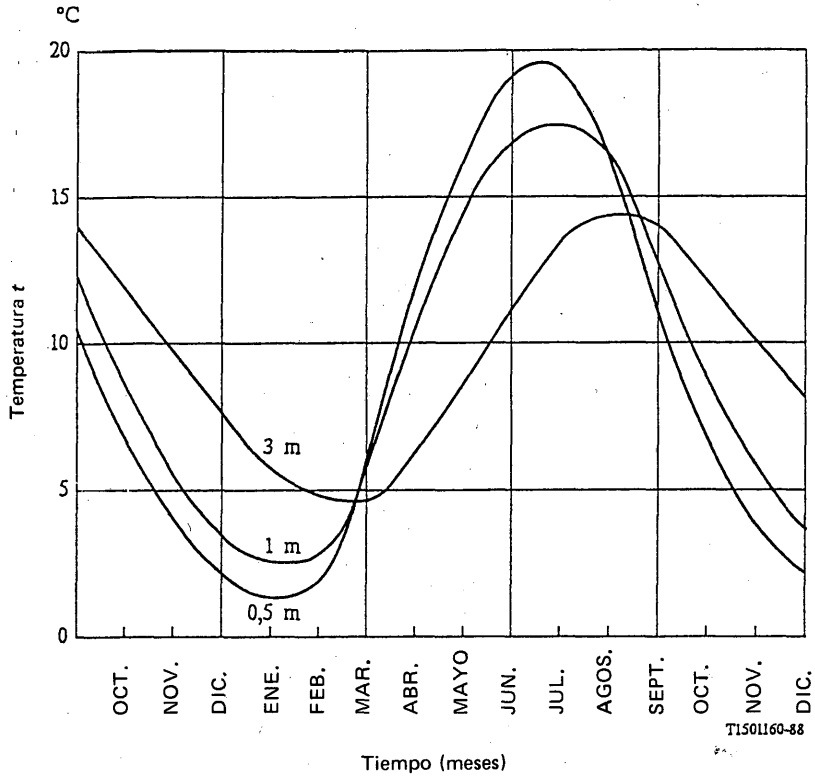
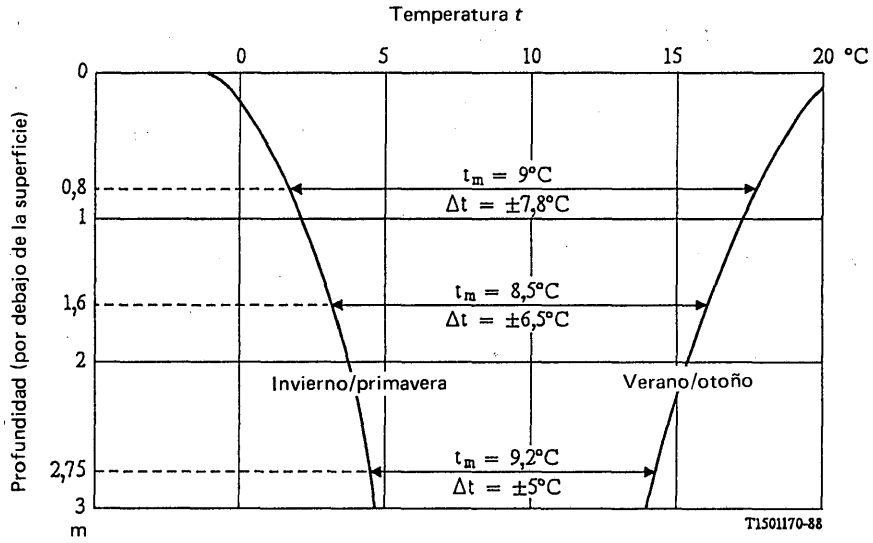


FIGURA 2

Temperatura del suelo en función de las estaciones para profundidades de 0,5 m, 1 m y 3 m (valores medios a largo plazo, suelo arenoso en la República Federal de Alemania)



t_m Valor medio anual de la temperatura del suelo

Δt Variación máxima anual de la temperatura en el suelo con referencia a t_m

FIGURA 3

Valores anuales máximos y mínimos de la temperatura del suelo en función de la profundidad (valores medios a largo plazo, suelo arenoso en la República Federal de Alemania)

La composición del suelo tiene un efecto importante en la temperatura y su variación en función del tiempo. Conviene advertir que esta variación es lenta y depende de la composición del suelo y de la profundidad.

El valor medio de la temperatura del contenedor es el mismo que el del suelo si se desprecia el posible aumento causado por el calor generado por la disipación de energía. Las variaciones de la temperatura del aire producen variaciones en la temperatura del contenedor, pero al cabo de cierto tiempo, con una atenuación de amplitud que depende del diseño del contenedor.

2.3 *Conclusión*

La temperatura de los pequeños contenedores subterráneos, como los utilizados para la instalación de repetidores de alimentación a distancia, depende de la región geográfica, la composición del suelo, la profundidad de la instalación y la disipación de energía del equipo instalado.

La humedad existente dentro del contenedor no depende de infuencias externas y se puede controlar por medios idóneos si se considera necesarios.

3 Parte B

3.1 *Temperatura de contenedores subterráneos que contienen equipos de alta disipación*

La temperatura de los contenedores subterráneos depende de la temperatura del suelo que los rodea, su composición y la energía disipada por el equipo.

3.1.1 La temperatura del suelo en diferentes profundidades se puede medir directamente en el sitio o calcular a partir de la temperatura estacional media del sitio (a nivel del suelo) teniendo en cuenta la resistividad térmica y la difisividad del suelo.

Las variaciones a corto plazo, como las desviaciones diarias, se atenúan rápidamente hasta desaparecer a profundidades superiores a 0,3 m, pasadas las cuales sólo se dejan sentir en el suelo las variaciones estacionales.

Estas variaciones, por supuesto, también se atenúan y retrasan según la profundidad y la composición del suelo.

3.1.2 El calor generado por la disipación de energía de los equipos alojados en el contenedor se transmite por sus paredes al suelo circundante, perturbando así el campo de temperatura existe y determinando un gradiente local que disminuye en función de la distancia a las paredes del contenedor.

Para evaluar la temperatura máxima anual del contenedor es aconsejable definir un modelo matemático de la transmisión de calor y resolverlo para las condiciones impuestas por el clima del lugar, la naturaleza del suelo, el consumo de energía, etc.

Los cálculos oportunos se hacen por computador, lo que permite estudiar con rapidez los efectos de los diferentes parámetros.

En condiciones críticas, es decir, en suelos pobres, resulta ventajoso rodear el contenedor de un material de relleno de buena conductividad térmica. Previamente se puede comprobar mediante el computador el efecto de esta medida.

3.2 *Directrices para el cálculo*

La transmisión de calor de la atmósfera al suelo se describe por la ecuación:

$$T(y,t) = A + B\, e^{-\gamma y} \operatorname{sen} (wt - \gamma y) \qquad (1)$$

donde

A	Valor medio de la temperatura atmosférica
B	Amplitud de la relación térmica en la superficie del suelo
γ	Coeficiente de difusión
y	Profundidad

La temperatura es función de la hora y de la profundidad y el campo resultante tiene superficies horizontales isotérmicas.

La energía disipada en el contenedor determina un flujo de calor por las paredes del mismo y un campo térmico bidimensional en el suelo.

La ecuación correspondiente es:

$$c\zeta \frac{\delta T}{\delta t} - k\left(\frac{\delta^2 T}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta y^2}\right) = F(x,y,t) \tag{2}$$

donde

$F(x,y,t)$ tiene en cuenta la presencia de fuentes térmicas en el suelo

c Calor específico del suelo

ζ Densidad del suelo

k Conductividad térmica del suelo.

El problema se simplifica despreciando el término $\frac{\delta T}{\delta t}$.

De hecho la temperatura del suelo apenas experimenta variaciones y se puede considerar constante en periodos de corta duración.

Resolviendo la ecuación

$$-k\left(\frac{\delta^2 T}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 T}{\delta y^2}\right) = F(x,y) \tag{3}$$

e introduciendo la «condición inicial» de (1) para la hora que se considera, la distribución de la temperatura en el suelo se puede representar gráficamente por medio de un número discreto de puntos.

La temperatura de la línea central del contenedor se calcula a partir de las relaciones de transmisión de energía para la convección natural en paredes verticales: $Nu = M.(\bar{Gr} \cdot Pr)^N$, donde N = número de Nusselt; Gr = número de Grashof; Pr = número de Prandtl; M, N son constantes que se determinarán empíricamente.

En la figura 4 se ofrece un ejemplo de campo térmico calculado donde las líneas isotermas sustituyen a los valores de la temperatura local trazados por el computador.

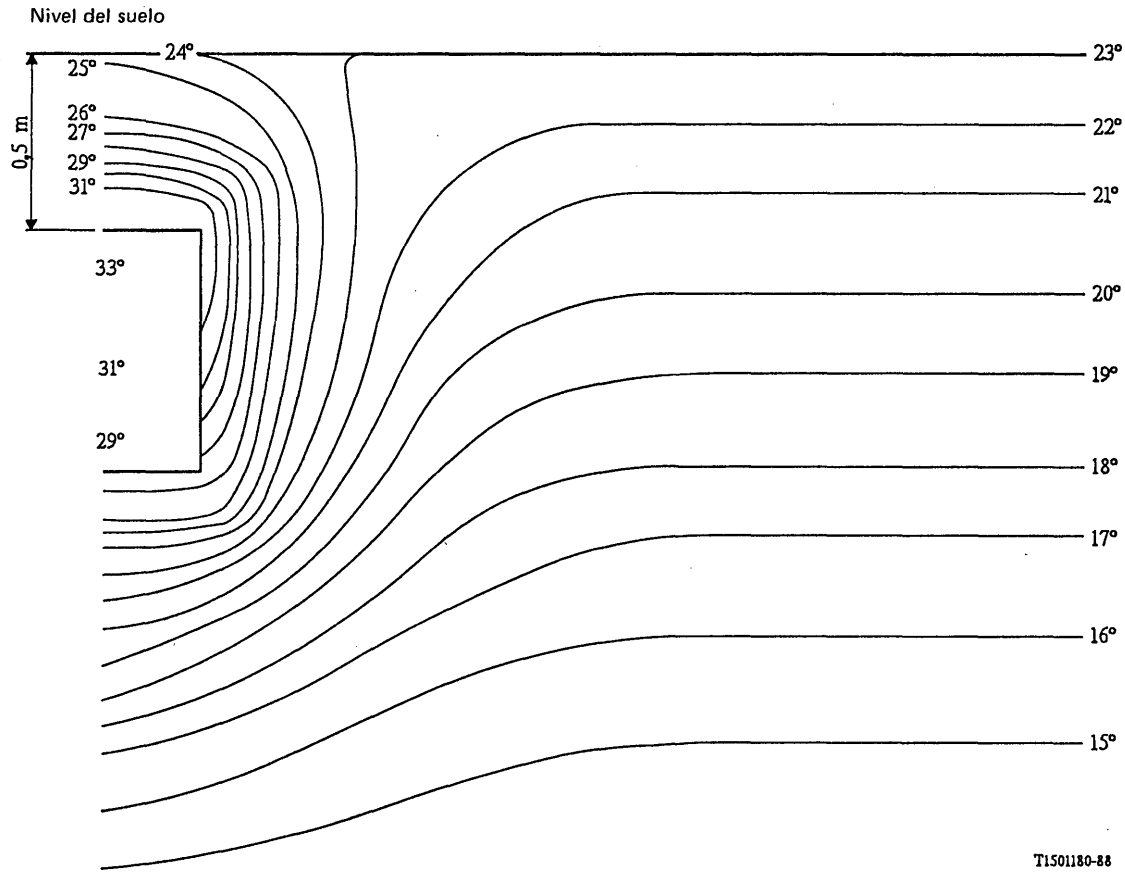


FIGURA 4

Ejemplo de campo térmico calculado

3.3 *Conclusión*

La temperatura del contenedor subterráneo depende del clima del lugar, del tipo del suelo, de la profundidad, de la época del año y de la disipación energética de los equipos.

El análisis matemático de la transmisión de calor hace posible calcular la temperatura máxima del contenedor teniendo en cuenta el efecto de los parámetros que intervienen.

Se puede considerar la utilización del material seleccionado de relleno y evaluar los efectos resultantes.

TIPO DE CONTENEDOR: CAI/24

Temperatura en régimen permanente (°C)

Dimensiones del contenedor (m) Ø 0,85 altura 0,9

Energía disipada (vatios)	100
Mes	8
Temperatura media del lugar (°C)	12,7
Amplitud de la variación térmica (°C)	11,7
Conductividad del suelo ($W\ m^{-1}\ K^{-1}$)	0,44
Densidad del suelo ($kg \cdot m^{-3}$)	1550
Calor específico del suelo ($J\ kg^{-1}\ K^{-1}$)	1255
Conductividad térmica del material de relleno ($W\ m^{-1}\ K^{-1}$)	0,8
Profundidad del material de relleno (m)	0,4
Radio exterior del material de relleno (m)	1,2

Referencia

[1] JEN-HU-CHANG: Ground Temperature, *Blue Hill Meteorological Observatory, Harvard University*, Vol. I, II, Hilton 86, Massachusetts, 1958.

Bibliografía

KREITH (F.): Principles of heat transfer, *Int. Textbook Co.*, Scranton Pen.

CARLSLAW JAEGER: Conduction of heat in solids, *Oxford Press.*

Suplemento N.° 35

DIRECTRICES RELATIVAS A LA MEDICIÓN DE LA FLUCTUACIÓN LENTA DE FASE

(Contribución de Estados Unidos de América, citada en las Recomendaciones G.812 y G.824)

Metodología de medición de la fluctuación lenta de fase

La finalidad de este suplemento es presentar un método adecuado de verificación de la precisión de temporización de los relojes. En el suplemento N.° 38 de la serie O figuran directrices sobre la medición de la fluctuación de fase.

1 Medición de la fluctuación lenta de fase de salida

1.1 *Reloj subordinado*

La estrategia de medición consiste en deducir los valores de los parámetros del modelo del anexo a la Recomendación G.812 para el reloj subordinado que se está probando.

Una vez que se han obtenido estos valores de los parámetros, puede verificarse el cumplimiento de las especificaciones de la Recomendación G.812.

Para caracterizar el comportamiento de un reloj subordinado debe realizarse una serie de pruebas. En general, estas pruebas corresponden a una de las tres categorías siguientes:

1) funcionamiento ideal;

2) funcionamiento forzado;

3) funcionamiento mantenido.

1.1.1 *Configuración de prueba*

El objetivo del procedimiento de prueba consiste en poder estimar los parámetros del modelo de reloj descrito anteriormente para un determinado reloj en prueba. En la figura 1 se muestra la arquitectura de un montaje de prueba de relojes. A continuación se describen los componentes y su interconexión.

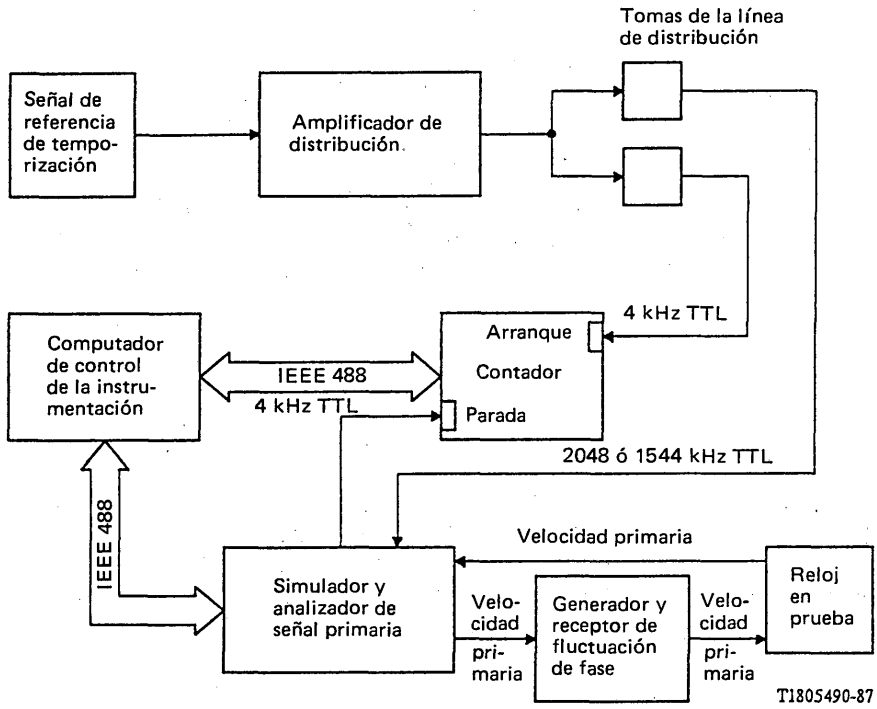


FIGURA 1

Configuración de prueba

1.1.1.1 *Reloj de referencia*

La configuración de prueba está pensada para proporcionar al reloj en prueba una referencia de tiempo digital a velocidad primaria obtenida a partir de un oscilador de referencia estable. En las pruebas de los relojes el punto crucial[1)] estriba en la fase y tiempo relativos comparados con la entrada de referencia. Así pues, la precisión absoluta de la entrada de referencia no resulta crucial. Es importante que la inestabilidad a corto plazo del oscilador de referencia sea pequeña para garantizar un ruido de medición bajo y un error de seguimiento de fondo en el bucle de control del reloj que se está probando.

[1)] En la prueba de funcionamiento mantenido, la estabilidad y deriva a más largo plazo del oscilador de referencia son importantes.

1.1.1.2 *Simulación de la referencia digital*

El montaje de prueba ha sido concebido para proporcionar una referencia digital a la velocidad primaria con una degradación que permite la prueba forzada del reloj. Para conseguir esta situación, se utiliza un simulador de señal digital a velocidad primaria que tiene la posibilidad de sincronizarse exteriormente. Para la señal[2] digital a la velocidad primaria de 1544 kHz, se suministra al analizador/simulador una señal de tiempo a 1544 kHz para controlar la señal de temporización de salida. La señal de 1544 kHz se obtiene a través de un amplificador de distribución y una toma del sintetizador. Este montaje de distribución permite obtener múltiples tomas de señales de temporización a partir de la entrada de 10 MHz procedente del oscilador de referencia. Cada toma es un sintetizador especializado que entrega la señal de tiempo deseada. La fluctuación de fase producida por estos sintetizadores debe ser inferior a 1000 ps eficaces.

El simulador de degradaciones a la velocidad primaria se programa mediante el bus de control IEEE 488 para conseguir los fenómenos de interrupción deseados para forzar el reloj. La señal digital a la velocidad primaria se puentea a continuación a través de un generador de fluctuación de fase y un receptor. El generador de fluctuación de fase se utiliza para insertar la fluctuación de fondo a la señal digital. Es importante simular un nivel realista de la fluctuación de fase de fondo por varias razones. En primer lugar, cuando se producen interrupciones, la fluctuación de fase de fondo puede ser la fuente principal del error de fase producido, puesto que la unidad de sincronización intenta puentear la interrupción. En segundo lugar, pueden evaluarse las características de transferencia de la fluctuación de fase del reloj.

La unidad de generación de la fluctuación de fase está dotada de una entrada de modulación exterior de la fluctuación de fase. La señal de fluctuación de fase utilizada es ruido blanco de banda limitada. Se filtra una señal procedente de un generador de ruido blanco utilizando un filtro paso bajo de un solo polo con una frecuencia de corte a 3 dB igual a 150 Hz. La razón principal para un filtraje paso bajo radica en evitar que se produzcan errores en los bits debido a una fluctuación de fase en la alineación de alta frecuencia. La amplitud de la fluctuación de fase debe fijarse de forma que refleje unos niveles realista de fluctuación de fase en la red. Es importante evitar que la fluctuación de fase sinusoidal se utilice como señal de prueba de fluctuación de fase a la entrada, ya que ciertas técnicas de detección de fase son muy sensibles a la fluctuación de fase sinusoidal.

1.1.1.3 *Recuperación de la señal de temporización de salida*

Para comprobar un reloj, se proporciona una entrada de referencia procedente de la salida del generador de fluctuación de fase. Para recuperar la señal de temporización de salida del reloj, se selecciona una señal saliente a la velocidad primaria en la unidad controlada por el reloj que se está probando. Se conecta esta señal digital a la parte de recepción del simulador y analizador de velocidad primaria. En esta unidad la función de temporización del receptor está desacoplada de la señal de temporización de transmisión utilizada en el generador. El receptor extrae una señal de temporización de trama a 4 kHz de la señal de entrada y entrega esta señal de temporización en un puerto exterior. Esta señal de temporización de 4 kHz es coherente en fase con la temporización saliente del reloj que está probando.

1.1.1.4 *Recopilación de los datos de fase-tiempo*

Se utiliza un contador para observar el error de fase-tiempo de la señal de temporización de salida a 4 kHz comparada con una señal de temporización de referencia a 4 kHz. Esta última se obtiene de las unidades de amplificador de distribución y sintetizador. La fluctuación de fase del sintetizador cuando genera la señal de referencia a 4 kHz es inferior a 1000 ps. Al realizar la comparación de fase a 4 kHz el margen de observación de la variación de fase es 250 µs. Si se tiene la precaución de iniciar una prueba cerca del punto medio de dicho margen, no deben producirse problemas asociados al deslizamiento de ciclos durante todas las pruebas a excepción de la prueba con funcionamiento sostenido. Sin embargo, incluso este margen puede ampliarse eliminando los deslizamientos de ciclos mediante el programa de recopilación de datos.

En realidad, la resolución de las mediciones está limitada por la fluctuación de fase intrínseca del contador así como el error de disparo. La experiencia ha mostrado que la fluctuación de fase de la resolución de las mediciones puede mantenerse por debajo de los 100 ps eficaces si se tiene un cuidado razonable con el cableado y los niveles de disparo. Lo que es más importante, puede verificarse el nivel de ruido global de la fluctuación de fase de fondo, antes de las pruebas, para garantizar el funcionamiento adecuado. Para los componentes utilizados en el sistema concreto que se describe, se pueden alcanzar típicamente, los niveles de fluctuación de fase global de 1000 ps eficaces. Este valor excede lo adecuado para medir los niveles de estabilidad de fase esperados en los relojes.

---

[2] El siguiente análisis se aplica de la misma forma a la señal digital que a la velocidad primaria de 2048 kHz.

1.1.1.5 *Recopilación de datos*

Debe utilizarse un computador de control de la instrumentación para automatizar el procedimiento de prueba y recoger y analizar los datos de fase-tiempo. El interfaz del computador de control tanto con el contador como con el simulador y analizador digital de velocidad primaria se realiza mediante el bus IEEE 488.

Una función clave del computador de control es la recogida de datos de fase-tiempo del contador. La unidad de control del instrumento obtiene una muestra de fase-tiempo del contador cada 10 segundos. El contador está programado para promediar 4000 muestras en una ventana de 3 segundos y devolver el valor medio a la unidad de control. La anchura de banda de medición resultante es de 0,33 Hz. Los datos de tiempo-fase se procesan en tiempo real para obtener estimaciones en funcionamiento de la varianza de Allan en intervalos de observación de 10, 100, 1000 y 10 000 segundos. El programa calcula igualmente una estimación en funcionamiento de la desviación y la deriva de frecuencia.

1.1.1.6 *Análisis de datos*

El objetivo del análisis de los datos es calcular a partir de los datos, los parámetros asociados con el modelo del reloj. A partir de los datos de la varianza de Allan, se puede determinar la presencia de las MP de ruido blanco y MF de ruido blanco esperadas según el modelo. El estimador de la desviación de frecuencia es el término y_{bias} del modelo y el estimador de deriva D es la componente de deriva del modelo.

1.1.2 *Técnica y procedimiento básicos*

Este punto incluye las técnicas y procedimientos básicos para probar las tres categorías de funcionamiento de un reloj subordinado. El apéndice I proporciona algunos ejemplos de aplicación de estas pruebas utilizando datos reales de medición.

1.1.2.1 *Funcionamiento ideal*

El objetivo de esta prueba consiste en obtener una métrica de referencia del comportamiento de un reloj. El modelo predice que los relojes en condiciones ideales deben producir una inestabilidad de fase del tipo MFase con ruido blanco. Esta MFase con ruido blanco debe ser pequeña ya que representa el comportamiento en el caso más favorable de un reloj [claramente menos de 1 µs según los requisitos actuales de salida de máximo error relativo en el intervalo de tiempo (MERIT)]. Debe medirse en presencia de niveles realistas de la fluctuación de fase para garantizar una transferencia aceptable de la fluctuación de fase.

En el procedimiento de prueba normalizado que se ha descrito, la anchura de banda de las mediciones es de 0,33 Hz. En algunos diseños de reloj existe un ruido significativo entre esta frecuencia de corte de 0,33 Hz y la frecuencia de corte de 10 Hz asociada con la fluctuación de fase. Es importante evaluar la fluctuación de fase en dicha banda. Esto podría realizarse desarrollando un programa de medición adicional para capturar estos datos rápidos de la fluctuación de fase lenta.

1.1.2.2 *Funcionamiento forzado*

Esta prueba tiene una importancia crucial para evaluar convenientemente los relojes. La dificultad en esta prueba radica en la selección de los fenómenos de corte apropiados. Para algunos relojes, cualquier fenómeno que aparece, como un segundo con muchos errores, provocará un fenómeno de reconstrucción de fase. En algunos relojes cualquier interrupción o impulso de ruido espurio perturbará un contador en la detección de fase provocando un golpe de fase espuria que puede o no dar lugar a una reconstrucción de fase según su seriedad. Por otro lado, pueden diseñarse los relojes para observar la posición de los impulsos de la estructura de trama para extraer la fase. En este tipo de relojes, una interrupción no provoca necesariamente un fenómeno de reconstrucción de fase, a menos que exista un desplazamiento real en la posición de impulsos de la estructura de trama (por ejemplo, un fenómeno de conmutación de protección).

Una prueba forzada que debe realizarse consiste en simular un fenómeno de segundos con muchos errores (SME) con una corta interrupción (100 ms) con 10 segundos con muchos errores por día en presencia de fluctuación de fase de fondo a la entrada. Típicamente una interrupción de esta magnitud provocará que el reloj intente reconstruir la fase sin referencias de conmutación. En el punto siguiente se incluye un ejemplo de esta prueba forzada que debe servir para aclarar los conceptos y el significado de los resultados.

Al evaluar un reloj deben considerarse igualmente otras entradas forzadas.

– *Ráfaga de errores*: Puede simularse una ráfaga de errores donde no se perturbe la forma de onda de la señal de temporización correspondiente. En estas condiciones, sería conveniente que el reloj no reconstruyera la fase. Esta prueba ganaría en importancia si se estableciera que la mayoría de los fenómenos de ráfagas de errores son realmente simples errores en los datos sin perturbación de la señal de temporización.

– *Cambios bruscos de fase*: Los cambios bruscos de fase se producen debido a la actividad de protección, o proceden de otros relojes. Son fenómenos de interrupción que deberían forzar un fenómeno de reconstrucción de fase o que serían seguidos de manera inadvertida por el reloj. En cualquier caso degradarán las prestaciones del reloj. Este aspecto será objeto de un estudio ulterior.

– *Fenómenos de rearranque*: Un fenómeno de rearranque viene asociado a un reloj que abandona su situación presente y retorna erróneamente a sus condiciones iniciales. Los resultados constituyen un fenómeno transitorio que puede resultar significativo. No deben producirse fenómenos de rearranque durante el funcionamiento normal del reloj, y por tanto no deberían probablemente incluirse en el plan general de prueba del reloj. Sin embargo, resulta importante entender y controlar mejor dicho comportamiento.

– *Cambios bruscos de frecuencia*: Es importante que los relojes no sigan las referencias que presentan grandes variaciones bruscas de frecuencia. Sin embargo la habilidad para detectar los golpes de frecuencia está estrechamente unida a la selección de la anchura de banda de seguimiento para un determinado bucle de enganche en fase (BEF) de reloj. La solución al problema dependerá de la medida en que pueda normalizarse la anchura de banda de los diferentes relojes de una red.

1.1.2.3 *Funcionamiento mantenido*

En el funcionamiento mantenido, el objetivo consiste en estimar el desplazamiento de frecuencia inicial (y_{bias}) y la deriva (D) del modelo del reloj. El desplazamiento de frecuencia inicial depende de la precisión de la estimación de frecuencia obtenida en el bucle de control, y de la estabilidad de frecuencia del oscilador local. Es importante comprobar el mantenimiento a partir de una condición forzada razonable, antes de que absorba la capacidad del bucle de control de obtener una estimación precisa de la frecuencia.

Al determinar la estimación de la deriva, uno de los puntos cruciales estriba en que típicamente los intervalos de observación necesarios para obtener un estimador de la deriva estadísticamente significativo duran varios días. Esta es una realidad que no puede evitarse. Además, debe prestarse atención a las condiciones de temperatura durante la prueba. Este aspecto será objeto de un estudio ulterior.

1.2 *Reloj de referencia primario*

Este punto requiere un estudio ulterior.

APÉNDICE I

(al suplemento N.° 35)

Ejemplos de aplicaciones

Este punto presenta los resultados de la aplicación de algunos de los procedimientos de prueba para dos relojes. Es importante señalar que los dos relojes probados tienen diferentes arquitecturas internas. La principal conclusión de las pruebas es que éstas respaldan el modelo de comportamiento del reloj. Este modelo puede resumirse de la forma siguiente:

1) Para intervalos de observación cortos fuera de la anchura de banda seguimiento del bucle de enganche en fase (BEF), la estabilidad de la señal de temporización de salida viene determinada por la estabilidad a corto plazo de la base de tiempos del sincronizador local.
2) En ausencia de interrupciones de la referencia, la estabilidad de la señal de temporización de salida se comporta como un proceso MP de ruido blanco a medida que el periodo de observación aumenta para entrar dentro de la anchura de banda del BEF.
3) En presencia de interrupciones, la estabilidad de la señal de temporización de salida se comporta como un proceso FM de ruido blanco a medida que el periodo de observación aumenta hasta coincidir con la anchura de banda del BEF.
4) En presencia de interrupciones, la señal de temporización de salida puede incurrir en un desplazamiento sistemático de frecuencia respecto de la referencia. Esto es consecuencia de una desviación sistemática de la fase reconstruida al recuperar la referencia.

Los resultados concretos de la prueba se describen a continuación:

I.1 *Evaluación del reloj local*

Los resultados descritos en este punto proceden de datos de comportamiento reales.

I.1.1 *Prueba de entrada no forzada a la velocidad primaria*

La primera prueba realizada consistió en evaluar la salida de la señal de temporización en condiciones ideales de la entrada de referencia. La entrada de referencia a la velocidad primaria procede de un generador con una referencia de tiempos de cesio. La fluctuación de fase fuera de la anchura de banda del BEF de estrato 3 es muy inferior a 1 ns. Típicamente, 300 ps medidos en un contador.

Para esta prueba, se puenteó el montaje de prueba de fluctuación de fase, y se llevó directamente la velocidad primaria desde el simulador y analizador de velocidad primaria al sincronizador. La prueba se desarrolló a lo largo de 67 horas. En la figura I-1 se presentan los resultados. Se dibuja la raíz cuadrada de la varianza de Allan en una función del tiempo de observación. Los puntos de los datos marcados con triángulos se refieren a esta prueba.

Los resultados resultan coherentes con el modelo. Para tiempos de observación fuera de la anchura de banda de seguimiento de este BEF (inferior a 60 segundos), la varianza de Allan indicó un ruido blanco de MF procedente del oscilador de cuarzo local. A medida que el tiempo de observación aumenta, el BEF sigue a la referencia y el proceso de ruido converge hacia una MFase con ruido blanco.

La magnitud del ruido blanco de MFase es de 85 ns eficaces. Una de las componentes de este ruido es el error cuadrático medio de tiempo del oscilador en 60 segundos (la anchura de banda de este BEF es 1/60 s). Además existe una componente procedente de la resolución del detector de fase. Un fenómeno que surge en los bucles digitales consiste en que el error puede realizar excursiones de al menos un bit en cada dirección del valor nominal. Este efecto se reduce cuando la entrada tiene un fluctuación de fase del orden de un bit del detector de fase.

I.1.2 *Prueba con entrada forzada a la velocidad primaria*

El objetivo de esta prueba consiste en emular el comportamiento del sincronizador en las condiciones forzadas que surgen en las redes reales. Para esta prueba, se provocó un corto fenómeno de interrupción bajo control del programa mediante el simulador y analizador de velocidad primaria cada 15 minutos. La duración de los fenómenos de interrupción se hizo aleatoria con una distribución uniforme en el intervalo de 10 a 100 ms.

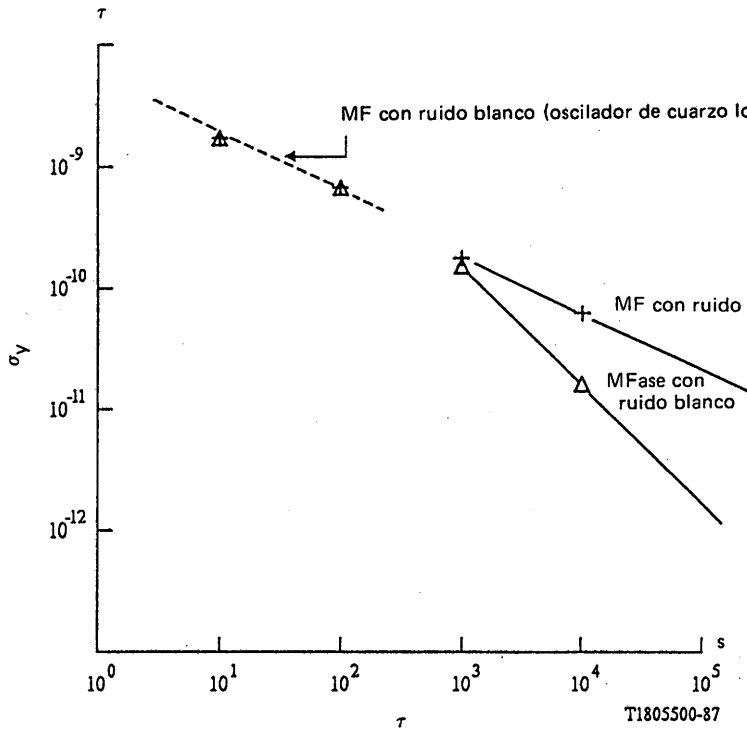
Para esta prueba, se puenteó el montaje de prueba de fluctuación de fase, y se llevó directamente la señal de velocidad primaria del simulador y analizador de velocidad primaria al sincronizador. La prueba duró 50 horas. En la figura I-1 se presentan los resultados. Se dibuja la raíz cuadrada de la varianza de Allan en función del tiempo de observación. Los puntos de datos marcados con un signo más corresponden a esta prueba.

I.1.2.1 *Resultados de la varianza de Allan*

Los resultados de las pruebas son coherentes con el modelo. Para tiempos de observación fuera de la anchura de banda de seguimiento de este BEF (inferior a 60 segundos), la varianza de Allan indica un ruido blanco de MF procedente del oscilador local de cuarzo. A medida que el tiempo de observación aumenta el BEF experimenta una ruptura cada 900 segundos. El error de recontrucción de fase residual se suma y provoca un movimiento aleatorio de la fase (MF con ruido blanco). El error de reconstrucción provocado por cada interrupción se calcula en 180 ns eficaces.

I.1.2.2 *Desplazamiento sistemático de frecuencia*

Los datos de la prueba forzada muestran un desplazamiento de frecuencia estadísticamente significativo. El desplazamiento de frecuencia durante las 50 horas de la prueba fue de 3×10^{11}. Dado el ruido blanco de MF, el error cuadrático medio es $1{,}5 \times 10^{11}$. Estas cifras reflejan un error sistemático en la fase reconstruida entre 15 y 45 ns. Estos errores sistemáticos en los relojes provocan desplazamientos de frecuencia. Las consecuencias de esta situación consisten en que, en cierta medida, todos los relojes de la red funcionan como plesiócronos. Dado un nivel del caso más desfavorable de diez rupturas diarias el desplazamiento resultante de frecuencia sería del orden de varias partes en 10^{12}.



Δ SD1 limpio sin pertubación. Tiempo de observación: 240.100 s

$\overline{Y}$ = 7E–13 MFase con ruido blanco 148 ns/τ, $\tau > 10^3$ error de predicción de 85 ns eficaces/día.

\+ 1544 kbit/s limpios. 1 interrupción/15 minutos tiempo de observación 180.000 s

$\overline{Y}$ = 3E–11 (1 σ = 1,5 E–11). MF con ruido blanco 6E–9/$\sqrt{\tau}$, $\tau > 10^3$. Error de predicción de 1,76 μs eficaces/día.
(180 ns eficaces/corte)

f_3 dB = 1/60 s

Intervalo de medición τ_0 = 10 s. Anchura de banda de medición: 0,33 Hz

FIGURA I-1

Ejemplo de reloj de nodo local

I.1.2.3 *Significado de los resultados de la prueba forzada*

Para obtener una interpretación lógica de los resultados de la prueba forzada se debe considerar el nivel de rupturas. En esta prueba el nivel de rupturas fue de 100 rupturas diarias. Este es un orden de magnitud superior al que se puede esperar en los enlaces reales a la velocidad primaria. En este BEF en concreto, el proceso de los errores de reconstrucción es independiente de un fenómeno al siguiente. Esto puede comprobarse mediante la realización de pruebas con diferentes niveles de rupturas. Los resultados indicaron un error cuadrático medio de 180 ns por corte. Para 10 rupturas diarias el error cuadrático medio es de 570 ns por día.

I.2 *Evaluación de reloj de tránsito*

Los resultados descritos en este punto se refieren a datos reales de comportamiento.

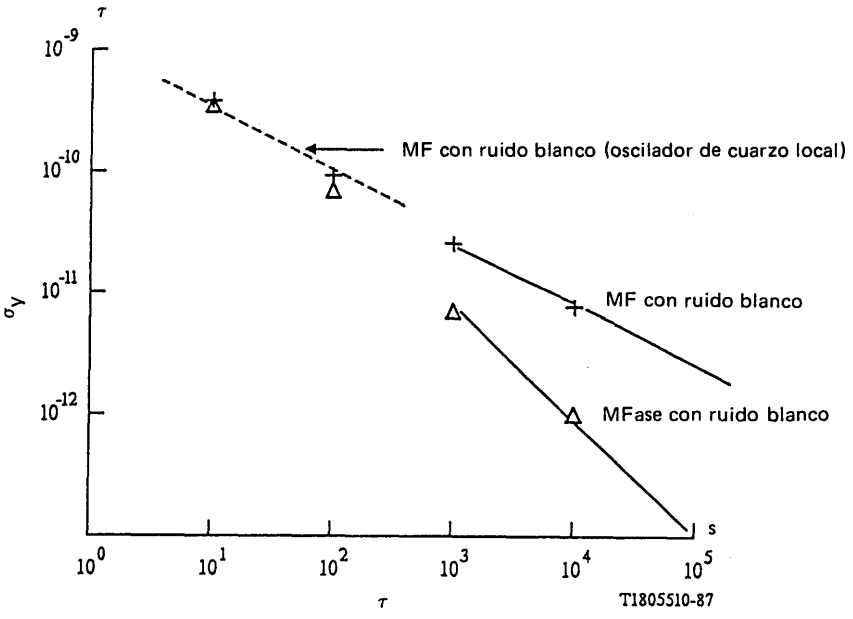
I.2.1 *Pruebas de entrada no forzada a la velocidad primaria*

La primera prueba realizada consistió en evaluar la salida de la señal de temporización en condiciones ideales de la entrada de referencia. La entrada de referencia a la velocidad primaria se obtiene del simulador y analizador a la velocidad primaria con una referencia de tiempos de cesio. La fluctuación de fase fuera de la anchura de banda de seguimiento del BEF del estrato 3 es muy inferior a 1 ns. Típicamente, 300 ps medidos en el contador.

Para esta prueba, se incluyó el montaje de prueba de fluctuación de fase. Este último estaba dotado de una entrada de modulación externa de la fluctuación de fase. La señal de fluctuación de fase era ruido blanco limitado en banda. Se utilizó un filtro paso bajo de un solo polo con una frecuencia de 3 dB de 150 Hz. La fluctuación de fase se pasó por el filtro paso bajo para evitar que se produjeran errores en la estructura de trama como consecuencia de una fluctuación de fase en la alineación de alta frecuencia. Se ajustó la señal exterior para conseguir un nivel de cresta a cresta de la fluctuación de fase de 1,5 µs. La prueba duró 23 horas. En la figura I-2 se presentan los resultados. Se dibuja la varianza de Allan en función del tiempo de observación. Los puntos de los datos marcados con triángulos se refieren a esta prueba.

Los resultados de la prueba son coherentes con el modelo. Para tiempos de observación fuera de la anchura de banda de seguimiento de este BEF (inferior a 450 segundos) la varianza de Allan indicaba un ruido blanco de MF procedente de un oscilador local de cuarzo. A medida que el tiempo de observación aumenta, el BEF sigue la referencia y el proceso de ruido converge hacia una MFase con ruido blanco.

La magnitud del ruido blanco de MFase es 6 ns eficaces. Este es un número excepcionalmente bueno y se debe a la ajustada constante de tiempo del BEF (450 segundos). En este caso la fluctuación de fase de entrada evita los efectos de salto en los bordes.



Δ Entrada SD1[a] sin pertubación. Tiempo de observación 83.000 s

$\overline{Y}$ = +6E−13 MFase con ruido blanco 1E−8/τ, $\tau > 10^3$ error de predicción de 6 ns eficaces/día

\+ 1544 kbit/s[a]. 1 interrupción/30 minutos. Tiempo de observación 253.800 s

$\overline{Y}$ = +6E−13. MF blanco 8E−10/$\sqrt{\tau}$, $\tau > 10^3$ error de predicción de 235 ns eficaces/día

f_3 dB = 1/450 s

[a] 1,5 µs cresta a cresta. Anchura de banda de la fluctuación de fase = 150 Hz. Intervalo de medición τ_0 = 10 s. Anchura de banda de medición = 0,33 Hz.

FIGURA I-2

Ejemplo de reloj de nodo de tránsito

I.2.2 *Prueba con entrada forzada a la velocidad primaria*

Los objetivos de esta prueba es emular el comportamiento del sincronizador en las condiciones que se producen en las redes reales. Para esta prueba se provocó cada 30 minutos un fenómeno corto de interrupción bajo control del programa mediante el simulador y analizador de velocidad primaria. Se hizo que la duración de los fenómenos de interrupción fuera aleatoria con una distribución uniforme entre 10 y 100 ms.

Para esta prueba se incluyo el montaje de prueba de la fluctuación de fase. La señal de fluctuación de fase era ruido blanco limitado en banda. Se utilizó un filtro paso bajo de un solo polo con una frecuencia de corte a 3 dB de 150 Hz. Se hizo pasar la fluctuación de fase por el filtro paso bajo para evitar que se produjeran errores en la estructura de trama como consecuencia de una fluctuación de fase en la alineación de alta frecuencia. Se ajustó la señal externa para conseguir un nivel de cresta de la fluctuación de fase de 1,5 μs. La prueba duró 70 horas. En la figura I-2 se presenta los resultados. Los puntos de datos marcados con un signo más se refieren a esta prueba.

I.2.2.1 *Resultados de la varianza de Allan*

Los resultados de la prueba son coherentes con el modelo. Para tiempos de observación fuera de la anchura de banda de seguimiento de este BEF (inferior a 450 segundos), la varianza de Allan indicaba un ruido blanco de MF procedente de un oscilador local de cuarzo. A medida que el tiempo de observación aumenta, el BEF experimenta una ruptura cada 1800 segundos. El error de fase residual se acumula y provoca un movimiento aleatorio de fase (MF con ruido blanco). El error de reconstrucción para cada ruptura se calculó en 34 ns eficaces. Uno de los elementos que contribuyen a este error es la fluctuación de fase de entrada a la velocidad primaria. El algoritmo promedia la entrada para mejorar la estimación del error de fase de reconstrucción.

I.2.2.2 *Desplazamiento sistemático de frecuencia*

Los datos de la prueba forzada muestran un desplazamiento de frecuencia sistemático estadísticamente insignificante. El desplazamiento sistemático a lo largo de las 70 horas de prueba fue 6×10^{-13}. Dado el ruido blanco de MF, el error cuadrático medio es $1{,}5 \times 10^{-12}$. Dada esta incertidumbre no existe evidencia de un sesgo en los datos. En el caso más desfavorable, la desviación sistemática no debe ser mayor que el nivel de incertidumbre de $1{,}5 \times 10^{-12}$.

I.2.2.3 *Significado de los resultados de la prueba forzada*

Para obtener una interpretación lógica de los resultados de la prueba forzada debe considerarse el nivel de rupturas. En esta prueba el nivel de rupturas era de 48 por día. Esta cifra representa cinco veces el valor que puede esperarse en los enlaces a la velocidad primaria. En este BEF en concreto el proceso de los errores de reconstrucción es independiente de un fenómeno al siguiente gracias a un conocimiento del diseño del BEF. Este punto puede comprobarse mediante la realización de pruebas para varios niveles de rupturas. Los resultados muestran un error cuadrático medio de 34 ns por ruptura. Para 10 rupturas diarias el error cuadrático medio resultante por día es de 100 ns.

I.3 *Límites de confianza de la varianza de Allan*

Las varianzas de las muestras (como la varianza de Allan de las muestras) siguen una distribución chi-cuadrada. Según J. Barnes [1], el intervalo de confianza de la varianza de Allan puede determinarse suponiendo un determinado proceso de ruido. Al calcular la varianza de Allan de las muestras se utilizó una superposición completa de los intervalos de retardo. Esto constituye la utilización más eficaz de los datos. Sin embargo, es incorrecto suponer que existe independencia entre las muestras que se solapan al calcular los intervalos de confianza. Esto se describe con detalle en [1]. Por brevedad, se utilizaron los métodos descritos en [1] para calcular el intervalo de confianza.

Los factores de confianza del 90% para ruido blanco de MFase están acotados entre 0,9 y 1,1 para todos los tiempos de retardo hasta 10 000 suponiendo un periodo de observación de un día. Para un ruido blanco de MF a lo largo de un intervalo de observación de un día los factores de confianza fueron los siguientes. Para un intervalo de retardos de 1000 segundos el límite inferior es 0,9 y el límite superior es 1,2. En 10 000 los factores de confianza son 0,75 y 1,5.

Como ejemplo de lo que significan estos factores considérese la componente de ruido blanco de MF en la figura I-2 (datos indicados con el signo más). Para el retardo de 10 000 segundos, la raíz cuadrada de la varianza de las muestras es 8×10^{-12}. El intervalo de confianza del 90% para la varianza verdadera está limitado por los factores de confianza multiplicados por la varianza de las muestras. Esto implica que la raíz cuadrada de la varianza de Allan se encuentre entre $6{,}9 \times 10^{-12}$ y $9{,}8 \times 10^{-12}$ con un intervalo de confianza del 90%.

Referencia

[1] BARNES (J. A.): Data Analysis and Confidence Intervals, *NBS Time and Frequency Seminar Notes*, capítulo 6, agosto de 1986.

Suplemento N.° 36

ACUMULACIÓN DE FLUCTUACIÓN DE FASE Y FLUCTUACIÓN LENTA DE FASE EN LAS REDES DIGITALES

(citado en la Recomendación G.824)

En el presente suplemento se describe un modelo que se ha utilizado para calcular la acumulación de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase en las redes digitales producida por regeneradores digitales en cascada y múltiplex digitales asíncronos. Este modelo no incluye otras fuentes de generación de fluctuación lenta de fase, por ejemplo, entorno, discontinuidades en la distribución de referencias de sincronización, etc.

1 Acumulación de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase — Componente del regenerador digital

El modelo más utilizado de acumulación de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase del regenerador, atribuido a Chapman [1] trata el regenerador como un sistema lineal, de desplazamiento invariante. A fin de calcular la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase acumulada tras N regeneradores en cascada, la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase intrínseca del regenerador se desglosa en forma de componentes aleatoria y sistemática. El modelo de Chamzas de acumulación de fluctuación fase/fluctuación lenta de fase del regenerador [2] estudia la forma en que afectan las variaciones estocásticas en los circuitos de retemporización del regenerador a la acumulación de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase. Los resultados de este estudio demuestran que el uso de la característica media apropiada de transferencia de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase en el modelo de acumulación del regenerador idéntico, que se resume más arriba, proporciona una estimación muy buena de la acumulación de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase calculada suponiendo una variación estocástica de los circuitos de retemporización.

Utilizando el modelo de Chapman para una cadena de N regeneradores *idénticos*, definiendo $H_1(j\omega)$ como la característica de transferencia de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase para un regenerador, y redefiniendo las componentes aleatoria y sistemática como componentes completamente descorrelacionada y correlacionada, respectivamente.

- la densidad espectral de potencia de la componente aleatoria de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase es:

$$\Phi_N^R(\omega) = \Phi_{i1}^R |\, H_1(j\omega)\,|^2 \, \frac{1 - |\, H_1(j\omega)\,|^{2N}}{1 - |\, H_1(j\omega)\,|^2} \tag{1}$$

  donde Φ_{i1}^R es la densidad espectral de potencia de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase constante, internamente generada, aleatoria (independiente de la configuración más dependiente de la configuración descorrelacionada);

- la densidad espectral de potencia de la componente sistemática de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase es:

$$\Phi_N^S(\omega) = \Phi_{i1}^S |\, H_1(j\omega)\,|^2 \, \frac{|\, 1 - H_1(j\omega)^N\,|^2}{|\, 1 - H_1(j\omega)\,|^2} \tag{2}$$

  donde Φ_{i1}^S es la densidad espectral de potencia de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase constante, internamente generada, sistemática (dependiente de la configuración correlacionada) para un regenerador Φ_{i1}^R y Φ_{i1}^S pueden estimarse por mediciones prácticas basadas en la respuesta de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase del regenerador a longitudes de palabra cortas y largas procedentes de un generador de configuraciones, y estudios de correlación.

Cuando no existe formación de cresta en la característica de transferencia fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase del regenerador, la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase sistemática se acumula mucho más rápidamente que la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase aleatoria [1], [4], [5]; resultado de ello es que la acumulación de fluctuación fase/fluctuación lenta de fase aleatoria se desprecia a menudo. Sin embargo, para un gran número de regeneradores con formación de crestas en la características de transferencia de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase, la acumulación de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase total puede estar dominada por la componente aleatoria.

2 Acumulación de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase – Componente de múltiplex digital asíncrono

Con la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase de entrada, que tiene una amplitud eficaz σ, y densidad espectral de potencia de doble banda lateral $\Phi_{ent}(f)$, la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase intrínseca no filtrada del múltiplex viene dada por [6].

$$\Phi_{sal}(f) = sinc^2 f \; rep\, \Phi_{ent}(f) + \sum_{n=1}^{x} \frac{p^2}{(2\pi n)^2}\left[\delta(f - n) + \delta(f + n)\right] + \sum_{n=1}^{x} \frac{sinc^2 f}{(2\pi n)^2}\left[rep\, Z_n(f - np) + rep\, Z_n(f + np)\right] \tag{3}$$

donde $rep\, X(f) = \sum_{k=x}^{x} X(f - k)$

$$Z_n(f) = e^{-2\pi n\sigma}\left[\delta(f) + \sum_{k=1}^{x}\left[\frac{2\pi n}{k!}\right]^{2k} \underbrace{\Phi_{ent}(f) * \ldots * \Phi_{ent}(f)}_{k \text{ términos}}\right]$$

p relación de relleno del multiplexor

f frecuencia de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase normalizada por la máxima frecuencia de relleno del multiplexor

3 Método de combinación

Suponiendo que la acumulación de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase de cada parte componente puede modelarse por variables aleatorias gausianas filtradas, el espectro de potencia y la amplitud eficaz después de cada parte componente[1] se calcula como la acumulación debida a las partes precedentes según las reglas siguientes [3]:

i) El espectro de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase a la salida de una cadena de regeneradores es la suma en potencia de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase generada por los regeneradores [ecuaciones (1) y (2)] y cualquier fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase a la entrada de la cadena, apropiadamente filtrada por la característica de transferencia de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase equivalente. Por tanto, para una fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase de entrada $\Phi_{ent}(\omega)$, la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase $\Phi_{sal}(\omega)$, viene dada por:

$$\Phi_{sal}(\omega) = \Phi_{i1}^{R} \mid H_1(j\omega) \mid^2 \frac{1 - \mid H_1(j\omega) \mid^{2y}}{1 - \mid H_1(j\omega) \mid^2} + \Phi_{i1}^{S} \mid H_1(j\omega) \mid^2 \frac{\mid 1 - H_1(j\omega)^N \mid^2}{\mid 1 - H_1(j\omega) \mid^2} + \Phi_{ent}(\omega) \mid H_1(j\omega)^N \mid^2 \tag{4}$$

ii) El espectro de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase a la salida de un demultiplexor es la suma en potencia de la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase intrínseca no filtrada del múltiplex y la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase de entrada acumulada de velocidad superior, atenuada por la característica de transferencia fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase del desincronizador. Por tanto, si $\Phi_{ent,1}(\omega)$ es la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase intrínseca no filtrada del múltiplex y $\Phi_{ent,2}(\omega)$ es la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase de entrada acumulada de velocidad superior, la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase de salida $\Phi_{sal}(\omega)$, viene dada por:

$$\Phi_{sal}(\omega) = \left\{\Phi_{ent,1}(\omega) + \frac{\Phi_{ent,2}(\omega)}{r^2}\right\} \mid G(j\omega) \mid^2 \tag{5}$$

donde r es la relación frecuencia de salida del multiplexor/frecuencia del afluente, y $G(j\omega)$ es la característica de transferencia fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase del desincronizador.

---

[1] Las ecuaciones que siguen son válidas para espectros de potencia de banda única y de doble banda y las correspondientes características de transferencia.

4 Definición de la amplitud de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase cresta a cresta

La probabilidad de que la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase exceda una determinada amplitud umbral $|x|$ n veces en el intervalo de tiempo $(t, t + \Delta t)$, puede describirse por una función de densidad de Poisson [3]

$$Pr\left\{n(\pm x) \text{ cruces en } (t,t+\Delta t)\right\} = \frac{\{\overline{N(x)}\Delta t\}^n}{n!} e^{-\overline{N(x)}\Delta t} \tag{6}$$

donde $\overline{N(x)}$ es el número medio de veces por segundo que se excede el umbral $|x|$.

Para fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase gausiana, con densidad espectral de potencia de doble banda lateral $\Phi(\omega)$, $\overline{N(x)}$ viene dada por [7]

$$\overline{N(x)} = N_0 e^{-x^2\Omega\sigma^2}$$

$$\text{donde} \quad \sigma^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \Phi(\omega) d\omega \tag{7}$$

$$N_0 = \frac{1}{\pi} \left\{ \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \omega^2 \Phi(\omega) d\omega}{2\pi\sigma^2} \right\}^{1/2}$$

La probabilidad de que la fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase no exceda el umbral en el intervalo de tiempo $(t, t + \Delta t)$ es

$$1 - P_0 = e^{-\overline{N(x)}\Delta t} \tag{8}$$

Resolviendo para el umbral,

$$|x| = \left\{ 2\sigma^2 \ln \left[N_0 \frac{\Delta t}{\ln\left(\frac{1}{1-P_\sigma}\right)} \right] \right\}^{1/2} \tag{9}$$

Si suponemos que cada vez que se cruza el umbral, puede producirse un evento indeseable (degradación), el tiempo medio entre degradaciones, TMED, puede tomarse como

$$TMED = \frac{1}{\overline{N(x)}} \tag{10}$$

Por tanto, la ecuación (9) puede expresarse por

$$|x| = \left\{ 2\sigma^2 \ln(N_0 \, TMED) \right\}^{1/2} \tag{11}$$

Referencias

[1] BYRNE (C. J.), KARAFIN (B. J.) y Jr. ROBINSON (D. B.): Systematic Jitter in a Chain of Digital Regenerators, *Bell System Technical Journal*, noviembre de 1983.

[2] CHAMZAS (C.): Accumulation of Jitter: A Stochastic Model, *AT&T Technical Journal*, Vol. 64, N.° 1, enero de 1985.

[3] BATES (R. J. S.): A Model for Jitter Accumulation in Digital Networks, *Globecom' 83*, páginas 145-149, 1983.

[4] TRISCHITTA (P. R.): Jitter Accumulation in Fiber Optic Systems, *Rutgers*, The State University of New Jersey, mayo de 1986.

[5] VARMA (E. L.) y WU (J.): Analysis of Jitter Accumulation in a Chain of PLL Timing Recovery Circuits, *Proceedings of the IEEE Globecom*, Vol. II, páginas 653-657, 1982.

[6] DUTTWEILER (D. L.): Waiting Time Jitter, *Bell System Technical Journal*, Vol. 51, N.° 1, páginas 165-208, 1972.

[7] BENDAT (J. S.): Principles and Applications of Random Noise Theory, *Robert E. Krieger Publishing Company*, Hungtington, New York, 1977.

ISBN 92-61-03353-9