



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.951

**SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DE LÍNEA
DIGITALES**

**SISTEMAS DE LÍNEA DIGITAL BASADOS
EN LA JERARQUÍA DE 1544 kbit/s EN
CABLES DE PARES SIMÉTRICOS**

Recomendación UIT-T G.951

(Extracto del *Libro Azul*)

NOTAS

1 La Recomendación UIT-T G.951 se publicó en el fascículo III.5 del Libro Azul. Este fichero es un extracto del Libro Azul. Aunque la presentación y disposición del texto son ligeramente diferentes de la versión del Libro Azul, el contenido del fichero es idéntico a la citada versión y los derechos de autor siguen siendo los mismos (Véase a continuación).

2 Por razones de concisión, el término «Administración» se utiliza en la presente Recomendación para designar a una administración de telecomunicaciones y a una empresa de explotación reconocida.

© UIT 1988, 1993

Reservados todos los derechos. No podrá reproducirse o utilizarse la presente Recomendación ni parte de la misma de cualquier forma ni por cualquier procedimiento, electrónico o mecánico, comprendidas la fotocopia y la grabación en micropelícula, sin autorización escrita de la UIT.

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 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 de línea).

Para una $TEB = 10^{-x}$, y en una gama de atenuación $A_1 \leq A_0 \leq A_2$, los factores de ruido de diafonía deben cumplir las siguientes especificaciones:

- a) Factor de ruido de paradiafonía $[R_N] \leq CA_0 + D^*$
- b) Factor de ruido de telediafonía $[R_F] \leq E^*$.

* 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]

$$[R_N] = [I_N] - [N_O]$$

$$I_N = \int_0^{\infty} |f / f_0|^{3/2} |E(f)|^2 P(f) df,$$

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_O = 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]

$$[R_F] = [I_F] - [N_O]$$

$$I_F = \int_0^{\infty} |f / f_0|^2 |E(f)|^2 |G(f)|^2 P(f) df,$$

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_O = 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

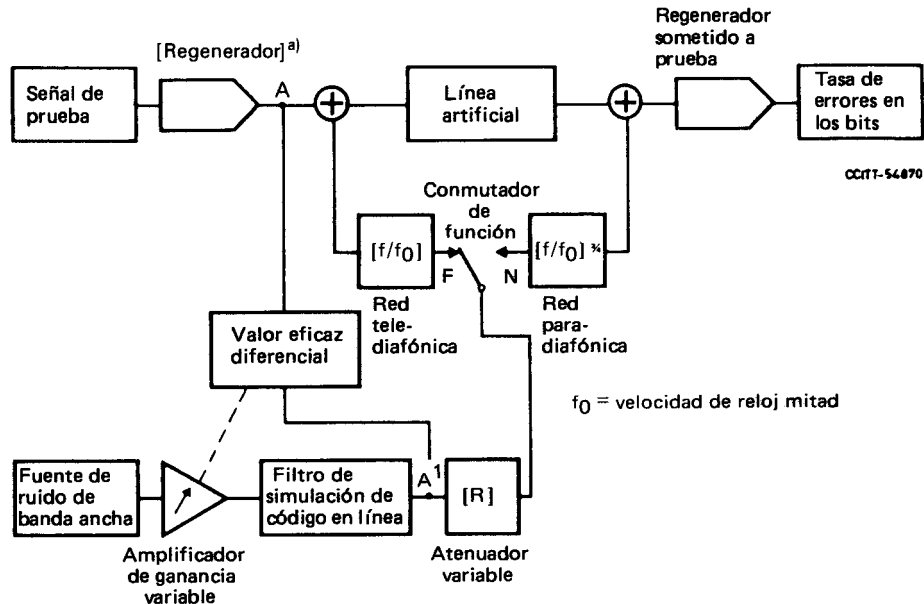
$G(f)$ = función de transferencia de frecuencia del cable.

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.

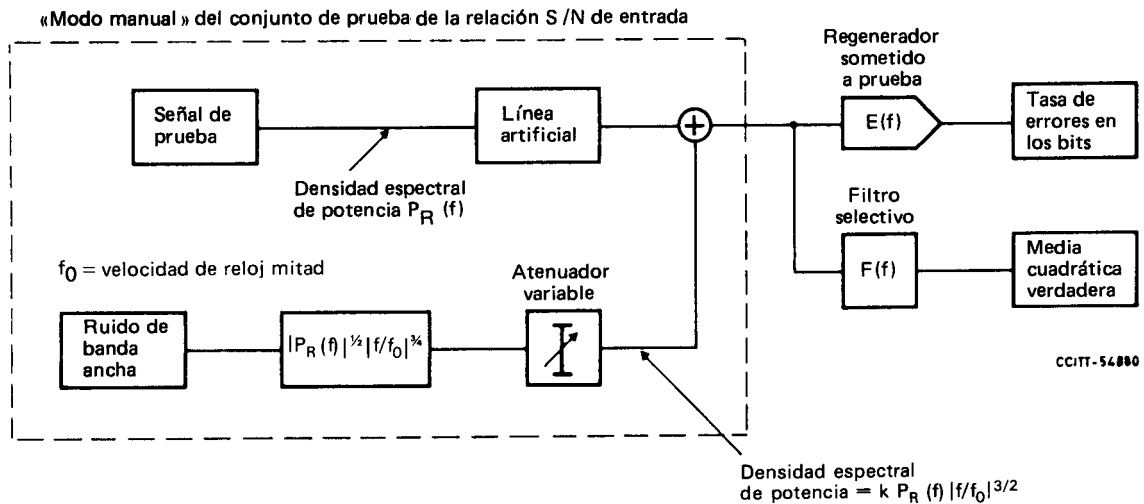


FIGURA A-2/G.951

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 $[R_N] = [\alpha N] + A - [W_N]$

$$\text{donde } [W_N] = 10 \log_{10} \left[\int_0^{\infty} P_R(f) df / \int_0^{\infty} \left| \frac{f}{f_0} \right|^{3/2} P_R(f) df \right]$$

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 HDB₃ en una cierta gama de frecuencias, por ejemplo, $W_N = -3,59$ dB en la gama de 0 a 10 240 kHz.

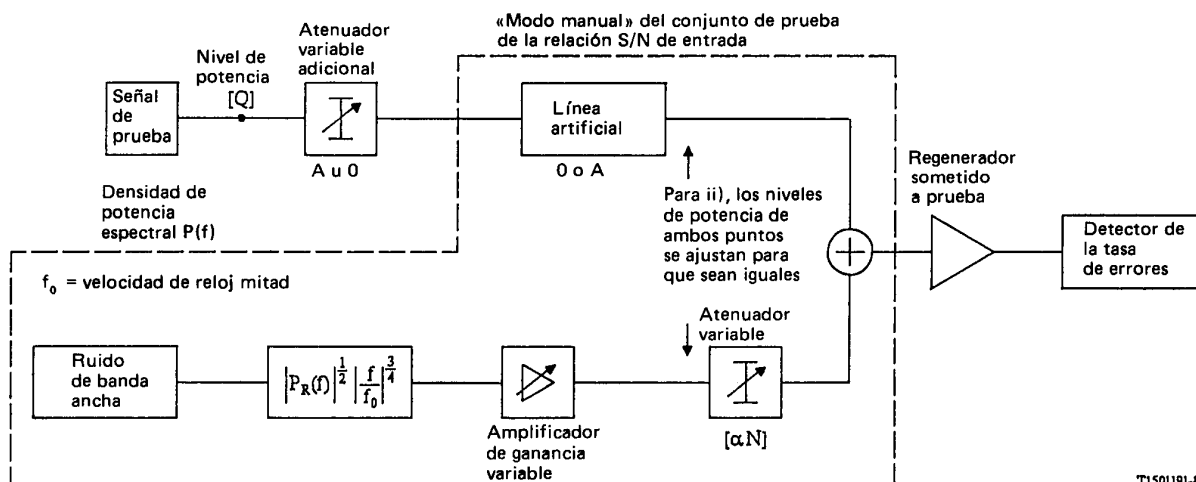


FIGURA A-3/G.951

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.

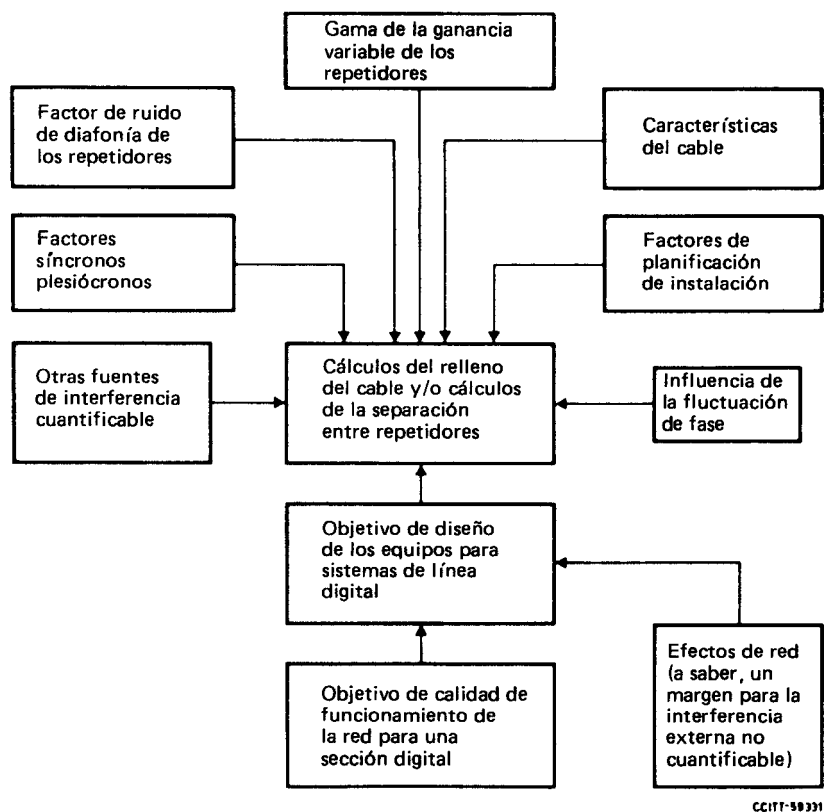


FIGURA B-1/G.951

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 plesiócronicas 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 pueden 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.