



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

Suplemento 29

(Serie G)

(03/93)

**SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN
CONSIDERACIONES GENERALES**

**PLANIFICACIÓN DE CIRCUITOS
(CADENAS, CONEXIONES)
MIXTOS ANALÓGICOS-DIGITALES**

**Suplemento 29 a las
Recomendaciones UIT-T de la Serie G**

(Anteriormente «Recomendaciones del CCITT»)

PREFACIO

El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) es un órgano permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. El UIT-T tiene a su cargo el estudio de las cuestiones técnicas, de explotación y de tarificación y la formulación de Recomendaciones al respecto con objeto de normalizar las telecomunicaciones sobre una base mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se reúne cada cuatro años, establece los temas que habrán de abordar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que preparan luego Recomendaciones sobre esos temas.

El Suplemento 29 a las Recomendaciones UIT-T de la Serie G, revisado por la Comisión de Estudio XII (1988-1993) del UIT-T, fue aprobado por la CMNT (Helsinki, 1-12 de marzo de 1993).

NOTAS

1 Como consecuencia del proceso de reforma de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), el CCITT dejó de existir el 28 de febrero de 1993. En su lugar se creó el 1 de marzo de 1993 el Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T). Igualmente en este proceso de reforma, la IFRB y el CCIR han sido sustituidos por el Sector de Radiocomunicaciones.

Para no retrasar la publicación de la presente Recomendación, no se han modificado en el texto las referencias que contienen los acrónimos «CCITT», «CCIR» o «IFRB» o el nombre de sus órganos correspondientes, como la Asamblea Plenaria, la Secretaría, etc. Las ediciones futuras en la presente Recomendación contendrán la terminología adecuada en relación con la nueva estructura de la UIT.

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 1994

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.

ÍNDICE

	<i>Página</i>
1 Generalidades.....	1
2 Principios de la planificación.....	1
3 Objetivos para la cadena mixta analógica-digital de circuitos a cuatro hilos.....	2
3.4 Distorsión de atenuación/frecuencia.....	2
3.5 Distorsiones de retardo de grupo.....	3
3.6 Distorsiones no lineales.....	3
3.7 Ruido (distorsión total).....	4
3.8 Ruido impulsivo.....	7
3.9 Interrupciones breves, fluctuación de fase, saltos de amplitud y saltos de fase.....	7
3.10 Característica de error.....	7
Referencias.....	11
Anexo A – Definiciones.....	11
Apéndice I – Influencia de los errores de los trenes digitales a 2048 kbit/s en el ruido de los circuitos mixtos de frecuencias vocales.....	14
I.1 Introducción.....	14
I.2 Potencia de ruido en un circuito MIC de frecuencias vocales debido a errores digitales.....	15
I.3 Conclusiones.....	18
Referencias (al Apéndice I).....	19
Apéndice II – Método de cálculo de la nota media de opinión equivalente a ruido debido a distorsión de cuantificación.....	19
Apéndice III – Efecto de los errores de los trenes digitales a 2048 kbit/s sobre la aparición de ruido impulsivo en los circuitos mixtos de frecuencias vocales.....	20

PLANIFICACIÓN DE CIRCUITOS (CADENAS, CONEXIONES) MIXTOS ANALÓGICOS-DIGITALES

(Melbourne, 1988, modificado en Helsinki, 1993)

(citado en las Recomendaciones de la Serie G)

1 Generalidades

En el periodo de transición de una red totalmente analógica a una red totalmente digital, existirán circuitos, cadenas y conexiones mixtos analógicos-digitales en las redes nacionales e internacionales durante un tiempo bastante largo.

El Anexo A contiene la definición de nociones de «circuitos, cadenas y conexiones mixtos» y ejemplos de sus posibles estructuras.

La estructura de los circuitos mixtos y además la de conexiones y cadenas puede ser muy compleja en comparación con los circuitos, cadenas y conexiones compuestos de sistemas de conexión de un tipo (analógico o digital) es decir, de estructura homogénea. Lo más conveniente desde el punto de vista de la minimización de conversiones analógicas-digitales es la estrategia de «superposición». Las distorsiones y ruido en circuitos mixtos difieren en gran medida de los existentes en circuitos de estructura homogénea, porque en el caso de circuitos mixtos las distorsiones y ruido típicos de los sistemas de transmisión analógicos y digitales se combinan, habida cuenta de la influencia de las conexiones analógicas-digitales. Los métodos de medición de las distorsiones y del ruido en circuitos mixtos tienen también un carácter específico. Los factores mencionados anteriormente hacen más complicado el mantenimiento y la explotación de los circuitos mixtos. Por tanto, la tarea de elaborar reglas de planificación para circuitos (cadenas, conexiones) mixtos es actual, así como el estudio de las leyes de adición de distorsiones y ruido.

2 Principios de la planificación

Habida cuenta de lo indicado anteriormente, los siguientes principios deben guiar la planificación de los circuitos mixtos.

- El número de conversiones analógicas-digitales de los circuitos cadena y conexiones mixtos debe ser el menor posible.

A los efectos de minimizar las conversiones analógicas-digitales en circuitos, cadena y conexiones mixtos, la estrategia de «superposición» es la más adecuada en el periodo de transición a una red digital.

- La calidad de transmisión en los circuitos (cadenas, conexiones) mixtos no debe deteriorarse en comparación con la calidad adoptada por el CCITT para los circuitos analógicos, y se observarán, por lo general, los objetivos recomendados para los circuitos analógicos.

Con miras a esto, cuando se establecen circuitos (cadenas, conexiones) mixtos es necesario tratar de utilizar el equipo de sistemas de transmisión analógicos y digitales, cuyas características de distorsión tienen cierto margen en relación con las que han sido recomendadas por el CCITT, al diseñar estos equipos basados en las condiciones de su aplicación solamente en circuitos de estructuras homogéneas. Esto se aplica principalmente a distorsiones tales como la distorsión de amplitud/frecuencia, el ruido de cuantificación, las distorsiones no lineales.

- Para la planificación de la transmisión, ha de utilizarse el índice «distorsión total (ruido)» que permite definir el número admisible de conversiones analógicas-digitales en la longitud especificada en la porción analógica de un circuito mixto o por el contrario, en el número especificado de conexiones analógicas-digitales para definir la longitud admisible de la porción analógica de un circuito mixto.

El procedimiento de utilizar el índice «distorsiones totales (ruido)» para planificar los circuitos mixtos así como los objetivos para diferentes parámetros de circuitos mixtos se exponen en la cláusula 3.

3 Objetivos para la cadena mixta analógica-digital de circuitos a cuatro hilos

3.1 En algunas Recomendaciones de las series G, Q y M se indican objetivos para determinar parámetros de los circuitos mixtos, pero esos objetivos no tienen debidamente en cuenta las leyes de adición para las distorsiones basadas en la multitud de estructuras de circuitos mixtos y características específicas de los métodos de medición en cuestión.

Considerando la importancia del mantenimiento de la calidad de transmisión durante el periodo de transición y la gran importancia que reviste la normalización de los circuitos mixtos analógicos-digitales, de los cuales existen ya numerosísimos tipos que utilizan diversas clases de conversiones analógicas-digitales, es conveniente determinar objetivos para los circuitos mixtos analógicos-digitales y para las cadenas a cuatro hilos que incluyen circuitos tanto analógicos como digitales.

Los presentes objetivos se relacionan con las cadenas de circuitos a cuatro hilos mixtos y las conexiones mixtas analógicas-digitales son las que tienen aparatos telefónicos analógicos en ambos extremos.

Se basan en las siguientes Recomendaciones existentes: G.232 para los equipos de canales de multiplexión por división de frecuencia (MDF), G.712 para los equipos de canales MIC, Q.45 y Q.45 *bis* para los centros de conmutación analógicos, Q.551 a Q.554 para los centros de conmutación digitales, y tienen también en cuenta otras Recomendaciones existentes de las Series G y M.

Más adelante, y de conformidad con los resultados del estudio, los presentes objetivos deberán complementarse con objetivos para cadenas mixtas de circuitos constituidas por diversos métodos de conversión analógico-digital, como los transmultiplexores (véanse las Recomendaciones G.793 y G.794, modems) (véanse las Recomendaciones G.941 y V.37), transcodificadores (véase la Recomendación G.761), codecs de grupo (véase la Recomendación G.795), equipos de multiplicación de circuitos digitales, así como conexiones con un teléfono digital en un extremo y un teléfono analógico en el otro.

3.2 Los objetivos para el valor nominal de la pérdida de retorno de la impedancia de entrada/salida, la pérdida por disimetría con respecto a tierra y los niveles relativos nominales figuran en las Recomendaciones relativas a los equipos de conmutación (véanse Q.45, Q.45 *bis*, Q.553), los equipos de canales MDF (véase G.232) y equipos de canales MIC (véase G.712).

3.3 Los objetivos para las variaciones de la pérdida de transmisión en función del tiempo, la interferencia de un solo tono, los productos de modulación no deseados y la diafonía inteligible figuran en la Recomendación G.151.

NOTAS

1 Para las cadenas mixtas, las condiciones de estabilidad mejoran por una parte debido a la existencia de secciones digitales que tienen una estabilidad más alta que las analógicas pero, por otra parte, en los circuitos mixtos, no hay posibilidad de una regulación automática de tránsito de secciones analógicas, lo que deteriora la estabilidad global.

2 La medición de la relación señal/diafonía entre circuitos puede realizarse sin alimentar una señal auxiliar en un canal afectado por la diafonía (a diferencia de lo indicado en la Recomendación G.712). Esto puede explicarse por el hecho de que en los circuitos mixtos, por regla general, se presentará un ruido de circuito analógico a la entrada de los convertidores analógicos-digitales.

3 El nivel de la interferencia en la frecuencia de muestreo no puede rebasar el valor de $-50 + 10 \log n_2$, donde n_2 es el número de convertidores analógicos-digitales.

3.4 Distorsión de atenuación/frecuencia

La distorsión de atenuación/frecuencia en toda la cadena a cuatro hilos no debe exceder de los valores indicados en la Figura 1/G.132.

En el caso de las cadenas mixtas (prescindiendo de las distorsiones debidas al centro de conmutación), la ley de acumulación de las distorsiones de atenuación/frecuencia viene expresada por la fórmula siguiente:

$$\Delta a = n_1 \bar{a}_{\text{MDF}} + \sum_{i=1}^{n_2} a_{i\text{MDF}} \pm K \sqrt{\sigma^2 \text{MDF} \cdot n_1} \quad (3-1)$$

donde

- n_1 es el número de secciones analógicas;
- n_2 es el número de conversiones analógico/digital;
- \bar{a}_{MDF} es el valor medio (componente determinado) de las distorsiones de atenuación/frecuencia de las secciones analógicas;

- σ_{MDF} es la desviación cuadrática media de las distorsiones de atenuación/frecuencia de las secciones analógicas;
- a_{MIC} es la características de atenuación/frecuencia del equipo analógico/digital;
- $K = 1, 2, 3$ factor que define la probabilidad de alcanzar el valor máximo/mínimo de las distorsiones de atenuación/frecuencia.

Por lo general, se suele tomar $K = 3$. Las razones a que responde la elección de $K = 3$ en función de una probabilidad dada se encontrarán en [1], [2].

NOTAS

1 Las características de atenuación/frecuencia de un equipo analógico/digital del mismo tipo son similares. Por esa razón, si en una cadena mixta de circuitos se utiliza un equipo analógico/digital del mismo tipo, en las fórmulas [2, 3] podrá sustituirse la sumatoria.

$$\sum_{i=1}^{n_2} a_{iMIC}$$

por el producto $n_2 a_{MIC}$.

2 Los límites de distorsión de los equipos analógico/digitales recomendados en 1/G.712 y en la Figura 1/G.712 y los límites de distorsión de los equipos de canal FDM propuestos en 1/G.232 y en la Figura 1/G.232 satisfacen los límites indicados en la Recomendación F.132 para circuitos mixtos cuyo número de secciones no excede de cuatro.

Para establecer cadenas mixtas con un número mayor de secciones es recomendable utilizar equipos de canal modernos cuya distorsión de atenuación/frecuencia sea considerablemente menor que las indicadas en las Recomendaciones G.232 y G.712.

3 Las distorsiones de atenuación/frecuencia se miden con referencia a la frecuencia de referencia de 1020 (1000) Hz.

4 Para tener en cuenta las distorsiones del equipo de conmutación, consúltese 3.4/Q.45 y la Recomendación Q.553. En [4] figura también información adicional al respecto.

3.5 Distorsiones de retardo de grupo

Las distorsiones de retardo de grupo no deben exceder de los valores indicados en la Recomendación G.133 para las cadenas a cuatro hilos.

La ley de composición de las distorsiones de retardo de grupo viene expresada por la siguiente fórmula:

$$\Delta_{\tau} = n_1 \tau_{MDF} + \sum_{i=1}^{n_2} \tau_{iMIC} \quad (3-2)$$

donde

n_1 es el número de secciones analógicas,

n_2 es el número de conversiones analógico/digital.

NOTAS

1 Si en una cadena mixta se utiliza equipo analógico/digital del mismo tipo, la suma

$$\sum_{i=1}^{n_2} \tau_{iMIC}$$

quedará sustituida por el producto $n_2 \cdot \tau_{MIC}$.

2 Se estima que la distorsión de retardo de grupo en las cadenas mixtas sea, para cualquier combinación de secciones analógicas y digitales, menor que en el caso de un enlace íntegramente analógico. No obstante, el carácter de las distorsiones (simetría) puede variar considerablemente. Cuando se transmitan datos por circuitos mixtos, habrá que tener en cuenta esta consideración y aplicar equalizadores de retardo de grupo.

3 Las distorsiones de retardo de grupo se miden tomando como referencia una frecuencia situada en el extremo más bajo de la banda del canal analógico: es decir, entre 190 y 200 Hz.

4 Las distorsiones debidas a los centros de conmutación son insignificantes y pueden despreciarse.

3.6 Distorsiones no lineales

En las Recomendaciones existentes sobre circuitos analógicos (véase 2.11/M.1020) y sobre equipos de conmutación (véase 6.1/Q.45), así como en la Recomendación G.712 sobre equipos analógico/digitales, se establecen especificaciones diferentes para las distorsiones no lineales, los métodos de medición de éstas son también diferentes. Las Recomendaciones sobre centros digitales (Q.551 a Q.554) no contienen especificaciones de las distorsiones no lineales.

En la actualidad no es posible recomendar unos valores admisibles de distorsión no lineal, ni un método de medición en cadenas mixtas de circuitos. Este tema debe ser estudiado.

3.7 Ruido (distorsión total)

La noción de ruido en circuitos mixtos debido a las conversiones analógicas-digitales que producen distorsiones de cuantificación que acompañan las señales ha perdido su significado inicial y, por tanto, en vez del término «ruido» aplicable a circuitos mixtos, muy a menudo se utiliza el término «distorsiones totales». Esto se debe a que la medición de las distorsiones de cuantificación (véase la Recomendación Q.132) incluye parte de distorsiones no lineales de interferencias a una sola frecuencia.

Las distorsiones totales en los circuitos mixtos incluyen el ruido de la sección analógica que depende de la longitud de las secciones en el caso de sistemas de transmisión terrenales y de las distorsiones de cuantificación que son determinadas por el número y el tipo de conversiones analógicas-digitales y el ruido debido a errores digitales en la sección digital, que depende de la tasa media de errores en los bits.

La ley de adición de las distorsiones totales se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$P_{\Sigma} = 10 \lg (10^{-9} W_{MDF} + W_q \cdot m + W_e) \text{ (dBm0p)}$$

donde

W_{MDF} es la potencia de ruido sofométrico de las secciones analógicas (pW0p);

$W_{MDF} = W_0 L$; W_0 se expresa en $\frac{pW0p}{km}$ L en km;

W_q es la potencia de distorsión de cuantificación sofométrica de una conversión analógico-digital de 8 bits (mW0p) cuando las distorsiones totales se miden con señal de prueba:

$$W_q = 10^{0,1 [S - (S/N)]} \text{ (mW0p)}$$

S es el nivel de la señal de prueba de la frecuencia 1000 Hz (dBm0). Para eliminar la distorsión no lineal, el valor de S no debe exceder de -10 dBm0 (S/N) – relación señal/distorsión de cuantificación.

Cuando las distorsiones se miden sin señales de prueba:

W_q es la potencia de ruido de códec no cargado (ruido de circuito en reposo) conforme a la Recomendación G.712;

m es el número total de unidades de distorsión de cuantificación (qdu, *quantization distortion unit*) conforme a la Recomendación G.113;

W_e es la potencia de ruido sofométrico debido a errores digitales en el tren a 2048 kbit/s con estructura de trama conforme a la Recomendación G.732 (mW0p):

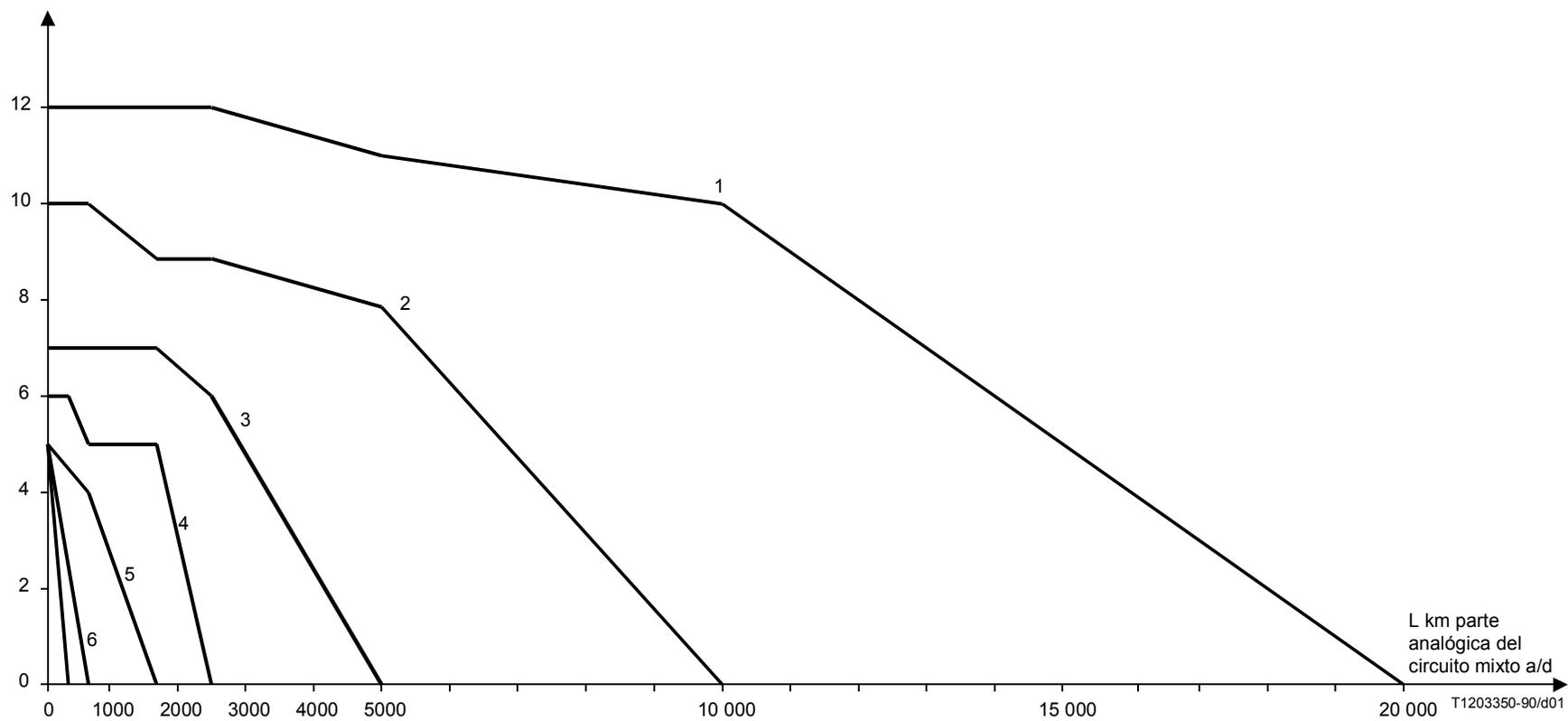
$$W_e = 10^{0,1 P_e}$$

P_e es el nivel de potencia del ruido debido a errores digitales, véase el Apéndice I.

El valor admisible de P_{Σ} se determina según la necesidad de proporcionar la misma calidad de transmisión por los circuitos mixtos analógicos-digitales que por los circuitos MDF. Esto significa que en el caso de longitudes iguales de un circuito mixto analógico-digital y de un circuito MDF, el nivel admisible de distorsión total, P_{Σ} , no debe rebasar el nivel de ruido del circuito MDF. Además de esto, deben tenerse en cuenta los efectos de la influencia de la distorsión de cuantificación, causada por los codecs, sobre la señal transmitida. El Cuadro II.1 muestra la dependencia de la relación nivel vocal/nivel de ruido blanco del número de codecs obtenida sobre la base del método equivalente a la nota media de opinión. De acuerdo con esta dependencia, el Cuadro 1 muestra los valores de distorsión total, P_{Σ} , en un circuito mixto para distintos números de codecs y distintas longitudes de la parte analógica. Considerando que el valor P_{Σ} es igual al valor de ruido en el circuito MDF, que corresponde a la longitud de un circuito mixto analógico-digital, puede determinarse el número admisible de codecs en un circuito mixto en el caso de la longitud especificada de la parte analógica, o viceversa, en el caso del número especificado de codecs, se puede determinar la longitud admisible de la parte analógica. En la Figura 1 se muestran las curvas de ruido equivalentes que se construyen basadas en los datos del Cuadro. De esta Figura se deduce, por ejemplo, que si la longitud total de un circuito mixto es de 20 000 km (curva 1) y la longitud de la parte analógica es 5000 km, no se admiten más de 11 conversiones analógicas-digitales de MIC de 8 bits (11 qdu).

CUADRO 1

	qdu														
L km	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	0	-76,8	-66,6	-61,0	-56,7	-53,6	-50,8	-48,5	-46,5	-44,8	-43,4	-42,0	-40,9	-39,7	-38,6
320	-55	-55	-54,7	-54	-52,8	-51,2	-49,4	-47,6	-45,9	-44,4	-43,2	-41,8	-40,8	-39,6	-38,6
321 640	-53	-53	-52,8	-52,3	-51,5	-50,3	-48,7	-47,2	-45,6	-44,2	-43	-41,7	-40,7	-39,5	-38,5
641 1600	-51	-51	-50,9	-50,6	-50	-49,1	-47,9	-46,5	-45,1	-43,9	-42,8	-41,5	-40,5	-39,4	-38,4
1601 2500	-49	-49	-48,9	-48,7	-48,3	-47,7	-46,8	-45,7	-44,6	-43,4	-42,4	-41,2	-40,3	-39,2	-38,1
2501 5000	-46	-46	-46	-45,9	-45,6	-45,3	-44,8	-44,1	-43,2	-42,3	-41,5	-40,6	-39,7	-38,8	-37,9
5001 10 000	-43	-43	-43	-43	-42,9	-42,6	-42,3	-41,9	-41,4	-40,8	-40,2	-39,5	-38,9	-38,1	-37,2
10 001 20 000	-40	-40	-40	-40	-39,9	-39,8	-39,7	-39,4	-39,1	-38,7	-38,4	-37,9	-37,4	-36,8	-36,9



- 1 – longitud total del circuito mixto a/d = 20 000 km
- 2 – longitud total del circuito mixto a/d = 10 000 km
- 3 – longitud total del circuito mixto a/d = 5 000 km
- 4 – longitud total del circuito mixto a/d = 2 500 km
- 5 – longitud total del circuito mixto a/d = 1 600 km
- 6 – longitud total del circuito mixto a/d = 640 km
- 7 – longitud total del circuito mixto a/d = < 320 km

FIGURA 1

En los Cuadros 2, 3 y 4 se muestra el valor de la distorsión total para la transmisión no vocal para partes analógicas de distintas longitudes, distintos valores de q_{du} y distintos valores de tasa de errores en los bits (BER, *bits error ratio*).

Si la BER en cada sección digital es mejor que 10^{-6} (con la velocidad binaria de 2048 kbit/s) puede omitirse la componente W_e .

NOTAS

- 1 Para una sección de satélite, las longitudes terrenales se consideran iguales a 2500 km.
- 2 Al determinar las distorsiones totales, debe tenerse en cuenta el ruido adicional que puede ser causado por la desviación de los niveles de transmisión y de la impedancia con respecto a los valores nominales. Los valores límite se indican en [5].

3.8 Ruido impulsivo

Se ha especificado el ruido impulsivo para circuitos analógicos utilizados para transmisión de datos (véanse las Recomendaciones M.1020 y M.1025) y para los equipos de conmutación (véanse 5.2/Q.45 y Recomendación Q.553). Para sistemas de transmisión MIC de frecuencias vocales, no se ha especificado el ruido impulsivo porque se supone que no debe existir.

Sin embargo, en la práctica se ha observado que debido a la acumulación de errores en los trenes digitales, en un circuito de frecuencias vocales puede aparecer ruido que ocasiona interferencia en la transmisión de datos.

En el Cuadro III.1 se muestra la dependencia de la magnitud del ruido impulsivo con una duración superior a 30 ms en un circuito MIC de frecuencias vocales con el umbral de análisis de -21 dBm0 durante intervalos de medición de 15 minutos, de una tasa media de errores en los bits y del número de errores en paquetes en un tren a 2048 kbit/s.

Se puede observar que cuando la tasa media de errores en los bits en cada sección digital es inferior a 10^{-6} no se rebasa el objetivo de las Recomendaciones M.1020 y M.1025, por lo que puede despreciarse la influencia de una sección digital dentro de una cadena mixta de circuitos de frecuencias vocales.

En [6] figura información adicional.

3.9 Interrupciones breves, fluctuación de fase, saltos de amplitud y saltos de fase

Estos parámetros tienen una gran influencia en las transmisiones de datos. Para el caso de los circuitos analógicos se encuentran especificados en las Recomendaciones M.1020, M.1060 y M.910. Para los circuitos de frecuencias vocales establecidos en sistemas MIC no hay objetivos establecidos. Puede suponerse provisionalmente que en las cadenas mixtas de circuitos la presencia de secciones digitales no ejerce efectos considerables. No obstante, es un tema que debe estudiarse.

3.10 Característica de error

Queda en estudio.

CUADRO 2

Nivel de distorsiones totales en circuitos mixtos con señal de prueba (dBm0p)
 Señal de prueba: 1000 Hz; -10 dBm0

qdu	<320 km				321 a 640 km				641 a 1600 km				1601 a 2500 km				2501 a 5000 km				5001 a 10 000 km				10 001 a 20 000 km			
	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³
0	-55				-53				-51				-49				-46				-43				-40			
0,5	-45	-44	-40	-32	-45	-44	-40	-32	-44	-43	-40	-32	-44	-43	-40	-32	-43	-42,5	-40	-32	-41	-41	-39	-32	-39	-38	-37	-32
1	-43	-42,5	-40	-32	-43	-42,5	-40	-32	-42	-42	-40	-32	-42	-42	-39	-32	-41	-41	-39	-40	-40	-40	-38	-32	-32	-38	-37	-31
2	-40	-40	-38	-32	-40	-40	-38	-32	-40	-40	-38	-32	-39	-39	-37	-32	-39	-38	-37	-31,5	-38	-38	-37	-31	-37	-37	-36	-31
3	-38	-38	-37	-31	-38	-38	-37	-31	-38	-38	-37	-31	-38	-38	-37	-31	-38	-38	-37	-31	-37	-37	-36	-31	-36	-36	-35	-31
3,5	-37	-37	-36	-31	-37	-37	-36	-31	-37	-37	-36	-31	-37	-37	-36	-31	-37	-37	-36	-31	-36	-36	-35	-31	-36	-36	-35	-31
4	-37	-37	-36	-31	-37	-37	-36	-31	-37	-37	-36	-31	-37	-37	-36	-31	-36	-36	-35	-31	-36	-36	-35	-31	-35	-35	-34	-30,5

CUADRO 3

Nivel de distorsiones totales en circuitos mixto con señal de prueba (dBm0p)
Señal de prueba: 1000 Hz; -25 dBm

qdu	<320 km				321 a 640 km				641 a 1600 km				1601 a 2500 km				2501 a 5000 km				5001 a 10 000 km				10 001 a 20 000 km			
	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³
0	-55				-53				-51				-49				-46				-43				-40			
0,5	-54	-52	-45,5	-33	-52	-49,5	-45	-33	-51	-50	-48	-33	-49	-48	-44	-33	-46	-46	-43	-33	-43	-43	-41	-33	-40	-40	-39	-32
1	-53	-51	-45	-33	-52	-49,5	-45	-33	-50	-49	-44,5	-33	-48	-47	-44	-33	-46	-46	-43	-33	-43	-43	-41	-33	-40	-40	-39	-32
2	-52	-49,5	-45	-33	-51	-50	-45	-33	-50	-49	-44,5	-33	-48	-47	-44	-33	-45	-45	-42,5	-33	-43	-43	-41	-33	-40	-40	-39	-32
3	-51	-50	-45	-33	-50	-49	-44,5	-33	-49	-48	-44	-33	-48	-47	-44	-33	-45	-45	-42,5	-33	-43	-43	-41	-33	-40	-40	-39	-32
3,5	-51	-50	-45	-33	-50	-49	-44,5	-33	-49	-48	-44	-33	-47	-46,5	-43,5	-33	-45	-45	-42,5	-33	-43	-43	-41	-33	-40	-40	-39	-32
4	-50	-49	-44,5	-33	-49	-48	-44	-33	-48	-47	-44	-33	-47	-46,5	-43,5	-33	-45	-45	-42,5	-33	-42	-42	-40,5	-33	-40	-40	-39	-32

CUADRO 4

Nivel de distorsiones totales en circuitos mixtos en repose (dBm0p)

qdu	<320 km				321 to 640 km				641 to 1600 km				1601 to 2500 km				2501 to 5000 km				5001 to 10 000 km				10 001 to 20 000 km			
	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³	BER = 10 ^{-∞}	BER = 10 ⁻⁵	BER = 10 ⁻⁴	BER = 10 ⁻³
0	-55				-53				-51				-49				-46				-43				-40			
0.5	-55	-51	-46	-32	-53	-50	-46	-32	-51	-49	-45	-32	-49	-47	-45	-32	-46	-45	-43	-32	-43	-43	-41	-32	-40	-40	-39	-32
1	-55	-51	-46	-32	-53	-50	-46	-32	-51	-49	-45	-32	-49	-47	-45	-32	-46	-45	-43	-32	-43	-43	-41	-32	-40	-40	-39	-32
2	-55	-51	-46	-32	-53	-50	-46	-32	-51	-49	-45	-32	-49	-47	-45	-32	-46	-45	-43	-32	-43	-43	-41	-32	-40	-40	-39	-32
3	-55	-51	-46	-32	-53	-50	-46	-32	-51	-49	-45	-32	-49	-47	-45	-32	-46	-45	-43	-32	-43	-43	-41	-32	-40	-40	-39	-32
3.5	-55	-51	-46	-32	-53	-50	-46	-32	-51	-49	-45	-32	-49	-47	-45	-32	-46	-45	-43	-32	-43	-43	-41	-32	-40	-40	-39	-32
4	-54	-50	-46	-32	-52	-49	-45	-32	-51	-49	-45	-32	-49	-47	-45	-32	-46	-45	-43	-32	-43	-43	-41	-32	-40	-40	-39	-32

Referencias

- [1] GAS 9 *Aspectos técnicos y económicos de la transición de redes de telecomunicación analógicas a redes digitales*, 1984.
- [2] MOSKVITIN (V.D.): *Opredelenije trebovanij k chastotnym kharakteristikam zvenjev sostavnykh kanalov i traktov*. (Especificación de los requisitos de atenuación en función de la frecuencia de las secciones de circuitos y enlaces mixtos), *Elektrosviaz*, N.º 11, 1969.
- [3] MOSKVITIN (V.D.): *Nozmirovanije chastotnykh kharakteristik ostatochnogo zatuhaniya kanalov*. (Objetivos de distorsión de frecuencia para la pérdida de transmisión), *Elektrosviaz*, N.º 1, 1970.
- [4] COM XII-19 URSS – *Distorsiones de atenuación en función de la frecuencia y distorsiones de retardo de grupo de los circuitos mixtos analógico-digitales de audiofrecuencia*, 1985-1988.
- [5] Contribución Tardía 25, Noise and total distortion in Recommendations G.712, G.713, G.714, G.715, Q.551, Q.552 and Q.553. FRG, 1990.
- [6] COM XII-188 URSS – *Interrelación entre los errores en un enlace digital y el ruido impulsivo en canales de frecuencias vocales de un sistema MIC*, 1985-1988.

Anexo A (al Suplemento 29)

Definiciones

Definiciones de las nociones: «canal», «circuito», «sección», «cadena», «conexión» y «canal (circuito) mixto analógico-digital», «cadena mixta analógica- digital», «conexión mixta analógica-digital».

Canal – Vocabulario CEI (701.02.01).

canal (transmitido): Medio de transmisión de señales en un sentido entre dos puntos.

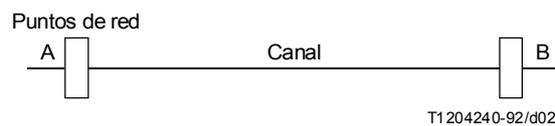


FIGURA A.1

Circuito – Vocabulario CEI (701.02.03).

circuito (de telecomunicación): Combinación de dos canales de transmisión que permite la transmisión en ambos sentidos entre dos puntos.

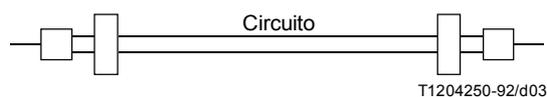


FIGURA A.2

sección: Porción de canal (circuito) entre dos puntos adyacentes donde se realiza la conversión de la señal (tiempo o frecuencia).

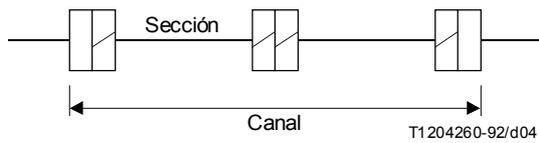


FIGURA A.3

cadena: Varios canales (circuitos) conectados entre sí en secuencia.



FIGURA A.4

conexión: (Recomendación P.10, definición 21.03, Vocabulario CEI 701.03.01).

Asociación temporal de canales de transmisión o de circuitos de telecomunicación, de órganos de conmutación o de otros equipos, que permite la transferencia de información entre dos o más puntos en una red de telecomunicación.

NOTA – Una conexión es el resultado de una operación de conmutación.

A los efectos de este Suplemento, debe considerarse como una conexión la conexión entre terminales de usuario. De acuerdo con el Vocabulario de la CEI esta conexión se denomina «conexión completa» (Diccionario CEI 701.03.02). Conexión es una cadena entre dos terminales de usuario.

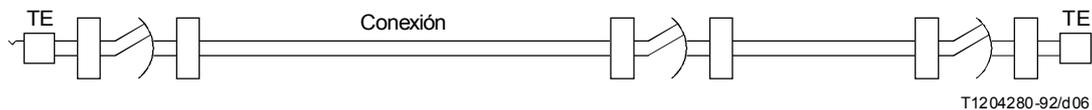


FIGURA A.5

canal (circuito) mixto analógico-digital: Canal (circuito) que comprende conversión analógica digital (digital-analógica). Si se proporciona un canal de transmisión de un tipo (solamente digital o solamente analógico), la conversión analógica-digital (digital-analógica) es posible solamente en los extremos del canal (equipos de traducción de canal conforme a la Recomendación G.712, transmultiplexor conforme a las Recomendaciones G.793 y G.794). Si el canal está formado por secciones separadas de sistemas de transmisión analógicos y digitales, la conversión analógica-digital (digital-analógica) es posible en sus secciones separadas (modems de grupo conformes a las Recomendaciones G.941, V.37, transcodificadores conformes a la Recomendación G.761, codecs de grupo conformes a la Recomendación G.795).

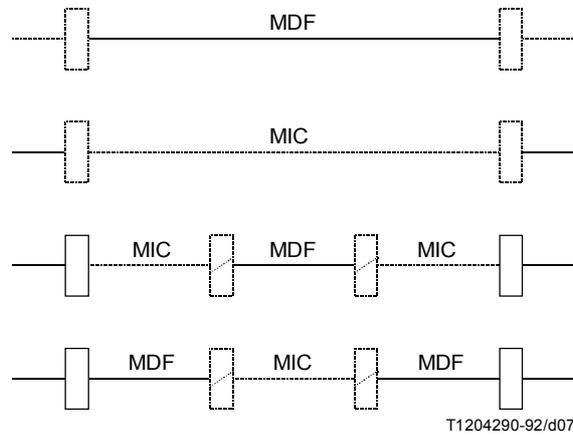


FIGURA A.6
Ejemplos de canales (circuitos) mixtos analógicos-digitales

cadena mixta analógica-digital: Varios canales (circuitos), todos los cuales o algunos son canales (circuitos), mixtos conectados entre sí en secuencia.

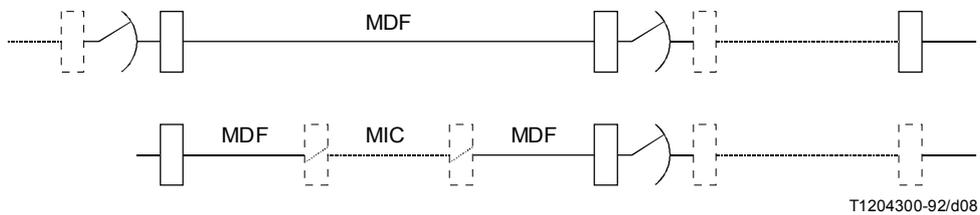


FIGURA A.7
Ejemplos de cadenas mixtas analógicas-digitales

conexión mixta analógica-digital: Cadena mixta analógica-digital entre dos terminales de usuario.

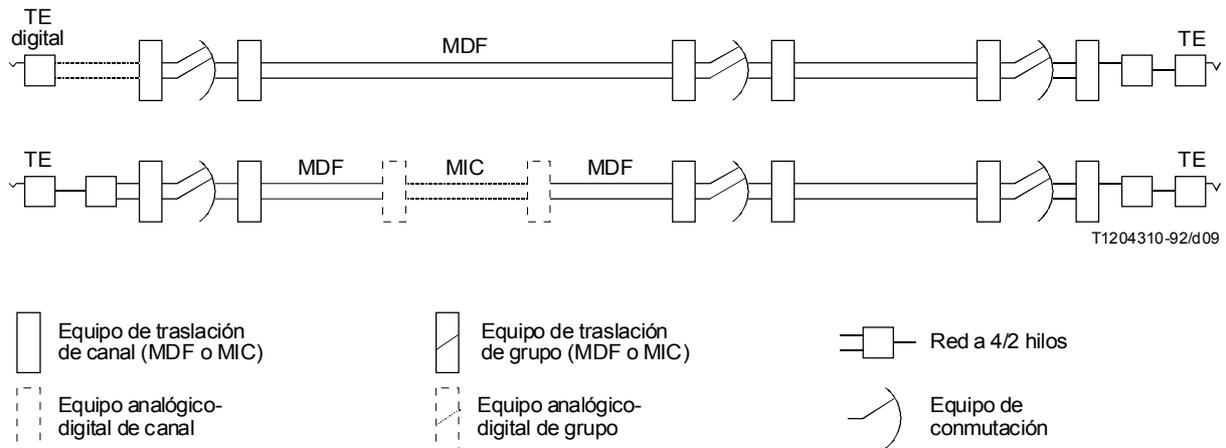


FIGURA A.8
Ejemplos de conexiones mixtas analógicas-digitales

Apéndice I

(al Suplemento 29)

ORIGEN: ADMINISTRACIÓN DE TELECOMUNICACIONES DE LA URSS

TÍTULO: INFLUENCIA DE LOS ERRORES DE LOS TRENES DIGITALES A 2048 kbit/s EN EL RUIDO DE LOS CIRCUITOS MIXTOS DE FRECUENCIAS VOCALES

I.1 Introducción

La calidad de los circuitos MIC está influida por los errores digitales que aparecen en los trenes digitales. Estos errores digitales afectan a muchos parámetros del circuito de frecuencias vocales, incluido el ruido.

En este Apéndice se consideran los efectos de los errores digitales en el ruido en un circuito de frecuencias vocales de un sistema MIC cuando se envía una señal sinusoidal de 1000 Hz con distintos niveles y en el ruido en un circuito MIC en reposo.

I.2 Potencia de ruido en un circuito MIC de frecuencias vocales debido a errores digitales

I.2.1 Potencia de ruido debido a errores digitales cuando se envía la señal de prueba

La potencia de ruido debido a ruidos digitales se evaluó con ayuda de la fórmula obtenida en [1]:

$$W = \sum_{e=1}^{255} P_e \sum_{i=0}^{255} f(V_i) a(V_i) \quad (I-1)$$

donde

P_e es la probabilidad de una combinación de errores;

$f(V_i)$ es la densidad de distribución de probabilidad de los niveles de señal de entrada;

V_i es el i -ésimo valor de la tensión de la señal de entrada cuantificada (V);

$V_{i,e}$ es un valor de error de la tensión a la salida del códec que corresponde a una combinación de errores (V).

$$a(V_i) = \frac{10^{12} (V_i - V_{i,e})^2}{600} \text{ potencia instantánea del ruido debido a errores digitales (pW0).}$$

Se determinó la probabilidad de una combinación de errores, P_e , basada en simulación de errores por computador en un tren a 2048 kbit/s con la estructura de trama conforme a la Recomendación G.732 suponiendo que para los sistemas de transmisión a 2048 kbit/s estos errores se combinan en paquetes y tienen una distribución muy próxima a la distribución de Neuman, pero para los sistemas de transmisión con una velocidad de línea superior a 2048 kbit/s, los errores en el tren a 2048 kbit/s son independientes y se distribuyen de acuerdo con la ley binomia.

La probabilidad del número (K) de errores independientes distribuidos de acuerdo con la ley binomia dentro del intervalo de tiempo T_0 se determinó con la ayuda de la fórmula de Poisson:

$$P(K) = e^{-M} \frac{M^K}{K!} \quad (I-2)$$

La probabilidad del número (k) de errores en paquetes distribuidos de acuerdo con la ley de Neuman dentro del intervalo de tiempo T_0 se determinó con la ayuda de la fórmula [I-2]:

$$P(k) = e^{-m_1} \frac{(m_2)^k}{k!} \sum_{u=1}^{\infty} \frac{(m_1 e^{-m_2})^u}{u!} u^k \quad (I-3)$$

En las fórmulas (I-2) y (I-3):

m_1 es el número medio de paquetes con error dentro del intervalo T_{0i} ;

m_2 es el número medio de bits erróneos en un paquete;

M es el número medio de errores dentro del intervalo de tiempo T_{0i} :

$$M = M_1 \times m_2 = n \times \overline{\text{BER}}$$

n es el número de bits transmitidos en el intervalo T_0 ;

$\overline{\text{BER}}$ es la tasa media de errores en los bits a largo plazo;

u es el número de paquetes entre el intervalo de T_{0i} ;

k es el número de errores en el intervalo T_{0i} ;

A los efectos de la simulación, se introdujeron los siguientes parámetros de entrada:

- T_0 es la duración de un ciclo, $T_0 = 24 \times 3600[S]$;
- T es el tiempo total del proceso, $T = 30 \times 24 \times 3600[S]$;
- $\overline{\text{BER}}$ es la tasa de errores en los bits a largo plazo $10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}, 10^{-8}$;
- m_2 es el número medio de bits erróneos en un paquete = [5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000].

Se determinó para cada trama la probabilidad de combinaciones de errores en un intervalo de canal. El valor obtenido en cada trama se promedió para el tiempo total del proceso.

La potencia instantánea de ruido $a(V_i)$ debida a errores digitales se determinó a la salida del decodificador para la ley A de compresión-expansión para cada uno de 8 valores discretos de la señal sinusoidal con una secuencia de 1000 Hz dentro de la gama de niveles S de -45 hasta 0 dBm0. Después se determinó el nivel de la potencia de ruido sofométrico, P (dBm0p).

En las Figuras I.1, I.2 y I.3 se indican los resultados de los cálculos. Las Figuras I.1 y I.2 muestran el cambio de nivel de potencia sofométrica P debido a los errores en paquetes, siendo el número medio de errores en un paquete igual a $m_2 = 5$ (Figura I.1) y $m_2 = 200$ (Figura I.2).

Los resultados de los cálculos han mostrado que el caso más desfavorable del número medio de bits erróneos en un paquete es aproximadamente igual a 5-10. Con este valor de m_2 , el nivel de potencia sofométrica es $-25 \div -35$ cuando la BER media a largo plazo es 10^{-3} y $-48 \div -52$ dBm0p cuando la BER media a largo plazo es 10^{-5} . El nivel de ruido más bajo corresponde al nivel de señal de entrada de $S = -10$ dBm0. El valor del nivel de potencia de ruido sofométrico con $m_2 = 200$ es de 10 a 15 dB menor que los valores del nivel de ruido correspondiente a $m_2 = 5$ en el caso de iguales tasas medias de errores en los bits a largo plazo. El valor mínimo del nivel de ruido corresponde al nivel de señal de entrada de $S = -25$ dBm0.

Los resultados del cálculo del nivel del ruido en el caso de errores independientes (Figura I.3) muestran que mientras más alto es el nivel de la señal de entrada mayor es el nivel de ruido.

Con las variaciones del nivel de la señal de entrada de -45 dBm0 a 0 dBm0, el nivel de potencia de ruido aumenta aproximadamente en 20 dB.

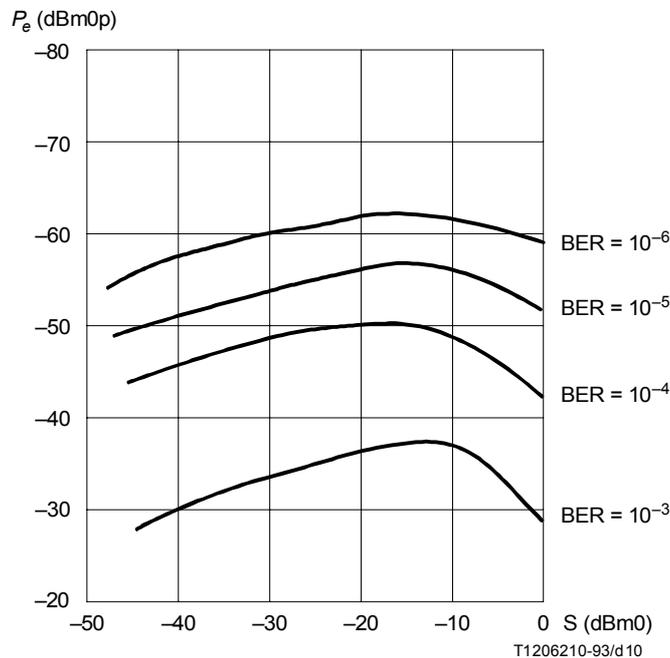


FIGURA I.1
Distribución de Neuman, número medio de errores en los paquetes igual a 5

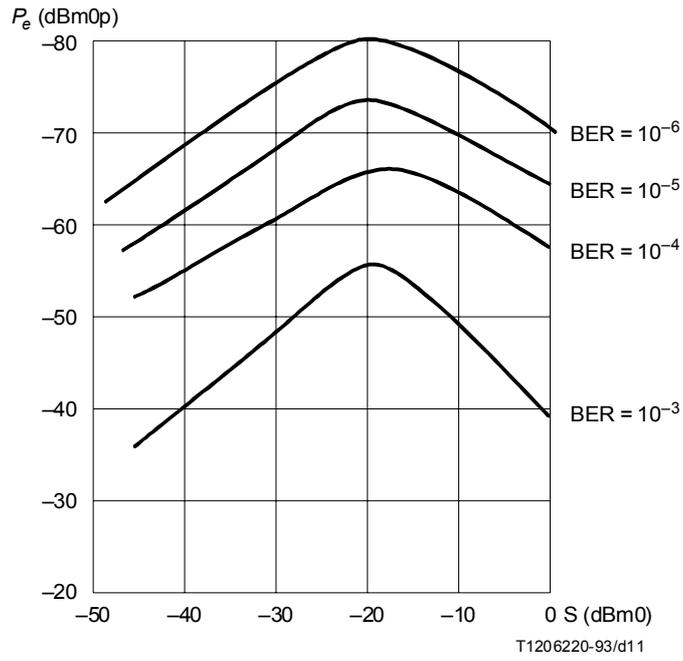


FIGURA I.2
**Distribución de Neuman, número medio
de errores en los paquetes igual a 200**

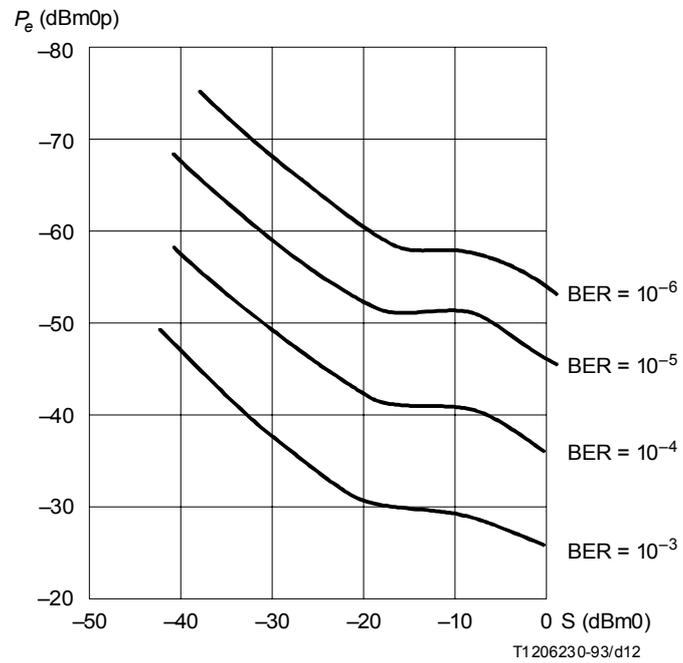


FIGURA I.3
Distribución binomia

I.2.2 Potencia de ruido causada por errores digitales en un canal en reposo

La potencia de ruido debida a errores digitales se evaluó con la siguiente fórmula:

$$W = \sum_{e=1}^{255} P_e a(V_0) \tag{I-4}$$

donde

$$a(V_0) = \frac{10^{12} (V_0 - V_{i,e})}{600}$$

es la potencia instantánea de ruido debido a errores digitales en un canal en reposo.

P_e – igual que en (I.1).

Los resultados del cálculo del nivel de potencia de ruido debido a errores en el tren a 2048 kbit/s para diferentes tasas medias de errores en los bits a largo plazo se indican en la Figura I.4. La influencia más desfavorable sobre el ruido de un canal en reposo es ejercida por los errores en paquetes, y en cuanto a los errores independientes en el tren a 2048 kbit/s, deben tenerse en cuenta solamente cuando la $\overline{\text{BER}} \geq 10^{-4}$.

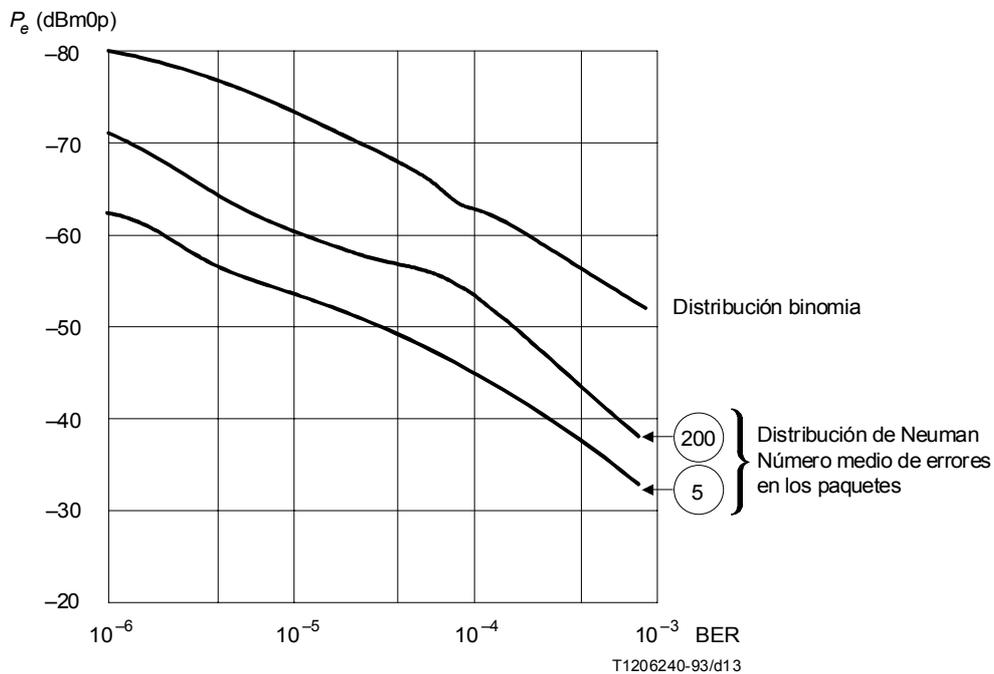


FIGURA I.4

I.3 Conclusiones

Este cálculo del nivel de potencia de ruido en un circuito MIC de frecuencias vocales debido a errores en un tren a 2048 kbit/s ha mostrado que este nivel depende de tres factores: la ley de distribución de errores, la tasa media de errores en los bits y el nivel de la señal de prueba. Además, los errores en paquetes contribuyen más al ruido de un circuito en reposo y los errores independientes al ruido en el circuito cuando se inyecta una señal de prueba.

El coeficiente de empaquetado más desfavorable es igual a 5-10. En el caso de errores independientes, el nivel de ruido en el circuito con una señal de prueba aumentará al aumentar el nivel de la señal de prueba. Para los errores en paquetes, según el coeficiente de empaquetado, hay un determinado nivel de señal de prueba asociado con el de ruido más bajo del circuito.

Referencias (al Apéndice I)

- [1] STEELE (R.), SUNDBERG, (C.-E.) y WONG (W.C.): Transmission errors in companded PCM over Gaussian and Rayleigh fading channels. *Bell Syst. Tech. J.*, Vol. 63, páginas 955-989, N.º 6, julio-agosto, 1984.
- [2] BECAM (D.), BRIGANT (P.), COHEN (R.) y SZPIRGLAS (J.): Validité du modèle de Neuman pour les processus d'erreurs sur des liaisons numériques à 2 et 140 Mbit/s. *Ann. telecommun.*, 40, páginas 17-25, N.º 1-2, 1985.
- [3] SYSOEV (V.V.): Otsenka vlijnij ochibok v tsivrovih potokah 2048 kbit/s na electricheskie parametri kanalov system peredachi S IKM «Technika sredstv svjzi», *serij. Technika provodnoi svjzi*, vipusk 3, 1990.

Apéndice II

(al Suplemento 29)

ORIGEN: NTT (JAPÓN)

TÍTULO: MÉTODO DE CÁLCULO DE LA NOTA MEDIA DE OPINIÓN EQUIVALENTE A RUIDO DEBIDO A DISTORSIÓN DE CUANTIFICACIÓN

La nota media de opinión (MOS, *mean opinion score*) equivalente a ruido debido a distorsiones de cuantificación de m codecs MIC de 8 bits en cascada se muestra mediante la siguiente fórmula:

$$10^{0,1 [S - S/No]} \quad [mW0p]$$

donde:

- S/No es la relación señal/opinión equivalente a ruido blanco mostrada en el Cuadro (Apéndice II) en términos de números de qdu (m); y
- S es el nivel vocal, igual a -17 dBm0;
- No es el nivel de ruido blanco [dBm0p].

CUADRO II.1

Número de qdu (m) y relación señal/opinión equivalente a ruido blanco

m (qdu)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
S/No (dB)	59.8	49.6	44.0	39.7	36.6	33.8	31.5	29.5	27.8	26.4	25.0	23.9	22.7	21.6	20.5

NOTE – Este Cuadro se obtuvo sobre la base de pruebas de opinión en laboratorio en una conexión compuesta por un códec MIC de 8 bits (véase la Recomendación G.712), un generador de ruido blanco, aparatos telefónicos 600, etc.

Apéndice III

(al Suplemento 29)

ORIGEN: ADMINISTRACIÓN DE TELECOMUNICACIONES DE LA URSS

TÍTULO: EFECTO DE LOS ERRORES DE LOS TRENES DIGITALES A 2048 kbit/s
SOBRE LA APARICIÓN DE RUIDO IMPULSIVO EN LOS CIRCUITOS MIXTOS
DE FRECUENCIAS VOCALES

Los resultados preliminares de los estudios sobre el ruido impulsivo en circuitos MIC se tratan en la Contribución COM XII-188 (periodo de estudios 1985-1988).

Se han realizado otras investigaciones y se ha logrado determinar la magnitud de ruido impulsivo de circuitos MIC debido a errores simulados por computador en un tren a 2048 kbit/s. Se ha supuesto que su distribución sigue la ley de Neuman (errores en paquetes) o la ley binomial (errores aislados).

La metodología para determinar la probabilidad del número de errores en paquetes e independientes así como los datos de entrada para la simulación corresponden a los datos presentados en el Apéndice I.

El umbral de ruido impulsivo a los efectos del análisis se consideró igual a -21 dBm0, la duración del registro de ruido impulsivo fue superior a 30 ms, el tiempo muerto fue 125 ms (véanse las Recomendaciones M.1020 y O.71). La respuesta impulsiva del filtro real de equipo de canal MIC se muestra en la Figura III.1 y corresponde a la de la Contribución COM XII-188 (periodo de estudios 1985-1988).

Los resultados del estudio se resumen en el Cuadro III.1. El análisis de estos resultados muestra que los errores en paquetes producen ruido impulsivo mucho mayor en comparación con la distribución binomial de los errores.

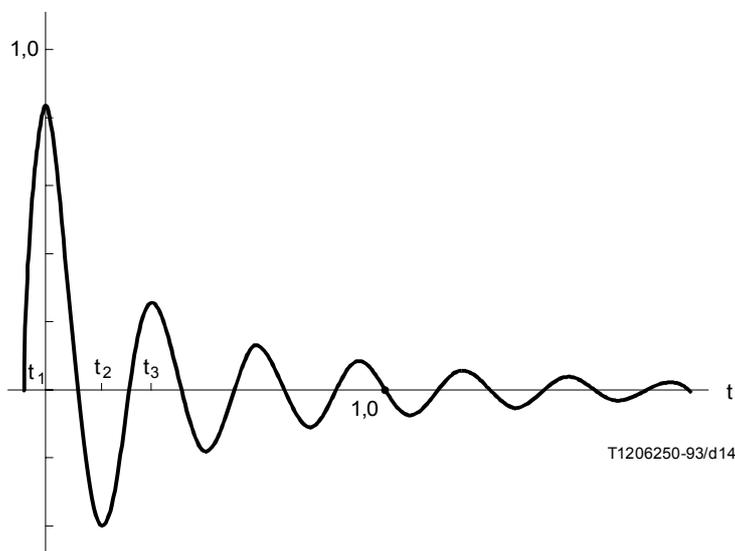


FIGURA III.1

CUADRO III.1

Distribución de errores	Tasa media de errores en los bits				
	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}
	Número medio de ruido impulsivo que rebasa el umbral de -21 dBm0 durante 15 minutos				
Ley de Neuman:					
Número medio de errores en los paquetes 5-10	–	6	60	480	1880
Número medio de errores en los paquetes 200	–	1	8	40	520
Ley binomia	–	–	–	8	172

En el caso de errores en paquete la magnitud mayor de ruido impulsivo corresponde a un número medio de errores en paquetes igual a 5-10.

Se observó que se ha rebasado el objetivo establecido en la Recomendación M.1020 (18 sucesos durante 15 minutos) cuando la BER media es peor que 10^{-6} .

