



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

P.11

(03/93)

**CALIDAD DE TRANSMISIÓN TELEFÓNICA
VOCABULARIO Y EFECTOS DE LOS
PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN SOBRE
LA ÓPINIÓN DE LOS USUARIOS**

**EFECTOS DE LAS DEGRADACIONES
DE LA TRANSMISIÓN**

Recomendación UIT-T P.11

(Anteriormente «Recomendación 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.

La Recomendación UIT-T P.11, revisada por la Comisión de Estudio XII (1988-1993) del UIT-T, fue aprobada 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 Objeto.....	1
2 Efectos de cada degradación	2
2.1 Consideraciones generales.....	2
2.2 Pérdida de sonoridad.....	2
2.3 Ruido de circuito.....	3
2.4 Efecto local	6
2.5 Ruido ambiente.....	7
2.6 Distorsión de atenuación.....	7
2.7 Distorsión por retardo de grupo	8
2.8 Retardo absoluto	8
2.9 Eco para el hablante.....	8
2.10 Eco para el oyente.....	8
2.11 Distorsión no lineal.....	9
2.12 Distorsión de cuantificación	9
2.13 Fluctuación de fase	10
2.14 Diafonía inteligible	10
3 Efecto de las degradaciones múltiples y empleo de modelos de opinión.....	10
Anexo A – Índice de calidad de transmisión	11
A.1 Introducción	11
A.2 Parámetros de la conexión utilizados en el modelo	11
A.3 Modelo básico para el índice de calidad de transmisión.....	11
A.4 Resultados típicos	13
Anexo B – Efectos de la distorsión de atenuación en la calidad de transmisión	17
B.1 Efecto de la distorsión de atenuación en la sonoridad y la nitidez	17
B.2 Efecto de la distorsión de atenuación en las notas de opinión en la audición y la conversación	19
B.3 Ejemplos del efecto de la característica de distorsión de atenuación.....	23
B.4 Método de evaluación que utiliza la unidad de distorsión de atenuación (adu).....	23
Anexo C – Efectos de la distorsión por retardo de grupo en la calidad de transmisión	27
Anexo D – Efecto de los micrófonos de carbón y los micrófonos lineales sobre la calidad de la transmisión	29
Anexo E – Distorsión de cuantificación en sistemas digitales	31
Anexo F – Efectos de la distorsión no lineal sobre la calidad de transmisión.....	32
Referencias	32

EFFECTOS DE LAS DEGRADACIONES DE LA TRANSMISIÓN

(Ginebra, 1980; modificada en Málaga-Torremolinos, 1984; Melbourne, 1988 y Helsinki, 1993)

1 Objeto

Una finalidad esencial del actual plan de transmisión para las conexiones internacionales es proporcionar orientación en cuanto al control de la calidad de transmisión. Las indicaciones en esta materia aparecen en ciertas Recomendaciones, aplicables a conexiones completas y a las partes constitutivas de una conexión, en las cuales se especifican los objetivos de calidad de funcionamiento, objetivos de diseño y objetivos de mantenimiento, de conformidad con su definición en la Recomendación G.102, con respecto a diversas degradaciones que influyen desfavorablemente en la calidad de la transmisión y en la opinión de los usuarios acerca de esta calidad¹⁾. Entre las degradaciones típicas de la transmisión se cuentan la pérdida de transmisión, el ruido de circuito, el eco para la persona que habla (orador), la pérdida de efecto local, la distorsión de atenuación, la distorsión por retardo de grupo y la distorsión de cuantificación. Otro factor importante que debe considerarse, aun si escapa al control del ingeniero encargado de planificar la transmisión, es el ruido ambiente.

Esta Recomendación se refiere al efecto de los parámetros de transmisión, como los mencionados más arriba, sobre la opinión de los usuarios acerca de la calidad de la transmisión, y se basa en la información presentada en respuesta a ciertas Cuestiones que han sido estudiadas por el CCITT. Gran parte de esa información refleja los resultados de pruebas subjetivas en las cuales cierto número de participantes habían tenido que hablar, escuchar o conversar por conexiones telefónicas en las que existía un nivel de degradación controlado o conocido, clasificando la calidad de transmisión de acuerdo con una escala apropiada. En la Recomendación P.80 figuran indicaciones generales sobre la realización de pruebas de tal naturaleza, y la Recomendación P.82 orienta en cuanto a la manera de utilizar las encuestas entre usuarios del teléfono para determinar la calidad de la transmisión de la palabra en las comunicaciones internacionales.

El objeto concreto de la presente Recomendación es:

- 1) Presentar un resumen general, pero conciso, de las principales degradaciones de la transmisión y sus efectos sobre la calidad de transmisión, que sirva de referencia fundamental para los ingenieros encargados de planificar la transmisión.
- 2) Asegurar la conservación de la información básica en materia de calidad de transmisión, como complemento de las Recomendaciones pertinentes de las series P y G, con referencias apropiadas a dichas Recomendaciones y otras fuentes de información, como suplementos y Cuestiones en curso de estudio.
- 3) Permitir la conservación temporal de informaciones básicas sobre la calidad de transmisión que pueden ser útiles para la formulación de futuras Recomendaciones.

En la cláusula 2 se presenta una breve descripción de las degradaciones que pueden producirse en las conexiones telefónicas, los métodos típicos de caracterización e indicaciones generales sobre los niveles aceptables de las mencionadas degradaciones. Figura una información más concreta en los anexos a la presente Recomendación, así como en otras Recomendaciones y sus suplementos.

La cláusula 3 trata de los efectos de las degradaciones combinadas sobre la calidad de transmisión y del empleo de modelos que permiten efectuar estimaciones de la opinión de los usuarios en función de ciertas combinaciones de degradaciones en la conexión telefónica. Dichos modelos pueden utilizarse para evaluar la calidad de transmisión que se obtiene con el plan de transmisión actual, las repercusiones que pueden tener los cambios que se introduzcan en este plan o las consecuencias de las desviaciones respecto al mismo. Para llevar a cabo tales evaluaciones es necesario sentar algunas hipótesis en lo tocante a las partes constitutivas de la conexión, y a este respecto pueden servir de orientación las conexiones ficticias de referencia que son objeto de las Recomendaciones G.103 y G.104.

¹⁾ En esta Recomendación, el término «degradación» se utiliza en un sentido general, designando cualquier característica o defecto del trayecto de transmisión capaz de reducir la calidad de funcionamiento. No tiene el sentido de «pérdida equivalente», como ocurría en algunos textos más antiguos del CCITT.

2 Efectos de cada degradación

2.1 Consideraciones generales

En la cláusula 2 se describen por separado varias de las degradaciones de transmisión que pueden influir desfavorablemente en la calidad de transmisión de la palabra por conexiones telefónicas, facilitándose información sobre la naturaleza general de cada degradación, los métodos que se han recomendado para medirla y sus límites aceptables. Se mencionan las Recomendaciones en las que pueden encontrarse informaciones más detalladas sobre los métodos de medición y valores aconsejados.

2.2 Pérdida de sonoridad

La finalidad esencial de una conexión telefónica es proporcionar un trayecto de transmisión para la palabra entre la boca de la persona que habla (hablante) y el oído de la que escucha (oyente). La sonoridad de la señal vocal recibida depende de la presión acústica generada por la persona que habla y de la pérdida de sonoridad de punto acústico a punto acústico en el trayecto que va de la entrada del micrófono telefónico en un extremo de la conexión a la salida del receptor telefónico en el otro extremo. La eficacia de la comunicación por conexiones telefónicas y la satisfacción de los usuarios depende en gran medida del valor de la pérdida de sonoridad. Si éste se halla por encima de la gama de valores preferidos, la escucha requiere un esfuerzo, y disminuye por consiguiente la satisfacción del usuario. Cuando la pérdida de sonoridad es aún más alta, se reduce la inteligibilidad y toma más tiempo transmitir una determinada cantidad de información. Asimismo, la satisfacción del usuario disminuye también si la pérdida de sonoridad es demasiado pequeña, porque en tal caso las señales vocales recibidas serán demasiado fuertes.

En el transcurso de los años los ingenieros han utilizado diversos métodos para medir y expresar la pérdida de sonoridad de las conexiones telefónicas. El método del equivalente de referencia (RE, *reference equivalent*) es un método subjetivo que el CCITT ha utilizado mucho, definiéndose en las Recomendaciones P.42 y P.72 del *Libro Rojo*.

Debido a las dificultades encontradas en la utilización de equivalentes de referencia, se ha sustituido el valor de planificación del equivalente de referencia global por el equivalente de referencia corregido (CRE, *corrected reference equivalent*) que se define en la Recomendación G.111 del *Libro Rojo*. Este cambio exigió ciertos ajustes de los valores recomendados de la pérdida de sonoridad para conexiones completas y parciales.

En las Recomendaciones P.76, P.78 y P.79 figuran informaciones sobre los métodos subjetivos y objetivos recomendados actualmente para la determinación de índices de sonoridad (LR). Se espera que estos métodos permitan prescindir de la determinación subjetiva de la pérdida de sonoridad en términos del equivalente de referencia corregido. Los valores de pérdida de sonoridad actualmente recomendados en términos de índices de sonoridad figuran en las Recomendaciones G.111 y G.121.

2.2.1 Opiniones de los usuarios

La opinión del usuario en función de la pérdida de sonoridad puede variar con el grupo de participantes en una prueba y con la estructura de ésta. Los valores de opinión que se presentan en el Cuadro 1 son representativos de los resultados de las pruebas de conversación efectuadas en laboratorio mediante conexiones telefónicas en las cuales había otras características, como el ruido de circuito, que introducían también una pequeña degradación. Estos resultados demuestran la importancia del control de la pérdida de sonoridad.

CUADRO 1/P.11

Índice de sonoridad global (dB)	Opiniones representativas resultantes ^{a)}	
	Porcentaje de «buena más excelente»	Porcentaje de «mediocre más mala»
5 a 15	> 90	< 1
20	80	4
25	65	10
30	45	20

^{a)} Basadas en la relación de opinión derivada del índice de calidad de transmisión (véase el Anexo A).

2.2.2 Valores recomendados de índice de sonoridad

En el Cuadro 2 se presenta más información sobre ciertos valores seleccionados de índice de sonoridad, que han sido recomendados o son objeto de estudio por el CCITT.

2.3 Ruido de circuito

El ruido de circuito presente en las conexiones telefónicas tiene efectos muy importantes sobre la satisfacción de los usuarios y la eficacia de la transmisión de la palabra. Puede incluir ruido blanco de circuito y ruido de intermodulación procedente de los sistemas de transmisión, así como zumbido y otros tipos de interferencia, como por ejemplo ruido impulsivo y tonos de una sola frecuencia. La satisfacción del usuario depende de la potencia, la distribución en frecuencia y la distribución de amplitudes del ruido. Por lo general, para cualquier tipo de ruido, la satisfacción disminuye en forma monótona a medida que aumenta la potencia de aquél.

El ruido de circuito suele expresarse en términos de las indicaciones que da un sofómetro normalizado por el CCITT en la Recomendación O.41. Con este aparato puede medirse la potencia de ruido, en dBmp, en diversos puntos de las conexiones telefónicas, con una ponderación en función de la frecuencia.

NOTA – Aunque el sofómetro se utiliza normalmente para medir ruido de circuito de banda ancha, algunas pruebas subjetivas indican que caracteriza satisfactoriamente el efecto interferente subjetivo del zumbido introducido por inducción en los circuitos de transmisión de mensajes.

CUADRO 2a/P.11

Valores (en dB) de equivalente de referencia (RE) (q) y de equivalente de referencia corregido (CRE) (y), para diversas conexiones, indicados en las Recomendaciones G.111 y G.121 del *Libro Rojo* (las interfaces en emisión y en recepción están en el extremo virtual analógico, VASP, *virtual analogue switching point*)

		RE (q) recomendado anteriormente	CRE (y)
Gama óptima para una conexión (3.2/G.111)	Mínimo Óptimo Máximo	6 9 18	5a) 7 ^a) a 11 16
<i>Valores medios ponderados en función del tráfico</i>			
Objetivos a largo plazo			
– conexión (3.2/G.111)	Mínimo Máximo	13 18	13 16
– sistema nacional en emisión (1/G.121)	Mínimo Máximo	10 13	11,5 13
– sistema nacional en recepción (1/G.121)	Mínimo Máximo	2,5 4,5	2,5 4
Objetivos a corto plazo			
– conexión (3.2/G.111)	Máximo	23	25,5
– sistema nacional en emisión (1/G.121)	Máximo	16	19
– sistema nacional en recepción (1/G.121)	Máximo	6,5	7,5
Valores máximos para el sistema nacional de un país de extensión media (2.1/G.121)	Emisión Recepción	21 12	25 14
Valor mínimo para el sistema nacional emisor (3/G.121)		6	7
a) Estos valores se aplican para condiciones sin eco; puede que los abonados prefieran valores ligeramente superiores si aparece algo de eco.			

Valores LR indicados en las Recomendaciones G.111 et G.121

	SLR ^{a)}	CLR ^{a)}	RLR ^{a)}	OLR ^{a)}
Valores medios ponderados en función del tráfico				
a largo plazo	7 a 9 ^{b)}	0 a 0,5 ^{e)}	1 a 3 ^{b) f)}	8 a 12 ^{e) f) g)}
a corto plazo	7 a 15 ^{b)}	0 a 0,5 ^{e)}	1 a 6 ^{b) f)}	8 a 21 ^{e) f) g)}
Valores máximos para un país de extensión media	16,5 ^{c)}		13 ^{c)}	
Valor mínimo	-1,5 ^{d)}			
<p>a) Como en la Figura 1. b) Cláusula 1/G.121. c) Subcláusula 2.1/G.121. d) Subcláusula 3/G.121. e) Cuando la cadena internacional es digital, CLR = 0. Si la cadena internacional está formada por un circuito analógico, CLR = 0,5 y entonces el CLR se incrementa en 0,5 dB. (Si la distorsión de atenuación en función de la frecuencia de este circuito es pronunciada, el CLR puede incrementarse en otros 0,2 dB. Véase A.4.2/G.111.) f) Véanse también las observaciones hechas en 3.2/G.111. g) Subcláusula 3.2/G.111.</p>				



T1205900-93/d01

- CLR Índice de sonoridad del circuito (*circuit loudness rating*)
- OLR Índice de sonoridad global (*overall loudness rating*)
- RLR Índice de sonoridad en emisión (*receive loudness rating*)
- SLR Índice de sonoridad en recepción (*send loudness rating*)

FIGURA 1/P.11

Designación de los LR en una conexión internacional

2.3.1 Resultados en materia de opinión

Se han llevado a cabo muchas pruebas que ponen de manifiesto el efecto que ejerce el ruido de circuito sobre la opinión del usuario, y demuestran que las opiniones relativas al ruido de circuito dependen también en gran medida de la pérdida de sonoridad de la conexión, pudiendo influir en ellas muchos otros factores, sobre todo el ruido ambiente y la pérdida de efecto local.

El efecto subjetivo del ruido de circuito, medido en un punto determinado de una conexión telefónica, depende de la pérdida o ganancia que existe de punto eléctrico a punto acústico desde el punto de medida hasta la salida del receptor telefónico. Para facilitar la evaluación de las contribuciones de las diferentes fuentes, a menudo se refiere el ruido de circuito a la entrada de un sistema receptor que presenta un CRE o un índice de sonoridad especificado en recepción. Un punto de referencia corrientemente utilizado es la entrada de un sistema receptor que tiene un CRE en recepción de 0 dB. Cuando el ruido de circuito se refiere a dicho punto, los valores inferiores a -65 dBmp tienen poca influencia en la calidad de transmisión en un entorno con un ruido ambiente de nivel típico. La calidad de transmisión disminuye cuando el valor del ruido de circuito es mayor.

Los resultados de opinión que se presentan en el Cuadro 3 son representativos de los obtenidos en pruebas de conversación en laboratorio, e ilustran el efecto que tiene el ruido de circuito cuando las demás características de la conexión, como la pérdida de sonoridad, introducen una degradación adicional de pequeña magnitud. Cuando la pérdida de sonoridad rebasa la gama de valores preferidos, el efecto del ruido de circuito es más marcado, cualquiera que sea su nivel.

NOTA – Véase el Anexo A para más detalles sobre los efectos del ruido de circuito.

CUADRO 3/P.11

Ruido de circuito en un punto con RLR de 0 dB (dBmp)	Opiniones representativas resultantes ^{a)}	
	Porcentaje de «buena más excelente»	Porcentaje de «mediocre más mala»
-65	> 90	< 1
-60	85	2
-55	75	5
-50	65	10
-45	45	20

^{a)} Basadas en la relación de opinión derivada del índice de calidad de transmisión (véase el Anexo A).

2.3.2 Valores recomendados del ruido de circuito

Las contribuciones que aportan las diversas partes de una conexión al ruido de circuito deben mantenerse lo más bajas posible. En las conexiones largas, o de longitud media, es probable que la fuente principal de ruido de circuito estribe en los sistemas de transmisión analógica, ya que en ellos la potencia de ruido suele ser proporcional a la longitud del circuito. En la Recomendación G.222 se recomienda fijar un objetivo de ruido de 10 000 pW0p, o -50 dBm0p, para el diseño de los sistemas de transmisión por portadoras de 2500 km. Referido a un punto con un índice de sonoridad en recepción de 0 dB (en el supuesto de una pérdida de 6 a 12 dB), dicho valor corresponde a un nivel de ruido de -62 a -56 dBmp, que es suficientemente alto para afectar desfavorablemente a la calidad de transmisión.

La calidad disminuye más aún en los circuitos largos o en las conexiones con varios circuitos largos en cascada. El CCITT especifica, en su Recomendación G.143, que es conveniente que el ruido total generado por una cadena de seis circuitos internacionales no sobrepase de -43 dBm0p cuando se le refiere al primer circuito de la cadena. Esto corresponde aproximadamente a -46 dBm0p en el extremo de la cadena o a un valor comprendido entre -58 y -52 dBmp en un punto con un índice de sonoridad en recepción de 0 dB. En las conexiones internacionales es necesario controlar también las demás fuentes de ruido de circuito, a fin de que su contribución sea pequeña en comparación con la que se permite en los sistemas de transmisión analógica. A este respecto figuran orientaciones concretas en varias Recomendaciones.

Los límites aplicables a un tono único o a bandas estrechas de ruido deben ser más estrictos que los aplicables al ruido de banda ancha, a fin de evitar molestias al usuario. Como regla general, para limitar la molestia causada por los tonos a una sola frecuencia, la potencia de cualquier tono individual debe ser inferior en 10 dB a la potencia de ruido sofométrica del circuito. Para evitar su audibilidad, se recomienda prever un margen adicional de 5 dB siempre que sea posible.

NOTA – El efecto del ruido impulsivo depende de su periodicidad de aparición. Para impulsos transitorios oscilatorios amortiguados a 2 kHz con duraciones de un milisegundo aproximadamente (una forma de impulso corrientemente encontrada en los medios utilizados para la comunicación de mensajes) se han comunicado resultados de pruebas limitados en términos del valor medio de la potencia de cresta de los impulsos medidos en línea, en el aparato telefónico. Los resultados indican que los impulsos de ruido con una periodicidad media de una vez por segundo, o menos, no son molestos si su intensidad media es inferior a 65 dBrn (–25 dBm). Para 45 impulsos por segundo se indicó un nivel aceptable de 30 dBrn (–60 dBm).

2.4 Efecto local

El efecto local de un aparato telefónico es la transmisión de sonido desde el micrófono hasta el receptor telefónico del mismo aparato. Es decir, que el trayecto de efecto local del aparato telefónico es uno de los trayectos a través de los cuales el hablante se oye a sí mismo. Otros trayectos de este tipo son el trayecto de conducción a través de la cabeza y el trayecto acústico que va de la boca al oído debido a la fuga acústica del pabellón del auricular. La presencia de estos otros trayectos influye en la percepción que tiene el usuario del efecto local, y determina por consiguiente su reacción a éste.

El efecto local tiene varios efectos sobre la calidad de transmisión telefónica. Una atenuación muy baja del efecto local lleva a que los niveles vocales devueltos sean demasiado altos, lo que reduce la satisfacción del usuario. Otro efecto de una atenuación insuficiente del efecto local radica en el hecho de que el hablante tiende a disminuir su nivel vocal y/o a alejar el micrófono de la boca, lo que reduce los niveles recibidos en el extremo lejano de la conexión. Todo desplazamiento del micrófono puede también reducir el aislamiento del oído por aquél, con lo que el ruido ambiente entrará más fácilmente en el oído por el trayecto de fuga resultante, a la vez que se reducirá el nivel de la señal recibida desde el extremo distante de la conexión. Por otra parte, el trayecto del efecto local es otra vía de entrada de ruido ambiente en el oído. Los niveles muy bajos de atenuación del efecto local pueden afectar desfavorablemente a la calidad de la transmisión. Por eso existe una gama general de valores preferidos de esta pérdida. Cuando ésta es excesiva, se puede tener la impresión de que el aparato telefónico está «muerto» cuando uno habla, y en muchas conexiones la ausencia de efecto local no sería la condición preferible.

Hasta ahora, el efecto local se ha calculado como una atenuación de sonoridad en gran parte de la misma manera que la atenuación de sonoridad de la conexión, por ejemplo, en términos de equivalente de referencia de efecto local (*STRE, sidetone reference equivalent*) (véase la Recomendación P.73, *Libro Rojo*). En la Recomendación P.76 se describe un método mejor, que da, para un abonado considerado hablante, índices que se correlacionan más con los efectos subjetivos de efecto local. Este método, denominado índice de enmascaramiento para el efecto local (*STMR, sidetone masking rating*), tiene en cuenta el trayecto a través de la cabeza y los trayectos acústicos directos como un umbral de enmascaramiento.

Estudios recientes han mostrado que, debido a la utilización cada vez mayor de micrófonos lineales en los micrófonos, se necesita también un método de evaluación para controlar la sonoridad del ruido ambiente oído a través del trayecto de efecto local del aparato telefónico por medio de un índice de efecto local para el oyente (*LSTR, listener sidetone rating*). El LSTR (véanse las Recomendaciones P.76 y P.79) utiliza el mismo concepto y algoritmo de cálculo que el STMR, pero la sensibilidad del efecto local se mide utilizando una fuente de ruido ambiente en vez de una fuente de boca artificial.

La atenuación del efecto local viene determinada por el diseño del aparato telefónico y la adaptación de impedancias entre éste y la línea del abonado. En las líneas de abonado cortas con bajas pérdidas, las variaciones de impedancia que se producen en el otro extremo de la línea son una fuente importante de desadaptaciones. Por otra parte, las que se producen en otros puntos de la conexión afectarán a la señal retornada pero, dado que el trayecto de retorno presenta en tal caso un retardo importante, el efecto suele considerarse como un eco para la persona que habla (véase 2.9).

2.4.1 Valores recomendados de la atenuación del efecto local

En la cláusula 5/G.121 se dan indicaciones sobre los niveles de efecto local preferidos en diversas condiciones de conexión para el abonado, como hablante (STMR) y como oyente (LSTR).

Los resultados de las pruebas subjetivas de la opinión del abonado en función de la atenuación del efecto local en términos de STMR indican una gama preferida de 7 a 12 dB (véase también el Suplemento N.º 11). Valores menores pueden disminuir mucho la opinión del abonado por lo que sólo deben utilizarse con precaución. Son aceptables valores altos, de hasta 20 dB, pero valores más elevados dan la impresión de una conexión «muerta».

Para controlar los efectos de ruido ambiente de alto nivel, el valor del LSTR que debe procurarse es > 13 dB. En general esto no será siempre posible pues para la mayoría de los aparatos telefónicos que tienen micrófonos lineales y circuitos de conversación, el LSTR está estrechamente relacionado con el STMR y por lo general es de 1,5 a 4 dB mayor que éste. [La relación es determinada por Δ_{SM} (DELSM), que es la diferencia entre la sensibilidad del micrófono cuando se mide con una fuente de ruido ambiente y cuando se utiliza una boca. Véanse las Recomendaciones P.64, P.10, P.79, el Suplemento N.º 11 y el Anexo A.4.3.3/G.111.]

De este modo, las conexiones que tienen valores bajos de STMR presentarán también por lo general valores bajos de LSTR.

2.5 Ruido ambiente

Por ruido ambiente se entiende el ruido de fondo que existe en el lugar en que se halla el aparato telefónico. En un hogar puede consistir en el producido por aparatos domésticos, un aparato de radio, un tocadiscos, conversaciones o el ruido procedente de la calle. En una oficina es probable que predomine el ruido producido por las máquinas comerciales, el equipo de climatización y las conversaciones. En muchas situaciones el ruido ambiente puede tener un efecto insignificante en comparación con el del ruido de circuito, pero en los lugares ruidosos, como en las cabinas situadas en sitios públicos, el ruido ambiente puede influir mucho en la facilidad para sostener una conversación e incluso en la posibilidad de oír y comprender bien.

El ruido ambiente puede manifestarse de diferentes maneras. Una es a través de una fuga en torno al pabellón del auricular del receptor. Otra es a través del trayecto de efecto local del aparato telefónico, si la atenuación del efecto local es suficientemente baja en comparación con la fuga por el auricular (véase 2.4). Una tercera forma es a través del otro oído, aunque su efecto sobre la recepción telefónica es por lo general menor que el del ruido que incide en el oído al que se aplica el microteléfono, a menos que los sonidos que se oigan causen distracción (por ejemplo, el llanto de un niño). La cuarta manera es a través del transmisor por la conexión al aparato telefónico receptor.

Las precedentes consideraciones se aplican principalmente a los aparatos telefónicos clásicos. Los aparatos de altavoz son más sensibles al ruido ambiente.

El ruido presente en un vehículo parado o en movimiento (que no se suele calificar de ruido ambiente) puede tener también un efecto considerable en la posibilidad de sostener fácilmente una conversación o de oír y entender debidamente por conexiones telefónicas en las que intervengan estaciones móviles.

2.6 Distorsión de atenuación

La distorsión de atenuación se caracteriza por una pérdida (o ganancia) de transmisión en ciertas frecuencias en relación con la pérdida de transmisión a 800 ó 1000 Hz. En consecuencia, la distorsión de atenuación incluye los decrementos de potencia a baja y alta frecuencia que determinan la anchura de banda efectiva de la conexión telefónica, así como las variaciones de la pérdida dentro de la banda, en función de la frecuencia. Tanto la pérdida de sonoridad como la nitidez de una conexión telefónica son función de la distorsión de atenuación. Aun cuando se mantenga constante el valor de la pérdida de sonoridad, las opiniones en cuanto a la calidad de la transmisión, determinada mediante pruebas subjetivas, tienden a empeorar a medida que aumenta la distorsión de atenuación.

El efecto de la distorsión de atenuación sobre la sonoridad es mayor en el extremo inferior de la banda de frecuencias que en el extremo superior. En cambio, su efecto sobre la nitidez del sonido es más acentuado en las frecuencias altas. Tanto para las degradaciones de la sonoridad como para las de la nitidez debidas a las características de la banda de paso, puede suponerse que los valores de la degradación debida a las características de paso alto y de paso bajo se sumarán directamente si las respectivas curvas de distorsión de atenuación presentan una pendiente mayor que 15 dB/octava.

El efecto que ejerce la distorsión de atenuación sobre las notas de opinión de la escucha y de la conversación disminuye considerablemente a medida que aumenta la pérdida de sonoridad global de la conexión, sobre todo cuando existe también ruido de circuito. De ordinario, la distorsión de atenuación tiene un efecto menor sobre la opinión que la pérdida de sonoridad, particularmente cuando ésta es elevada, pero tiene un efecto comparable al del ruido cuando tanto éste como la pérdida de sonoridad son bajos.

Los objetivos actuales sobre calidad de funcionamiento de la red, desde el punto de vista de la distorsión de atenuación en los elementos de transmisión eléctrica de una cadena mundial de 12 circuitos a cuatro hilos, se indican en la Recomendación G.132 pero, como es natural, las características de frecuencia de los propios aparatos telefónicos ejercen cierta influencia.

NOTA – En el Anexo B figura más información en lo relativo a los efectos de la distorsión de atenuación sobre la calidad de transmisión.

2.7 Distorsión por retardo de grupo

La distorsión por retardo de grupo se caracteriza por el valor del retardo de grupo a otras frecuencias con relación a su valor a la frecuencia para la que es mínimo. Si bien esta distorsión reviste por lo general más importancia para la transmisión de datos que para la transmisión de la palabra, puede deformar considerablemente las señales vocales cuando su valor es alto.

El efecto que tiene la distorsión por retardo de grupo en los extremos superior e inferior de la banda transmitida puede describirse, respectivamente, como una «reverberación» y una «borrosidad» de la palabra. En ausencia de ruido o distorsión de atenuación, este efecto es claramente perceptible dentro de toda la gama representativa de valores de pérdida de sonoridad. Pero el mismo no suele ser grave en una cadena típica de circuitos a cuatro hilos, ya que la distorsión por retardo de grupo va acompañada de ordinario por una distorsión de atenuación estrechamente relacionada con ella y que tiende a mitigar sus efectos.

Los objetivos actuales sobre calidad de funcionamiento, desde el punto de vista de la distorsión por retardo de grupo en una cadena mundial de 12 circuitos, se indican en la Recomendación G.133.

NOTA – En el Anexo C figuran más informaciones sobre los efectos de la distorsión por retardo de grupo.

2.8 Retardo absoluto

Los valores de retardo absoluto que suelen encontrarse en los sistemas de transmisión terrenal no tienen mayor efecto sobre la calidad de la transmisión de la palabra si no hay ningún eco para la persona que habla o para la que escucha (por ejemplo, en conexiones a cuatro hilos), o si estos dos ecos están bien controlados. Los sistemas de transmisión por satélite introducen retardos mayores (de aproximadamente 300 ms en cada sentido de transmisión), pero los datos disponibles sobre la opinión de los usuarios indican que ello tampoco tiene gran efecto sobre la calidad de la transmisión, en las conexiones que comprenden un solo circuito por satélite, cuando los ecos para la persona que habla y para la que escucha están bien controlados. Existen menos datos sobre los efectos de los retardos unidireccionales de unos 600 ms (dos circuitos por satélite en cascada) y estos resultados no son totalmente uniformes. Por consiguiente, se recomienda proceder con prudencia en lo que respecta a la introducción de un retardo absoluto en un solo sentido considerablemente superior a 300 ms.

NOTA – Los efectos del eco, el control del eco y el tiempo de propagación se estudian en el marco de la Cuestión 21/12.

2.9 Eco para el hablante

El eco para el hablante intervendrá cuando una parte de sus señales vocales retorne con un retardo suficiente (de ordinario, más de unos 30 ms) para que la señal sea distinguible del efecto local normal. El eco que sufre el hablante puede deberse a reflexiones en puntos de desadaptación de impedancias o a otros procesos, como por ejemplo una diafonía entre los sentidos de ida y retorno. Su efecto es función de la pérdida existente entre puntos acústicos en el trayecto de eco y del retardo en este trayecto. Por lo general, la satisfacción del usuario es tanto menor cuanto menor es la pérdida del trayecto de eco o cuanto mayor es el retardo en este trayecto.

El índice de sonoridad global del trayecto de eco se define aquí como la suma de:

- el índice de sonoridad en los dos sentidos de transmisión del sistema telefónico local del hablante (que se supone tenga valores mínimos del índice de sonoridad);
- el índice de sonoridad en los sentidos de transmisión de la cadena de circuitos entre el extremo a dos hilos del sistema telefónico local del hablante y los terminales a dos hilos del equipo de terminación a cuatro hilos/dos hilos en el extremo del oyente;
- el valor medio de la atenuación de equilibrado para el eco en el extremo del oyente.

En la Figura 2/G.131 aparecen unas curvas de tolerancia al eco que indican el valor que se recomienda dar al LR del trayecto de eco para controlar la probabilidad de que se produzca un eco indeseable.

NOTA – Los efectos del eco y el tiempo de propagación se estudian en el marco de la Cuestión 21/12.

2.10 Eco para el oyente

Por eco para el oyente se entiende aquella condición de transmisión en la cual la señal vocal principal llega al extremo de la conexión del oyente acompañada por una o más versiones retardadas (ecos) de la señal. Esta condición puede deberse a la presencia de múltiples reflexiones en el trayecto de transmisión. Una fuente simple, pero corriente, de eco para el

oyente es un trayecto de transmisión a cuatro hilos de baja pérdida que interconecta dos líneas de abonado a dos hilos, conexión en la cual pueden producirse reflexiones como consecuencia de una desadaptación de impedancias en las bobinas híbridas de cada extremo de la sección a cuatro hilos. En tal caso, una parte de la señal vocal principal puede reflejarse en el extremo del trayecto a cuatro hilos, volver al trayecto a dos hilos y reflejarse de nuevo. El resultado de todo ello es un eco cuya magnitud con respecto a la señal principal depende de las dos pérdidas de retorno y de la pérdida o ganancia en ambos sentidos del trayecto de transmisión a cuatro hilos. El retardo del eco viene determinado principalmente por el retardo en ambos sentidos del trayecto de transmisión a cuatro hilos. Cuando el retardo es pequeño, el eco para el oyente produce una modificación en la calidad espectral de la palabra. Cuando el retardo es grande el eco es más pronunciado, dando lugar a lo que a veces se llama efecto de lluvia.

El eco para el oyente puede ser caracterizado por la pérdida adicional y el retardo adicional que existen en el trayecto de eco del oyente con relación a los que existen en el trayecto de la señal principal. El valor mínimo de la pérdida adicional de ese trayecto de eco, dentro de la banda de frecuencias que interesa, incluye un margen, en previsión de una inestabilidad u oscilación. De ahí que el eco para el oyente se denomine a menudo distorsión cercana al canto. En la Recomendación G.122 se dan indicaciones sobre la influencia de las redes nacionales en la estabilidad de las conexiones internacionales.

2.11 Distorsión no lineal

Se produce distorsión no lineal en un sistema, en el sentido más general, cuando la salida de éste no guarda una relación lineal con su entrada. Un ejemplo sencillo es un sistema cuya señal de salida puede representarse en función de la señal de entrada $e_i(t)$ mediante un polinomio de la forma:

$$e_o(t) = a_1 e_i(t) + a_2 e_i^2(t) + a_3 e_i^3(t) + \dots$$

que en el caso de una entrada sinusoidal crea en la señal de salida armónicos de segundo y tercer órdenes y superiores. Tratándose de señales más complejas, los términos no lineales se describen a menudo por la expresión de distorsión de intermodulación. De ordinario, la distorsión no lineal es una degradación más importante para la transmisión de datos que para la transmisión de la palabra, pero puede también ser importante en esta última.

Hasta ahora, una de las mayores fuentes de distorsión no lineal en las conexiones telefónicas han sido los aparatos telefónicos que utilizan micrófonos de carbón. Aunque hoy día los micrófonos de carbón están siendo rápidamente reemplazados por micrófonos lineales, están introduciéndose otras fuentes potenciales de distorsión no lineal, por ejemplo, al utilizar sistemas de codificación digital, especialmente a bajas velocidades binarias. Estos esquemas introducen distorsión de cuantificación (véase 2.12) que es una forma particular de distorsión no lineal. Además, otras fuentes importantes son los compansores silábicos y los amplificadores sobrecargados.

En el Anexo D se recoge más información relativa a los micrófonos de carbón y lineales, en tanto que el Anexo F contiene información sobre los efectos subjetivos de la distorsión no lineal en general.

NOTA – La distorsión no lineal (y en especial la definición de un método de medición objetiva adecuado) está siendo estudiada en la cuestión 13/12.

2.12 Distorsión de cuantificación

En los sistemas digitales se produce distorsión de cuantificación cuando se muestrea una señal analógica y cada muestra se codifica de acuerdo con uno de una serie finita de valores. La diferencia entre la señal analógica original y la que se reconstruye después de la cuantificación se denomina distorsión de cuantificación o ruido de cuantificación. Para muchos algoritmos de codificación digital, como los utilizados en la MIC de ley A o de ley μ , que tienen una función de compansión casi logarítmica, es posible reproducir aproximadamente el efecto subjetivo de la distorsión de cuantificación añadiendo un ruido correlacionado con la señal (ruido blanco modulado por la señal vocal). Esta señal puede obtenerse mediante el aparato de referencia utilizado para generar ruido modulado, que puede ajustarse para que proporcione una señal de referencia con una determinada relación señal/ruido correlacionado con la señal, de valor casi constante. En la Recomendación P.81 se describe la unidad de referencia del ruido modulado recomendada por el CCITT para uso en la evaluación de los codecs digitales para aplicaciones telefónicas. La relación señal/ruido correlacionado con la señal, cuando se expresa en dB, se denomina Q. Mediante una comparación con el aparato de referencia se puede determinar la Q efectiva del sistema digital desconocido. (La Recomendación P.83 contiene directrices para la utilización de la unidad de referencia del ruido modulado de la Recomendación P.81.)

Varias Administraciones han comunicado los resultados de pruebas subjetivas destinadas a evaluar los efectos del ruido de circuito y de la Q sobre la opinión de los usuarios. Los resultados de las pruebas de este tipo permiten efectuar estimaciones del nivel de ruido de circuito que se traduciría en aproximadamente el mismo índice de calidad de transmisión que un determinado nivel de distorsión de cuantificación.

NOTA – Figuran más informaciones en el Anexo E. La calidad de transmisión de los sistemas digitales se estudia en el marco de la Cuestión 18/12.

2.13 Fluctuación de fase

Se produce una fluctuación de fase cuando la señal deseada, durante la transmisión, es modulada en fase o en frecuencia en baja frecuencia. Esta distorsión puede llegar a degradar la calidad de la transmisión si es suficientemente alta. En el Cuadro 4 se resumen los valores de umbral de la fluctuación de fase a una sola frecuencia comunicados por una Administración. Estos resultados indican el umbral medio, expresado en función de la relación señal/banda lateral de primer orden (C/SB) en dB. La desviación típica media de los participantes era de aproximadamente 4 dB.

CUADRO 4/P.11

Frecuencia de la modulation de la fluctuación de fase (Hz)	Valor medio umbral de la relación C/SB (dB)	
	Hombres	Mujeres
25	10,9	13,8
80	14,4	16,3
115	12,3	18,3
140	13,8	20,0
200	17,0	18,0

2.14 Diafonía inteligible

Tiene lugar una diafonía inteligible cuando la señal vocal de una conexión telefónica penetra en otra conexión y resulta audible e inteligible para uno o ambos participantes en la comunicación telefónica por esta segunda conexión. Si bien la diafonía inteligible puede tener un nivel lo suficientemente alto para degradar la calidad de transmisión, el problema principal radica en la pérdida del secreto de la comunicación.

La inteligibilidad de una señal que se acopla (por diafonía) de una conexión telefónica a otra depende de varios factores, a saber, las características de los aparatos telefónicos (incluido su efecto local), el ruido de circuito, el ruido ambiente, la atenuación diafónica, el nivel vocal del hablante y la agudeza auditiva del oyente.

En la Recomendación P.16 figura información sobre el umbral de inteligibilidad de la diafonía y sobre los métodos que se utilizan para calcular la probabilidad de que se produzca diafonía inteligible. Los diversos elementos que intervienen en las conexiones telefónicas deben diseñarse en función de unos objetivos que aseguren que la probabilidad de que se produzca diafonía inteligible sea suficientemente baja. Por lo general, se fijan de manera que dicha probabilidad sea siempre inferior al 1% en las conexiones en las que la persona interferente y la interferida tienen pocas posibilidades de conocerse y de volver a sufrir el mismo acoplamiento. Pero en el caso del equipo local, como por ejemplo las líneas de los abonados que pueden ser vecinos, suele aplicarse un objetivo más riguroso, por lo general de 0,1%.

3 Efecto de las degradaciones múltiples y empleo de modelos de opinión

Las características de transmisión de una conexión real pueden ser afectadas por varias degradaciones a la vez. Si bien los resultados en cuanto a la opinión del usuario que se obtienen de la manera descrita en la cláusula 2 resultan útiles en muchos estudios que versan sobre uno o dos tipos de degradaciones de transmisión, su naturaleza se hace cada vez más

compleja a medida que aumenta el número de degradaciones consideradas en el estudio. Esta circunstancia ha llevado a estudiar unos modelos analíticos más amplios de la opinión del usuario, algunos de los cuales se basan en los resultados combinados de varias pruebas y estudios separados. En la formulación y utilización de estos modelos más completos son de gran ayuda los computadores digitales modernos. En principio, estos modelos podrían abarcar los efectos de todos o de la mayoría de los tipos importantes de degradación mencionados en la cláusula 2.

NOTA – Algunas Administraciones han informado ya de las actividades que desarrollan para llegar a tal fin, pero el tema de los modelos de predicción de la calidad de transmisión a partir de mediciones objetivas sigue en estudio en el marco de la Cuestión 13/12. En el Suplemento N.º 3 de las Recomendaciones de la serie P se describen los modelos de opinión utilizados por Bellcore, British Telecom, NTT y CNET.

Anexo A

Índice de calidad de transmisión

(Este anexo no es parte integrante de la presente Recomendación)

A.1 Introducción

Este anexo, que se preparó como parte de la respuesta a la Cuestión 4/12 (1985-1988), describe un sencillo modelo de opinión de conversación para predecir los efectos combinados del índice de sonoridad global (OLR) según la Recomendación P.79 y el ruido sofométrico en dBmp. Incluye también los efectos del índice de enmascaramiento para el efecto local (STMR), del ruido ambiente en dBA y de la distorsión de atenuación.

A.2 Parámetros de la conexión utilizados en el modelo

A continuación se enumeran los parámetros de la conexión y su gama de valores.

<i>Parámetros de la conexión</i>	<i>Gama</i>
OLR Índice de sonoridad global, en dB	0 a 40
CN Ruido de circuito (<i>circuit noise</i>) para un ISR de 0 dB, en dBmp	–80 a –40
RN Ruido ambiente (<i>room noise</i>), en dBA	30 a 70
Q Relación señal/distorsión de cuantificación, en dB	0 a 100
STMR(T) Índice de enmascaramiento para el efecto local (extremo del hablante), en dB	0 a 20
STMR(L) Índice de enmascaramiento para el efecto local (extremo del oyente), en dB	0 a 20
FL Frecuencia de corte inferior (<i>lower cutoff</i>) (10 dB), en Hz	200 a 600
FU Frecuencia de corte superior (<i>upper cutoff</i>) (10 dB), en Hz	2500 a 3400

A.3 Modelo básico para el índice de calidad de transmisión

$$I = I(S/N) I(BW) I(ST) \tag{A-1}$$

$$I(S/N) = \text{Índice para la atenuación de sonoridad y el ruido de circuito}$$

$$= 1,026 - 0,013\sqrt{(OLRe - OLRp)^2 + 4} - 0,01(NT + 80) \tag{A-2}$$

$$\begin{aligned}
 OLR_e &= \text{OLR efectivo con efecto del STMR(T) sobre el nivel vocal} \\
 &= OLR \quad \text{para } STMR(T) > 12 \text{ dB} \\
 &= OLR + [12 - STMR(T)]/3 \quad \text{para } STMR(T) < 12 \text{ dB}
 \end{aligned} \tag{A-3}$$

$$\begin{aligned}
 OLR_p &= \text{Valor óptimo de OLR en función de CN y RN} \\
 &= 10 - (NT + 80)/10
 \end{aligned} \tag{A-4}$$

$$\begin{aligned}
 NT &= \text{Ruido de circuito equivalente al ruido total, en dBmp} \\
 &= N1 (+) NF (+) N(Q)
 \end{aligned} \tag{A-5}$$

$$\begin{aligned}
 N1 &= \text{Ruido de circuito equivalente del ruido del circuito y del ruido ambiente, en dBmp} \\
 &= CN (+) RNE(L) (+) RNE(S)
 \end{aligned} \tag{A-6}$$

$$\begin{aligned}
 RNE(L) &= \text{Ruido de circuito equivalente debido al ruido ambiente y a la fuga del pabellón del auricular, en dBmp} \\
 &= RN - 116
 \end{aligned} \tag{A-7}$$

$$\begin{aligned}
 RNE(S) &= \text{Ruido de circuito equivalente debido al ruido ambiente y al trayecto de efecto local, en dBmp} \\
 &= RN - 100 - STMR(L) - D
 \end{aligned} \tag{A-8}$$

$$\begin{aligned}
 D &= \text{Índice del efecto local para el ruido ambiente - } STMR(L) \\
 &= 15 - 0,006 (RN - 30)^2 \text{ (transmisor de carbón)}
 \end{aligned} \tag{A-9}$$

$$= 3 \text{ (transmisor lineal)}$$

$$\begin{aligned}
 NF &= \text{Pedestal de ruido aparente} \\
 &= -70 \text{ dBpm (valor por defecto)}
 \end{aligned} \tag{A-10}$$

$$\begin{aligned}
 NQ &= \text{Ruido de circuito equivalente a la distorsión de cuantificación, en dBmp} \\
 &= -3 - OLR - 2,2Q
 \end{aligned} \tag{A-11}$$

$$\begin{aligned}
 I(BW) &= \text{Índice para la anchura de banda} \\
 &= [1 - 0,0008(FL - 200)] [1 - 0,00022(3400 - FU)]
 \end{aligned} \tag{A-12}$$

$$\begin{aligned}
 I(ST) &= \text{Índice para el efecto local} \\
 &= 1 - 0,00003(OLR_e) [STMR(L) - 15]^2
 \end{aligned} \tag{A-13}$$

$$FI = 7,2I - 2 \tag{A-14}$$

$$X = 0,96(FI - 2) + 0,041(FI - 2)^3 \tag{A-15}$$

$$MOS = 4 \exp(X)/[1 + \exp(X)] \tag{A-16}$$

$$\%(G + E) = 100/[1 + \exp(-QA)] \quad (A-17)$$

$$QA = 1,59577 A (1 + 0,04592 A^2 - 0,000368 A^4 + 0,000001 A^6) \quad (A-18)$$

$$A = FI - 2,5 \quad (A-19)$$

$$\%(P + B) = 100 - 100/[1 + \exp(-QB)] \quad (A-20)$$

$$QB = 1,59577 B (1 + 0,04592 B^2 - 0,000368 B^4 + 0,000001 B^6) \quad (A-21)$$

$$B = FI - 1,5 \quad (A-22)$$

G = Buena

P = Mediocre

E = Excelente

B = Mala

A.4 Resultados típicos

Los resultados típicos del modelo en cuanto a la nota media de opinión (MOS, *mean opinion score*) se adjuntan como Figuras A.1 a A.7.

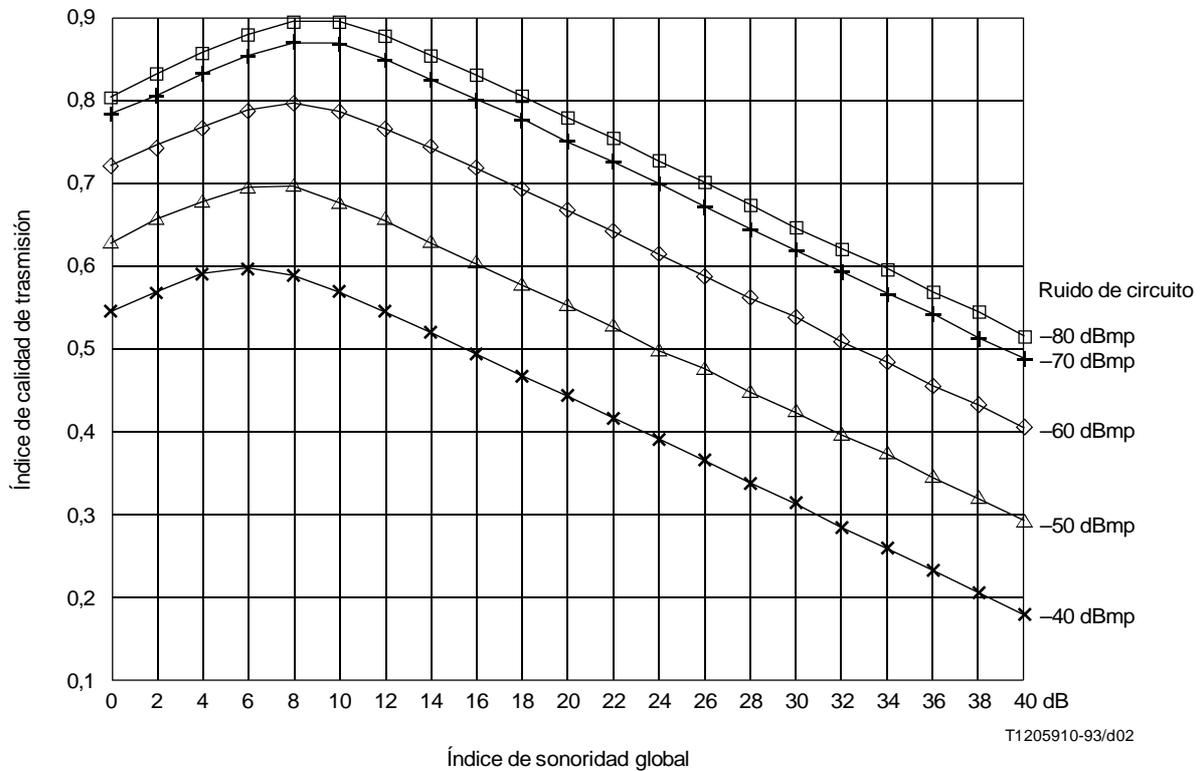


FIGURA A.1/P.11

Índice de calidad de transmisión en función del índice de sonoridad global y del ruido de circuito

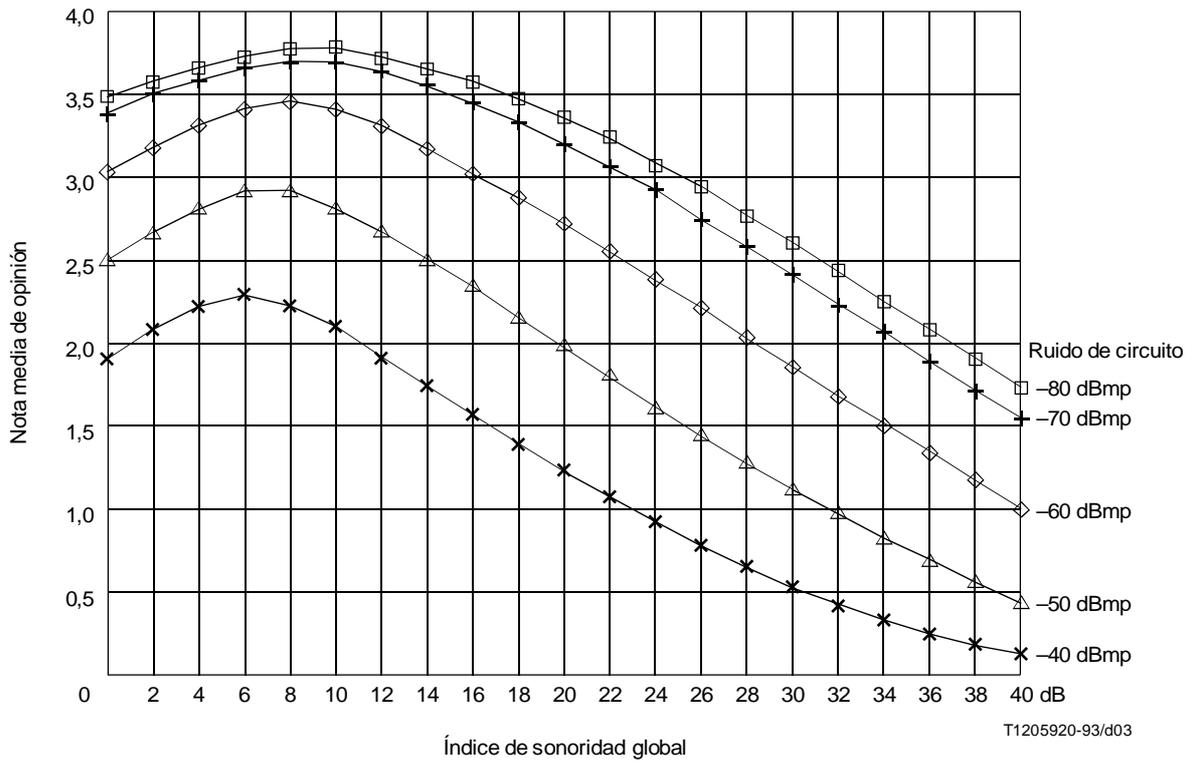


FIGURA A.2/P.11
 Nota media de opinión en función del índice de sonoridad global
 y del ruido de circuito

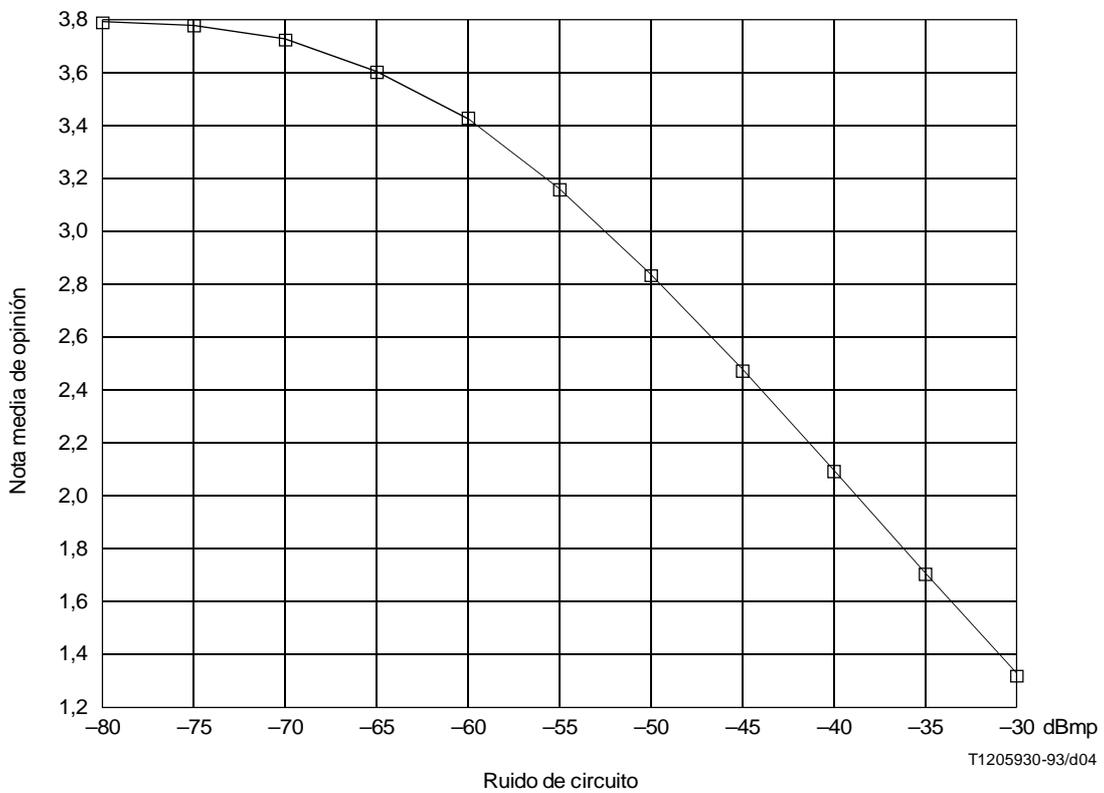


FIGURA A.3/P.11
 Nota media de opinión en función del ruido de circuito con OLR = 10 dB

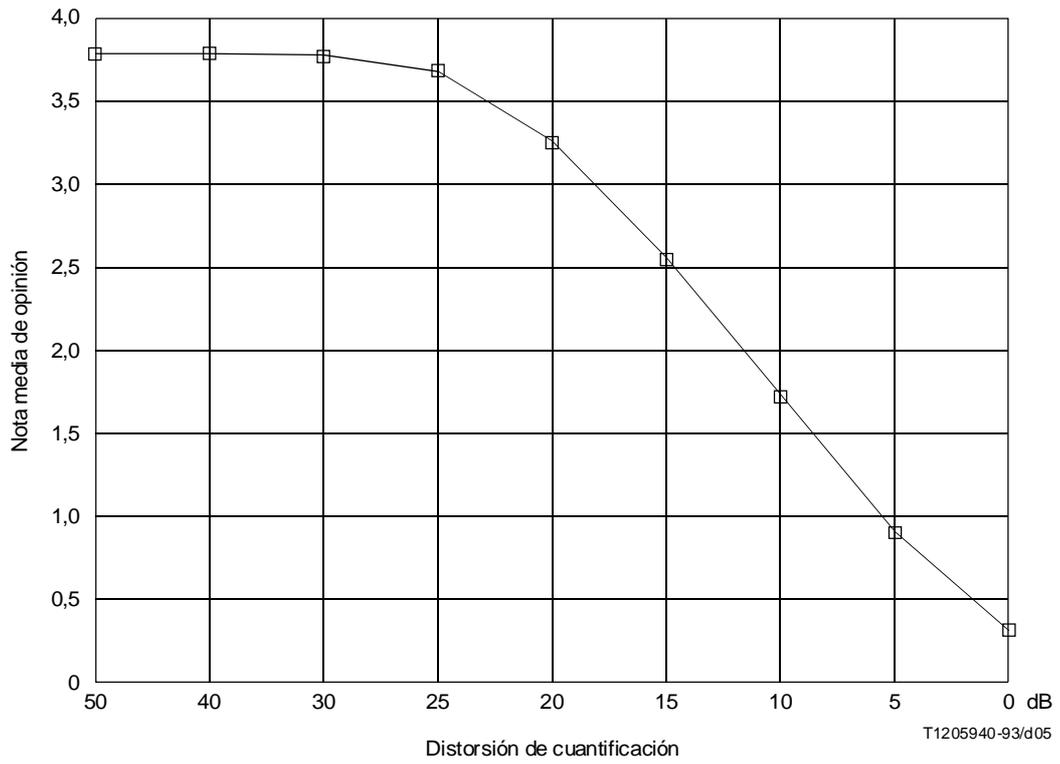


FIGURA A.4/P.11
Nota media de opinión en función de la distorsión de cuantificación

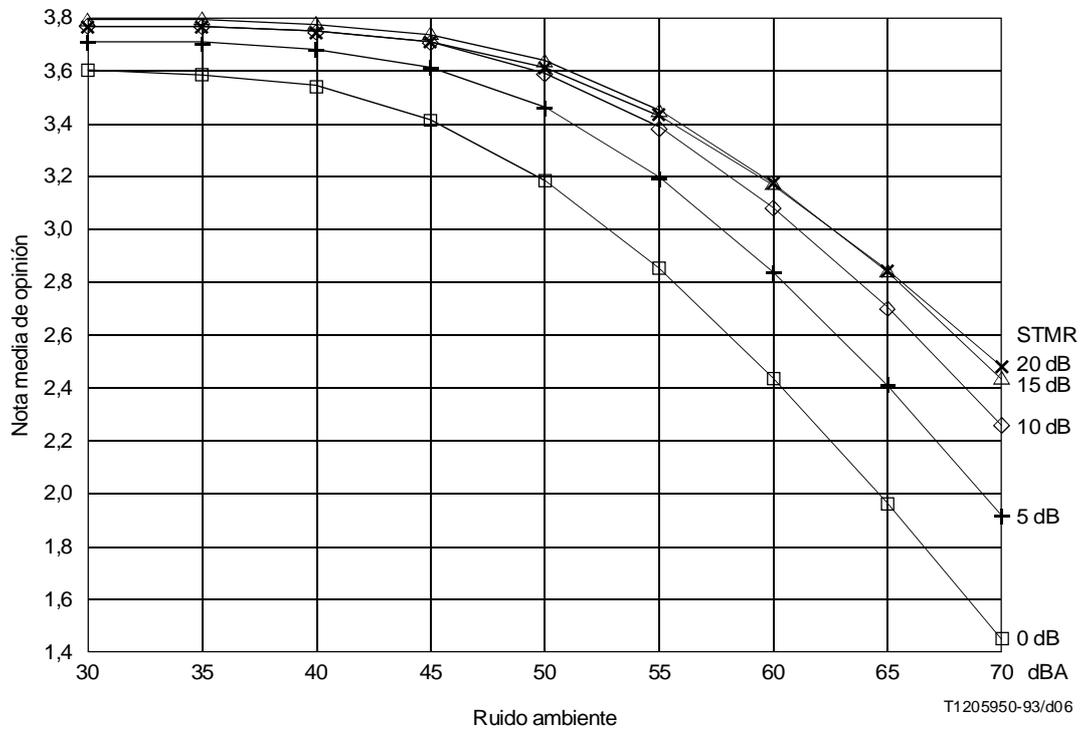


FIGURA A.5/P.11
Nota media de opinión en función del ruido ambiente y del efecto local con un micrófono de carbón

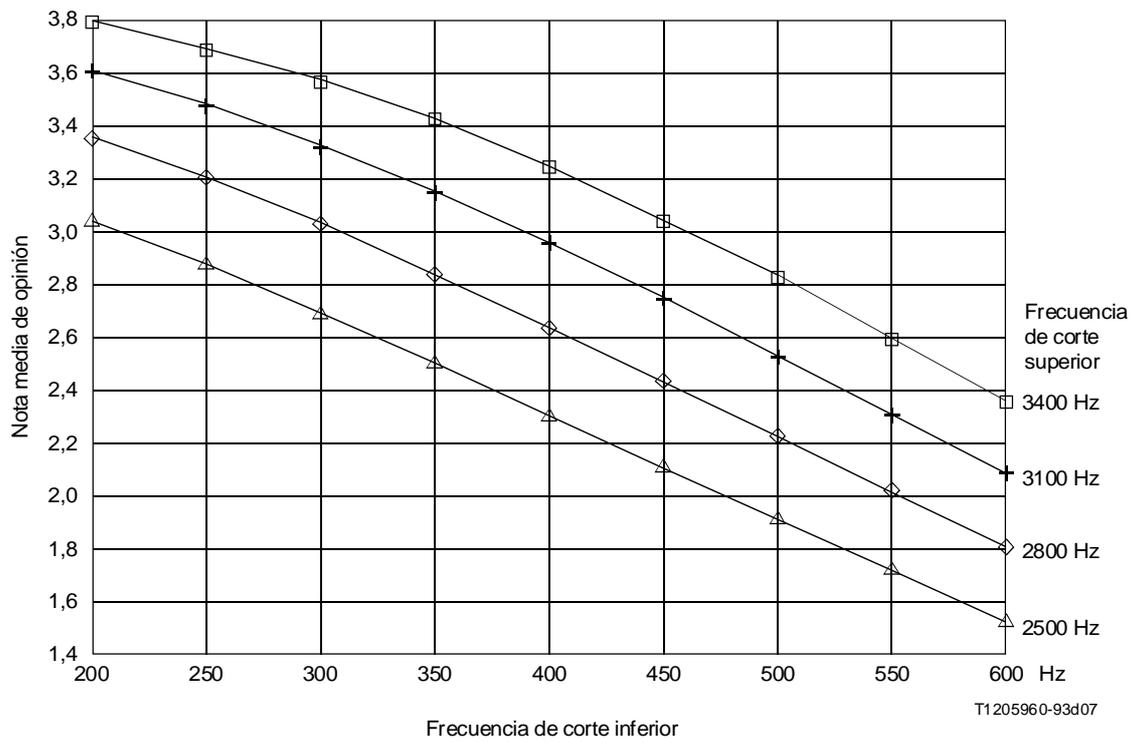


FIGURA A.6/P.11
 Nota media de opinión en función de las frecuencias de corte inferior y superior

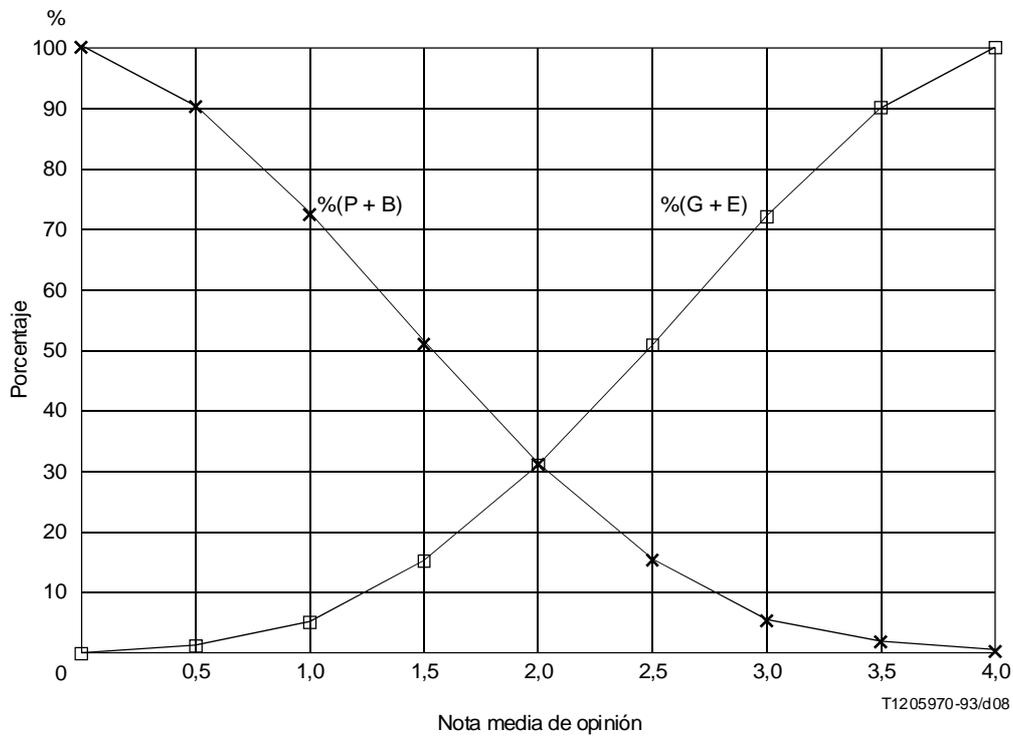


FIGURA A.7/P.11
 Relaciones de opinión para el índice de calidad de transmisión:
 porcentaje «G + E» y porcentaje «P + B» en función de la nota media de opinión

Anexo B

Efectos de la distorsión de atenuación en la calidad de transmisión

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

B.1 Efecto de la distorsión de atenuación en la sonoridad y la nitidez

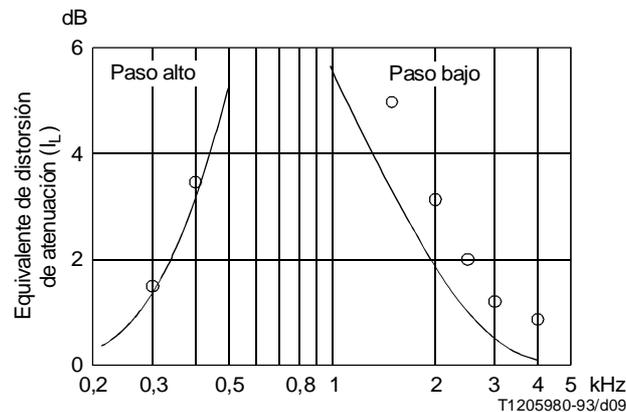
El efecto de la distorsión de atenuación en la sonoridad es más acusado en una banda de frecuencias baja que en una alta.

El efecto de la distorsión de atenuación en la nitidez es, al contrario que en la sonoridad, más acusado en una banda de frecuencias alta que en una baja. Los valores del equivalente de distorsión de atenuación (I_L) y de la pérdida equivalente de nitidez (I_A) son valores de diferencias de pérdida equivalente referidos a un sistema sin restricción de la banda de frecuencia.

Para calcular los valores de equivalente de distorsión de atenuación y de pérdida equivalente de nitidez debidos a una característica paso de banda, puede suponerse que se cumple una ley aditiva de valores de degradación debidos a características paso alto y paso bajo, si cada pendiente de atenuación es superior a 15 dB/octava.

Estos valores se obtienen por inducción basándose en los cálculos y resultados de pruebas subjetivas (Figuras B.1, B.2, B.3 y B.4).

NOTA – El equivalente de distorsión de atenuación y la pérdida equivalente de nitidez aquí descritas se determinan con referencia a un trayecto vocal telefónico completo cuyo enlace no tenga distorsión de atenuación.



Frecuencia de corte para una pérdida de inserción de 10 dB

○ Valor de prueba subjetiva

— Valor calculado

NOTA – La pendiente de los filtros paso bajo y paso alto es de 48 dB/octava.

FIGURA B.1/P.11

Efecto de la frecuencia de corte en la sonoridad

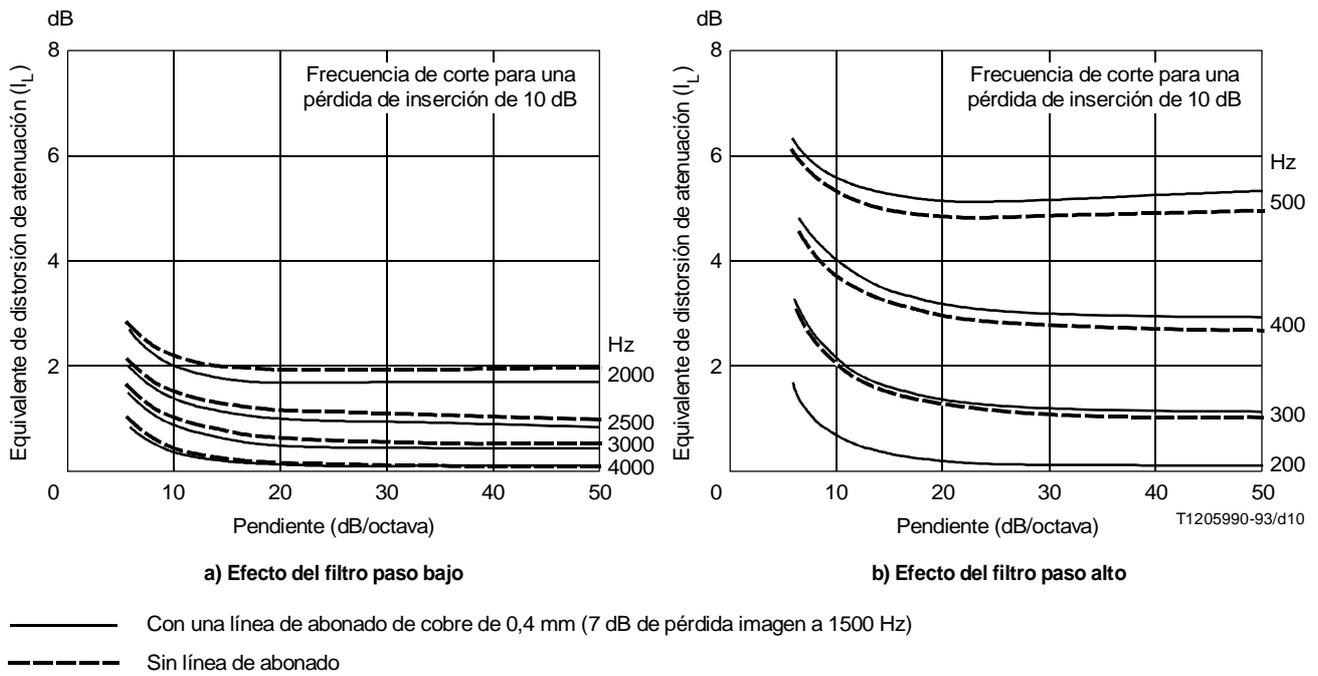


FIGURA B.2/P.11

Efecto de la pendiente de los filtros paso bajo y paso alto sobre la sonoridad

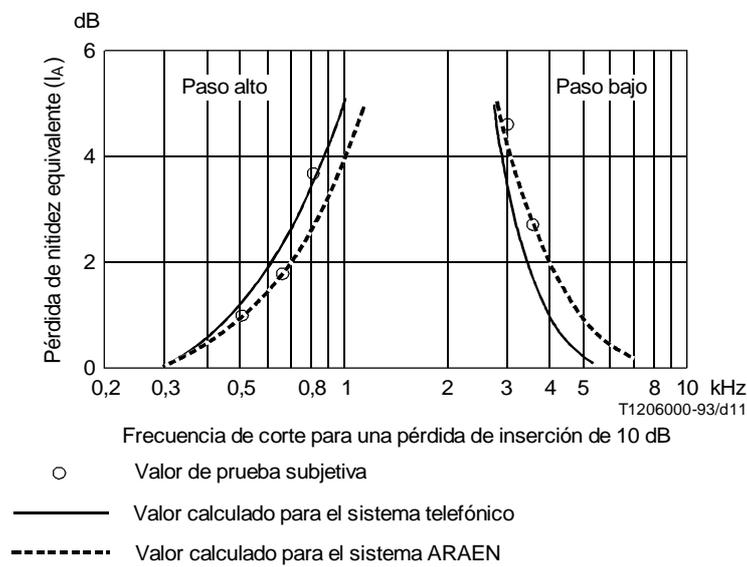


FIGURA B.3/P.11

Efecto de la frecuencia de corte sobre la nitidez

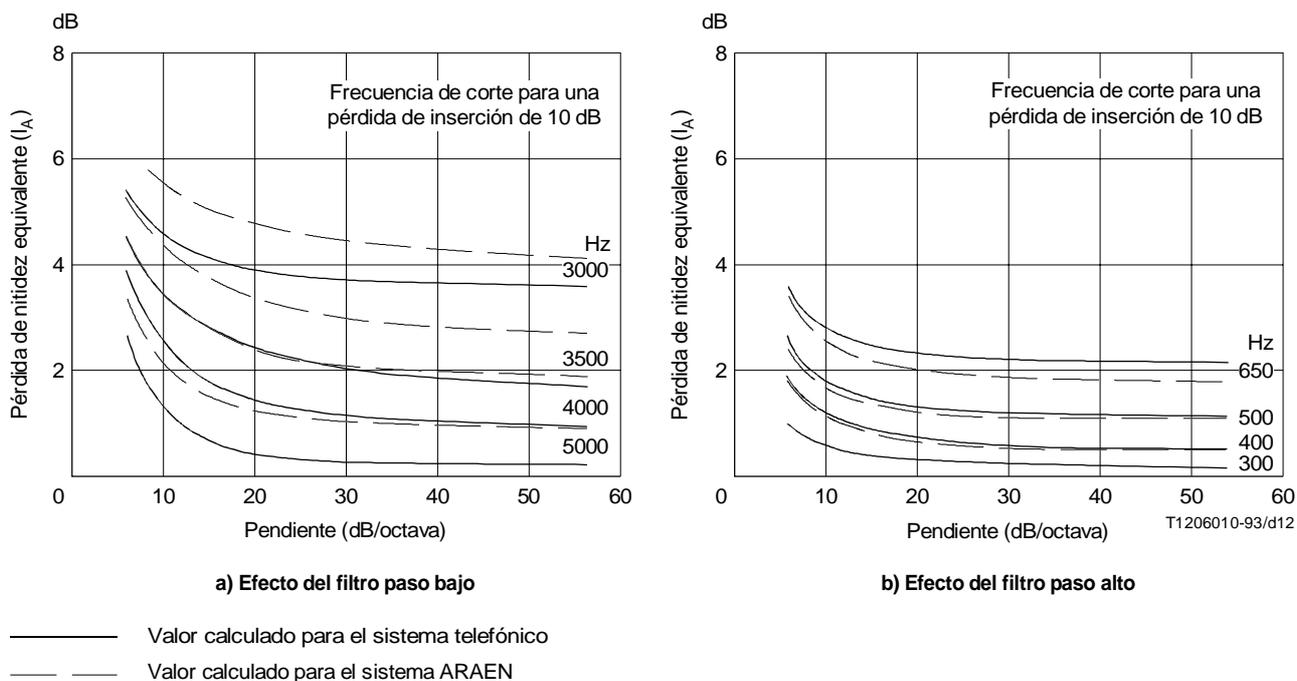


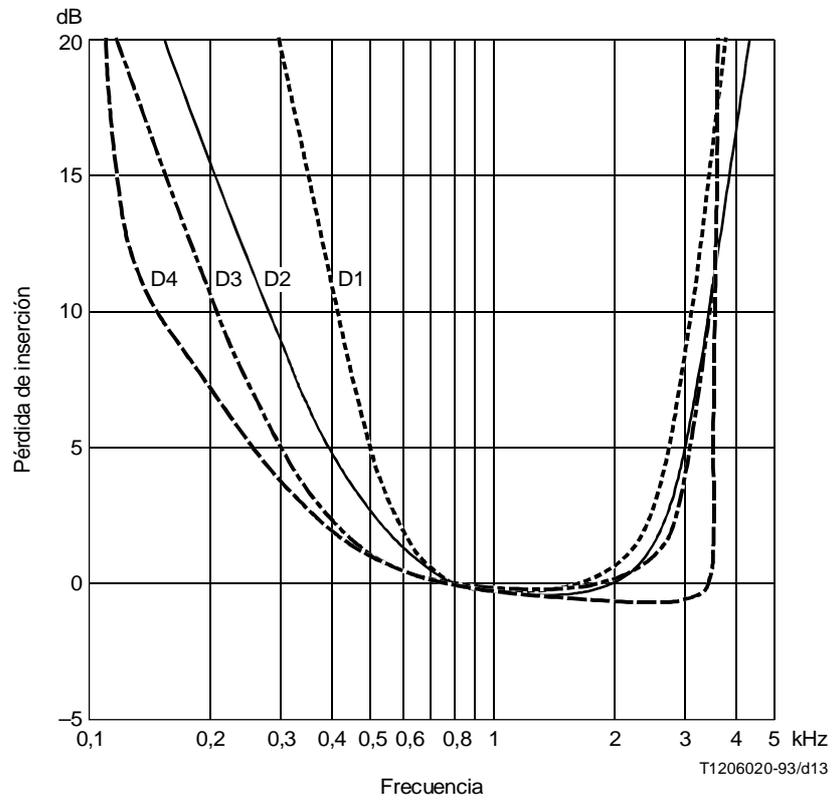
FIGURA B.4/P.11
 Efecto de la pendiente de los filtros paso bajo y paso alto sobre la nitidez

B.2 Efecto de la distorsión de atenuación en las notas de opinión en la audición y la conversación

Este efecto aumenta apreciablemente al disminuir el valor de la pérdida de sonoridad global de una conexión. Esta tendencia puede ser más acusada cuando existe ruido de circuito.

El efecto de la distorsión de atenuación sobre las notas de opinión es bastante mejor que el de la pérdida de sonoridad, siempre dominante para cualquier valor particularmente alto de la pérdida de sonoridad global. Sin embargo, su efecto parece comparable con el del ruido, o incluso mayor en determinadas condiciones, especialmente en conexiones con valores bajos de la pérdida de sonoridad global.

Véanse las Figuras B.5, B.6, B.7 y el Cuadro B.1.



- D1 Característica límite al 95% de una cadena de 12 circuitos a cuatro hilos basada en la Figura 1/G.232, gráfico N° 2B
- D2 Característica de una cadena de 12 circuitos a cuatro hilos basada en la Figura 1/G.132
- D3 Característica media de D4 y D2
- D4 Filtro SRAEN (véase Recomendación G.111 y la presente Recomendación)

FIGURA B.5/P.11
**Característica de distorsión de atenuación en el enlace
 para conexiones de prueba**

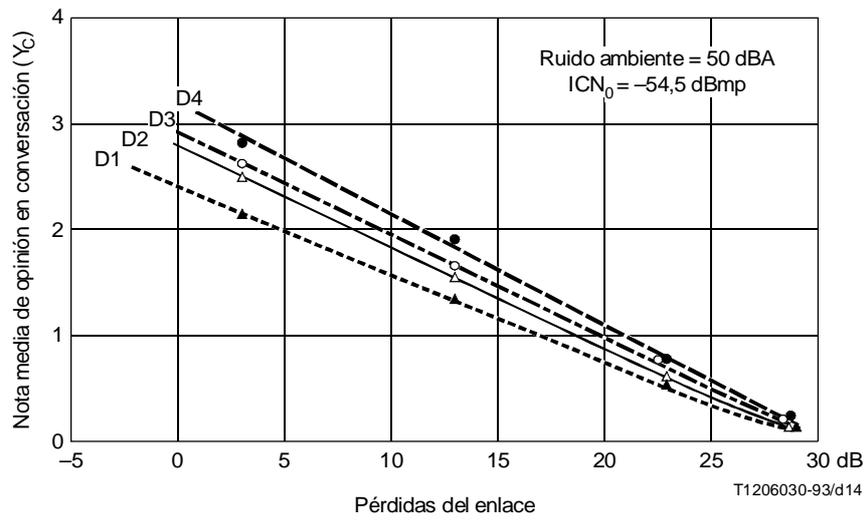


FIGURA B.6/P.11
Efecto de la distorsión de atenuación en la nota de opinión en conversación

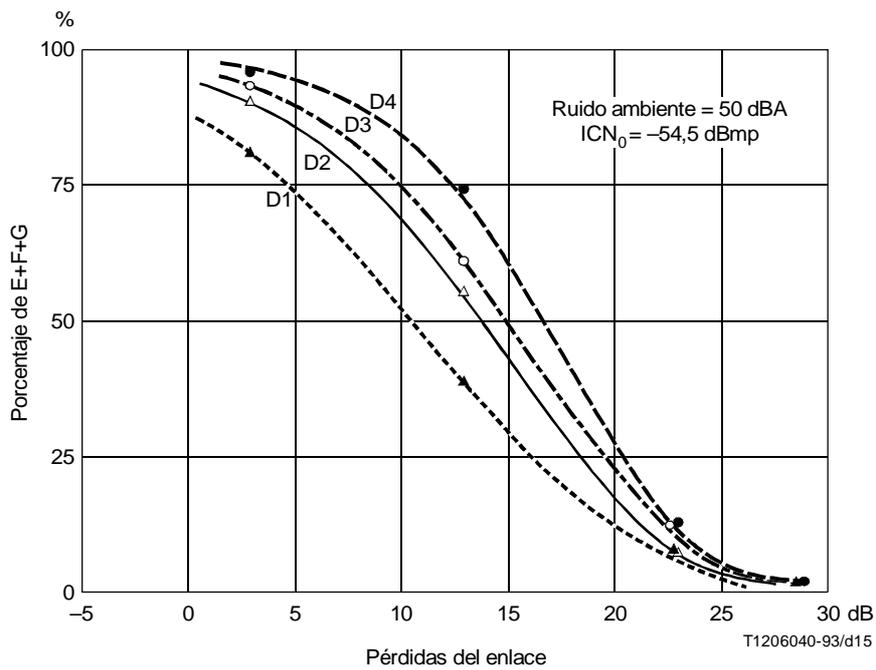


FIGURA B.7/P.11
Efecto de distorsión de atenuación en el porcentaje de F, G y E en la prueba de conversación

CUADRO B.1/P.11

Condiciones de la prueba de opinión

N.º	Característica	Condiciones de la prueba de opinión en conversación empleando sistemas telefónicos locales	Observación
1	Pérdidas del enlace	3, 13, 23, 29 dB	Medidas a 800 Hz
2	Nivel de ruido de circuito	ICN ₀ ^{a)} = -48,5 dBmp (14 000 pWp) -54,5 dBmp (3500 pWp) -60,5 dBmp (900 pWp) -78,5 dBmp (14 pWp)	Incluido el ruido de central: característica de espectro de -8 dB/octava
3	Ruido ambiente	50 dBA	
4	Extremos emisión y recepción	Sistemas telefónicos locales Aparato telefónico: modelo 600 Línea de abonado: Ø 0,4 mm, 7 dB a 1500 Hz Puente de alimentación: central de barras cruzadas (220 + 220 ohms) Impedancia del enlace: 600 ohms	SCRE + RCRE = 9,3 dB ^{b)}
5	Distorsión de atenuación	D1, D2, D3, D4 (véase la Figura B.5)	
<p>^{a)} El ruido de circuito inyectado está referido a la entrada de un extremo receptor telefónico con un equivalente de referencia corregido en recepción de 0 dB.</p> <p>^{b)} SCRE Equivalente de referencia corregido en emisión (<i>sending corrected reference equivalent</i>) RCRE Equivalente de referencia corregido en recepción (<i>receiving corrected reference equivalent</i>):</p>			

B.3 Ejemplos del efecto de la característica de distorsión de atenuación

CUADRO B.2/P.11

Ejemplo de diversos métodos para expresar la característica de distorsión de atenuación

Distorsión de atenuación	Parámetros característicos						Pérdida equivalente (dB)				
	Frecuencia de corte (Hz)		Pendiente (dB/oct)		Pérdida de inserción (dB)		Aspecto 1		Aspecto 2	Aspecto 3	
	f_{L10}	f_{H10}	f_{L10}	f_{H10}	$a_{300\text{ Hz}}$	$a_{3,4\text{ kHz}}$	I_L	I_A	$I_{2,5}$	I_{Y_C}	$I_{\%FGE}$
D4	150	3500	7,0	300	3,8	0	0	0	0	0	0
D3	210	3400	10,0	31,5	5,2	10	0,8	0,3	–	2,3	1,8
D2	280	3300	10,7	29,1	8,8	10	1,2	0,5	1,8	3,8	2,8
D1	420	3100	22,2	31,1	20,0	15	3,2	2,2	4,2	7,8	6,3

I_L Equivalente de distorsión de atenuación (valor calculado).
 I_A Diferencia de pérdida equivalente de nitidez para una nitidez de los sonidos del 80% (valor calculado).
 $I_{2,5}$ Diferencia de pérdida equivalente de nota media de opinión para $Y_{LE} = 2,5$.
 I_{Y_C} Diferencia de pérdida equivalente de nota media de opinión para $Y_C = 2,5$.
 $I_{\%FGE}$ Diferencia de pérdida equivalente acumulada de puntuación para 50%, F, G y E.

B.4 Método de evaluación que utiliza la unidad de distorsión de atenuación (adu)

La unidad de distorsión de atenuación (*adu*, *attenuation distortion unit*) puede utilizarse para la evaluación del efecto de la distorsión de atenuación. No obstante, no se requiere una regla de planificación basada en la utilización de la *adu*.

NOTA – La distorsión de atenuación de un sistema digital viene determinada por la regla de planificación existente basada en la utilización de la unidad de distorsión de cuantificación (*qdu*, *quantizing distortion unit*), ya que los métodos utilizados para asignar las *qdu* a un sistema digital tienen en cuenta el efecto de la distorsión de atenuación. Por tanto, no existe necesidad de una regla de planificación basada en la utilización de la *adu*.

En el Cuadro B.3 se muestra la definición de la distorsión de atenuación para una *adu*.

CUADRO B.3/P.11

Definición de la distorsión de atenuación para una adu

Frecuencia (Hz)	Atenuación (dB)
200	1,57
300	0,40
400	0,12
500	0,08
600	0,06
800	0,01
1000	0
2000	-0,02
2400	0,05
2800	0,14
3000	0,17
3400	1,04

NOTA – Esta característica para una adu se basa en el Cuadro A.4/G.113.

Las características sensibilidad/frecuencia de un sistema telefónico local (LTS, *local telephone systems*) utilizadas para determinar los efectos de las adu en la calidad vocal se presentan en el Cuadro B.4. Dichas características son las del sistema intermedio de referencia (IRS, *intermediate reference system*) sin la introducción del filtro de SRAEN. Para cada parte de emisión y recepción debe utilizarse el IRS como partes de emisión y recepción de la red. Para un aparato telefónico ordinario, las diferencias en la característica sensibilidad/frecuencia se calculan a partir de las características del IRS sin la introducción del filtro del SRAEN que se convierten en adu mediante el método de estimación del número de adu.

Un método de evaluación de la característica de distorsión de atenuación con relación al número de adu viene descrito por la siguiente ecuación:

$$N = \frac{1}{4} \left(\frac{A'_{300}}{A_{300}} + \frac{A'_{400}}{A_{400}} + \frac{A'_{500}}{A_{500}} + \frac{A'_{3000}}{A_{3000}} \right)$$

donde:

N es el número de adu,

A'_f es la distorsión de atenuación (dB) de la característica que ha de evaluarse a la frecuencia f ,

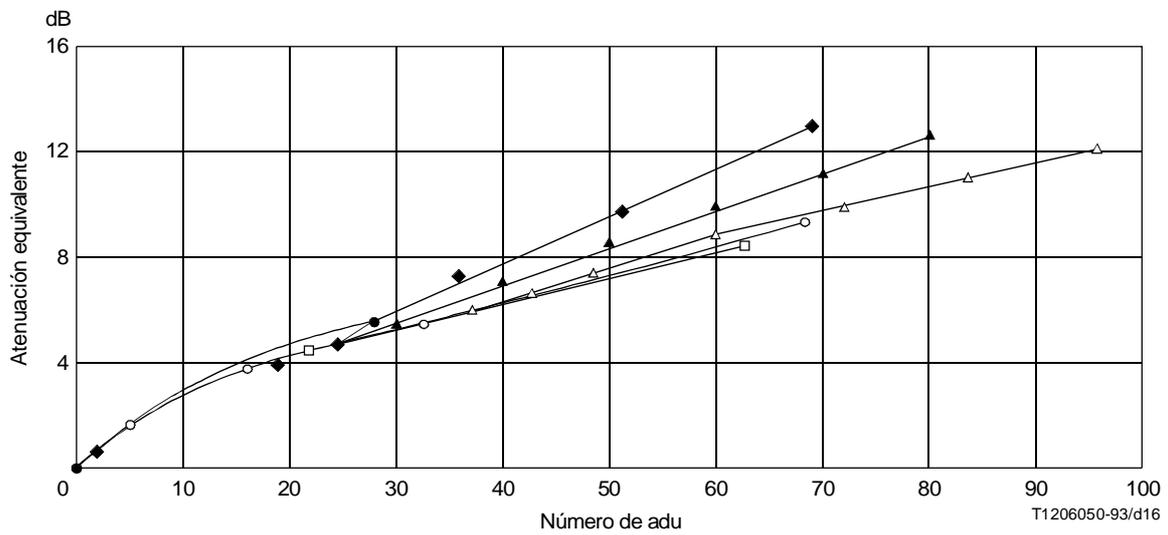
A_f es la distorsión de atenuación (dB) de una adu a la frecuencia f .

Los valores de atenuación equivalente de opinión para diversos valores de adu se muestran en la Figura B.8. Utilizando las características de frecuencia de los Cuadros B.3 y B.4, el punto de referencia y el número de adu se calculan por el método de evaluación del número de adu. Según la Figura B.8 la atenuación equivalente total es aproximadamente 0,15 dB por adu y es proporcional al número de adu.

CUADRO B.4/P.11

Característica sensibilidad/frecuencia de un LTS empleada para determinar los efectos de utilizar las adu

Frecuencia (Hz)	Respuesta relativa (dB)	
	Emisión	Recepción
100	-22,0	-21,0
125	-18,0	-17,0
160	-14,0	-13,0
200	-10,0	-9,0
250	-6,8	-5,7
315	-4,6	-2,9
400	-3,3	-1,3
500	-2,6	-0,6
630	-2,2	-0,1
800	-1,2	0
1000	0	0
1250	1,2	0,2
1600	2,8	0,4
2000	3,2	0,4
2500	4,0	-0,3
3150	4,3	-0,5
4000	0	-11,0
5000	-6,0	-23,0
6300	-12,0	-35,0
8000	-18,0	-53,0



Número de adu	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Índice de sonoridad del circuito de enlace	0	1,0	1,8	2,4	3,1	3,7	4,3	5,1	5,9
Atenuación total	0	3,1	4,8	6,1	7,5	8,9	10,2	11,3	12,7

Origen

- Anexo A
- China [1]
- △ ATT [2]
- NTT [3]
- ◆ NTT [4]
- ▲ Atenuación total

FIGURA B.8/P.11

Valor de la atenuación equivalente de opinión para diversos valores de adu

Anexo C

Efectos de la distorsión por retardo de grupo en la calidad de transmisión

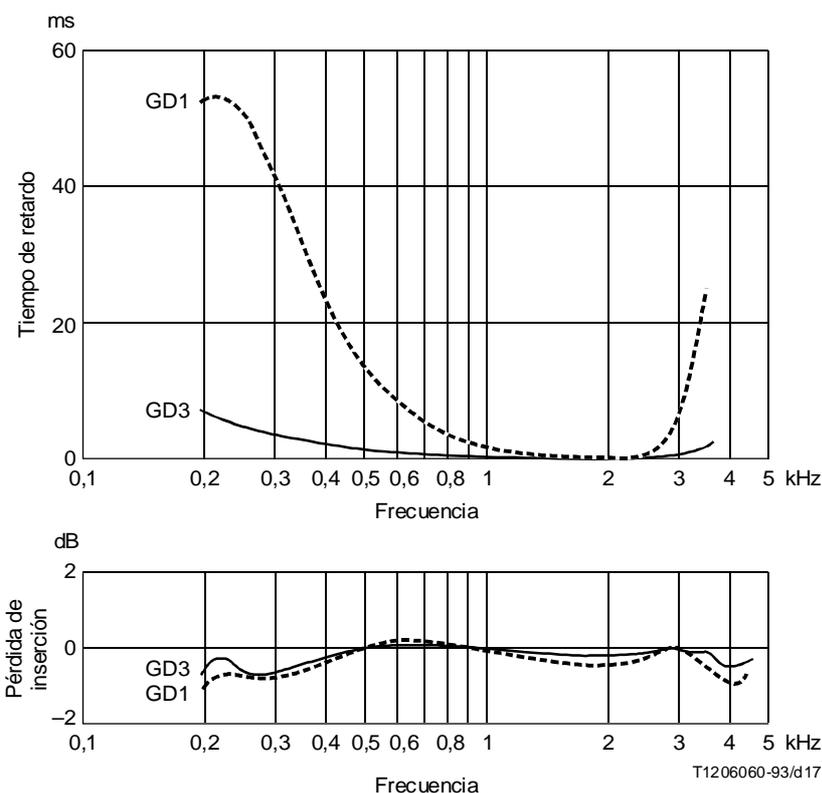
(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

El efecto de la distorsión por retardo de grupo en las partes superior e inferior de una banda de frecuencias transmitidas se describe, respectivamente, como una «reverberación» y una «borrosidad» de la palabra.

La ausencia de ruido o de distorsión de atenuación tiene tal influencia que hace que se perciba este efecto en toda la gama de valores posibles de sonoridad global de una conexión.

Sin embargo, su efecto práctico en una cadena de circuitos a cuatro hilos no parece grave, pues normalmente va acompañado de una distorsión de atenuación estrechamente relacionada.

Véanse las Figuras C.1, C.2 y C.3.



GD1: Valores para el 95% de las cadenas de 12 circuitos
GD3: Valores para un circuito moderno típico

NOTA – Las condiciones de prueba son las mismas que para la prueba de opinión de distorsión de atenuación. Los circuitos que simulan las distorsiones por retardo de grupo en el enlace utilizados en la prueba están exentos de distorsión de atenuación.

FIGURA C.1/P.11

Distorsión por retardo de grupo en el enlace de una conexión de prueba

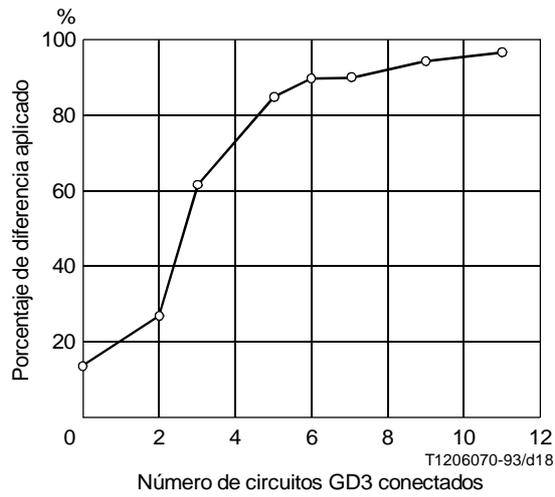


FIGURA C.2/P.11
Detectabilidad de la distorsión por retardo de grupo

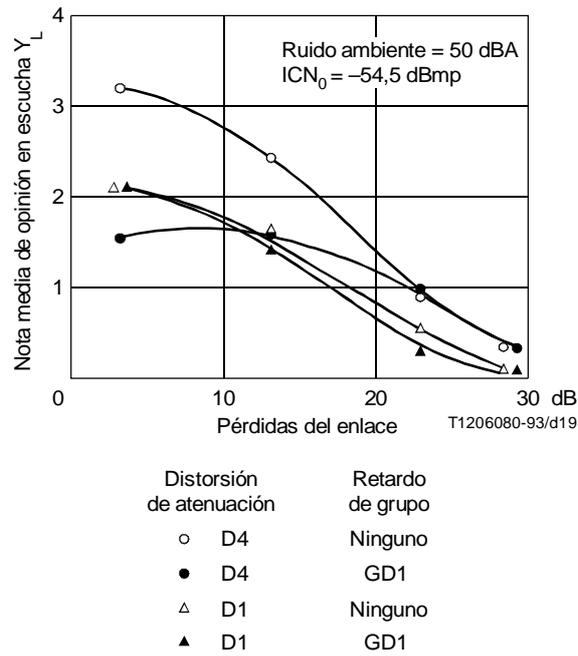


FIGURA C.3/P.11
Efecto de la distorsión por retardo de grupo en la nota de opinión en escucha

Anexo D

Efecto de los micrófonos de carbón y los micrófonos lineales sobre la calidad de la transmisión

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

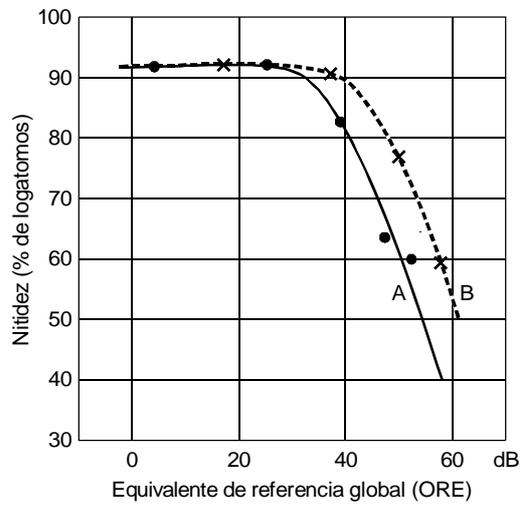
Se ha recopilado información sobre la diferencia de calidad de funcionamiento de los micrófonos de carbón y los micrófonos lineales (que no son de carbón). La diferencia depende no sólo de las distintas distorsiones no lineales debidas a los armónicos y a los productos de intermodulación, sino también de las diferencias en la distorsión de amplitud/frecuencia («distorsión lineal») y en la distorsión de amplitud/amplitud (sensibilidad dependiente del nivel) entre los dos tipos de micrófonos.

La Figura D.1 ofrece ejemplos típicos de los resultados de las pruebas comparativas. Los diagramas muestran la calidad de transmisión medida en forma de nitidez o de nota media de opinión (para conversación o escucha únicamente) en función del equivalente de referencia o del nivel vocal (de conversación).

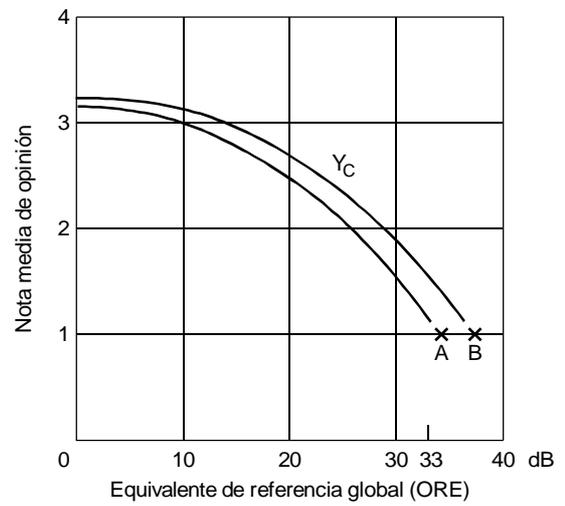
No pueden extraerse conclusiones generales de dichos resultados que proceden de orígenes distintos y que se refieren a diversas marcas de micrófonos, porque no es posible separar los efectos individuales de la distorsión no lineal y de la sensibilidad dependiente de la frecuencia y de la amplitud. No obstante, los tres ejemplos indican ciertas mejoras de la calidad de transmisión cuando se sustituye un micrófono de carbón por uno lineal.

En el ejemplo particular de la Figura D.1 *c*) se observa una mejora significativa del nivel de escucha óptimo, mientras que no hay diferencia (o incluso ésta es negativa) para niveles bajos de escucha. En este caso, en presencia de ruido ambiente y con pérdidas por efecto local insuficientes (equivalente de referencia del efecto local de 1 a 4 dB para estas condiciones de prueba), la menor sensibilidad del tipo específico de micrófono de carbón al sonido en el campo acústico lejano puede constituir una ventaja.

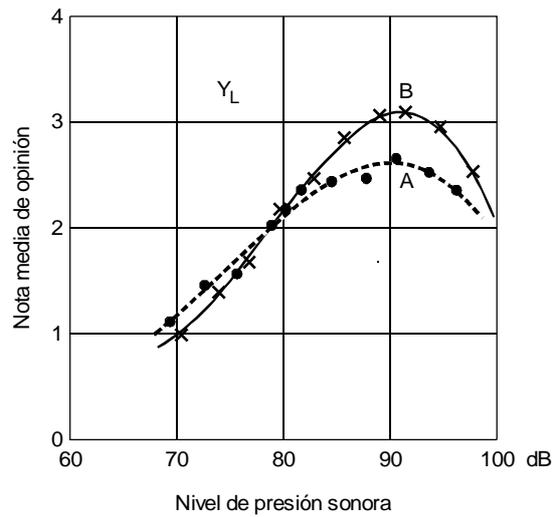
Para la transmisión con una anchura de banda superior a la banda convencional telefónica y en particular para la escucha de un altavoz, es probable que se produzca una mejora más apreciable en la calidad de sonido si se utilizan micrófonos lineales en lugar de micrófonos de carbón.



a)



b)



c)

A Micrófono de carbón

B Micrófono lineal

NOTA – Banda de frecuencias: 300 a 3400 Hz; ruido ambiente de 50 dB(A).

FIGURA D.1/P.11

T1206090-93/d20

Anexo E

Distorsión de cuantificación en sistemas digitales

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

A efectos de la planificación de la red, es conveniente asignar pesos apropiados a los procesos no normalizados de conversión analógico/digital, a los pares de transmultiplexores y a los procesos que introducen una pérdida digital. Un método apropiado es considerar que se asigna una unidad de degradación a un par códec de 8 bits de ley A o μ , para cubrir la distorsión de cuantificación. Según una regla de planificación aprobada provisionalmente, se prevén 14 unidades de degradación para una conexión internacional completa, asignándose cinco unidades como máximo a cada una de las prolongaciones nacionales y cuatro unidades a la cadena internacional. Esta regla permitiría la conexión en cascada de 14 procesos de 8 bits no integrados.

Un modelo de opinión subjetiva (véase el Suplemento N.º 3 de las Recomendaciones de la serie P al final del presente tomo) da resultados que indican que el valor de Q^2 de una conexión completa con 14 sistemas de 8 bits no integrados en cascada, es de unos 20 dB, y muestra que un sistema de 7 bits tiene el mismo valor Q que tres sistemas de 8 bits aproximadamente. Esto se basa en la conclusión de que la combinación de los valores subjetivos de Q aplicables a los sistemas digitales obedece a la función $15 \log_{10}$, o sea que dos sistemas digitales con una $Q = 24,5$ dB cada uno, darían un valor de $Q = 20$ dB si estuviesen conectados asincrónicamente en cascada. Se recomienda que, mientras no se disponga de más información, se asignen tres unidades de degradación (3 qdu) a un sistema de 7 bits con ley A o μ , a título de estimación conservadora del efecto de los sistemas de 7 bits sobre la calidad de transmisión de la palabra.

Se recomienda utilizar, al proceder a la asignación de unidades de degradación, los valores provisionales indicados en el Cuadro E.1 para los fines de la planificación. Estas asignaciones se basan en consideraciones sobre la conversación telefónica.

NOTA – Estas conclusiones preliminares se basan en un volumen de información limitado, y los pesos indicados podrían revisarse cuando se disponga de más información.

CUADRO E.1/P.11

Asignaciones de unidades de degradación para la transmisión telefónica

Proceso	Número de unidades de degradación	Observaciones
Un sistema MIC de 8 bits de ley A o ley μ	1	(Nota 1)
Un par códec MIC de 7 bits de ley A o ley μ	3	(Nota 1)
Un atenuador digital obtenido por manipulación de palabras de código MIC de 8 bits	1	(Nota 2)
Un sistema MICDA-V de 32 kbit/s	3,5	(Nota 3)
NOTAS		
1 Para los fines generales de la planificación, puede asignarse la mitad del valor indicado a cada una de las partes de emisión o recepción.		
2 La degradación indicada es aproximadamente la misma para todos los valores de atenuadores digitales en la gama de 1 a 8 dB. Una excepción es el atenuador de 6 dB y ley A que da lugar a una degradación despreciable para las señales de hasta unos -30 dBm0 y las que corresponde por lo tanto 0 unidades de distorsión de cuantificación.		
3 MICDA-V = MICDA con predictor adaptativo (véase la Recomendación G.721).		

2) Q representa la relación entre la potencia vocal y la potencia del ruido correlacionado con la palabra, determinada subjetivamente utilizando el aparato de referencia de ruido modulado. Véase la Recomendación P.81. La Recomendación P.83 describe los métodos de evaluación subjetiva de los codecs que utilizan el aparato de referencia de ruido modulado.

Anexo F

Efectos de la distorsión no lineal sobre la calidad de transmisión

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

Los efectos subjetivos de la distorsión no lineal en la voz real dependen en gran medida de la forma exacta de la no linealidad. La Figura F.1 da cierta orientación sobre la degradación introducida, en forma de notas medias de opinión obtenidas en pruebas subjetivas reales, realizadas por BNR en 1982 y 1986 y por NTT en 1986, para dos formas de no linealidad generalizada, a saber, la cuadrática y la cúbica.

El principal punto que debe señalarse es que para un determinado valor de distorsión (expresado en términos de porcentajes de distorsión armónica de una señal sinusoidal que tiene el mismo nivel eficaz que la palabra) el efecto subjetivo de la no linealidad cúbica es considerablemente más grave que el de la no linealidad cuadrática.

La información mostrada en la Figura F.1 se ha derivado de experimentos basados en un trayecto de hablante a oyente y no se aplica necesariamente a la distorsión no lineal que se produce en un trayecto de efecto local para el hablante, donde habrá un efecto de enmascaramiento de la señal vocal no distorsionada.

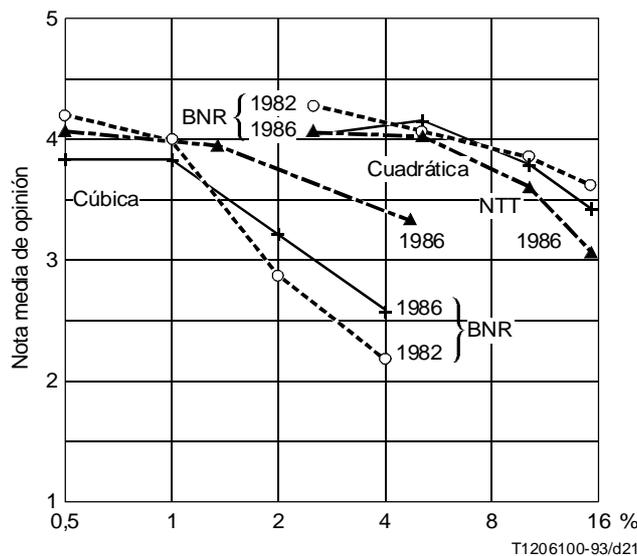


FIGURA F.1/P.11

Evaluaciones subjetivas de la distorsión no lineal

Referencias

- [1] CCITT: Contribución COM XII-N.º 46, periodo de estudios 1981-1984.
- [2] CCITT: Contribución COM XII-N.º 84, periodo de estudios 1981-1984.
- [3] CCITT: Contribución COM XII-N.º 88, periodo de estudios 1981-1984.
- [4] CCITT: Contribución COM XII-N.º 173, periodo de estudios 1981-1984.