

# UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

# G.109

## Enmienda 1

(01/2007)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,  
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Conexiones y circuitos telefónicos internacionales –  
Definiciones generales

---

Definición de las categorías de calidad de  
transmisión vocal

**Enmienda 1: Nuevo Apéndice I – Contornos  
de calidad basados en el modelo E para la  
predicción de la calidad de transmisión vocal  
y la satisfacción del usuario a partir de las  
degradaciones de transmisión variables en  
el tiempo**

Recomendación UIT-T G.109 (1999) – Enmienda 1

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G  
SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
<b>Definiciones generales</b>	<b>G.100–G.109</b>
Recomendaciones generales sobre la calidad de transmisión para una conexión telefónica internacional completa	G.110–G.119
Características generales de los sistemas nacionales que forman parte de conexiones internacionales	G.120–G.129
Características generales de la cadena a cuatro hilos formada por los circuitos internacionales y circuitos nacionales de prolongación	G.130–G.139
Características generales de la cadena a cuatro hilos de los circuitos internacionales; tránsito internacional	G.140–G.149
Características generales de los circuitos telefónicos internacionales y circuitos nacionales de prolongación	G.150–G.159
Dispositivos asociados a circuitos telefónicos de larga distancia	G.160–G.169
Aspectos del plan de transmisión relativos a los circuitos especiales y conexiones de la red de conexiones telefónicas internacionales	G.170–G.179
Protección y restablecimiento de sistemas de transmisión	G.180–G.189
Herramientas de soporte lógico para sistemas de transmisión	G.190–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN Y DE LOS SISTEMAS ÓPTICOS	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
DATOS SOBRE CAPA DE TRANSPORTE – ASPECTOS GENÉRICOS	G.7000–G.7999
ASPECTOS RELATIVOS A LOS PROTOCOLOS EN MODO PAQUETE SOBRE LA CAPA DE TRANSPORTE	G.8000–G.8999
REDES DE ACCESO	G.9000–G.9999

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

## **Recomendación UIT-T G.109**

### **Definición de las categorías de calidad de transmisión vocal**

#### **Enmienda 1**

#### **Nuevo Apéndice I – Contornos de calidad basados en el modelo E para la predicción de la calidad de transmisión vocal y la satisfacción del usuario a partir de las degradaciones de transmisión variables en el tiempo**

#### **Orígenes**

La enmienda 1 a la Recomendación UIT-T G.109 (1999) fue aceptada el 25 de enero de 2007 por la Comisión de Estudio 12 (2005-2008) del UIT-T.

## PREFACIO

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones y de las tecnologías de la información y la comunicación. El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

## NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB en la dirección <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2008

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
Enmienda 1 – Nuevo Apéndice I – Contornos de calidad basados en el modelo E para la predicción de la calidad de transmisión vocal y la satisfacción del usuario a partir de las degradaciones de transmisión variables en el tiempo.....	1
I.1 Resumen .....	1
I.2 El modelo E reducido a la capa de transporte .....	1
I.3 Contornos de calidad de transmisión vocal (contornos de satisfacción del usuario) .....	3
I.4 Predicción de la calidad de transmisión vocal a partir de degradaciones de transmisión variables en el tiempo utilizando los contornos de calidad .....	8
I.5 Referencias apéndice I.....	10



## Recomendación UIT-T G.109

### Definición de las categorías de calidad de transmisión vocal

#### Enmienda 1

### Nuevo Apéndice I – Contornos de calidad basados en el modelo E para la predicción de la calidad de transmisión vocal y la satisfacción del usuario a partir de las degradaciones de transmisión variables en el tiempo

(Este apéndice no es parte integrante de esta Recomendación)

#### I.1 Resumen

En este apéndice se presentan los contornos de calidad de transmisión vocal (o contornos de satisfacción del usuario) que pueden utilizarse para predecir la calidad de transmisión vocal a partir de las degradaciones de transmisión variables en el tiempo. Los contornos de calidad se derivan del modelo E del UIT-T [UIT-T G.107], reduciéndolo únicamente a la capa de transporte (es decir, asumiendo los valores por defecto que caracterizan terminales perfectos). La forma de los contornos de calidad está determinada por la degradación de retardo,  $I_{dd}$ , que abarca la pérdida de interactividad, y la degradación de equipo efectiva,  $I_{e-eff}$ , que comprende la pérdida de información debida al esquema de codificación y a la pérdida de paquetes. Los contornos de calidad propuestos determinan el factor de determinación de índices,  $R$ , para todas las combinaciones posibles de pérdida de paquetes (asumiendo un esquema de codificación dado) y retardo de boca a oído (asumiendo conexiones sin eco). Los contornos de calidad pueden utilizarse para la optimización transversal de varias capas de comunicación (por ejemplo, plan de reproducción adaptativo en la capa de aplicación, diferenciación del tráfico en la capa MAC) al predecir la calidad de transmisión vocal de extremo a extremo a partir de las degradaciones de transmisión variables en el tiempo.

#### I.2 El modelo E reducido a la capa de transporte

El modelo E del UIT-T combina degradaciones individuales (pérdida, retardo, eco, tipo de códec, ruido, etc.) debidas tanto a las propiedades de la señal como a las características de la red, en una única medida global de la calidad vocal de la conversación denominada factor R:

$$R = R_o - I_s - I_d - I_{e-eff} + A \quad (I-1)$$

Los cálculos del factor de determinación de índices  $R$  se basan en una serie de parámetros e incluyen complejas fórmulas matemáticas. A fin de facilitar los cálculos, la UIT ha establecido una serie de parámetros por defecto (cuadro 2 de [UIT-T G.107]). Si se ponen todos los parámetros que no dependen de la transmisión por la red a los valores por defecto (es decir, se asumen terminales perfectos) o ideales (por ejemplo, TELR, que se pone a infinito), la expresión del factor  $R$  puede reducirse a la capa de transporte de la siguiente manera:

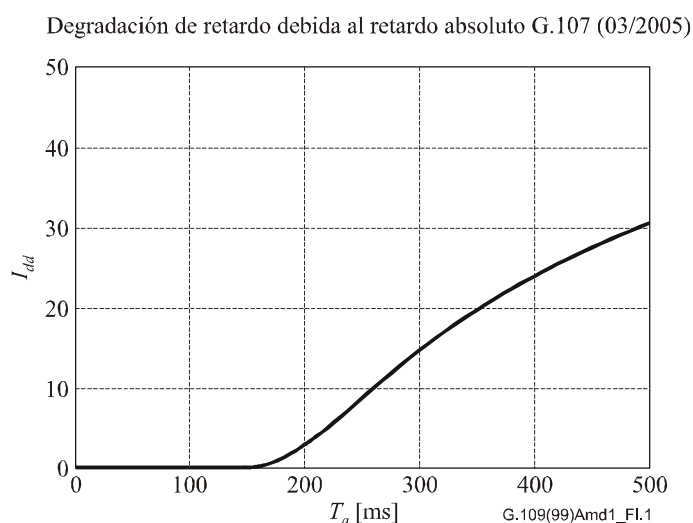
$$R = R_o - I_{dd} - I_{e-eff} \quad (I-2)$$

En esta ecuación,  $I_{dd}$  es el factor de degradación de retardo que comprende el efecto del retardo de transmisión (boca a oído) en conexiones sin eco, e  $I_{e-eff}$  es el factor de degradación de equipo efectiva, que comprende el efecto de la pérdida de información debida al esquema de codificación y a la pérdida de paquetes. En el contexto de la evaluación de la transmisión VoIP, ambas degradaciones son relevantes. Dado que estas degradaciones están aisladas, su contribución a la degradación de la calidad puede estudiarse por separado.

NOTA – Todas las cifras que se muestran en este apéndice se han calculado a partir de la actual versión (2005) del modelo E. Habrá de utilizarse la versión más reciente junto con este apéndice.

### I.2.1 Degradación de retardo $I_{dd}$

La degradación de retardo,  $I_{dd}$ , representa la degradación debida al retardo de transmisión absoluto (por ejemplo, boca a oído) en las conexiones sin eco. En la Rec. UIT-T G.107 se puede encontrar la expresión plenamente analítica para el cálculo de  $I_{dd}$ . En la figura I.1 se muestra la degradación de retardo,  $I_{dd}$ , como una función del retardo de transmisión absoluto,  $T_a$ .

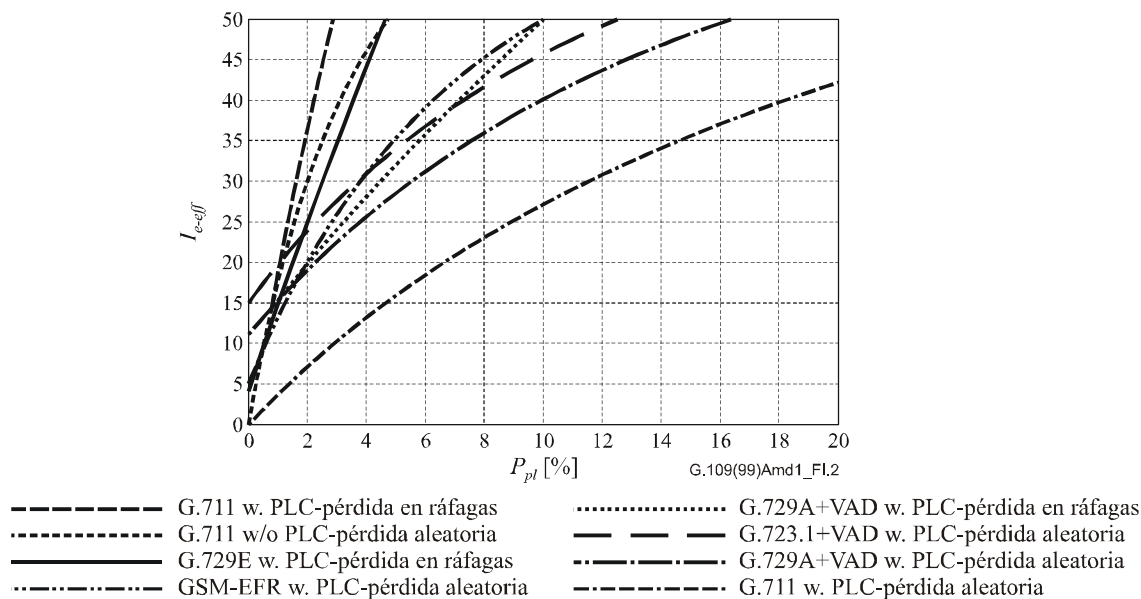


**Figura I.1 – Degradación de retardo,  $I_{dd}$ , como función del retardo de transmisión absoluto,  $T_a$**

### I.2.2 Degradación de equipo efectiva $I_{e-eff}$

La degradación de equipo efectiva,  $I_{e-eff}$ , comprende el efecto de la pérdida de información debida al esquema de codificación y a la pérdida de paquetes. Con la actual versión del modelo E se puede cuantificar el efecto de la pérdida de paquetes aleatoria (y, para las predicciones generales, también de la pérdida en ráfagas) en la transmisión vocal de banda estrecha [UIT-T G.107] y [UIT-T G.113ApI]. En la figura I.2 se muestra cómo, para diversos códecs, la degradación de equipo efectiva crece al aumentar la pérdida de paquetes. En esta figura sólo se muestra un intervalo de paquetización específico por códec: 10 ms para la pérdida aleatoria G.711, 20 ms para la pérdida en ráfagas G.711, G.729A/E (pérdida en ráfagas y aleatoria), GSM-EFR, y 30 ms para G.723.1 (sólo pérdida aleatoria).





**Figura I.2 – Degradación de equipo efectiva,  $I_{e-eff}$ , como función de la pérdida de paquetes,  $P_{pl}$**

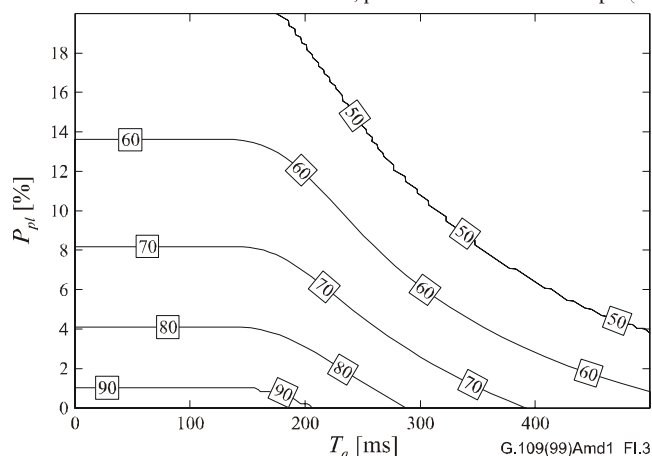
### I.3 Contornos de calidad de transmisión vocal (contornos de satisfacción del usuario)

El factor R reducido a la capa de transmisión puede calcularse a partir de las degradaciones de transmisión (por ejemplo,  $I_{dd}$  e  $I_{e-eff}$ ), descritas en la cláusula I.2, como sigue:

$$R = R_0 - I_{dd}(T_a) - I_{e-eff}(P_{pl}) \quad (I-3)$$

La ecuación I-3 puede verse como una función de dos variables: el retardo de transmisión absoluto,  $T_a$  (por ejemplo, retardo de boca a oído) y la probabilidad de pérdida de paquetes,  $P_{pl}$  (con el esquema de codificación asumido). Situando  $T_a$  en el eje X y  $P_{pl}$  en el eje Y, es posible dibujar dos valores de R para todas las combinaciones posibles de pérdida y retardo. En la figura I.3 se muestran los contornos del factor de determinación de índices, R, calculados para el esquema de codificación G.711 (pérdida de paquetes aleatoria) con aplicación de ocultación de pérdida de paquetes (PLC, *packet loss concealment*).

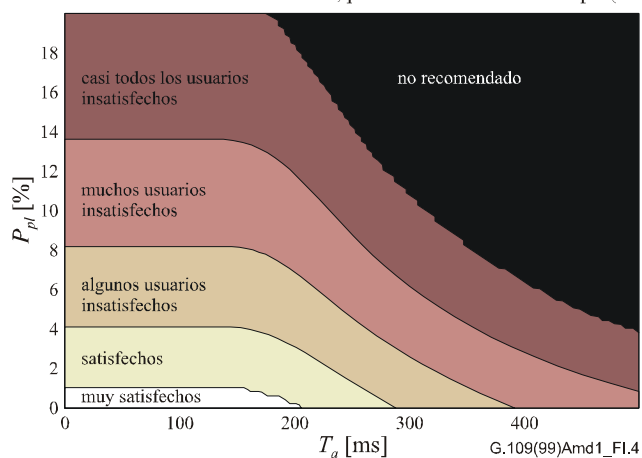
Contornos del factor R: G.711 con PLC, pérdida aleatoria - G.113-Ap.1 (05/2002)



**Figura I.3 – Contornos del factor de determinación de índices,  $R$ , calculados para el esquema de codificación G.711 (pérdida de paquetes aleatoria, PLC)**

En [UIT-T G.109] se definen las categorías de calidad de transmisión vocal y las categorías de satisfacción del usuario en términos de gamas de  $R$ . Por consiguiente, es posible dibujar los contornos de calidad de transmisión vocal que espera el usuario extremo (contornos de satisfacción del usuario) como se muestra en la figura I.4.

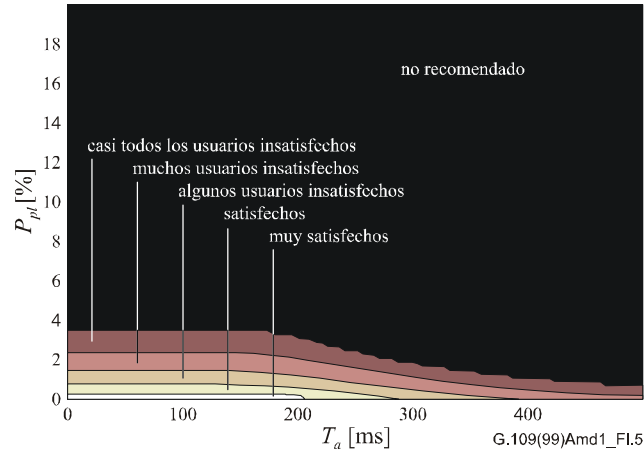
Contornos de calidad: G.711 con PLC, pérdida aleatoria - G.113/Ap.1 (05/2002)



**Figura I.4 – Contornos de satisfacción del usuario (contornos de calidad de transmisión vocal) para el esquema de codificación G.711 (pérdida de paquetes aleatoria, PLC)**

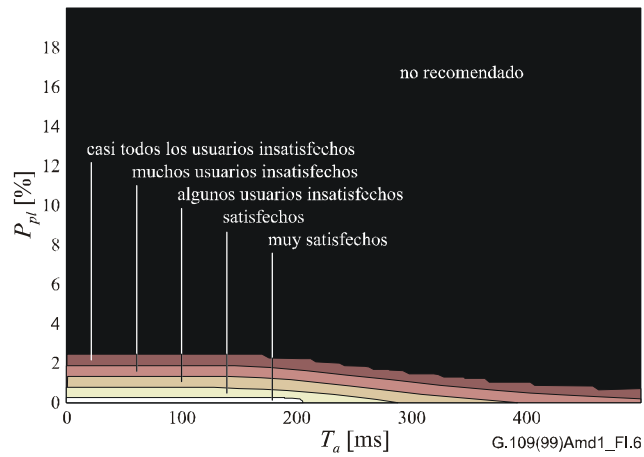
En las figuras I.5 a I.11 se muestran los contornos de calidad calculados para una serie de esquemas de codificación. Se basan en las formulas analíticas del modelo E (ecuaciones 3-27, 3-28, 3-29 de [UIT-T G.107]) y los valores tabulados (cuadros I.3, I.4 de [UIT-T G.113ApI]) para el cálculo de  $I_{dd}$  e  $I_{e-eff}$ .

Contornos de calidad: G.711 sin PLC, pérdida aleatoria - G.113/Ap.1 (05/2002)

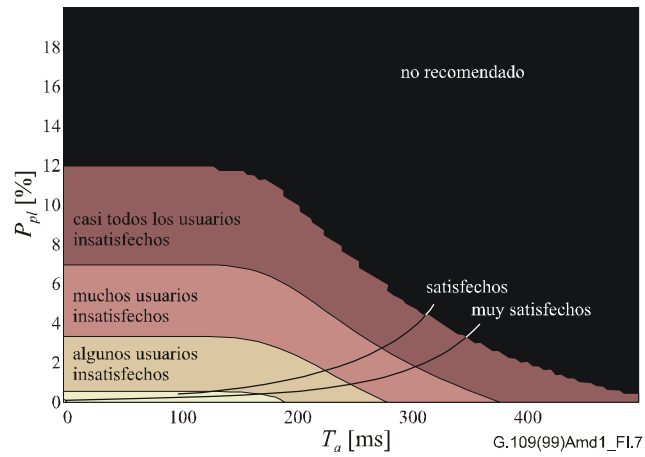


**Figura I.5 – Contornos de calidad calculados para el esquema de codificación G.711 (pérdida de paquetes aleatoria) sin PLC**

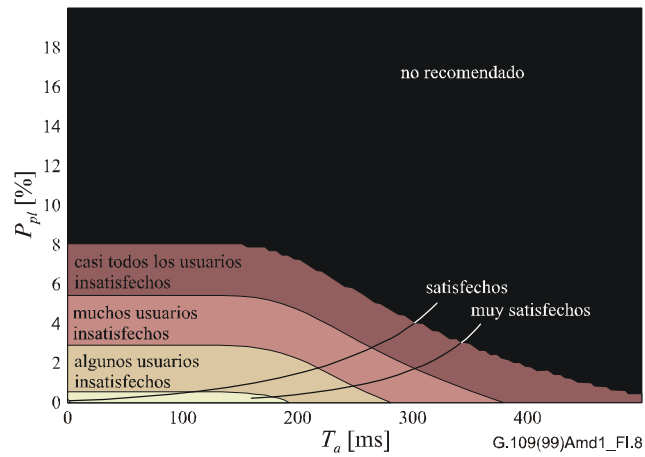
Contornos de calidad: G.711 con PLC, pérdida en ráfagas - G.113/Ap.1 (05/2002)



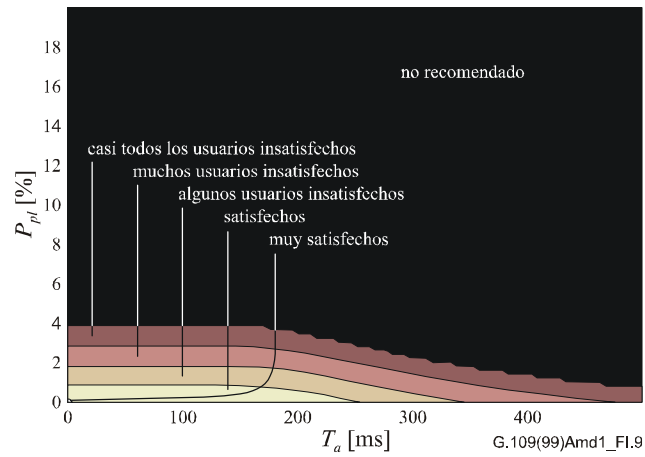
**Figura I.6 – Contornos de calidad calculados para el esquema de codificación G.711 (pérdida de paquetes en ráfagas) con PLC**



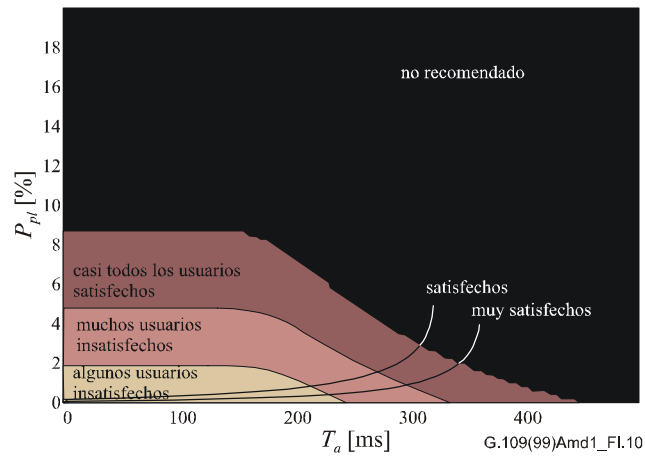
**Figura I.7 – Contornos de calidad calculados para el esquema de codificación G.729A (pérdida de paquetes aleatoria) con PLC**



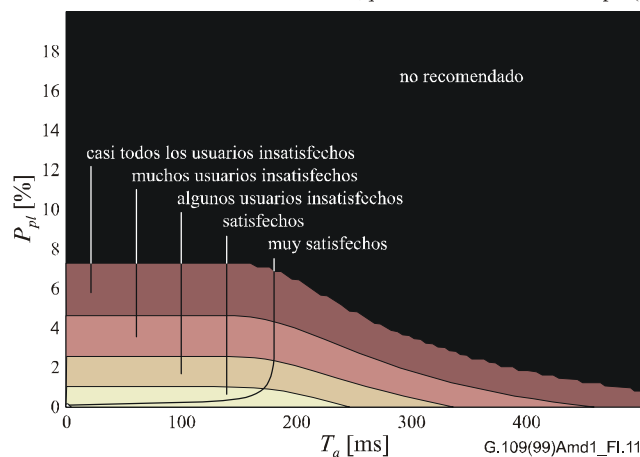
**Figura I.8 – Contornos de calidad calculados para el esquema de codificación G.729A (pérdida de paquetes en ráfagas) con PLC**



**Figura I.9 – Contornos de calidad calculados para el esquema de codificación G.729E (pérdida de paquetes en ráfagas) con PLC**



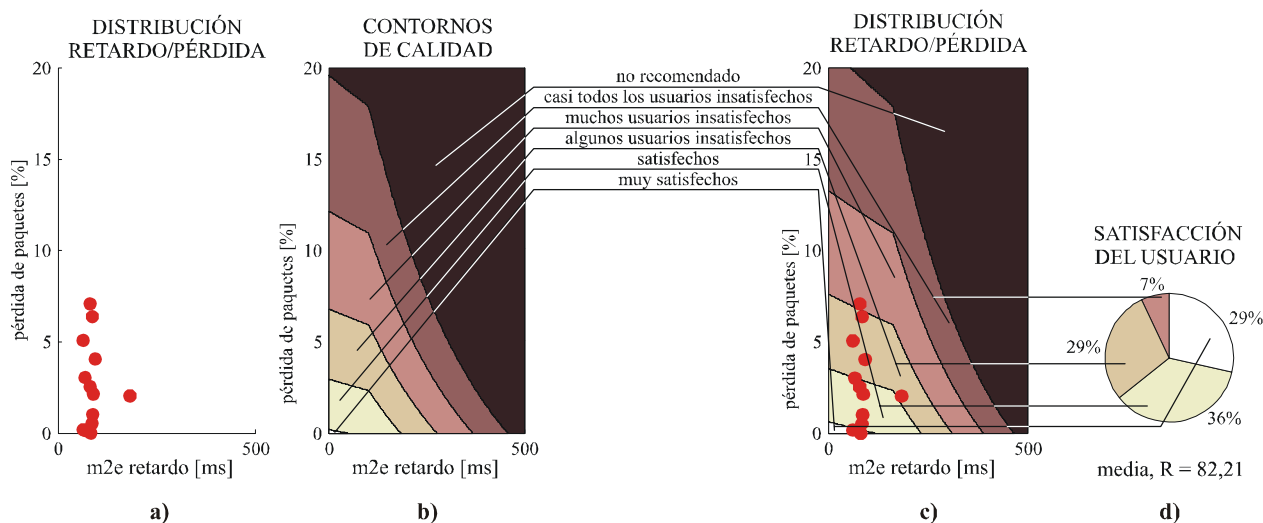
**Figura I.10 – Contornos de calidad calculados para el esquema de codificación G.723.1 (pérdida de paquetes aleatoria) con PLC**



**Figura I.11 – Contornos de calidad calculados para el esquema de codificación GSM 06.60 (EFR) (pérdida de paquetes aleatoria) con PLC**

#### I.4 Predicción de la calidad de transmisión vocal a partir de degradaciones de transmisión variables en el tiempo utilizando los contornos de calidad

Los contornos de calidad son útiles para predecir la calidad de transmisión vocal (y la satisfacción del usuario) a partir de degradaciones de transmisión variables en el tiempo. El procedimiento de predicción de la calidad de transmisión vocal utilizando los contornos de calidad es el que se describe a continuación y se muestra en la figura I.12:



**Figura I.12 – Predicción de la satisfacción del usuario a partir de la transmisión variable en el tiempo**

- los retardos de reproducción (es decir, retardos de boca a oído) y la pérdida de paquetes se calculan en ventanas de tiempo no solapantes de 10 segundos (o en cada ráfaga de discurso) en la salida de la memoria intermedia de supresión de la fluctuación de fase;
- los contornos de calidad se escogen para un esquema de codificación determinado;
- se establece la correspondencia entre los retardos de reproducción y las pérdidas de paquetes y el contorno de calidad escogido;

- d) puede derivarse de la distribución de los retardos de reproducción en el contorno de calidad la satisfacción global del usuario en cuanto a la calidad de transmisión vocal, representada en un gráfico de sectores.

A partir de los contornos de calidad, la repercusión del retardo y la pérdida de paquetes en la calidad vocal de la conversación puede estudiarse de dos maneras: como el efecto combinado de la pérdida y el retardo en la calidad global, o como las contribuciones independientes de la pérdida de paquetes a la degradación vocal y del retardo de reproducción a la degradación de interactividad. Esto resulta especialmente útil en el proceso de determinación de parámetros cuando ha de establecerse un equilibrio entre los retardos y las pérdidas de paquetes a fin de encontrar el punto operativo en que se maximiza la calidad de la conversación. Otra ventaja de este método es que muestra los porcentajes de satisfacción del usuario en lugar de dar una valoración de la calidad. El método propuesto de predicción de la satisfacción del usuario a partir de las degradaciones de transmisión variables en el tiempo ya ha demostrado ser especialmente eficaz para evaluar diversos algoritmos de memoria intermedia de reproducción [Narbutt 1], [Narbutt 2] y para evaluar la calidad de funcionamiento VoIP en los sistemas WLAN [Narbutt 3], [Narbutt 4].

#### I.4.1 Ejemplo: elección de un algoritmo de reproducción con supresión de fluctuación de fase adaptativo

Tradicionalmente, la elección de un algoritmo de memoria intermedia con supresión de la fluctuación de fase se basa en la compensación entre el retardo de la memoria intermedia y la pérdida de paquetes tardíos resultante. Dado que el objetivo del almacenamiento intermedio de reproducción es mejorar la calidad vocal de la conversación, puede escogerse con más fundamento un algoritmo considerando sus efectos en la satisfacción del usuario.

El método puede utilizarse para predecir la satisfacción del usuario que generan una serie de algoritmos de reproducción, de la siguiente manera: para una hora de transmisión, se recopilan todos los datos experimentales (tiempo de llegada de paquetes, indicaciones de tiempo, números de secuencia y bits marcadores) en el receptor y se procesan posteriormente (fuera de línea) con un programa que simula el comportamiento de diversos algoritmos de reproducción (véase la figura I.13).

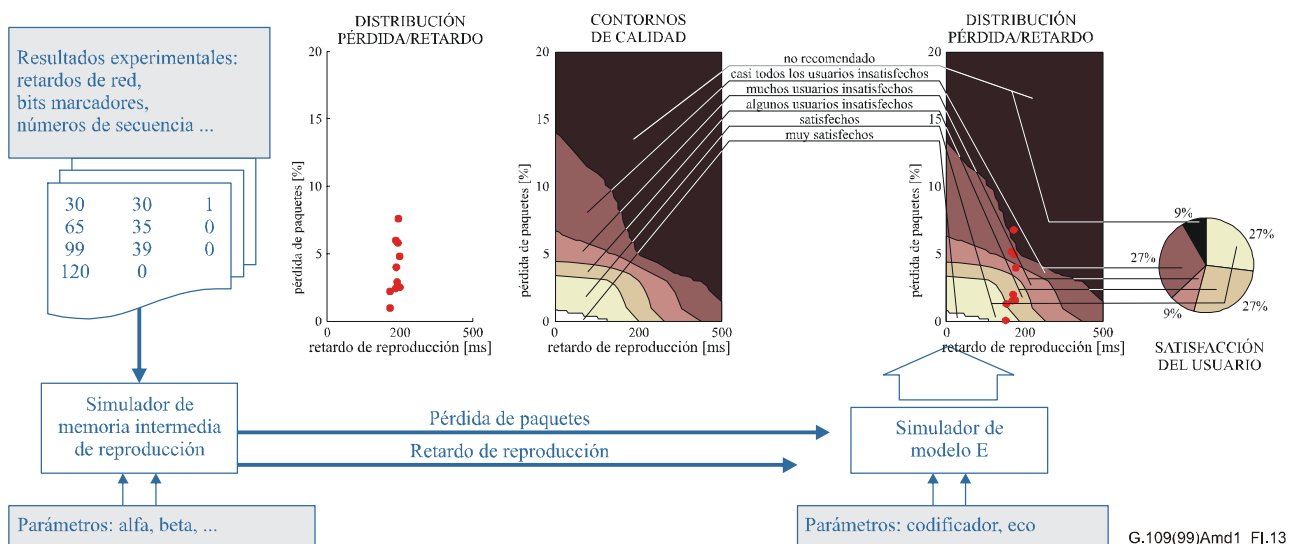
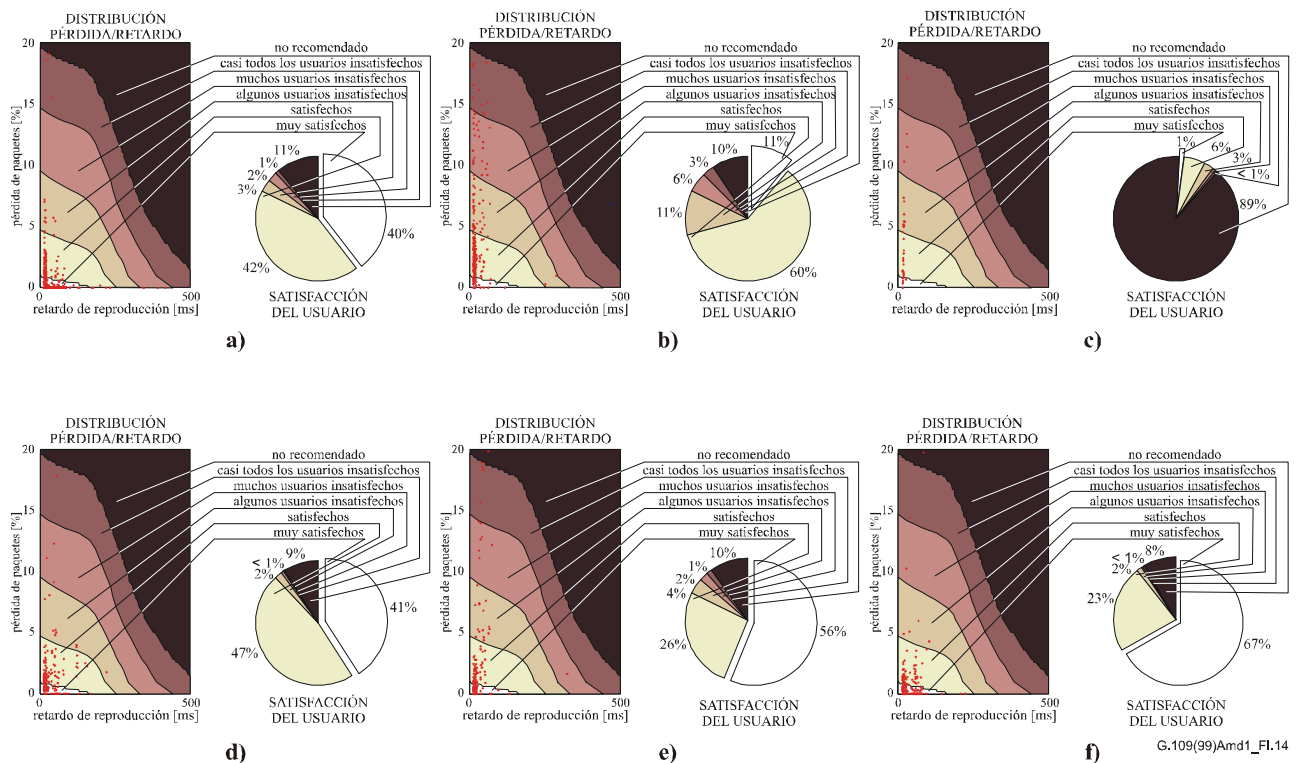


Figura I.13 – Evaluación de los algoritmos de memoria intermedia de reproducción con el método propuesto

El simulador de memoria intermedia de reproducción calcula los retardos de reproducción medios (es decir, de boca a oído) y la pérdida de paquetes resultante en ventanas no solapantes de 10 segundos a lo largo de la transmisión. Estas degradaciones de transmisión variables en el tiempo son los valores que utiliza el simulador del modelo E que predice la satisfacción global del usuario. En la figura I.14 se compara la calidad de funcionamiento de seis algoritmos de memoria intermedia de reproducción en términos de porcentaje de satisfacción del usuario [Narbutt 1].



**Figura I.14 – Calidad de funcionamiento de diversos algoritmos de reproducción en términos de satisfacción del usuario:**  
**a) algoritmo Ramjee con  $\alpha=0,99$ ; b) algoritmo Ramjee con  $\alpha=0,9$ ;**  
**c) algoritmo "Concord"; d) algoritmo Moon;**  
**e) algoritmo Bolot; f) algoritmo " $\alpha$  dinámico"**

## I.5 Referencias apéndice I

- [UIT-T G.107] Recomendación UIT-T G.107 (2005), *El modelo E, un modelo informático para utilización en planificación de la transmisión.*
- [UIT-T G.109] Recomendación UIT-T G.109 (1999), *Definición de las categorías de calidad de transmisión vocal.*
- [UIT-T G.113ApI] Recomendación UIT-T G.113 apéndice I (2002), *Valores provisionales de planificación para el factor de degradación de equipo,  $I_e$ , y el factor de robustez de pérdida de paquetes,  $B_{pl}$ .*
- [Narbutt 1] NARBUTT (M.), DAVIS (M.): Assessing the Quality of VoIP Transmission Affected by Playout Buffer Scheme, *Proc. of the ETSI/IEEE Measurement of Speech and Audio Quality in Networks Conference 2005 (MESAQIN 2005)*, Prague, Junio 2005.
- [Narbutt 2] NARBUTT (M.), KELLY (A.), MURPHY (L.), PERRY (P.): Adaptive VoIP Playout scheduling: Assessing User Satisfaction, *IEEE Internet Computing Magazine*, vol. 09, No. 4, julio/agosto 2005.



- [Narbutt 3] NARBUTT (M.), DAVIS (M.): Gauging VoIP Call Quality from 802.11b Resource Usage, *IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM06)*, Buffalo-NY, junio 2006.
- [Narbutt 4] NARBUTT (M.), DAVIS (M.): The Experimental investigation on VoIP performance and the resource utilization in 802.11b WLANs, *IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN'06)*, Tampa, noviembre 2006.





## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
<b>Serie G</b>	<b>Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales</b>
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación