



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

# UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

## P.84

(03/93)

**CALIDAD DE TRANSMISIÓN TELEFÓNICA  
PRUEBAS SUBJETIVAS DE OPINIÓN**

---

**MÉTODO DE PRUEBAS DE ESCUCHA  
SUBJETIVA PARA LA EVALUACIÓN DE  
EQUIPOS DE MULTIPLICACIÓN DE  
CIRCUITOS DIGITALES Y DE SISTEMAS  
DE VOZ POR PAQUETES**

**Recomendación UIT-T P.84**

(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.84, 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	Introducción ..... 1
1.1	Finalidad ..... 1
1.2	Principios de la prueba..... 1
2	Grabación de señales en la fuente ..... 2
2.1	Aparato y entorno ..... 2
2.2	Material vocal ..... 2
2.3	Procedimiento ..... 3
2.4	Señales de calibración y niveles de habla ..... 4
3	Simulación de la carga del sistema..... 4
3.1	Requisitos de un simulador de carga vocal genérico ..... 4
3.2	Determinación de la capacidad de carga de los sistemas probados ..... 5
3.3	Control de la carga aplicada a los sistemas aprobados ..... 5
4	Tratamiento de señales vocales ..... 6
5	Plan de la prueba ..... 6
5.1	Prueba N.º 1 – Efecto de la carga aplicada ..... 8
5.2	Prueba N.º 2 – Efecto de los errores digitales en el canal de control del DCME ..... 9
6	Procedimientos de la prueba de escucha ..... 9
7	Análisis de los resultados ..... 10
Anexo A	– Descripción del equipo de multiplicación de circuitos digitales ..... 10
A.1	Definiciones ..... 10
A.2	Interpolación digital de la palabra (DSI, <i>digital speech interpolation</i> ) ..... 13
A.3	Detección de la señal vocal..... 13
A.4	Carga del DCME ..... 13
A.5	Estrategias de sobrecarga..... 14
A.6	Métodos de reconstrucción de silencios ..... 16
A.7	Modo circuito frente a modo paquete ..... 16
A.8	Reconstrucción de paquetes..... 17
Anexo B	– Material vocal utilizado para la construcción de secuencias de señales vocales..... 17
Anexo C	– Instrucciones sobre la utilización de un número reducido de frases ..... 19



# MÉTODO DE PRUEBAS DE ESCUCHA SUBJETIVA PARA LA EVALUACIÓN DE EQUIPOS DE MULTIPLICACIÓN DE CIRCUITOS DIGITALES Y DE SISTEMAS DE VOZ POR PAQUETES<sup>1)</sup>

(Melbourne, 1988; modificada en Helsinki, 1993)

## 1 Introducción

### 1.1 Finalidad

El objeto de la presente Recomendación es describir un método para las pruebas de escucha subjetiva que pueda utilizarse para evaluar la calidad de la señal vocal en los equipos de multiplicación de circuitos digitales (DCME, *digital circuit multiplication equipment*) o de los sistemas de voz por paquetes. Esta Recomendación está destinada a utilización con sistemas DCME, como los descritos en la Recomendación G.763, que utilizan técnicas de interpolación digital de la palabra (DSI, *digital speech interpolation*). Para las evaluaciones de pruebas subjetivas de sistemas DCME que no utilizan técnicas de interpolación digital de la palabra, descritas en la Recomendación G.726, MIC diferencial adaptativa (MICDA) a 40, 32, 24 y 16 kbit/s, debe utilizarse el proyecto de Recomendación P.83.

Muchas de las degradaciones que aparecen en los DCME o en los sistemas de voz por paquetes no han sido aún evaluadas y se desconocen sus efectos sobre otros sistemas en la red. Por consiguiente, el único método establecido es la prueba de conversación donde pueden evaluarse los efectos de no linealidad, retardo, eco, etc., así como sus interacciones.

En los DCME, las degradaciones pueden incluir no sólo los efectos de la codificación con velocidad binaria variable, la ganancia de la interpolación digital de la palabra (DSI) (asignación de canales), la mutilación, el bloqueo y el contraste de ruido, sino también los debidos a las no linealidades del sistema de detección de señales vocales, de manera que el sistema puede funcionar de forma distinta para diversos niveles de entrada de señal vocal o factores de actividad. En los sistemas de voz por paquetes, se desconoce el efecto subjetivo de, por ejemplo, los «paquetes perdidos».

Las pruebas de escucha desempeñan un cometido importante previo a la evaluación y pueden proporcionar información útil para reducir la gama de situaciones que requieren una prueba de conversación completa. Este método de prueba de escucha no da resultados para la generación de reglas de aplicación en las redes basadas en factores análogos a la unidad de distorsión de cuantificación (qdu). Posteriores mejoras en la prueba permitirán obtener dichos resultados.

En esta fase no se ha considerado la evaluación de los DCME en cascada con otros DCME ni los efectos debidos a los sistemas que emplean codificación con distintas velocidades. Esta Recomendación se actualizará a medida que se disponga de información sobre estos puntos específicos.

La presente Recomendación se limita a las pruebas de escucha; se elaborará otra Recomendación, sobre pruebas de conversación, cuando se disponga de suficiente información sobre las técnicas de evaluación. Como otra alternativa, podría revisarse esta Recomendación para que incluya métodos de prueba de conversación.

### 1.2 Principios de la prueba

Para que una prueba sirva para evaluar de forma satisfactoria la calidad de funcionamiento del DCME, la metodología de prueba debe satisfacer ciertas condiciones. Estas son las siguientes:

- i) el método debe utilizar principios, procedimientos e instrumentos que resulten aceptables para el CCITT;
- ii) el método debe ser adaptable a diferentes idiomas y debe proporcionar resultados que sean comparables a los de pruebas realizadas en virtud de esta Recomendación;

---

<sup>1)</sup> Las especificaciones de esta Recomendación podrán ser objeto de ulteriores mejoras, por lo que deben considerarse provisionales.

- iii) el método debe permitir la comparación subjetiva (u objetiva) de la calidad de funcionamiento del DCME con las condiciones de referencia. Son ejemplos de condiciones de referencia adecuadas, las conexiones ficticias de referencia (HRC, *hypothetical reference connections*), el ruido blanco y el ruido correlacionado con la voz. Las HRC deben proporcionar un modelo de las instalaciones para cuya sustitución se diseña el DCME, siempre que estas instalaciones sean conocidas. Los resultados de las comparaciones deben permitir el establecimiento de equivalencias en torno al DCME, por ejemplo, un sistema de DCME es equivalente subjetivamente a x sistemas MIC de 64 kbit/s colocados en cascada de forma asíncrona. Idealmente, el método debe proporcionar resultados a partir de los cuales pueda deducirse una regla de aplicación para la red;
- iv) debe probarse el DCME con un simulador realista de la carga de tráfico y deben aplicarse a los circuitos probados. La mayoría de las degradaciones transitorias surgen cuando el DCME está funcionando en condiciones de carga que obligan a utilizar la DSI. Por lo tanto, para medir subjetivamente los efectos de estas degradaciones es necesario variar la carga aplicada al DCME hasta alcanzar la máxima carga de diseño y, en ocasiones, superarla. La mutilación producida por el detector de señales vocales depende del tipo de señal a transmitir por el circuito probado. Por lo tanto, debe utilizarse en el circuito de prueba una señal vocal realista que contenga igualmente el ruido aditivo apropiado;
- v) idealmente la metodología debe proporcionar resultados que puedan utilizarse para producir nuevos modelos de opinión o modificar los existentes.

## 2 Grabación de señales en la fuente

### 2.1 Aparato y entorno

Véanse B.1.1/P.80 a B.1.3/P.80.

### 2.2 Material vocal

El formato del material vocal debe adaptarse a la nota de opiniones utilizada en la prueba. Normalmente se trata de la escala de calidad de la escucha, pero de forma opcional puede utilizarse la escala de esfuerzo en la escucha (véase la cláusula 5).

Cuando se utiliza la escala de calidad de escucha deben cumplirse los siguientes requisitos:

- i) El material vocal debe consistir en sentencias breves (denominadas segmentos), elegidas al azar (extraídas, por ejemplo, de periódicos o de publicaciones actuales no técnicas), fáciles de comprender y de significado más o menos autónomo.
- ii) Al pronunciarlo de manera natural, cada segmento debe tener una duración superior a 9 segundos e inferior a 11 segundos.
- iii) Cada segmento debe constar, al menos, de tres «sentencias» en sentido amplio de la palabra, entendiendo por sentencias a las partes que pueden separarse de forma natural por las pausas en el habla pero cuyo significado está relacionado con la parte precedente y posterior del segmento.
- iv) En cada segmento debe hacerse al menos una pausa que, teniendo en cuenta el significado y estructura de texto, debe durar de 1 a 2 segundos. Las otras pausas deben tener una duración natural puesto que pausas excesivamente largas o demasiado breves se interpretarían como una disminución en la calidad de la conversación. La forma más sencilla para ello es elaborar el guión de cada texto poniendo una marca especial al principio de un nuevo párrafo en el instante en que se desee incluir la pausa de 1-2 segundos. Debe indicarse a los participantes que graban los segmentos que lean de forma consecutiva, asegurándose de que hacen una pausa de un segundo o dos en el punto marcado y pausas naturales en los otros puntos.

Cuando se utiliza la escala de esfuerzo en la escucha, deben tenerse en cuenta las siguientes circunstancias:

- v) El material vocal debe consistir en frases de significado sencillo, fáciles de entender, elegidas al azar (extraídas, por ejemplo, de periódicos o de publicaciones actuales no técnicas) y reunidas en grupos (denominados segmentos). El número de frases en cada segmento debe ser siempre el mismo (se recomienda un total de tres).
- vi) No debe haber ninguna relación evidente entre el significado de una frase y el de otra de un mismo segmento. Se toma esta precaución para reducir la información del contexto dentro del segmento al mínimo a fin de no aumentar las notas de opinión de forma artificial.

- vii) Las pausas entre frases deben durar al menos un segundo, lo que asegura que los oyentes escuchan las frases aisladas una de otra y se somete a prueba el sistema DCME con respecto a los intervalos de silencio en la conversación. Además, cada segmento debe tener una duración superior a 9 segundos e inferior a 11 segundos, incluidas las pausas.

Esta estructura puede lograrse:

- dando indicaciones sobre temporización a los participantes en la etapa de grabación [véase la sección 2.5.8.1 d) del *Manual sobre Telefonometría*]; o
- montando las grabaciones posteriormente.

Para la escala de calidad de escucha pueden utilizarse dos métodos:

- i) disponer de tantos segmentos diferentes como condiciones (en el Anexo B aparece un ejemplo del material adecuado a partir del cual pueden construirse los segmentos); o
- ii) disponer de un número más limitado, por ejemplo 10 segmentos por hablante donde puedan hacerse combinaciones de dos segmentos (este caso se describe detalladamente en el Anexo C). En este último caso deben tomarse precauciones adicionales para efectuar el análisis de la varianza de los resultados obtenidos en las pruebas.

El primer método es fundamental cuando se utiliza la escala de esfuerzo en la escucha puesto que las notas de esfuerzo en la escucha resultan afectadas cuando el oyente ha escuchado las mismas frases anteriormente. Debe disponerse de una cantidad de segmentos suficiente para abarcar todas las condiciones de la prueba y tener además un número bastante para su utilización en una sesión práctica.

## 2.3 Procedimiento

Cada segmento debe ir precedido de un periodo de silencio que sólo contenga aproximadamente un segundo de ruido de circuito y el segmento debe terminar con un periodo de silencio similar que contenga únicamente ruido de circuito.

Para facilitar el tratamiento por el DCME de la señal vocal grabada, es decir, para permitir el arranque y la parada de los grabadores entre segmentos y dar tiempo a que el DCME se ajuste a la siguiente condición de prueba, deben separarse los segmentos un intervalo de 5 segundos en la cinta. Por lo tanto, los segmentos fuente grabados tendrán en la cinta la disposición que se muestra en la Figura 1 (se trata de un ejemplo para la escala de calidad de escucha; para la escala de esfuerzo en la escucha, todas las pausas deben ser al menos de 1 segundo). Obsérvese que si la conversación se almacena de forma digital (por ejemplo, en un sistema de disco), los segmentos no requerirán estos intervalos de 5 segundos.

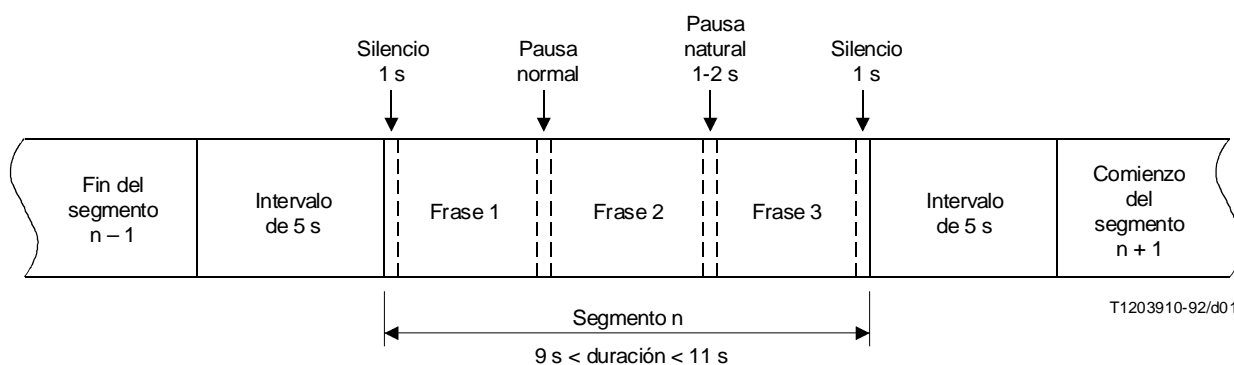


FIGURA 1/P.84

**Ejemplo de segmento vocal en el formato requerido por la escala de calidad de escucha, con tres frases**

Debe seguirse el procedimiento de grabación que se describe con detalle en la sección 2.5.8.1 (Pruebas de escucha) del *Manual sobre Telefonometría*. A esta Recomendación concierne únicamente la parte relativa a la grabación a través de un sistema intermedio de referencia (IRS, *intermediate reference system*).

NOTA – Cuando esta grabación se realiza a través de un sistema intermedio de referencia físico, el trayecto del efecto local de dicho sistema debe ajustarse a un índice de enmascaramiento para el efecto local (STMR, *sidetone masking rating*) de 12 dB, lo que ayuda a estabilizar el nivel vocal del hablante.

Los segmentos deben presentarse a los oyentes de manera completa con un periodo de silencio. Una vez finalizados los segmentos, debe introducirse un periodo de suficiente duración de completo silencio para permitir al oyente que vote.

Los hablantes deben pronunciar el segmento de frases con fluidez pero sin énfasis; además, no deben presentar deficiencias de pronunciación, como tartamudeo (véase también B.1.6/P.80).

## 2.4 Señales de calibración y niveles de habla

Véanse B.1.7/P.80 y B.1.8/P.80.

# 3 Simulación de la carga del sistema

## 3.1 Requisitos de un simulador de carga vocal genérico

El equipo digital de multiplicación de circuitos (DCME), se utiliza por definición para incrementar el número de circuitos multiplexados en un campo de transmisión digital. Sin embargo, con este incremento llega una posible degradación de la calidad de transmisión cuando se transportan cargas que superan la de diseño del DCME. Así, una rigurosa evaluación de la calidad de funcionamiento del DCME incluye el estudio del comportamiento del DCME en condiciones de ausencia de carga, de carga de diseño y de sobrecarga. Puesto que la calidad de transmisión del DCME en condiciones de carga depende de forma crítica de las características de la carga, es necesario conocer y controlar cargas simuladas para evaluar adecuadamente la calidad de funcionamiento del DCME. Esta subcláusula describe los requisitos genéricos de un simulador de carga vocal que facilita las evaluaciones de la calidad de funcionamiento del DCME en condiciones que resultan significativas. La utilización de simuladores de carga vocal que satisfacen los requisitos genéricos aquí descritos permitirá igualmente la comparación de los resultados procedentes de los diferentes estudios de varios DCME.

El simulador de carga o el propio sistema DCME debe programarse a fin de grabar, para cada segmento individual reproducido a través del mismo, la proporción del tiempo de duración de ese segmento durante la cual el canal «en directo» estaba activo, o información equivalente. Esta cantidad  $x_i$  recibirá el nombre de variable concomitante para el segmento  $i$  [véase la sección 2.5.2 f) del *Manual sobre Telefonometría*].

### NOTAS

1 El simulador de carga especificado aquí debe utilizarse para la evaluación de la calidad de funcionamiento de un DCME con interpolación digital de la palabra (DSI). Este excluye el tipo A (véase A.1) para el cual la carga no constituye problema debido a la asignación de canales en intervalos de tiempo fijo.

2 El simulador de carga especificado aquí es un simulador «exterior» que produce señales vocales simuladas para probar la multiplexación de muchos circuitos en un equipo de transmisión digital. El prototipo DCME utiliza frecuentemente una simulación de carga «interna» de las peticiones de «enlaces que solicitan un servicio» que simulan la salida de los múltiples circuitos detectores de señal vocal y que compiten de esta forma por la capacidad de transmisión, incluso si no se transmiten realmente las señales simuladas; únicamente el canal «en directo» probado se transmite realmente. Este tipo de simulador puede resultar muy útil en el laboratorio, pero no se trata aquí porque deberían hacerse ciertas suposiciones respecto de las características de calidad de funcionamiento de la simulación del detector asociado de señales vocales.

### 3.1.1 Parámetros

Un simulador de carga vocal (VLS, *voice load simulator*) genérico para la evaluación de la calidad de funcionamiento del DCME tiene los siguientes atributos (cuyos parámetros se especifican más adelante en la presente subcláusula 3.1):

- características de las ráfagas de conversación;
- características del (intervalo de) silencio;
- relleno de ruido de fondo para los periodos de silencio;
- propiedades espectrales de la voz simulada;
- características de amplitud;
- interfaz física, incluidas las especificaciones de los circuitos en reposo.



Estas características representan un conjunto mínimo de parámetros que puede ampliarse según convenga; por ejemplo, quizás debería estudiarse la variación temporal del número de llamadas simuladas, y en qué momento debería añadirse una especificación pertinente. Asimismo, se analizan únicamente las señales vocales simuladas. Puede que sea deseable añadir tonos simulados, frecuencias de señalización, y datos en banda vocal de diferentes tipos en una fecha posterior.

### **3.1.2 Requisitos**

#### **3.1.2.1 Generalidades**

Estos requisitos se refieren a un VLS genérico para pruebas de un DCME. En consecuencia, el DCME debe recibir señales digitales procedentes del VLS que simulan fuentes múltiples e independientes de voz similar a la que se observa en las redes telefónicas. Para satisfacer la condición de «múltiples e independientes», se supondrá que la salida del VLS presenta varias interfaces T1 o de la CEPT.

#### **3.1.2.2 Características de las ráfagas de conversación**

Las características de las ráfagas de conversación se especifican en la Recomendación P.59.

#### **3.1.2.3 Características del (intervalo de) silencio**

Las características del silencio se especifican en la Recomendación P.59.

#### **3.1.2.4 Relleno de ruido de fondo en los periodos de silencio**

Debe insertarse el ruido en los periodos (intervalos) de silencio de forma que puedan estudiarse la calidad de funcionamiento de la DSI en presencia de ruido. Resulta deseable disponer de un nivel de ruido ajustable; se recomienda provisionalmente un valor por defecto de  $-58$  dBm0.

#### **3.1.2.5 Propiedades de la voz simulada**

Se utilizará la señal de la voz artificial de la Recomendación P.50 como base para simular las características del habla humana. Esta señal puede aplicarse o retirarse conforme a las estadísticas de duración de las ráfagas de conversación y los silencios descritos en la Recomendación P.59.

#### **3.1.2.6 Interfaz física**

El simulador de carga debe tener salidas T1 y/o de la CEPT que ofrezcan características físicas, eléctricas, de codificación, de estructuración de trama, de alineación y de señalización conformes con las Recomendaciones G.703, G.704, G.711 y G.732 (2048 kbit/s) o G.733 (1544 kbit/s).

## **3.2 Determinación de la capacidad de carga de los sistemas probados**

La carga media aplicada es igual al producto del número de circuitos utilizados,  $N$ , y de la actividad vocal media. La capacidad de carga del sistema probado es igual a la carga máxima que permite cursar el diseño del sistema,  $L_{\text{máx}}$ , siendo  $L_{\text{máx}}$  igual al producto del número máximo de infinitos posible,  $N_{\text{máx}}$ , por la actividad vocal media. Puede determinarse la capacidad de carga mediante:

- i) la obtención de las especificaciones del fabricante;
- ii) cálculos.

Después de determinar la capacidad de carga, se pueden determinar las cargas parciales con las que se probará el sistema. Las cargas parciales son:

$$L_i = c_i L_{\text{máx}}$$

donde

$$c_i = 0,0; 0,75; 1,0 \text{ y } 1,2.$$

## **3.3 Control de la carga aplicada a los sistemas aprobados**

La carga aplicada al DCME puede modificarse variando  $N$  y el factor de actividad. En estas pruebas se supondrá que el factor de actividad vocal es constante e igual al 28%. Por tanto, para obtener una carga parcial,  $L_i$ , es necesario calcular el número de circuitos activos que permitirá acercarse lo más posible a la consecución de dicho valor deseado.

Por ejemplo, si  $L_{\text{máx}} = 48$  y se desea una carga parcial de  $L_i = 0,75 L_{\text{máx}}$  y se supone que el factor de actividad vocal es del 28%, el número de circuitos activos,  $N_{\text{activos}}$ , se calcula de la siguiente forma:

$$N_{\text{activos}} = c_i \frac{L_{\text{máx}}}{(\text{factor de actividad vocal})} = 0,75 \frac{48}{0,28} = 129 \text{ circuitos activos}$$

En dicha prueba, 129 circuitos transportaría carga vocal y el resto estarían en reposo.

NOTA – Los siguientes aspectos quedan en estudio:

- a) ¿Deben las cargas del DCME incluir datos en banda vocal además de señales vocales? El efecto del tráfico de datos en banda vocal sobre la calidad de la señal vocal constituye un aspecto importante de la evaluación de la calidad de funcionamiento de un DCME. El porcentaje de datos se define de la forma siguiente:

$$P_{\text{datos}} = \frac{\text{Número de circuitos de entrada activos con datos}}{\text{Número total de circuitos activos}} \times 100\%$$

- b) Algunas Administraciones informan que cuando se utiliza un detector de señales vocales de alta sensibilidad que presenta un tiempo de conmutación corto del orden de 30 ms, el valor medio de la actividad vocal en sus circuitos reales se encuentra en torno al 36%. ¿Resulta deseable modificar los requisitos de carga vocal indicados en 3.1? y, si es así, ¿qué valores se recomiendan?
- c) En 3.2 se indican valores fraccionarios de la carga vocal. Algunos DCME pueden funcionar de forma que presenten cambios significativos de la calidad de funcionamiento en diferentes puntos de carga fraccionaria. ¿Deben modificarse los puntos de carga fraccionaria para introducir este tipo de funcionamiento? y, si es así, ¿qué cambios se recomiendan?

## 4 Tratamiento de señales vocales

El laboratorio de prueba de los DCME tomará las grabaciones fuente, las reproducirá a través del circuito probado del DCME acordado (utilizando el tono de calibrado para fijar el nivel de entrada establecido), haciendo que el DCME funcione con la carga acordada, y registrará la salida procedente del circuito probado según un esquema predeterminado (explicado en la cláusula 5). Se utilizarán entonces las salidas registradas para llevar a cabo una prueba de escucha. Debe conectarse el DCME que se está probando al simulador de carga y al equipo de grabación y reproducción según se indica en la Figura 2. Puede que sea necesario prever interfaces especiales A/D y D/A para permitir la conexión del simulador de carga seleccionado y del equipo de grabación al DCME.

Antes de su procesamiento a través del DCME debe añadirse a la señal vocal el ruido del circuito en reposo (ICN, *idle circuit noise*). Dicho ruido se suma eléctricamente con la señal vocal de la fuente inmediatamente antes del convertidor A/D a la entrada del DCME, como se indica en la Figura 2. Es fundamental que el valor eficaz del nivel de entrada de la señal vocal al DCME se ajuste mediante el tono de 1 kHz de la grabación fuente y no midiendo el nivel de la señal vocal más el ruido a la entrada del A/D.

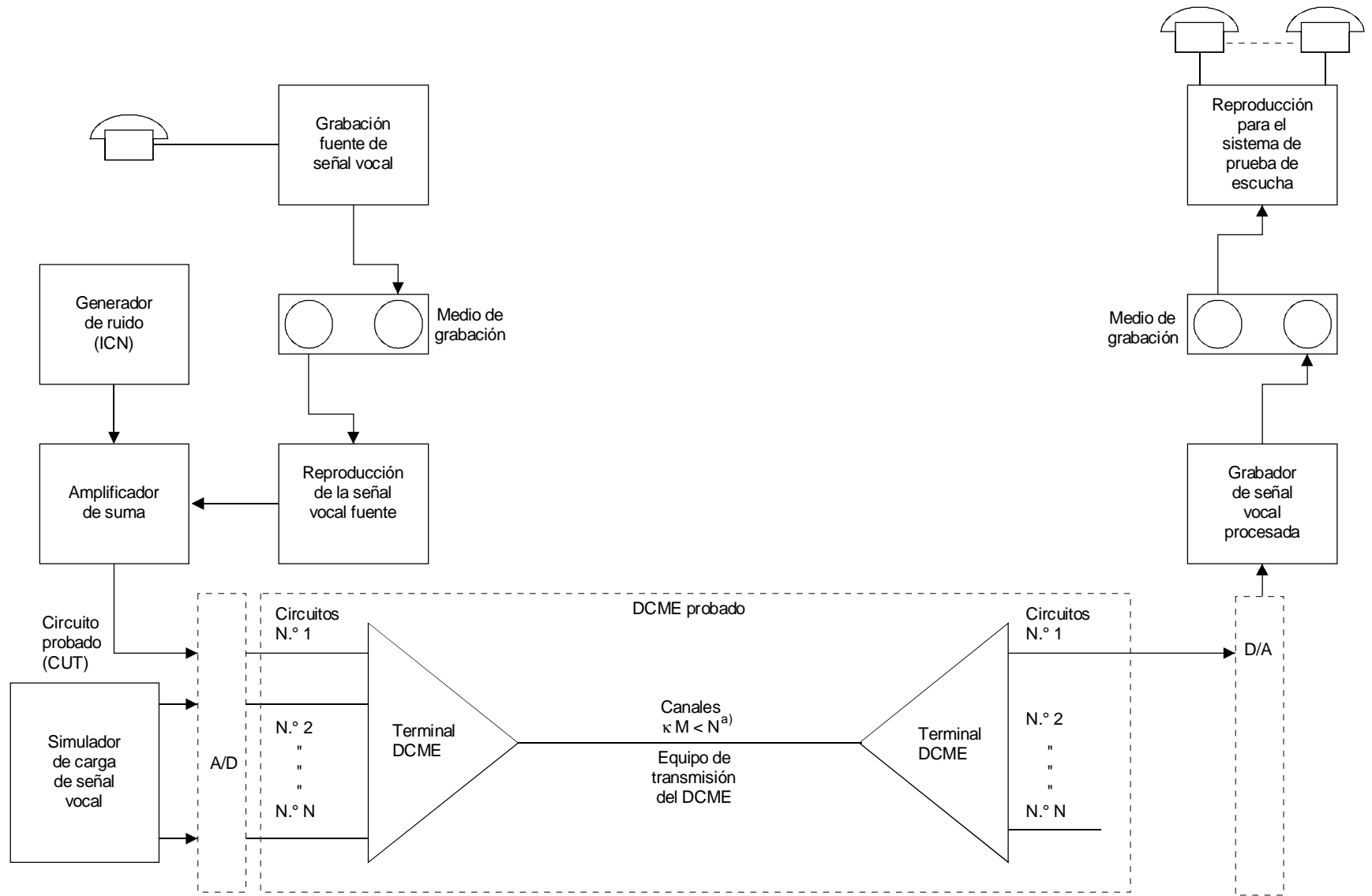
Todas las salidas tratadas se encontrarán en el canal izquierdo del medio de grabación. Se registrará simultáneamente en el canal derecho la señal original correspondiente. Se dispondrá del tono de 1 kHz tanto en su forma original (canal derecho) como tratado mediante su paso a través del DCME probado (canal izquierdo).

Se utilizará el tono de 1 kHz de la grabación fuente (véase 2.4) para ajustar el nivel eficaz de entrada de la señal vocal para que esté 20, 30 ó 38 dB por debajo de la capacidad de carga máxima del codificador del DCME.

## 5 Plan de la prueba

Se proponen dos pruebas distintas para evaluar los diferentes aspectos del comportamiento del DCME. La primera verifica el efecto de diversas cargas sobre el comportamiento y la segunda comprueba el efecto de los errores en el canal de control digital del DCME.

En ambas pruebas, debe añadirse un ruido blanco equivalente a  $-68$  dBmp a la entrada del extremo receptor del sistema intermedio de referencia para disminuir los efectos de contraste de ruido al principio de las expresiones vocales. El sistema intermedio de referencia debe utilizarse con efecto local presente (índice de enmascaramiento para el efecto local de 12 dB), pues es un sonido más natural para los participantes.



a) Para la explicación del factor  $\kappa M$ , véase A.4.

T1203920-92/d02

FIGURA 2/P.84  
Prueba de un DCME

## 5.1 Prueba N.º 1 – Efecto de la carga aplicada

Esta prueba puede realizarse dos veces, una para obtener un índice de calidad y (opcionalmente) otra para obtener un índice de esfuerzo en la escucha. Si se llevan a cabo ambas pruebas, la de esfuerzo en la escucha y la de calidad de escucha, los participantes o el material vocal deben ser distintos. Si son los mismos, la prueba de esfuerzo en la escucha debe realizarse en primer lugar puesto que es fundamental que en esta prueba se utilice material que no haya sido oído antes.

Los parámetros de prueba son los siguientes:

- a) *Parámetros de los DCME*
  - 1) DCME probados: N (por lo menos 1);
  - 2) cargas de DCME: cuatro valores (0, 0,75, 1,0, 1,2) (véase 3.2);
  - 3) factor de actividad vocal: un valor (28%);
  - 4) características de la señal vocal en circuito activo: un valor (véase 3.1);
  - 5) circuito probado (CUT, *circuit under test*), ruido del circuito en reposo (ICN): dos valores (-70 y -45 dBm0p);
  - 6) nivel de entrada de la señal vocal CUT: tres valores (20, 30 y 38 dB por debajo de la capacidad de carga máxima del codificador del DCME);
  - 7) niveles de escucha de salida<sup>2)</sup>: al menos tres valores (preferido y preferido ± 10 dB);
  - 8) hablantes: cuatro, por ejemplo, dos hombres y dos mujeres.
- b) *Parámetros de referencia*
  - 1) segmentos fuente originales: un valor;
  - 2) MNRU: cuatro valores (de 5 a 35 dB en pasos de 10 dB);
  - 3) relación señal/ruido: tres valores (20, 30 y 40 dB);
  - 4) conexiones de referencia (HRC): aproximadamente cuatro casos diferentes según decisión del equipo de prueba;
  - 5) niveles de escucha: tres valores (ver anteriormente);
  - 6) hablantes: cuatro, por ejemplo, dos hombres y dos mujeres.

Para el conjunto de parámetros establecido el número de condiciones de prueba es:

$$4 \times 2 \times 3 \times 3 \times 4 \times N = 288 \times N \text{ condiciones del DCME}$$

más

$$12 \times 3 \times 4 = 144 \text{ condiciones de referencia}$$

lo que totaliza (suponiendo N = 1 DCME):

$$432 \text{ condiciones de prueba} + 36 \text{ prácticas} = 468 \text{ condiciones.}$$

El conjunto de condiciones de prueba debe dividirse en unas 13 secuencias (12 pruebas + 1 práctica) de 36 condiciones colocando las condiciones de forma aleatoria dentro de cada secuencia. El Cuadro 1 enumera las condiciones en una secuencia básica no aleatorizada.

La secuencia del Cuadro 1 se repetirá para cada uno de los cuatro hablantes con los tres niveles de escucha para crear 12 secuencias de prueba: de la A a la L inclusive. Se creará igualmente una secuencia P de práctica. Se pueden ordenar entonces las secuencias de prueba de la A a la L inclusive más la P para la reproducción en la prueba de escucha conforme al procedimiento descrito en la cláusula 6.

Suponiendo que cada condición dura 15 s para su presentación y para la obtención de un voto, la duración total de la prueba es de unas 2 horas.

---

<sup>2)</sup> Se ajustan mediante el tono de calibración en la cinta fuente y no midiendo el nivel de la señal vocal procesada.

CUADRO 1/P.84

Secuencia básica (se supone un solo DCME en prueba)

Condiciones	Carga	ICN (dBm0p)	Entrada <sup>a)</sup> (dB)	Q (dB)	SNR (dB)	HRC
1	0,00	-70	20			
2	0,75	-70	20			
3	1,00	-70	20			
4	1,20	-70	20			
5	0,00	-45	20			
6	0,75	-45	20			
7	1,00	-45	20			
8	1,20	-45	20			
9	0,00	-70	30			
10	0,75	-70	30			
11	1,00	-70	30			
12	1,20	-70	30			
13	0,00	-45	30			
14	0,75	-45	30			
15	1,00	-45	30			
16	1,20	-45	30			
17	0,00	-70	38			
18	0,75	-70	38			
19	1,00	-70	38			
20	1,20	-70	38			
21	0,00	-45	38			
22	0,75	-45	38			
23	1,00	-45	38			
24	1,20	-45	38			
25			20	5		Original
26			20	15		
27			20	25		
28			20	35		
29			20		20	
30			20		30	
31			20		40	
32			20			HRC1
33			20			HRC2
34			20			HRC3
35			20			HRC4
36			20			
ICN Ruido de circuito en reposo.						
a) dB por debajo de la capacidad de carga máxima del codificador del DCME.						

**5.2 Prueba N.º 2 – Efecto de los errores digitales en el canal de control del DCME**

La prueba anterior se realizó suponiendo que el funcionamiento del equipo de transmisión digital se llevaba a cabo sin errores. En condiciones reales se producirán errores y los errores en el «canal de control» del DCME pueden provocar interrupciones momentáneas de los circuitos de conversación. Para determinar el efecto de los errores digitales sobre la calidad de funcionamiento debe repetirse la prueba 1 mientras se introducen errores aleatorios con una tasa de  $10^{-3}$  en el canal de control. En esta prueba se necesita únicamente un nivel de escucha (preferido), de forma que el número total de las condiciones de prueba es  $N \times 96$  más 48 condiciones de referencia. Con  $N = 1$ , la duración de la prueba es de 36 minutos.

NOTA – Si esta prueba es para determinar la escala de esfuerzo en la escucha, los participantes o el material deben ser distintos por la razón indicada en 5.1.

**6 Procedimientos de la prueba de escucha**

Véanse B.2/P.80, B.3/80 y B.4/P.80.

## 7 Análisis de los resultados

Además de la nota de opinión,  $Y_{lq}$  o  $Y_{le}$ , obtenida de cada participante para cada segmento reproducido, también se conocerá el valor asociado  $x$  (véase 3.1) para cada segmento, valor que debe tenerse en cuenta en el análisis. El análisis normal de la varianza se convierte, de hecho, en un análisis de la covarianza, siendo  $x$  la variable concomitante. Con ello aumenta la precisión de los resultados y conclusiones, eliminando de forma eficaz la incertidumbre debida a la fluctuación instantánea aleatoria de la carga del sistema alrededor de su media pretendida, ajustando todas las notas medias a los valores que habrían tomado si dicha media se hubiera mantenido exacta.

Debe utilizarse la misma técnica en la prueba con errores digitales, considerando como variable concomitante la tasa de errores real para cada segmento.

### Anexo A

#### Descripción del equipo de multiplicación de circuitos digitales

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

En el presente anexo se hace una descripción detallada de las características del DCME que pueden evaluarse con esta metodología. A continuación se dan algunas definiciones. En 2/G.763 figura una lista más amplia de definiciones relacionadas con el DCME.

#### A.1 Definiciones

A los efectos de esta Recomendación, se aplican las definiciones siguientes:

**A.1.1 equipo de multiplicación de circuitos digitales (DCME):** En la Recomendación G.763 se define el equipo DCME como una «categoría general de equipos que permiten la concentración de un cierto número de circuitos de entrada codificados en MIC a 64 kbit/s en un reducido número de canales de transmisión». Como definición de trabajo puede utilizarse la siguiente: cualquiera de los métodos de transmisión digital que consigue más circuitos de calidad telefónica que los que se pueden obtener utilizando un equipo conforme a la Recomendación G.711. Para nuestros fines, el término circuito puede referirse a veces a un circuito entre dos puntos de conmutación (circuito de enlace) o entre las instalaciones del abonado y un punto de conmutación (bucle de abonado). En otras ocasiones, puede referirse a una conexión digital de extremo a extremo. El circuito puede ser igualmente físico o virtual. El término calidad telefónica significa que la anchura de banda nominal del circuito es de 3,1 kHz. Intentaremos evitar cualquier confusión utilizando, cuando sea necesario, los calificativos adecuados, para describir el tipo de circuito referido.

En base a las anteriores definiciones concluimos que existen tres tipos básicos de DCME:

- *Tipo A* – Utiliza únicamente codificación de baja velocidad (LRE, *low rate encoding*) (LRE < 64 kbit/s véase A.1.4) para obtener un multiplicador de circuitos mayor que uno. Algunos métodos de LRE (por ejemplo, MICDA a 32 kbit/s) se adaptan a los métodos de prueba subjetivos descritos en la Recomendación P.83; otros métodos (por ejemplo, la codificación vocal a 48 kbit/s) pueden requerir nuevos métodos de prueba subjetivos.
- *Tipo B* – Utiliza únicamente la interpolación digital de la palabra (DSI, véase A.1.5) para obtener un multiplicador de circuitos mayor que uno. En A.2 se define la DSI. Por definición, la codificación digital utilizada en un DCME del tipo B para obtener un circuito trabaja a 64 kbit/s y es conforme con la Recomendación G.711. Así pues, la codificación proporciona un multiplicador de circuitos de valor unidad. Durante los periodos de sobrecarga del DCME, puede utilizarse cualquiera de las diferentes estrategias de sobrecarga para resolver la contienda de canales. En A.5 se definen las tres estrategias básicas de sobrecarga. Por ejemplo, durante periodos instantáneos de sobrecarga puede reducirse la velocidad de codificación del canal para incrementar la capacidad en número de canales. Sin embargo, esta operación de transcodificación se atribuye a la DSI y el multiplicador de circuitos mayor que uno así obtenido se debe a la DSI.
- *Tipo C* – Combinación de los tipos A y B. Este modo híbrido utiliza la LRE para obtener un multiplicador de circuitos mayor que uno y a continuación la DSI para obtener un multiplicador de circuitos adicional. Por ejemplo, si la LRE se adapta a MICDA a 32 kbit/s de la Recomendación G.726, el codificador conlleva entonces un multiplicador de circuitos de  $\kappa = 2$ . La DSI puede incrementar este multiplicador en un factor adicional de 2 ó 3, dependiendo del DCME. El multiplicador total, de 4 a 6, es el resultante del producto de los multiplicadores de la LRE y de la DSI.

Esta Recomendación sólo es aplicable a DCME de tipos B y C.

**A.1.2 sistema de multiplicación de circuitos digitales (DCMS, *digital circuit multiplication system*):** Sistema de telecomunicación compuesto por dos o más terminales DCME conectados por un sistema de transmisión digital que proporciona un conjunto compartido de canales portadores. El DCMS soporta:

- i) canales transparentes a 64 kbit/s para servicios RDSI (pueden utilizarse en el conjunto compartido de canales portadores);
- ii) datos en banda vocal (en el modo llamada por llamada) incluido el facsímil del grupo III;
- iii) servicios telefónicos en la gama de frecuencias de 300 a 3400 Hz transportados a 56 bits/s o 64 kbit/s;
- iv) canales transparentes a 64 kbit/s (en el modo semipermanente RDSI);
- v) datos digitales en subcanales a menos de 64 kbit/s.

**A.1.3 modo circuito frente al modo paquete:** Internamente el DCME puede utilizar un modo paquete o un modo circuito para la transmisión de señales vocales o de datos. En el modo circuito se obtienen los canales portadores proporcionando los intervalos de tiempo adecuados en las instalaciones de transmisión que interconectan el equipo terminal DCME. En el modo paquete se crean canales portadores virtuales y las muestras de señales vocales o de datos se ponen en uno o más paquetes de longitud fija o variable. Los paquetes se direccionan al circuito de destino y se transmiten por un canal virtual a través de las instalaciones de transmisión de uno en uno. Así, en el modo circuito puede considerarse que la instalación de transmisión transporta un cierto número de canales portadores multiplexados conjuntamente, mientras que en el modo paquete se considera que las instalaciones se comportan como un único canal de alta velocidad dividido lógicamente en canales virtuales que transmiten paquetes de uno en uno.

**A.1.4 codificación de baja velocidad (LRE):** Método de codificación de señales de banda vocal, por ejemplo MICDA, que da lugar a velocidades binarias inferiores a 64 kbit/s: 40 kbit/s, 32 kbit/s, 24 kbit/s u, opcionalmente, 16 kbit/s. La conversión entre señales vocales codificadas en MIC a 64 kbit/s y las codificadas en MICDA debe llevarse a cabo siguiendo el proceso de transcodificación que figura en la Recomendación G.726.

**A.1.5 interpolación digital de la palabra (DSI):** Técnica con la que pueden aprovecharse los periodos inactivos de una conversación, obteniendo una capacidad adicional en número de canales. La actividad de la señal vocal se encuentra típicamente entre un 30% y un 40%, por término medio, lo que puede proporcionar una ganancia de DSI de hasta 3 : 1, pero en general en la gama de 2 : 1 a 2,5 : 1.

**A.1.6 canal portador (BC, *bearer channel*):** Un canal portador es un trayecto de transmisión digital unidireccional de la unidad de transmisión de un DCME a la unidad de recepción de un segundo DCME asociado, que se utiliza para llevar tráfico concentrado entre dos DCME.

#### NOTAS

1 Varios canales portadores en cada sentido de transmisión constituyen el enlace bidireccional requerido entre dos DCME. El enlace puede ser, por ejemplo, un sistema a 2048 kbit/s.

2 Un canal portador puede tener cualquiera de las velocidades binarias instantáneas siguientes: 64, 32, 24 u, opcionalmente, 16 kbit/s.

**A.1.7 ganancia de LRE, ganancia de DSI, ganancia de DCME:** La ganancia de LRE es el factor por el que se reduce la velocidad de 64 kbit/s de los circuitos entrantes cuando se utiliza la LRE para codificar en un DCME. Por ejemplo, cuando se utiliza un transcodificador conforme a la Recomendación G.726, la ganancia de LRE será igual a 2. Cuando no se utiliza transcodificación, la ganancia de LRE es la unidad.

La ganancia de DSI es la relación entre el número de circuitos de conversación entrantes activos y el número de canales portadores utilizados para transportar las señales vocales cuando se utiliza la misma velocidad de codificación en los circuitos y en los canales portadores. La ganancia de DSI viene limitada por el número de circuitos entrantes y el factor de actividad vocal y otras características de la señal vocal entrante. Cuando no se utiliza la DSI, la ganancia de DSI es la unidad.

La ganancia de DCME es el producto de los factores de ganancia de LRE y DSI.

**A.1.8 sobrecarga del DCME:** Condición en la que el número de circuitos activos entrantes en un instante dado supera el número máximo de canales portadores «normales» disponibles para la DSI.

**A.1.9 bloqueo:** Situación en la que un circuito entrante pasa a estar activo con señales vocales y al cual no puede asignarse inmediatamente un canal portador, debido a la falta de disponibilidad de dichos canales.

**A.1.10 fracción de bloqueo:** Porcentaje de la pérdida de señales vocales, obtenido mediante el promedio de todos los circuitos entrantes para un intervalo de tiempo determinado, por ejemplo, un minuto. (Para una definición precisa de la fracción de bloqueo, véanse 2.23/G.763 y 15.2.3.2/G.763.)

**A.1.11 sobrecarga de transmisión:** Situación en la que la fracción de congelación sobrepasa el valor fijado de acuerdo con los requisitos de la calidad para las señales vocales.

### A.1.12 mutilación

- i) Mutilación en los detectores de señales vocales debida al tiempo que se necesita para reconocer la presencia de señales vocales, que puede mutilar (recortar) las primeras sílabas de la conversación.
- ii) Mutilación competitiva debida a la estrategia de control de sobrecarga, que permite que tenga lugar el bloqueo cuando los canales portadores se encuentran transitoriamente indisponibles.
- iii) Mutilación de canal de control resultante de la detección de actividad simultánea en más de un circuito de entrada dentro de la misma trama DCME o dando servicio a mensajes de prioridad superior, tales como el de establecimiento de circuitos sin restricciones a 64 kbit/s.

### A.1.13 velocidad binaria variable (VBR, *variable bit rate*)

Capacidad del algoritmo de codificación de alternar dinámicamente entre 32 y 24 kbit/s, o también, facultativamente, entre 24 y 16 kbit/s, para tráfico vocal bajo control del DCME.

De esta manera se dispone de una estrategia de control de sobrecarga para hacer frente a las crestas de tráfico y, por lo tanto, a los problemas de bloqueo.

Se crean transitoriamente canales portadores adicionales (canales de sobrecarga) con relación señal/ruido reducida. La degradación controlada se facilita utilizando rotación rápida cuando la velocidad de codificación inferior se desplaza cíclicamente a través de todos los canales que llevan señales vocales y sólo se aplica a un canal portador determinado durante un breve intervalo de tiempo (normalmente, de 10 ms o menos en el caso de DCME, o de 16 ms si se trata de sistemas por paquetes). La frecuencia con que ocurre la velocidad binaria inferior depende de la actividad de conjunto de los circuitos de entrada del DCME.

**A.1.14 disposición en cola:** Estrategia de control de sobrecargas que utiliza una memoria intermedia en el transmisor del DCME para almacenar las muestras de señales vocales mientras espera a que un canal portador quede disponible.

**A.1.15 control dinámico de carga (DLC, *dynamic load control*):** Estrategia de control de sobrecargas en la que el DCMS señala al conmutador asociado que la carga de tráfico que está generando el conmutador, o que se prevé que genere, no puede ser transmitida satisfactoriamente por el DCMS y que el conmutador debe reducir su demanda sobre el DCMS.

**A.1.16 capacidad de transportar carga:** La capacidad para transportar carga se define como la máxima carga de señales vocales ofrecida más la carga por tara (elementos de servicio) (véase A.1.17) que pueden transportar los canales del DCME sin pasar al modo sobrecarga del DCME (véase A.1.8).

**A.1.17 carga aplicada y ofrecida:** La carga aplicada consiste en las ráfagas de señales vocales que entran al DCME por los circuitos activos. De esta forma, la carga aplicada es una función del número de circuitos activos y de la actividad vocal de los circuitos.

La carga ofrecida consiste en la carga aplicada más una carga adicional (tara o elemento de servicio) generada por los mensajes del DCME y por la información de control. La carga ofrecida es la carga presentada a los canales portadores del DCME. Si la carga ofrecida es inferior a la capacidad para transportar carga de los canales, entonces toda la carga ofrecida es transportada por el DCME. El DCME puede utilizar codificación de velocidad binaria variable de forma que puede incrementar momentáneamente la capacidad para transportar carga de los canales portadores (creación de canales de sobrecarga) para acomodar la carga adicional. El control dinámico de carga DCME puede utilizarse igualmente para limitar la carga aplicada. Sin embargo, si la carga ofrecida supera la capacidad de los canales portadores, dependiendo de la estrategia de sobrecarga del DCME, parte de la carga ofrecida se perderá mediante la mutilación competitiva (segregación de muestras).

La carga instantánea es función del comportamiento estadístico de la señal vocal de entrada y del tráfico de elementos de servicio del DCME, y es difícil de caracterizar matemáticamente. Sin embargo, la carga media aplicada en el tiempo a largo plazo puede calcularse como sigue:

$$L_a = N \frac{\alpha}{\alpha + \beta}$$

donde  $L_a$  es la carga media aplicada,  $\alpha$  es la longitud media de las ráfagas de señales vocales,  $\beta$  es la longitud media de los silencios, y  $N$  es el número de circuitos que se utilizan. El término  $\alpha/(\alpha + \beta)$  es igual a la actividad vocal. La carga aplicada se mide en los circuitos a la entrada del DCME. De esta forma, la carga media del DCME puede controlarse externamente variando el número de circuitos que se utilizan,  $N$ , o el factor de actividad vocal,  $\alpha/(\alpha + \beta)$ .



De la misma forma, la carga media ofrecida constituye un concepto útil, y puede calcularse mediante la fórmula:

$$L_o = N \frac{\alpha (k + 1)}{\alpha + \beta} + G$$

donde  $L_o$  es la carga media ofrecida a los canales portadores,  $k$  es una constante que tiene en cuenta el «efecto de dilatación» que introduce el detector de señales vocales en el factor de actividad y  $G$  es un factor de carga que tiene en cuenta el tráfico de elementos de servicio del sistema (por ejemplo, mensajes de control). De esta forma, la carga media ofrecida  $L_o$ , será casi siempre superior a la carga media aplicada  $L_a$ .

## A.2 Interpolación digital de la palabra (DSI, *digital speech interpolation*)

En A.1.5 se define la interpolación digital de palabra, DSI. Una definición de trabajo de la DSI puede ser: cualquiera de los métodos para asignar por demanda un canal portador de calidad telefónica para la transmisión de señales vocales al inicio de una ráfaga vocal (ráfaga de conversación). El canal portador procede de un conjunto compartido que mantiene el DCME y la señal vocal procede de un circuito activo conectado al DCME. Cuando la ráfaga vocal cesa, el canal:

- i) se libera y vuelve al conjunto compartido; o
- ii) permanece asignado al circuito mientras que el conjunto compartido no esté vacío y no se necesite el canal para dar servicio a otro circuito.

En el anterior contexto, el término canal portador se refiere a los trayectos de transmisión entre los terminales del DCME que han de utilizarse para transportar el tráfico por los circuitos conectados al DCME.

## A.3 Detección de la señal vocal

Para realizar la DSI, el DCME debe incluir un detector de señales vocales. Dicho detector supervisa los circuitos y determina cuando están presentes las señales vocales y cuando no. Cuando se decide que están presentes las señales vocales, el DCME intenta asignar un canal portador disponible al circuito. Si no se dispone de ningún canal, el DCME invoca entonces su estrategia de sobrecarga. Cuando finaliza la ráfaga vocal el detector de señales vocales puede introducir cierta «retención» para evitar la mutilación final de la ráfaga. La retención alarga la longitud efectiva de la ráfaga.

El «relleno» es otra de las funciones del detector de señales vocales utilizada a veces para saltar o eliminar los intervalos de silencio de duración inferior a una determinada entre ráfagas vocales. El relleno no alarga la longitud de las diferentes ráfagas en la forma en que lo hace la retención, pero introduce un retardo de tratamiento igual al intervalo rellenado. Tanto la retención como el relleno, incrementan el factor de actividad de la señal vocal en los canales portadores.

Para evitar la mutilación del frente de ráfaga vocal, el detector de señales vocales utiliza a veces un retardo de varios milisegundos para darle tiempo a decidir sobre la presencia de las señales vocales.

El recorte o la mutilación de la ráfaga vocal (tanto del extremo inicial como del final) pueden producirse porque el detector de señales vocales tome decisiones erróneas o tardías. El funcionamiento del detector de señales vocales y por tanto, el comportamiento del recorte en el DCME es función de muchos de los factores que caracterizan una señal en los circuitos, tales como el nivel de señal, la relación señal a ruido, y la atenuación del trayecto de eco.

## A.4 Carga del DCME

La frecuencia de sobrecarga del DCME es función de la carga del sistema. La carga del sistema está constituida por las ráfagas vocales generadas en los circuitos entrantes más por el tráfico de elementos de servicio generado por el DCME. Puesto que la actividad de las ráfagas vocales en los circuitos varía de un instante a otro, la carga presenta igualmente variaciones a corto plazo.

Al definir la carga debemos distinguir entre la carga aplicada y la carga ofrecida, definidas ambas en A.1.17.

Aunque la carga varía continuamente, dependiendo de las características estadísticas de la señal vocal, y de la actividad del circuito, si suponemos que el número de circuitos utilizados,  $N$ , es constante a lo largo de un cierto periodo de tiempo durante el cual estamos observando el funcionamiento del DCME, el valor medio de las cargas ofrecidas y aplicadas se transforma en conceptos útiles. En A.1.17 se definen las fórmulas de las cargas medias. Si bien estas fórmulas son algo simplistas y no captan la información relativa a la varianza de la carga en torno al valor medio, proporcionan una visión útil del funcionamiento del DCME.

La capacidad para transportar carga de los canales del DCME resulta igualmente de considerable importancia. La capacidad para transportar carga se define en A.1.16. Si la carga ofrecida es inferior a la capacidad para transportar canales, el DCME transporta toda la carga ofrecida. Sin embargo, si la carga ofrecida supera la capacidad de los canales, dependiendo de la estrategia de sobrecarga del DCME (véase A.5), parte de la carga ofrecida se perderá debido a la segregación de muestras o se utilizará la codificación de velocidad binaria variable para incrementar momentáneamente la capacidad para transportar carga de los canales, de forma que éstos puedan alojar la carga adicional. De esta forma, se dice que surge la sobrecarga cuando la carga ofrecida sobrepasa la capacidad para transportar carga de los canales del DCME.

En un sistema de segregación de muestras, la capacidad de carga es fija y viene dada por  $\kappa M$ , donde  $M$  es el número de canales equivalentes de 64 kbit/s proporcionados y  $\kappa$  es el factor de LRE que tiene en cuenta la diferencia de velocidades binaria entre los circuitos (siempre a 64 kbit/s) y los canales. Si por ejemplo, se utiliza LRE a 32 kbit/s en los canales, entonces  $\kappa = 2$ . Si no se utiliza LRE, entonces  $\kappa = 1$ . Si se utiliza la codificación de velocidad binaria variable (VBR), la capacidad de carga del DCME no es fija, y puede evitarse la sobrecarga mediante la creación temporal de canales portadores adicionales. Si por ejemplo, la velocidad de codificación cae de 32 a 16 kbit/s, en el periodo en que VBR está activa,  $\kappa = 4$ .

En estos ejemplos el número de canales disponibles para transportar señales vocales se supone constante. Sin embargo, en el DCME que transporte datos en la banda vocal y otros tonos por los circuitos, no puede utilizarse la DSI para estas señales. La consecuencia será que estas señales continuas capturarán los canales para su uso a tiempo completo, reduciendo el conjunto compartido de canales disponibles para transporte de señales vocales.

Utilizando las ecuaciones de la carga media y el concepto de capacidad de carga, podemos ilustrar en la Figura A.1 las curvas de carga para un DCME de tipo C con segregación de muestras. La pendiente de las curvas de la carga ofrecida depende del factor de actividad vocal  $\alpha/(\alpha + \beta)$ , y el factor de «dilatación» del detector de señales vocales  $k$ . Se muestran las curvas de carga para los tres factores de actividad diferentes. Si el número de circuitos utilizado,  $N$  es inferior  $N_{\min} \kappa M - G = 43$  entonces la DS no se activará nunca, incluso si el factor de actividad vocal instantáneo pasa a ser la unidad en todos los circuitos activos. Puesto que la carga transportada por el DCME no puede superar  $\kappa M = 48$ , a medida que la carga media ofrecida,  $L_o$ , tiende a ser igual a la capacidad máxima, la frecuencia de sobrecarga (segregación de muestras) aumentará a medida que las fluctuaciones instantáneas de las actividades vocales lleven a la carga ofrecida hasta un valor superior al límite.

La Figura A.2 ilustra las curvas de carga para un sistema del tipo C de velocidad binaria variable que recodifica a 16 kbit/s durante la sobrecarga. En este ejemplo, cuando la carga ofrecida pasa a ser mayor que  $\kappa M = 48$ , la velocidad de codificación cae de 32 a 16 kbit/s en los canales portadores. De esta forma, se aumenta la capacidad a  $\kappa M = 96$ . La capacidad adicional absorbe la sobrecarga momentánea y evita que se produzca la segregación de muestras (bloqueo). Si la carga ofrecida es mayor que 96 tendrá que producirse una segregación de muestras, ya que en este ejemplo no se proporciona una VBR adicional (por ejemplo, hasta 8 kbit/s).

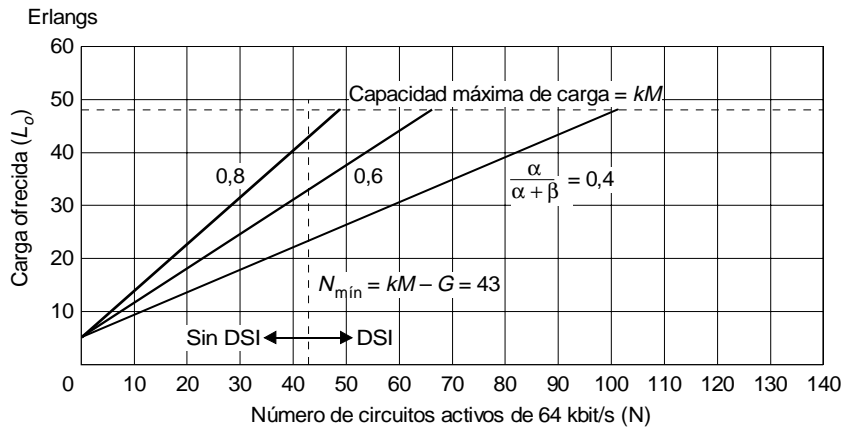
Así pues, se resumen, mientras que  $N \leq N_{\min}$ , el DCME no necesitará utilizar la función de DSI, porque todos los circuitos tendrán acceso a un canal portador. No se producirá segregación de muestras hasta que la carga ofrecida supere la capacidad para transportar carga. En situación de sobrecarga el DCME comenzará segregando muestras o colocando muestras en cola en cuyo caso  $\kappa$  no cambiará, o el DCME reducirá la velocidad de codificación, en cuyo caso, aumentará  $\kappa$ , aumentando momentáneamente la capacidad de DCME.

## A.5 Estrategias de sobrecarga

Cuando el número de circuitos activos conectados al DCME supere el número de canales normales disponibles, el DCME experimentará sobrecargas momentáneas; un aumento del número de ráfagas necesitará a veces, más canales que los disponibles. Cuando esto ocurra, el DCME deberá invocar su «estrategia de sobrecarga». Se concibe la estrategia para contemplar el aspecto de cómo compartir mejor el conjunto de canales. Resultan posibles un cierto número de estrategias básicas, éstas son:

### Tipo 1 – La mutilación de sobrecarga o la segregación de muestras de señales vocales

En esta estrategia, definida en A.1.12 se segregan (eliminan) las muestras de la parte frontal de la ráfaga de señales vocales que pugna sin éxito por un canal. La segregación de muestras continúa hasta que se dispone de un canal o se termina la ráfaga normalmente. Desde el punto de vista de la percepción, los efectos de la segregación de muestras de la parte frontal y la mutilación de la parte frontal, esta última provocada por el detector de señales vocales, deberían ser los mismos, incluso si tienen causas diferentes. Teóricamente, sin embargo, no son enteramente iguales, porque la mutilación de la parte frontal debida al detector de señales sonoras es de breve duración y es más probable que afecte a las partes de bajo nivel de la señal mientras que la mutilación de la parte frontal debida al bloqueo es de mayor duración. El bloqueo por causas distintas a la de segregación de muestras de la parte frontal afecta a todos los niveles con igual probabilidad.



Suposiciones:  
Sistema de segregación de muestras

$$L_0 = N\alpha \frac{(k+1)}{\alpha + \beta} + G$$

$M = 24$  canales (equivalentes de 64 kbit/s)

$k = 0,1$  (factor de dilatación del detector de señales vocales)

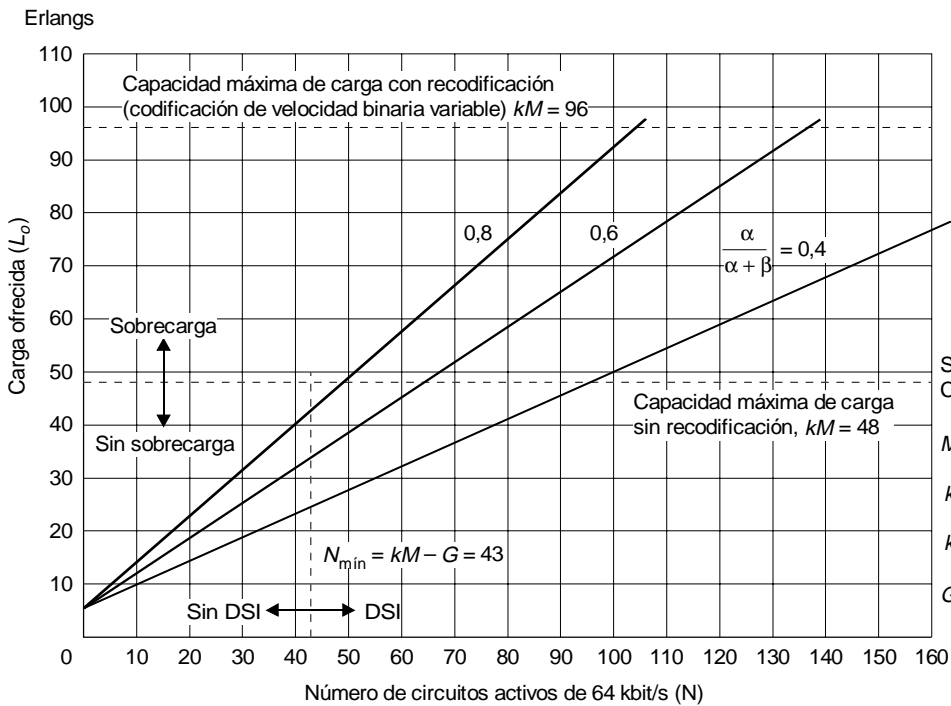
$k = 2$  (multiplicador de circuitos con LRE)

$G = 5$  erlangs (de elementos de servicio)

T1205880-93/d03

FIGURA A.1/P.84

Ejemplo de curvas de carga para un DCME de tipo C con segregación de muestras



Suposiciones:  
Codificación de velocidad binaria variable hasta 16 kbit/s

$M = 24$  canales (equivalentes de 64 kbit/s)

$k = 0,1$  (factor de dilatación del detector de señales vocales)

$k = 2$  (multiplicador de circuitos con LRE)

$G = 5$  erlangs (de elementos de servicio)

T1205890-93/d04

FIGURA A.1/P.84

Ejemplo de curvas de carga para tipo C, DCME de codificación de velocidad variable

## **Tipo 2 – Codificación de velocidad binaria variable**

Esta estrategia definida en A.1.13, incorpora algoritmos de codificación de señales vocales con velocidades binarias múltiples (Recomendaciones G.726 o G.727) u otros procedimientos para multiplicar eficazmente el número de canales portadores instantáneamente disponibles para que los circuitos transporten la carga ofrecida. Puesto que la reducción de la velocidad binaria incrementará el ruido de cuantificación producido por los codificadores, el efecto percibido sobre la codificación de velocidad variable consistirá principalmente en un incremento momentáneo del ruido de cuantificación, es decir reducciones del Q (para la explicación de Q, véase 2/P.81). El efecto subjetivo se reduce al mínimo desplazando rápidamente la utilización del código de velocidad binaria inferior entre todos los canales portadores de señales sonoras activos.

## **Tipo 3 – Disposición en cola**

Esta estrategia, definida en A.1.14, utiliza memorias intermedias (tampón) para almacenar las muestras de las ráfagas vocales mientras se espera un canal. El efecto perceptivo de la pura colocación en cola, sin el desbordamiento de la memoria intermedia, consiste en un desplazamiento en el tiempo, de las ráfagas vocales. No se pierde ninguna muestra, y no existe incremento alguno del ruido. La degradación introducida puede llamarse «modulación de la duración del silencio». Desde el punto de vista del oyente, una ráfaga vocal dada, puesta en la cola, comenzará algo más tarde que la ráfaga precedente que no haya tenido que esperar una cola. De la misma manera, las ráfagas sucesivas darán la impresión de comenzar algo antes. Puesto que las memorias intermedias deben ser necesariamente finitas, esta estrategia no puede utilizarse por sí sola, sino que debe asociarse con la segregación de muestras o con la codificación de velocidad variable. Así el sistema de disposición en cola puede presentar una mutilación de señales vocales o un ruido de grabación junto con un desplazamiento en el tiempo.

## **Tipo 4 – Control dinámico de la carga**

Estrategia de control de sobrecarga definida en A.1.15, en la cual el DCME señala al centro de conmutación asociado, que la carga de tráfico que está generando el centro o que está previsto que genere, no puede transmitirse satisfactoriamente por el DCME y que el centro debe reducir su demanda sobre el DCME.

## **A.6 Métodos de reconstrucción de silencios**

Puesto que el DCME con carga suficiente como para requerir interpolación entre canales portadores no transmite silencios entre las ráfagas vocales, en el extremo de recepción deben regenerarse artificialmente los silencios. Existen diferentes métodos posibles para hacerlo. El más sencillo consiste en insertar un ruido blanco de nivel fijo en el receptor durante los silencios. Es necesario escoger cuidadosamente el nivel para evitar un contraste del ruido, es decir un contraste perceptible y molesto entre el ruido en los silencios y el ruido de fondo durante las ráfagas vocales. Existen otros métodos que intentan adaptar el nivel de ruido automáticamente a las condiciones del circuito; estos métodos exigen un filtrado cuidadoso y una estimación de la potencia de la fuente de ruido.

## **A.7 Modo circuito frente a modo paquete**

Internamente, el DCME puede utilizar el modo circuito o el modo paquete para la transmisión de las ráfagas vocales. En el modo circuito, los canales portadores se obtienen mediante intervalos de tiempo adecuados en el equipo de transmisión que interconecta los terminales del DCME. En el modo paquete las muestras de las ráfagas vocales se disponen en uno o más paquetes de longitud fija o variable. Los paquetes se direccionan al circuito de destino y se transmiten por el equipo de transmisión de uno en uno. De esta forma, en el modo de circuito se puede considerar que el equipo de transmisión transporta un cierto número de canales multiplexados juntos, mientras que en el modo de paquete se considera que el equipo constituye un único canal de alta velocidad que transmite paquetes de uno en uno.

En el modo paquete, la calidad de funcionamiento del sistema depende de cómo se atienden los paquetes. Existen dos modalidades:

- a) Todos los paquetes precedentes de cada uno de los circuitos entran en una cola del tipo primero en entrar, primero en salir (FIFO, *first-in first-out*) y se cursan a la vez por un canal de alta velocidad. Cada paquete se trata independientemente. Cada paquete experimenta un retardo variable, en su llegada al extremo de recepción, que es una función de la carga del relleno de la cola FIFO. Si los paquetes llegan demasiado tarde, después de un retardo de reconstrucción del conjunto, el receptor los perderá o descartará. Esto se denomina segregación (eliminación) de paquetes y es función de la carga del sistema. La segregación de paquetes puede provocar una mutilación en cualquier punto de la ráfaga vocal. Ésta da lugar a una segregación de muestras en el «medio de la ráfaga». Los paquetes pueden segregarse igualmente en la cola FIFO, si ésta experimenta un desbordamiento. Se supervisa el relleno de la cola y se invoca la estrategia de sobrecarga cuando es necesario evitar una segregación excesiva de paquetes.

- b) Una vez que el circuito ha tomado el canal de alta velocidad para la transmisión de un paquete, se transmiten todos los paquetes de dicha ráfaga que se encuentran en el circuito antes de que se libere la línea de alta velocidad para que transmita paquetes de otros circuitos. Así pues durante la ráfaga se «surca» el circuito. La operación de surcar evita la pérdida de muestras de señal en medio de la ráfaga. Sin embargo, puesto que sólo un circuito puede utilizar cada vez el canal de alta velocidad, otros circuitos que tengan paquetes por transmitir deben esperar su turno. Los paquetes deben colocarse en la cola mientras esperan el canal. Los retardos de la cola dependen de la carga y deben ser ecualizados en el extremo receptor. Esto se lleva a cabo generalmente utilizando alguna forma de sello de tiempo en el paquete. Siempre existe la posibilidad de que las colas de los paquetes se desborden antes de que los paquetes puedan transmitirse. Cuando esto ocurre se invoca la estrategia de sobrecarga para evitar una segregación excesiva de paquetes.

Un DCME en modo paquete introduce más retardo que un DCME que trabaje en un modo distinto. El retardo adicional tiene tres componentes. El primero representa el tiempo de empaquetado. Éste es función de la longitud del paquete y de la velocidad de codificación del circuito. El segundo constituye el retardo de reconstrucción. Este último se escoge para reducir al mínimo la probabilidad de pérdida de un paquete. El tercer componente representa el retardo de disposición en cola de un paquete. Los tres componentes pueden depender de la carga y por tanto, ser variables.

En resumen, la utilización del modo paquete en vez del modo circuito puede introducir estas características adicionales que afectan a los siguientes aspectos:

- i) segregación de muestras en medio de la ráfaga;
- ii) retardo adicional igual a la suma de los retardos de empaquetado y de reconstrucción;
- iii) retardo de disposición en cola de un paquete.

## **A.8 Reconstrucción de paquetes**

En un sistema en modo paquete, la pérdida de un paquete coloca al receptor ante un dilema, es decir, qué utilizar en lugar de las muestras de señal vocal transportadas en el paquete perdido. Se utilizan varios métodos que tienen diferentes consecuencias sobre la calidad de funcionamiento. Un método consiste en insertar muestras de ruido en lugar de las muestras de señal vocal perdidas. Otro método consiste en repetir las muestras de un paquete anterior para sustituir a las muestras perdidas. Se utilizan también otros métodos.

## **Anexo B**

### **Material vocal utilizado para la construcción de secuencias de señales vocales**

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

(Las siguientes narraciones son ejemplos utilizados por BELL Communications Research)

#### **ORWELL**

George Orwell comenzó su clásica novela *1984* con: «Era un día frío y brillante de abril», pero no proporcionó ninguna otra indicación sobre cómo podría ser la climatología durante el año fatal. A partir de la sucesión de fenómenos climatológicos adversos que marcaron 1983, muchos habían llegado a creer que el clima del mundo había sufrido un empeoramiento sin precedentes y que podríamos estar frente a una serie de desastres naturales durante ese año hasta coincidir con el ocaso de la expresión y pensamiento democráticos libres que se describe en el libro de Orwell.

Puesto que no tenemos la capacidad de predecir cada uno de los fenómenos climatológicos que podrían suceder durante 1984, retrocedamos cien años en el calendario y veamos qué ocurrió por todo el país durante 1884. El año comenzó con la llegada de un viento del Ártico procedente del norte de Canadá que hizo descender los termómetros hasta  $-40^{\circ}\text{F}$  en Rockford, Illinois y a  $-25^{\circ}\text{F}$  en Indianápolis, Indiana, ambos records todavía persisten. Las temperaturas por debajo de cero penetraron en el sur y una fuerte helada golpeó los cultivos de cítricos en Florida.

A principios de febrero, fuertes precipitaciones bajo forma de nieve intensa hicieron que se desbordara el río Ohio. Las crecidas alcanzaron alturas record desde Cincinnati hasta la desembocadura del río en Cairo, Illinois.

A finales de febrero se produjo un estallido de tornados en el sur y en el valle del Ohio donde descendieron unos 60 torbellinos diferentes. Hubo más de 420 muertos y más de 1000 heridos. Nadie consideró esta visita en toda su gravedad o amplitud hasta el estallido del tornado de abril en Durango, Colorado, que duró 76 horas y que finalizó el 16 de abril.

En mayo, tormentas fuera de temporada en los desiertos del suroeste provocaron extensas inundaciones. El tráfico ferroviario desde Salt Lake City hacia el sur fue interrumpido durante tres semanas, y las inundaciones de Río Grande en El Paso, Texas, causaron daños por valor de un millón de dólares.

A finales de mayo se produjeron fuertes heladas, cuando el termómetro descendió a  $-22^{\circ}\text{F}$  en Massachusetts, y nevó en Vermont el «Memorial Day».

California tuvo en junio unas fuertes lluvias; en Los Ángeles se alcanzaron 1,39 pulgadas y en San Francisco 2,57, ambos records en junio de todos los tiempos. Como resultado de las lluvias en Wisconsin, el desbordamiento del río Chippewa causó más de 1,5 millones de dólares en daños y dejó a 2000 familias sin hogar en Eau Claire.

La gran nevada de Oregón alcanzó 34 pulgadas de nieve en Portland a mediados de diciembre. Las comunicaciones ferroviarias estuvieron cortadas desde el este y desde el sur durante muchos días y el correo desde California tuvo que venir a través del Océano.

Si usted piensa que el clima que llamó tanto la atención en 1983 no tenía precedentes vuelva la mirada hacia 1884. No sabemos si El Niño estaba en acción entonces o si cualquier otra fuerza oceánica o atmosférica era la culpable. Todo lo que podemos hacer ahora es esperar y ver lo que nos trae 1984.

## LA NIEBLA

Una de las visiones más espectaculares del invierno es una niebla semejante al humo que surge de los rompimientos en los campos helados del Ártico y que aparece de forma ocasional por encima de las aguas abiertas de los lagos sin helar y de los puertos de nuestra zona templada. Se han dado varios nombres a este fenómeno, como «humo de escarcha», «humo de mar», «niebla de vapor», «niebla de agua templada» y «humo de agua». La niebla es una consecuencia del paso de una corriente de aire ártico o polar con una temperatura próxima al cero Fahrenheit sobre agua no helada. En los 48 estados más templados, se produce principalmente sobre las zonas no heladas de los Grandes Lagos y sobre las aguas de los puertos de las costas del Atlántico Norte.

El «humo de mar» se produce debido a que la presión de vapor en la superficie del agua es superior a la del aire. El vapor de agua se evapora en el aire con mayor rapidez que la que tiene el aire para alojarlo. El exceso de la mezcla se condensa y forma una capa de niebla, como un vapor o un humo que surge del agua. En general, existe un espacio limpio entre la superficie del agua y el principio de la niebla y el límite superior se encuentra generalmente entre 10 y 25 pies. Si se produce una inversión atmosférica cerca de la superficie del agua, puede confinarse la niebla allí y hacerse más densa con lo que constituye un peligro para la navegación.

Si la temperatura del aire es considerablemente fría,  $-20^{\circ}\text{F}$  o incluso inferior, la humedad resultante puede formar cristales de hielo en la capa de aire que se encuentra justo por encima del agua. Esta se denomina «humo de escarcha» y constituye una visión muy bella, especialmente cuando brilla el sol sobre las finas agujas de hielo.

La «niebla de vapor» puede producirse sobre los lagos y los ríos en otoño, después de una noche clara durante la cual se enfrió el aire. Las diferencias de presión del vapor hacen que el agua templada se evapore en el aire frío y todos los valles y cuencas pueden cubrirse con una fina capa de niebla mientras que las faldas de las colinas permanecen limpias.

## Anexo C

### Instrucciones sobre la utilización de un número reducido de frases

(Este anexo es parte integrante de la presente Recomendación)

(Contribución de la Administración de telecomunicaciones sueca)

Si se utilizan  $N$  frases por hablante, existirán  $N(N - 1)$  combinaciones posibles de frases por hablante. Los primeros 16 resultados se enumeran en el cuadro siguiente:

$N$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$N(N - 1)$	2	6	12	20	30	42	56	72	90	110	132	156	182	210	240	272

A continuación se indican dos razones para desear un límite para el número de frases:

- el deseo de ahorrar tiempo no teniendo que producir listas de más de  $2 \times 85$  combinaciones de frases por hablante. Se necesita aún, por supuesto, la grabación separada de todas las combinaciones, a menos que se disponga de un equipo de edición perfeccionado para grabaciones digitales; o
- la necesidad de organizar la prueba de forma que se satisfagan los requisitos para un análisis de la varianza.

Dependiendo de cual sea el motivo invocado, pueden adoptarse métodos diferentes. Éstos se consideran a continuación separadamente.

- 1) Se graban las  $N(N - 1)$  posibles combinaciones de frases por hablante:
  - a) se utilizan las mismas  $N$  frases para los cuatro hablantes. No debería entonces utilizarse la misma pareja de frases en las mismas condiciones de prueba de un hablante a otro. Con esto se trata de evitar una posible interacción sistemática entre las condiciones de prueba y el contenido fonético, o
  - b) se separan cuatro conjuntos diferentes de  $N$  frases ( $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$  y  $N_4$ ). No se necesitan entonces ningunas precauciones relativas a lo anterior. Sin embargo, todavía podrá producirse una interacción y quedará incontrolada.
- 2) Para permitir un análisis de los participantes de la varianza debe juzgarse el mismo material vocal en todas las condiciones de prueba y con todos los hablantes. El número de frases vendrá entonces limitado por  $M \times 2$  donde  $M$  es el número de parejas que se utilizarán en la prueba. Si  $M = 1$  la prueba puede resultar demasiado tediosa para los participantes y la cobertura fonética puede resultar insuficiente. Si debe justificarse un análisis de la varianza, y sin embargo la prueba debe resultar todavía prácticamente posible, se recomienda en ese caso una ampliación del número de presentaciones.  $M = 2$  o  $M = 3$  deberían ser suficientes. Esto alargará el tiempo de la prueba para cada participante pero la experiencia muestra que las pruebas de 2,5 horas por participante resultan bastante viables. Así, pues, los ajustes de una aplicación deben hacerse después de decidir el orden de presentación.