



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**Apéndice I**  
**Rec. G.765**

(11/95)

**ASPECTOS GENERALES DE LOS SISTEMAS  
DE TRANSMISIÓN DIGITAL**

---

**GUÍA PARA EQUIPO DE MULTIPLICACIÓN  
DE CIRCUITOS DE PAQUETES**

**Apéndice I a la**  
**Recomendación UIT-T G.765**

(Anteriormente «Recomendación del CCITT»)

---

## **PREFACIO**

El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones) es un órgano permanente de la Unión Internacional de (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 Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), 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 N.º 1 de la CMNT (Helsinki, 1 al 12 de marzo de 1993).

El Apéndice I a la Recomendación UIT-T G.765 ha sido preparado por la Comisión de Estudio 15 (1993-1996) del UIT-T y fue aprobado por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 13 de noviembre de 1995.

---

### **NOTA**

En este Apéndice, la expresión «Administración» se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

© UIT 1996

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## ÍNDICE

		<i>Página</i>
I.1	Términos y definiciones.....	1
I.1.1	bloque.....	1
I.1.2	eliminación de bloques.....	1
I.1.3	indicador de eliminación de bloques.....	1
I.1.4	ráfagas.....	1
I.1.5	campo de tipo de codificación.....	1
I.1.6	bits primarios.....	1
I.1.7	identificador de conexión de enlace de datos.....	1
I.1.8	bit de igualación de retardo.....	2
I.1.9	protocolo de emulación de circuitos digitales.....	2
I.1.10	interpolación digital de la palabra.....	2
I.1.11	modulación por impulsos codificados diferencial adaptable jerarquizada (MICDA).....	2
I.1.12	bits secundarios.....	2
I.1.13	segundo con errores.....	2
I.1.14	retransmisión de tramas.....	2
I.1.15	pausa.....	2
I.1.16	protocolo de control de enlace de datos de alto nivel (HDLC).....	3
I.1.17	alarma de pérdida de paquetes.....	3
I.1.18	bit más (M).....	3
I.1.19	campo de ruido.....	3
I.1.20	punto extremo de origen.....	3
I.1.21	encabezamiento de paquete.....	3
I.1.22	tren de paquetes.....	3
I.1.23	intervalo de empaquetado.....	3
I.1.24	horario de restitución.....	3
I.1.25	punto extremo de terminación.....	4
I.1.26	indicación de tiempo.....	4
I.1.27	trama de información no numerada (UI).....	4
I.1.28	trama de información no numerada con verificación de encabezamiento (UIH).....	4
I.1.29	protocolo de capacidad de enlace de datos virtual.....	4
I.1.30	trama de voz.....	4
I.1.31	campo de información de voz.....	4
I.1.32	red de paquetes de banda ancha.....	4
I.2	Información didáctica sobre PCME.....	5
I.2.1	Interpolación digital del habla.....	5
I.2.2	Compensación del eco.....	6
I.2.3	Codificación MICDA de señales en banda de frecuencias vocales.....	6
I.2.4	Demodulación/remodulación de facsímil.....	6
I.2.5	Paquetización.....	7
I.2.6	Retransmisión de tramas y transconexiones de paquetes.....	9
I.3	Calidad de funcionamiento.....	9
I.3.1	Control de la congestión.....	9
I.3.2	Efectos de la eliminación de bloques sobre el suavizado del tráfico.....	10
I.3.3	Calidad de funcionamiento del facsímil en enlaces IDR.....	10
I.4	Planificación y dimensionamiento.....	14
I.4.1	Generalidades.....	14
I.4.2	Ingeniería de tráfico de PCME.....	15
I.4.3	Utilización de la anchura de banda para diversas velocidades de codificación.....	17
I.4.4	Velocidad media en bit/s en función de la carga de tráfico.....	18
I.4.5	Ajustes de la restitución en función de la carga de tráfico.....	19

	<i>Página</i>
I.5	Instalación y aceptación..... 22
I.5.1	Correspondencia de configuración posible para PCME ..... 22
I.6	Ejemplos de aplicaciones..... 23
I.6.1	Aplicación punto a punto ..... 23
I.6.2	Aplicación punto a multipunto..... 23
I.6.3	Aplicaciones al tráfico transitorio ..... 23
I.6.4	Aplicaciones a la retransmisión de tramas ..... 25
I.6.5	Aplicaciones a la telefonía móvil..... 27
Bibliografía.....	33

## GUÍA PARA EQUIPO DE MULTIPLICACIÓN DE CIRCUITOS DE PAQUETES

(Ginebra, 1995)

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

### I.1 Términos y definiciones

En esta Recomendación se utilizan los siguientes términos no definidos actualmente en la Recomendación G.701.

#### I.1.1 bloque

*E: block*

*F: bloc*

Grupo específico de octetos dentro de un paquete de voz constituido por bits con la misma significación.

#### I.1.2 eliminación de bloques

*E: block dropping*

*F: abandon de blocs*

Proceso mediante el cual se eliminan uno o más de los bloques menos significativos de un paquete de voz para reducir la congestión.

#### I.1.3 indicador de eliminación de bloques

*E: block dropping indicator (BDI)*

*F: indicateur d'abandon de blocs*

Campo de encabezamiento del paquete de voz que indica el número de bloques eliminados y el número máximo de bloques que pueden eliminarse.

#### I.1.4 ráfagas

*E: bursts*

*F: salves*

Periodos en los que están presentes señales de elevado contenido energético en el canal de acceso de una red de banda ancha.

#### I.1.5 campo de tipo de codificación

*E: coding type (CT) field*

*F: champ du type de codage*

El campo de tipo de codificación de un paquete de voz/datos en banda vocal es una secuencia de 5 bits situada en el encabezamiento del paquete que indica el método de codificación de muestras de voz utilizado en el punto extremo de origen antes del empaquetado.

#### I.1.6 bits primarios

*E: core bits*

*F: bits essentiels*

Los bits primarios forman el subconjunto de la palabra de código total de un codificador MICDA jerarquizado que debe llegar al decodificador.

#### I.1.7 identificador de conexión de enlace de datos

*E: data link connection identifier (DLCI)*

*F: identificateur de connexion de liaison de données*

Campo de 13 bits que define la dirección de destino de una trama enlace físico por enlace físico.

### **I.1.8 bit de igualación de retardo**

*E: delay equalization (EQ) bit*  
*F: bit de compensation du délai*

Parámetro utilizado para indicar al punto extremo de terminación si un paquete debe restituirse o reproducirse inmediatamente hacia el lado canales.

### **I.1.9 protocolo de emulación de circuitos digitales**

*E: digital circuit emulation (DICE) protocol*  
*F: protocole d'émulation de circuits numériques*

Protocolo de banda ancha utilizado para transportar datos digitales que llegan por el lado canales con un formato específico que contiene códigos de inactividad y repetición de los datos de usuario.

### **I.1.10 interpolación digital de la palabra**

*E: digital speech interpolation*  
*F: interpolation numérique de la parole*

Proceso que utiliza los periodos inactivos de una conversación para insertar palabras correspondientes a otras conversaciones y eliminar periodos de silencio. Es el mismo proceso utilizado en un equipo de multiplicación de circuitos digitales de la Recomendación G.763.

### **I.1.11 modulación por impulsos codificados diferencial adaptable jerarquizada (MICDA)**

*E: embedded adaptive differential pulse code modulation (ADPCM)*  
*F: modulation par impulsions et codage différentiel adaptatif imbriqué (MICDA)*

Los algoritmos MICDA jerarquizados son algoritmos MICDA que cuantifican la diferencia entre las señales de entrada y estimada en bits primarios y bits secundarios.

### **I.1.12 bits secundarios**

*E: enhancement bits*  
*F: bits d'amélioration*

Los bits secundarios en una MICDA jerarquizada son bits que no se utilizan en el proceso de predicción en el codificador ni en el decodificador. Mejoran la calidad de la codificación cuando se emplean en el proceso de decodificación porque reducen el ruido de cuantificación de la señal reconstruida.

### **I.1.13 segundo con errores**

*E: errored second (ES)*  
*F: seconde erronée*

Segundo en el que se han producido uno o más errores.

### **I.1.14 retransmisión de tramas**

*E: frame relay*  
*F: relayage de trame*

Método de transporte de tramas de control de enlace de datos de alto nivel dentro de una red en el cual los nodos de la red realizan la detección de errores sin retransmisión. Las retransmisiones se efectúan únicamente en los puntos extremos de la red.

### **I.1.15 pausa**

*E: gap*  
*F: pause*

Periodo de señales de bajo contenido de energía presentes en un dispositivo de detección de conversación.

### **I.1.16 protocolo de control de enlace de datos de alto nivel (HDLC)**

*E: high level data link control (HDLC) protocol*

*F: protocole de commande de liaison de données à haut niveau (HDLC)*

Familia de protocolos de capas de enlace basados en bits definida por la Organización Internacional de Normalización (ISO, *International Organization for Standardization*).

### **I.1.17 alarma de pérdida de paquetes**

*E: keep alive alarm*

*F: alarme sur perte de réception de paquets*

Alarma generada por un punto extremo de terminación que experimenta pérdida de recepción de paquetes.

### **I.1.18 bit más (M)**

*E: more (M) bit*

*F: bit de continuation*

El bit M es un bit utilizado para indicar que el punto extremo de terminación espera más paquetes en secuencia.

### **I.1.19 campo de ruido**

*E: noise field*

*F: champ de bruit*

Campo del encabezamiento del que indica el nivel de ruido de fondo que debe utilizar el extremo de terminación cuando no hay paquetes.

### **I.1.20 punto extremo de origen**

*E: originating endpoint*

*F: extrémité d'origine*

El punto extremo de origen de un nodo de paquetes de banda ancha es el punto que recibe tráfico de canales, lo empaqueta y lo envía a la red de paquetes de banda ancha.

### **I.1.21 encabezamiento de paquete**

*E: packet header*

*F: en-tête de paquet*

El encabezamiento de paquete G.764/G.765 consiste en los octetos 4 a 8 (inclusive) de la trama (se excluyen del cómputo de octetos las banderas de control de enlace de datos de alto nivel).

### **I.1.22 tren de paquetes**

*E: packet stream*

*F: train de paquets*

Conjunto de enlaces lógicos multiplexados juntos en un canal físico entre dos puntos extremos de una red de paquetes de banda ancha.

### **I.1.23 intervalo de empaquetado**

*E: packetization interval*

*F: intervalle de mise en paquets*

Duración del tráfico de canales que ha sido empaquetado.

### **I.1.24 horario de restitución**

*E: scheduled play-out time*

*F: horaire de restitution*

Momento en el cual se debe reproducir un paquete recibido.

### **I.1.25 punto extremo de terminación**

*E: terminating endpoint*

*F: extrémité de signalisation*

El punto extremo de terminación de un nodo de paquetes de banda ancha es la parte del nodo que recibe el tráfico empaquetado, lo desempaqueta y lo reproduce como tráfico de canales.

### **I.1.26 indicación de tiempo**

*E: time stamp (TS)*

*F: horodateur*

Campo que registra la variable acumulativa de retardo de puesta en cola que experimenta un paquete al atravesar la red, con una resolución de 1 ms.

### **I.1.27 trama de información no numerada (UI)**

*E: unnumbered information (UI) frame*

*F: trame d'information non numérotée*

Trama utilizada para transmitir información sin acuse de recibo entre dos entidades de capa de enlace. El formato y la codificación son iguales a los especificados en las Recomendaciones Q.921/I.441. La verificación por redundancia cíclica se obtiene sobre la totalidad de la trama.

### **I.1.28 trama de información no numerada con verificación de encabezamiento (UIH)**

*E: unnumbered information with header check (UIH) frame*

*F: trame d'information non numérotée avec vérification d'en-tête*

Trama similar a la trama de información no numerada, salvo que la secuencia de verificación por redundancia cíclica se obtiene a partir de bits seleccionados de la trama y no de la totalidad de la trama. En la Recomendación G.764 el cálculo de la verificación por redundancia cíclica se realiza sobre la trama y encabezamientos de paquete (los primeros 8 octetos, excluidas las banderas).

### **I.1.29 protocolo de capacidad de enlace de datos virtual**

*E: virtual data link capability (VDLC) protocol*

*F: protocole de capacité de liaison virtuelle de données*

Protocolo de banda ancha utilizado para transportar paquetes de datos digitales que llegan desde el lado canales en tramas de control de enlace de datos de alto nivel.

### **I.1.30 trama de voz**

*E: voice frame*

*F: trame de parole*

La trama de voz es una trama de información no numerada con verificación de encabezamiento de Recomendación G.764 que contiene un paquete de voz en su campo de información.

### **I.1.31 campo de información de voz**

*E: voice information field*

*F: champ d'information de la parole*

El campo de información de voz es el campo que contiene bloques de tráfico de voz.

### **I.1.32 red de paquetes de banda ancha**

*E: wideband packet network*

*F: réseau de paquets à large bande*

Red de paquetes que ofrece canales de transmisión capaces de sustentar velocidades superiores a 64 kbit/s e inferiores a la velocidad de banda ancha de 150 Mbit/s.



## I.2 Información didáctica sobre PCME

Un equipo de multiplicación de circuitos de paquetes (PCME, *packet circuit multiplication equipment*) utiliza distintas ramas de la tecnología. Tales ramas pueden dividirse en dos clases. La primera clase está constituida por tecnologías comunes a otros equipos de multiplicación de circuitos digitales (DCME, *digital circuit multiplication equipment*), tales como interpolación digital del habla, compensación del eco, compresión de la voz y demodulación facsímil. Debe observarse, sin embargo, que para esas técnicas comunes el PCME puede ofrecer propiedades adicionales tales como la codificación jerarquizada de la voz que pueden utilizarse en el control de la congestión.

La segunda clase comprende tecnologías propias de PCME tales como la paquetización y la retransmisión de tramas.

Un operador de red puede utilizar el PCME para realizar varios tipos de conexiones simultáneamente (con las limitaciones de la capacidad del sistema). El operador define cómo se configura el PCME para cada tipo. Una conexión típica supone la compresión y paquetización del tráfico en la banda de frecuencias vocales (voz o datos). Otras conexiones pueden incluir canales no comprimidos de 64 kbit/s con los que se pueden también efectuar transconexiones. También es posible realizar transconexiones de trenes de paquetes en cada punto de la red, lo que permite que el PCME funcione asimismo en las redes de retransmisión de tramas.

A continuación se describen brevemente estas ramas tecnológicas.

### I.2.1 Interpolación digital del habla

Durante la conversación la señal de voz no es continua y muy raramente existe de forma simultánea en ambos sentidos de la transmisión. La interpolación digital del habla (DSI, *digital speech interpolation*) aprovecha los periodos inactivos de una conversación para insertar voces de otras conversaciones. Debido a que la actividad de voz ocupa, por término medio, el 40% aproximadamente del tiempo total en una conversación, puede conseguirse una reducción de la velocidad de bits necesaria para representar la voz eliminando todos los periodos inactivos, es decir, suprimiendo los intervalos de silencio de una conversación o codificando el silencio a una velocidad de bits más baja que la utilizada para el habla.

La interpolación del habla por asignación temporal (TASI, *time assignment speech interpolation*) se empleó inicialmente en los sistemas analógicos por cable submarino, transfiriéndose seguidamente a los sistemas de transmisión digital por satélite. Más tarde se combinó la interpolación digital del habla con la codificación MICDA de velocidad variable (véase I.2.3) para aumentar el uso eficaz del trayecto de transmisión.

Para detectar que se está transmitiendo la voz se requiere un detector de voz muy sensible. La calidad del detector de voz en el extremo de origen es uno de los factores importantes que determina la calidad global de la voz. Si el detector de voz no efectúa la detección correcta del habla puede trocear el comienzo de las palabras (*recorte frontal*) originando así una importante degradación de la calidad del habla. Al contrario, si el detector de voz es muy sensible dejará pasar más intervalos de silencio con lo que se reducirá la ganancia. Generalmente, el detector de voz extiende la duración efectiva de la ráfaga de voz, intervalo denominado *prolongación*, para evitar el recorte del extremo de la señal de voz. Esta extensión reduce la ganancia, por lo que se recomienda que no incremente la actividad de voz real en más del 5%.

Se produce otro problema denominado *congelación* cuando un locutor solicita un canal estando todos los canales ocupados, de forma que no puede transmitirse la parte inicial de la señal de voz entrante. Este efecto puede reducirse agregando un retardo fijo en un DCME G.763 así como en un PCME G.764/G.765. Sin embargo, un PCME utiliza este tiempo para empaquetar el tráfico entrante.

En el extremo terminal se reproduce generalmente un *relleno de ruido de fondo* en lugar de producir silencio a fin de reducir al mínimo las discontinuidades entre el ruido de fondo asociado a la voz y el silencio. La Recomendación G.764 especifica el nivel de relleno de ruido en la cabecera del paquete. Puede también emplearse este relleno de ruido para reemplazar paquetes perdidos o demorados.

Es necesario realizar una selección cuidadosa de la potencia de ruido para evitar el problema del «bombeo de ruido» consistente en un contraste perturbador del ruido de fondo existente en el periodo de silencio y el ruido de fondo asociado a las ráfagas de voz [1].

Además, el extremo de terminación debe ser capaz de distinguir entre las pausas debidas al silencio y las pausas resultantes de los paquetes perdidos/descartados. En la Recomendación G.764 se especifica que el extremo de origen ajuste el *bit más* o bit M a 1 para todos los paquetes salvo el último de una ráfaga, para el cual este bit se pone a 0. Esto permite a un transmisor señalar si un paquete es parte de una ráfaga o es el último paquete de la ráfaga.

Mediante el mecanismo del bit M, el extremo terminal puede distinguir en el momento de la reproducción la ausencia de paquetes debida al silencio en la fuente de la ausencia debida a la pérdida de paquetes en el tránsito. Cuando termina la reproducción de un paquete y no dispone del paquete siguiente verifica el bit M del último paquete. Si este valor es 0, la ausencia del paquete expresa una pausa real de la transmisión en el extremo de origen del nodo de transmisión. Si el valor del bit M del último paquete es 1, la ausencia indica un paquete tardío o perdido que no ha llegado. Este procedimiento permite al extremo terminal el empleo de procedimientos de relleno apropiados para los paquetes de voz.

### **I.2.2 Compensación del eco**

El eco se debe a desajustes de impedancia en el circuito y sus efectos son más perjudiciales cuanto mayor es el retardo. En los circuitos analógicos el origen principal del eco es la conversión de dos hilos a cuatro hilos en la conexión del abonado con la central local. En las conexiones locales en general basta con reducir la relación señal/ruido para enmascarar el eco. Para un retardo determinado existe un grado óptimo de pérdida que atenúa el eco sin degradar la señal.

En el pasado se realizaba la eliminación del eco en circuitos con retardo elevado mediante supresores de eco, insertando una pérdida elevada en el trayecto de retorno de eco. Sin embargo, los supresores de eco introducen un recorte frontal y son ineficaces en el caso de doble conversación. La compensación del eco evita estos inconvenientes mediante la eliminación del eco de la conversación.

Los compensadores de eco se emplean en conexiones de voz bidireccionales. En cada extremo del circuito el compensador de extremo próximo genera una réplica del eco de su extremo de recepción y la resta de la señal transmitida. Para cada periodo de muestra se utiliza el eco residual para actualizar los coeficientes de un filtro lineal cuya respuesta impulsiva simula el trayecto de eco.

Obsérvese que en la red telefónica pública con conmutación (RTPC) se necesita el control de eco siempre que se emplee la interpolación digital de la voz, puesto que el detector de voz puede clasificar erróneamente las señales de eco como señales de conversación reduciéndose así la ganancia de compresión. Además, es necesaria la compensación del eco para corregir el retardo debido a la paquetización o evitar la «congelación».

### **I.2.3 Codificación MICDA de señales en banda de frecuencias vocales**

El método tradicional de codificación de señales vocales en una red digital es la modulación por impulsos codificados (MIC) a 64 kbit/s. Los algoritmos de modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (MICDA) aprovechan la variación lenta y la predecibilidad de la voz para reducir la velocidad de bits y mejorar el rendimiento de la transmisión. El UIT-T ha adoptado los algoritmos de la Recomendación G.726 para la transmisión a 40 kbit/s, 32 kbit/s, 24 kbit/s y 16 kbit/s. Pueden utilizarse los algoritmos jerarquizados MICDA de la Recomendación G.727 para la compresión de señales de voz y señales de datos en banda de frecuencias vocales en las redes digitales. Tales algoritmos tienen la ventaja, sobre los no jerarquizados, de que en una red congestionada un nodo intermedio puede reducir la atribución de bits para canales entrantes determinados, sin necesidad de intercambiar mensajes de control entre los distintos nodos del trayecto de la conexión.

### **I.2.4 Demodulación/remodulación de facsímil**

La calidad de funcionamiento de extremo a extremo de las comunicaciones facsímil a través de medios con compresión depende de numerosos factores. En consecuencia, para mejorar la calidad global de las comunicaciones facsímil a través de dispositivos con compresión que utilizan satélites a velocidades de datos intermedias (IDR, *intermediate data rate*) deben utilizarse los siguientes métodos:

- mejorar la fiabilidad del enlace IDR aumentando la potencia de transmisión, utilizando una codificación con corrección de errores más potente o ambas cosas;
- mejorar el funcionamiento del equipo de multiplicación de circuito (CME, *circuit multiplication equipment*) para el facsímil introduciendo una codificación con corrección de errores sin canal de retorno (FEC, *forward error correction*) propia del servicio para el facsímil tal como la indicada en la Recomendación G.766; y
- mejorar la calidad de funcionamiento de las partes nacionales de la conexión.

En 1991 y 1992 la AT&T y COMSAT estudiaron la influencia de los errores de los sistemas de IDR por satélite sobre la calidad de la imagen de los sistemas facsímil del grupo 3 (G3) en conexiones punto a punto. En estas pruebas un IDR simulado conectó dos pares de CME de gran utilización que empleaban ambos el modo MICDA y el modo de modulación de facsímil para el tratamiento de facsímil. Las conclusiones fundamentales fueron que cuando no hay

degradaciones en los extremos de las extensiones nacionales, el tráfico facsímil paquetizado conforme con el procedimiento de demodulación/remodulación de la Recomendación G.765 proporciona una mejora sustancial de la calidad de funcionamiento con MIC o MICDA en el modo orientado a circuitos (sin utilizar una FEC específica del servicio) por enlaces IDR.

Los resultados de las pruebas de páginas exentas de errores muestran que la calidad de funcionamiento del tráfico empaquetado es mejor que la del tráfico MIC y DCME orientado a circuitos con remodulación facsímil G.766 y sin una FEC G.766. Además, los resultados para páginas con muchos errores muestran que la remodulación empaquetada es superior incluso con una BER de  $10^{-5}$ . El motivo de que la demodulación empaquetada mejore la calidad de funcionamiento de extremo a extremo es el siguiente: la combinación de la influencia de una ráfaga de errores en un solo paquete y de la estructura de control distribuida de los sistemas de paquetes reduce la frecuencia de la exposición a los errores y explica la mejora que se da con la transmisión empaquetada. Un DCME con remodulación facsímil G.766 y FEC G.766 es superior a un PCME debido a que la FEC corrige los errores de línea.

Una solución para mejorar la calidad de funcionamiento del facsímil es utilizar técnicas de corrección de errores propias del servicio, tales como el codificador BCH para DCME especificado en la Recomendación G.766 para la demodulación/remodulación del facsímil. Esta solución mejora sustancialmente la calidad del facsímil G3.

Otra alternativa para mejorar la calidad de funcionamiento es añadir un codificador FEC en el nivel de línea (por ejemplo, el codificador exterior concatenado Reed-Solomon de IDR). Este método puede mejorar la calidad de funcionamiento del canal de 2,048 Mbit/s para todos los tipos de tráfico. Esto comprende, además del facsímil, otros servicios tales como la voz, datos digitales, datos en banda de frecuencias vocales de alta velocidad, videotelefonía, RDSI y retransmisión de tramas.

El método más general que a su vez produce el mínimo de complejidades operacionales es acentuar la potencia de transmisión del satélite, con lo que se mejoran los objetivos de calidad de funcionamiento del satélite y la calidad del enlace para todas las clases de tráficos y de servicios.

## **I.2.5 Paquetización**

En una conexión con conmutación de circuitos se dedican a la llamada los trayectos de transmisión y de conmutación aun cuando no hay tráfico. La componente principal del retardo es el retardo fijo debido a la transmisión. En la conmutación de paquetes, se intercambia la información en forma de bloques de tamaño limitado denominados «paquetes». En el origen se dividen los mensajes largos en varios paquetes que se transmiten por la red y se recomponen en el destino para reconstruir el mensaje original. La asignación de anchura de banda de transmisión es dinámica sobre una base de enlace por enlace. En consecuencia, la conmutación de paquetes aprovecha la naturaleza discontinua de la voz y del tráfico de datos para multiplexar el tráfico de diferentes usuarios de forma que éstos puedan utilizar dinámicamente la anchura de banda de transmisión y los recursos de conmutación. El empaquetamiento facilita la integración de la voz y de los datos y proporciona un empleo más eficaz de los recursos disponibles. Las redes en las que únicamente se transmiten datos deben adaptarse para acoger ráfagas de tráfico sin producir congestión ya que esto conduce a una utilización ineficaz de la anchura de banda disponible. Por consiguiente, multiplexando tráfico de datos con tráfico en banda de frecuencia vocales, puede lograrse un empleo más eficaz de la anchura de banda. Además, los sistemas de paquetes se adaptan mejor a las necesidades de la red debido a que la información de control necesaria está disponible en la cabecera del paquete. Esta mayor flexibilidad de la operación de red permite una integración más fácil del tráfico multimedia (voz, vídeo, datos).

Para facilitar la integración de los distintos tipos de tráficos, el protocolo de voz de paquetes de la Recomendación G.764 se basa en Recomendaciones RDSI para definir procedimientos en las capas física, de enlace y de paquetes para el tratamiento unificado de la voz, datos en banda de frecuencias vocales y datos digitales. El protocolo del nivel de enlace se extrae de las Recomendaciones I.441/Q.921 (esto es, el LAPD) y es similar al de la Recomendación Q.922 (LAPF), que es el protocolo destinado a aplicaciones de retransmisión de tramas para datos únicamente.

Las Recomendaciones G.764 y Q.922 son muy similares. Las ráfagas de transmisión se envuelven en tramas, cada una de las cuales tiene una dirección de destino. La dirección, denominada identificador de la conexión del enlace de datos (DLCI, *data link connection identifier*), se almacena en un campo de dirección en la cabecera de la trama. Dentro de la red no hay ningún control de flujo mediante enventanado o retransmisión. La clase general de tramas que no requieren acuse de recibo está constituida por tramas de información no numerada (UI, *unnumbered information*). La

Recomendación G.764 ha extendido la retransmisión de tramas a señales en banda de frecuencias vocales y ha definido una nueva trama UIH para la voz paquetizada. La trama de voz UIH posee una verificación de redundancia cíclica extendida a los octetos 2-9 de la trama. Estos octetos comprenden el campo de dirección (para asegurar una entrega correcta), el campo de control (para garantizar la validez del tipo de trama) y la cabecera de capa 3 que contiene la información de *indicación de tiempo*.

La UIH permite el empaquetamiento de la voz por las líneas de transmisión sujetas a errores. Esto hace la transmisión más robusta, lo cual es importante para codificadores de la voz que no son muy resistentes a los errores de línea como ocurre con la MIC y MICDA.

La información contenida en los paquetes G.764 permite que el extremo de terminación reconstruya trenes de voz continuos y los reproduzca a intervalos regulares pese a la variación en los tiempos de llegada de los paquetes. Esto exige:

- 1) conservar el tiempo relativo de la información dentro de una salva de voz mediante el uso de números de secuencia de paquetes; y
- 2) igualar el retardo de los diversos paquetes de una ráfaga de voz mediante valores de restitución y de indicación de tiempo.

#### **I.2.5.1 Números de secuencia**

Los números de secuencia de la cabecera del paquete permiten a los puntos extremos saber si se ha perdido un paquete. Además, los puntos extremos utilizan esta información junto con la indicación de tiempo para eliminar la variabilidad del retardo entre salvas de voz. El primer paquete de una salva de voz tiene siempre el número secuencial «0» y los paquetes subsiguientes de la misma salva tienen los números de 1 a 15, volviendo posteriormente a 1.

#### **I.2.5.2 Indicación de tiempo**

El campo de indicación de tiempo de la cabecera del paquete almacena los retardos variables acumulados que sufre el paquete en su viaje por la red. Cada nodo añade a la indicación de tiempo el tiempo que emplea en servir el paquete antes de enviar éste. Cuando el paquete llega al extremo terminal, el valor del campo de indicación del tiempo señalará el retardo de cola total en la red. Entonces se retarda el paquete antes de su reproducción, de forma que el retardo de extremo a extremo sea igual al valor de la *restitución*. El valor del retardo de restitución es un compromiso entre la aceptación de retardos excesivamente largos y la admisión de un elevado número de paquetes perdidos.

#### **I.2.5.3 Procedimientos de restitución**

En un sistema de voz paquetizada la *restitución* es el valor máximo admisible del retardo variable de un circuito virtual. El extremo terminal utiliza este parámetro para compensar la fluctuación de la temporización. Tal fluctuación se debe a la variabilidad en el retardo que los distintos paquetes de los mismos circuitos virtuales permanentes encuentran en su camino. Por lo tanto el empleo del retardo de restitución mejora la calidad subjetiva de la voz reconstruida.

El extremo de terminación utiliza este parámetro para estimar cuánto debe retardarse el primer paquete de una ráfaga de voz. Una vez que ha estimado el tiempo de reproducción colocará los paquetes subsiguientes en orden y los retendrá en la memoria intermedia de reproducción durante el siguiente tiempo:

$$\text{tiempo antes de la reproducción} = \text{retardo de restitución} - \text{valor de la indicación de tiempo}$$

El extremo de terminación debe, en consecuencia, almacenar los paquetes de voz que llegan antes de su tiempo de reproducción programado y reproducirlos después a intervalos regulares. Los paquetes cuyo campo de indicación de tiempo excede el retardo de restitución se consideran tardíos y se eliminan. El valor de la restitución es el retardo admisible máximo del trayecto de transmisión. Los paquetes con retardos superiores a ese valor se descartan. En el caso de la voz, los huecos de los paquetes perdidos se rellenan con paquetes de ruido.

Este método garantiza que los paquetes permanecerán ordenados, por lo que no se requiere la sincronización de reloj entre los puntos extremos. Además, puede utilizarse el índice de eliminación de paquetes excesivo para detectar la congestión de la red e invocar entonces estrategias de gestión de la sobrecarga.

El retardo de restitución se añade solamente una vez en el extremo de terminación. Por lo tanto si se conectan adosadas dos redes G.764 el retardo se añade únicamente en el último nodo. Esta propiedad ayuda al planificador/operador de la red a mantener el retardo unidireccional global dentro del límite de 400 ms estipulado en la Recomendación G.114.

La selección del valor de la restitución es un compromiso entre la aceptación de retardos excesivamente grandes y la eliminación de paquetes.

## **I.2.6 Retransmisión de tramas y transconexiones de paquetes**

Un PCME es capaz de efectuar conexiones de red en el dominio de paquetes mediante la transconexión de paquetes. Esta propiedad es similar a la capacidad de transconexión digital salvo en que se aplica a los dominios de paquetes en vez de al dominio tradicional de circuitos. Se trata de la misma propiedad que se utiliza en la retransmisión de tramas para datos digitales descrita en la Recomendación Q.922.

Sin embargo hay algunas diferencias entre las transconexiones de tramas G.764 y la retransmisión de trama para tramas LAPF de la Recomendación Q.922. Estas diferencias se producen en las capas física, de enlace y de paquetes como se indica en I.2.6.1, I.2.6.2 y I.2.6.3.

### **I.2.6.1 En la capa física**

Según se indica en 3.1.1/G.764 es necesaria la inversión de bits para asegurar un transporte adecuado en aplicaciones primarias que requieren restricciones de código manteniendo los requisitos de densidad de unos. Esto no se exige en la Recomendación Q.922.

### **I.2.6.2 En la capa lógica (enlace)**

Como se ha indicado anteriormente, la Recomendación G.764 utiliza información no numerada con una verificación de cabecera o trama UIH para permitir el cálculo de la verificación de CRC sobre parte de la trama, en tanto que la Recomendación Q.922 especifica una verificación que comprende la totalidad de la trama. Si se calcula la verificación de CRC sobre toda la trama como en el LAPF, cualquier error de bit provocará la eliminación de toda la trama. En este caso la aplicación de la voz paquetizada queda restringida a aquellas situaciones en que la tasa de errores es muy pequeña. Esta limitación impediría la aplicación del protocolo a muchas redes mundiales públicas y privadas, a menos que se acepte cierta degradación.

Las Recomendaciones G.764/G.765 especifican un DLCI de 13 bits para el direccionamiento de las tramas. Los protocolos de retransmisión de tramas emplean un DLCI de 10 bits debido a que se han utilizado 3 bits del segundo octeto para la indicación de congestión hacia adelante y hacia atrás y para la marcación de las tramas. En consecuencia cuando un PCME hace interfaz con una red de retransmisión de tramas de datos, solamente debe realizarse alguna traducción de dirección.

Cada trama que fluye en un PCME se identifica mediante el par {tren de paquete, DLCI}. Un tren de paquetes consta de los paquetes que fluyen en varios intervalos de tiempo predefinidos de 64 kbit/s, no necesariamente contiguos pero situados en la misma línea de salida a velocidad primaria. Antes de mezclarse con el tren de paquetes el tráfico entrante (canalizado) de velocidad total debe acceder por distintas líneas de acceso a velocidad primaria y en intervalos de tiempo de 64 kbit/s no contiguos. Un DLCI identifica un punto de destino determinado para un tren de paquetes dado.

### **I.2.6.3 Capa 3**

Para las aplicaciones de voz son muy importantes los aspectos de la variabilidad del tiempo de retardo. En la Recomendación Q.922 no se incluye este mecanismo, por lo que la interfaz entre dispositivos PCME y Q.922 debe asegurar que no hay una gran variabilidad del retardo en la red de retransmisión de tramas de datos solamente.

## **I.3 Calidad de funcionamiento**

En esta subcláusula se explica cómo se utiliza el PCME para conseguir una degradación paulatina en condiciones de sobrecarga.

### **I.3.1 Control de la congestión**

En lo que sigue, un *tren de paquetes* consta de paquetes que fluyen en varios intervalos de tiempo de 64 kbit/s predefinidos, no necesariamente contiguos, pero situados en la misma línea de salida a velocidad primaria. Antes del empaquetamiento, el tráfico entrante (canalizado) a velocidad total puede llegar por líneas de velocidad primaria de acceso distintas o por canales no contiguos.

En un PCME hay dos tipos de mecanismos de control de la congestión:

- a) eliminación de bloques para el tráfico de voz; y
- b) control de carga dinámica (DLC, *dynamic load control*).

El concepto básico de la eliminación de bloques es el empleo de algoritmos jerarquizados que son algoritmos cuyas palabras código constan de un bloque primario y varios bloques secundarios. Los bloques primarios se utilizan en el codificador y en el decodificador, empleándose los bloques secundarios para reducir el ruido de cuantificación en la señal reconstruida. Es necesario que los bloques primarios lleguen al decodificador para evitar errores de seguimiento, pudiendo eliminarse de los paquetes los bloques secundarios cuando se presenten condiciones de sobrecarga.

La salvaguardia de la anchura de banda se basa en la eliminación de los paquetes que hayan rebasado la anchura de banda atribuida al usuario. Esto se utiliza en el protocolo de retransmisión de tramas de datos solamente de la Recomendación Q.922 mediante el empleo del bit DE.

Por último, la base del DLC es el envío de señales a un conmutador con capacidad de DLC, esto es para evitar el origen de nuevas llamadas en el extremo de acceso en periodos congestionados. Las señales pueden ser como las especificadas en la Recomendación Q.50 o pueden tener uno de entre varios formatos propietarios.

En el Apéndice a la Recomendación G.727 figura información instructiva sobre la MICDA jerarquizada. En el Apéndice a la Recomendación G.764 se explica con más detalle la eliminación de bloques. Investigaciones subjetivas han demostrado que con este método la calidad de la voz se degrada gradualmente en condiciones de sobrecarga. Además se ponen de manifiesto los efectos de suavizado de tráfico y ventajas de capacidad de este método cuando se compara la calidad de funcionamiento de extremo a extremo en enlaces en cascada con los métodos tradicionales de la codificación en cascada.

### **I.3.2 Efectos de la eliminación de bloques sobre el suavizado del tráfico**

La combinación de paquetes procedentes de distintas fuentes de voz con detección del habla produce una elevada discontinuidad debido a las correlaciones entre los tiempos sucesivos entre llegadas en el tren de superposición. Si no hay eliminación de bloques, tales correlaciones tienden a aumentar los retardos de puesta en cola y las pérdidas de los paquetes.

Las simulaciones, resultados analíticos y pruebas subjetivas en directo han puesto de manifiesto que la eliminación de bloques en condiciones de congestión acelera la velocidad del servicio de paquetes y suaviza las discontinuidades del tráfico de voz de paquetes superpuesto. Los resultados han mostrado una mejora sobresaliente de la capacidad.

### **I.3.3 Calidad de funcionamiento del facsímil en enlaces IDR**

En este estudio se utilizaron para clasificar las páginas los criterios de las Recomendaciones E.451, E.452, E.453 y E.456. Se dice que una página tiene *muchos errores* cuando se produce una o más de las siguientes circunstancias:

- doce o más eventos de degradación;
- tres o más errores menores;
- uno o más errores mayores.

Se dice que una página *tiene errores* si contiene uno o más eventos de degradación pero no contiene muchos errores.

Se dice que una página *no tiene errores* si carece de eventos de degradación.

En el Cuadro I.1 se enumera el conjunto de páginas de prueba facsímil transmitidas a través de un DCME (circuito) o PCME (paquete) analizadas para cada una de las condiciones de prueba. El objetivo fue transmitir un número de páginas suficiente para tener al menos 100 eventos de error que afectaran a las transmisiones de la imagen en cada caso de prueba.

En los Cuadros I.2 y I.3 se enumera el porcentaje de páginas exentas de errores y con muchos errores para cada condición de prueba.

En las Figuras I.1 y I.2 se representan los datos de los Cuadros I.2 y I.3 para las páginas sin errores y con muchos errores, respectivamente.

Puede observarse que las curvas que representan el porcentaje de páginas sin errores en función de la BER para los tres métodos de transmisión no paquetizada están muy próximas entre sí.

CUADRO I.1/G.765

**Número de páginas analizadas para los resultados finales**

IDR BER	$1 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-7}$	Total
MIC (circuito)	100	457	499	727	966	1381	4130
MIC (paquete)	101	508	598	1099	1044	1200	4550
MICDA (circuito)	74	196	401	415	344	638	2068
MICDA (paquete)	33	605	597	1276	1349	1198	5058
Remod w/o FEC (circuito)	75	400	278	499	458	774	2484
Remod (paquete)	75	381	499	1280	1105	1298	4638

CUADRO I.2/G.765

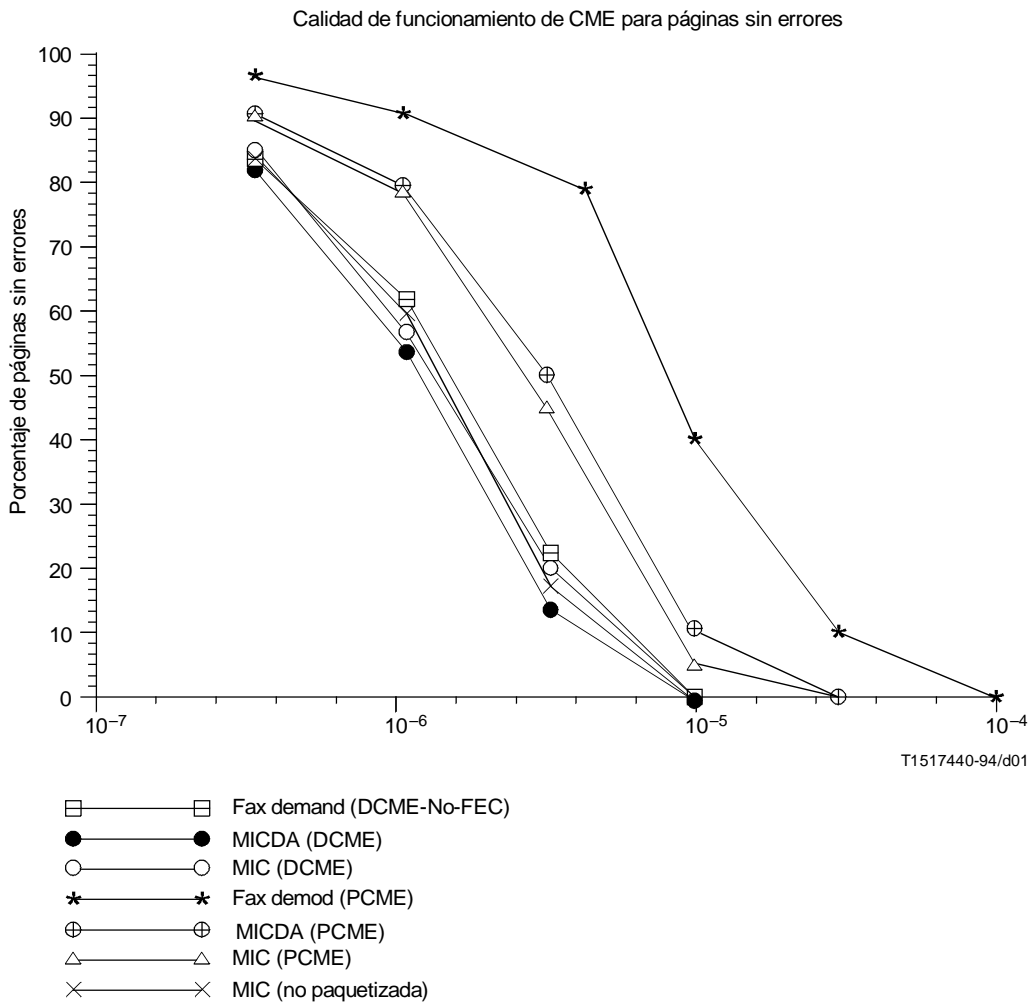
**Porcentaje de página de prueba sin errores para los datos de prueba**

IDR	MIC (%)		MICDA (%)		Remodulación w/o FEC (%)	
	(circuito)	(paquete)	(circuito)	(paquete)	(circuito)	(paquete)
$3 \times 10^{-7}$	84,8	93,4	83,5	93,2	84,9	97,5
$1 \times 10^{-6}$	59,2	76,8	52,9	77,5	62,0	90,9
$3 \times 10^{-6}$	17,1	45,8	14,0	48,1	22,9	79,3
$1 \times 10^{-5}$	0,2	6,0	0,0	11,1	0,4	43,3
$3 \times 10^{-5}$	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0	11,3
$1 \times 10^{-4}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3

CUADRO I.3/G.765

**Porcentaje de páginas de prueba con muchos errores para los datos de prueba**

IDR	MIC (%)		MICDA (%)		Remodulación w/o FEC (%)	
	(circuito)	(paquete)	(circuito)	(paquete)	(circuito)	(paquete)
$3 \times 10^{-7}$	0,0	1,6	0,0	1,6	0,0	0,0
$1 \times 10^{-6}$	0,0	6,4	0,0	6,4	0,0	0,0
$3 \times 10^{-6}$	0,0	16,0	0,0	16,9	0,0	0,0
$1 \times 10^{-5}$	0,4	54,7	3,3	49,9	0,4	0,0
$3 \times 10^{-5}$	84,7	96,9	92,9	92,4	72,4	1,6
$1 \times 10^{-4}$	100	100	100	100	100	32,0



NOTA – En esta prueba concreta no se incluyeron los DCME con demodulación y remodulación facsímil de la Recomendación G.766 ni con FEC de la Recomendación G.766 ya que ofrecen un servicio virtualmente libre de errores en esta gama de valores de BER.

FIGURA I.1/G.765  
Representación de los datos del Cuadro I.2

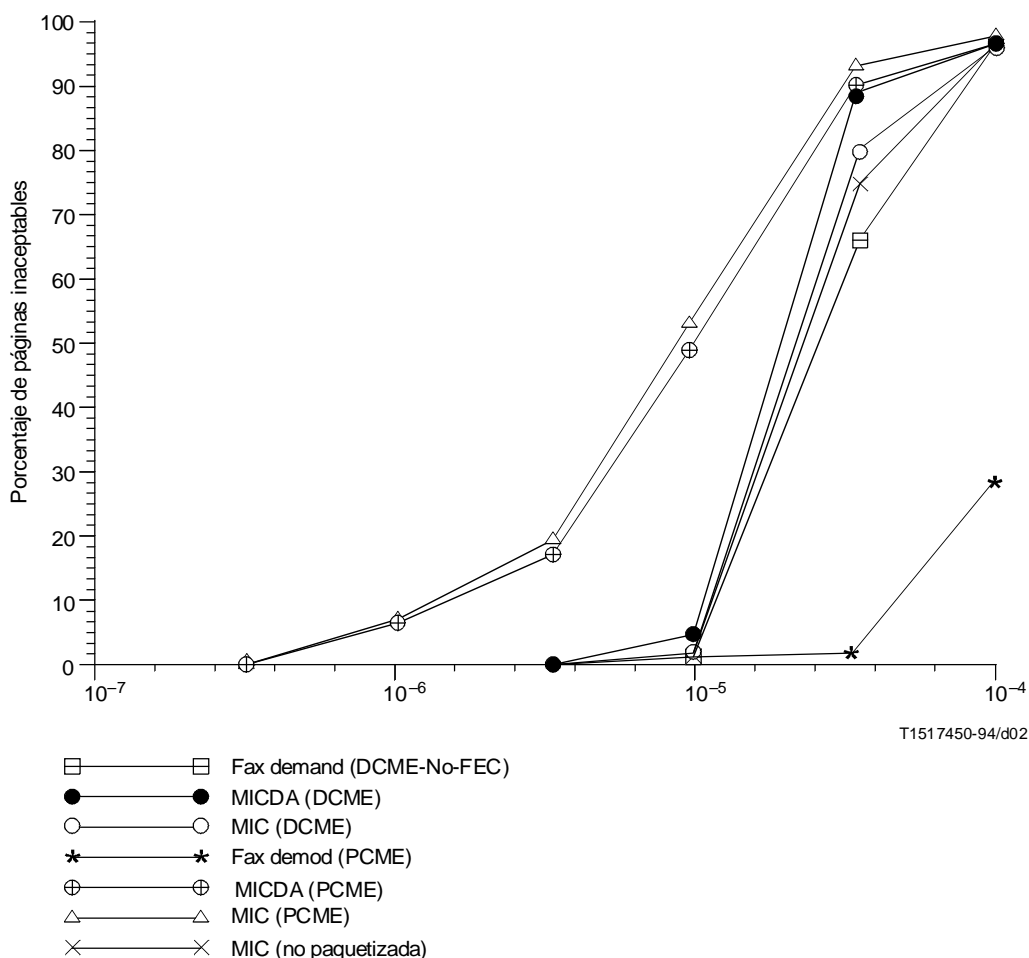
En la Figura I.1 se representan los resultados medidos del porcentaje de páginas sin errores en función de la BER de IDR para cada una de las condiciones de prueba. En la figura se observa que para cada valor de BER probado, el método de transmisión paquetizada produce un mayor porcentaje de páginas sin errores que los métodos de transmisión no paquetizada (sin la FEC específica del servicio). Esto incluye la condición de referencia de la MIC, DCME con codificación MICDA y DCME con remodulación facsímil sin FEC. Esta observación es válida para todos los casos de tráfico paquetizado: MIC, MICDA, y tráfico de remodulación paquetizada.

En la Figura I.2 se observa que la remodulación paquetizada es superior al tráfico orientado a circuitos y a la MIC y la MICDA paquetizadas para los casos de imágenes con muchos errores en la gama  $10^{-5} \leq \text{BER} \leq 10^{-4}$ . Las MIC y MICDA paquetizadas presentan niveles superiores de páginas con muchos errores sobre todo cuando la BER está en la gama  $3 \times 10^{-7} < \text{BER} < 3 \times 10^{-5}$ . Esto se debe a la multiplicación de los errores cuando se pierden los paquetes.

La calidad de funcionamiento del PCME es superior en lo que concierne al facsímil en enlaces IDR, debido a las características propias del modo de transmisión de paquetes, como se explica a continuación.



Calidad de funcionamiento de CME (páginas inaceptables)



NOTA – En esta prueba concreta no se incluyeron los DCME con demodulación y remodulación facsímil de la Recomendación G.766 ni con FEC de la Recomendación G.766 ya que ofrecen un servicio virtualmente libre de errores en esta gama de valores de BER.

FIGURA I.2/G.765  
Representación de los datos del Cuadro I.3

Mediante mediciones se ha determinado que la longitud de una ráfaga típica para un enlace IDR a 2048 kbit/s está en la gama de 20 a 40 bits con una media de 27 bits. Por consiguiente, para tráfico paquetizado, una ráfaga de errores IDR afecta típicamente a un único paquete solamente, es decir a un solo canal de transmisión, mientras que en el caso de tráfico orientado a circuitos resultan afectados varios canales.

En la demodulación del facsímil, cuando se elimina un paquete, puede diseñarse el PCME de terminación para que inyecte caracteres de relleno de línea T.4, a fin de evitar que el V.29 de recepción se quede colgado y minimizar los efectos de los errores. Si el paquete eliminado contenía caracteres de relleno de línea no hay ninguna degradación. Cuando la eliminación de paquetes introduce alguna degradación la concentración de errores debido a las discontinuidades de los errores IDR es tal que, en la mayoría de los casos, solamente resultarán afectadas una o dos líneas de exploración adyacentes.

Una línea de exploración con errores afecta a la calidad de la imagen facsímil de la misma forma, con independencia del número de errores de bits que contenga. Por lo tanto, para un mismo número total de bits con error, la concentración de errores en una o dos líneas de exploración adyacentes proporciona una mejor calidad que cuando los errores están dispersos sobre varias líneas de exploración, cada una de las cuales tiene muy pocos errores de bit.

Una explicación simplificada puede ser:

- 1) como el facsímil demodulado y paquetizado utiliza menos anchura de banda de portador (con respecto a la MICDA o MIC paquetizada) se reduce aún más su exposición a las ráfagas de error; y
- 2) la pérdida de paquetes que contengan facsímil demodulado tiene efectos limitados, en tanto que la pérdida de paquetes MICDA provoca la pérdida de la sincronización del decodificador MICDA y/o la pérdida de la portadora en el módem. La exposición reducida a los errores de línea en los sistemas de paquetes con demodulación facsímil y los efectos menos persistentes de la pérdida de los paquetes explican la mejora sobresaliente que se da en la transmisión paquetizada observada en las Figuras I.1 y I.2.

## **I.4 Planificación y dimensionamiento**

### **I.4.1 Generalidades**

En esta subcláusula se facilita información sobre la carga de tráfico que debe utilizarse en la ingeniería de tráfico del PCME. Se presentan fórmulas y curvas de tráfico con la finalidad de ayudar a la optimización del empleo de la anchura de banda. Para generar números medios de bits por dato muestreado se han utilizado combinaciones de distintas mezclas de tráfico, tamaños de trenes de paquetes, factores de actividad de voz y ganancia de compresión.

#### **I.4.1.1 Ganancia de funcionamiento de PCME**

El PCME proporciona una ganancia de anchura de banda mediante la aplicación de distintos algoritmos de tratamiento de la señal sobre una base de canal por canal. Estos algoritmos se fundan en la detección e interpolación de la actividad del canal, clasificación del tipo y velocidad de la señal, codificación con MIC/MICDA de diferentes velocidades y demodulación de datos facsímil G3.

Debido a que las comunicaciones por paquetes actúan hacia adelante siendo innecesario el procedimiento previo entre los nodos para la atribución de anchura de banda, las ganancias obtenidas mediante la aplicación de distintas técnicas de ahorro de banda dependen del sentido de la transmisión. Además, se elimina el efecto de congelación.

#### **I.4.1.2 Ganancia de interpolación digital del habla (DSI)**

La detección de la energía y la interpolación de la información detectada junto con otra información sujeta a un procesamiento similar, permite el relleno de las pausas de la transmisión (de voz, datos en bandas de frecuencias vocales, facsímil) con tráfico procedente de otros canales. Las ganancias específicas propias de la DSI dependen de las pautas de transmisión de los equipos de voz y de banda de frecuencias vocales. En el PCME la atribución de anchura de banda depende de la dirección y se determina por el detector de energía en cada PCME extremo.

#### **I.4.1.3 Tipo de señal y clasificación de la velocidad – Implicaciones sobre la ganancia**

La clasificación en tiempo real del tipo de señal (ya se trate de voz, facsímil G3 o datos en banda de frecuencias vocales) y, en el caso de datos en banda de frecuencias vocales, la clasificación de la velocidad de señal permiten el procesamiento óptimo del tráfico. La combinación de estos algoritmos no solo proporciona ahorros de anchura de banda sino que permite un transporte adecuado del tráfico, preservando así la integridad de la información. Las ganancias debidas a la clasificación se logran mediante la asignación específica de velocidades de codificación MIC/MICDA y la demodulación del facsímil G3.

#### **I.4.1.4 Ganancia de tasa de codificación MIC/MICDA**

Una vez clasificadas las señales por su tipo y velocidad, se les asigna una tasa de codificación. La tasa es programable por canal, tipo de señal o velocidad. Para la voz, se utiliza habitualmente la MICDA jerarquizada con 4 bits/muestra y la posibilidad de reducción dinámica a 3 y 2 bits/muestra en periodos de congestión. En el caso de datos en banda de frecuencias vocales, se utiliza la codificación con velocidades de bits no reducibles iguales a 8, 5, 4, 3, y 2 bits/muestra para optimizar el empleo de la anchura de banda y la calidad de la señal. Las ganancias de codificación dependen de las velocidades de señal y de las tasas de codificación de la velocidad de señal.

#### **I.4.1.5 Ganancia de modulación del facsímil grupo 3**

Para el tráfico facsímil de grupo 3 puede modularse la señal con su velocidad digital original. Este procedimiento permite que el crecimiento del tráfico facsímil acepte relaciones de compresión similares a las de la voz. Sin modulación, la cuantía de la anchura de banda necesaria para el tráfico facsímil disminuirá la anchura de banda disponible para la voz reduciendo en consecuencia la calidad de ésta.

### I.4.2 Ingeniería de tráfico de PCME

La información de ingeniería de tráfico facilitada en esta subcláusula es idónea para cinco aplicaciones PCME importantes:

- 1) punto a punto;
- 2) ruta de baja capacidad;
- 3) multidestino;
- 4) cascada;
- 5) tráfico de tránsito.

Desde un terminal PCME pueden transmitirse simultáneamente hasta ocho enlaces comprimidos. El tratamiento de compresión en cada enlace es totalmente independiente de los demás.

La finalidad de estas gráficas es permitir el cálculo de la ganancia de un PCME para un conjunto determinado de requisitos de tráfico fijo con un nivel de calidad de funcionamiento determinado.

Se define la ganancia de voz en las curvas que siguen (véanse las Figuras I.3, I.4 y I.5) como el número de accesos de canales de 64 kbit/s que sería necesario para transportar el tráfico deseado sin el PCME, dividido por el número de intervalos de tiempo configurados para el tren de paquetes del PCME que transporta el tráfico.

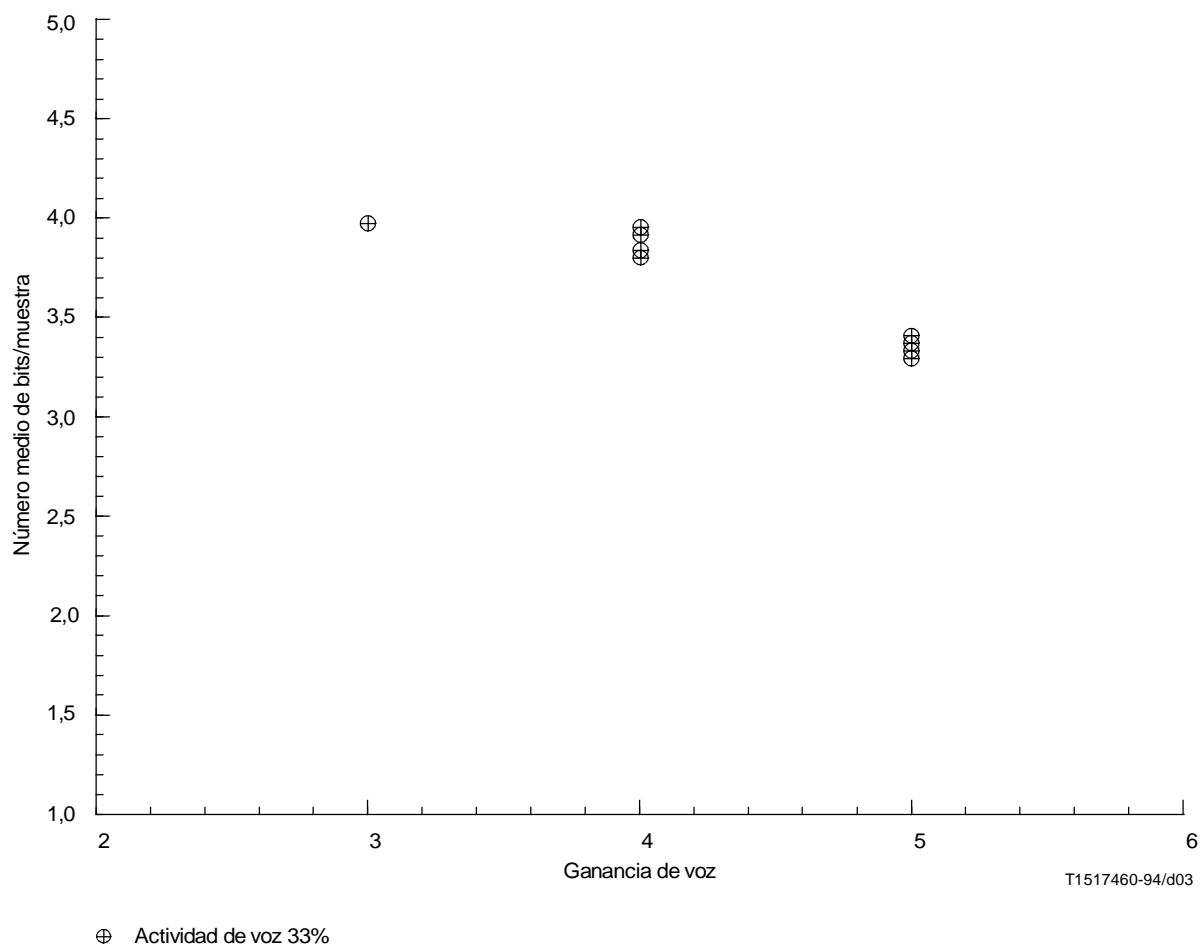


FIGURA I.3/G.765  
Actividad de voz 33%

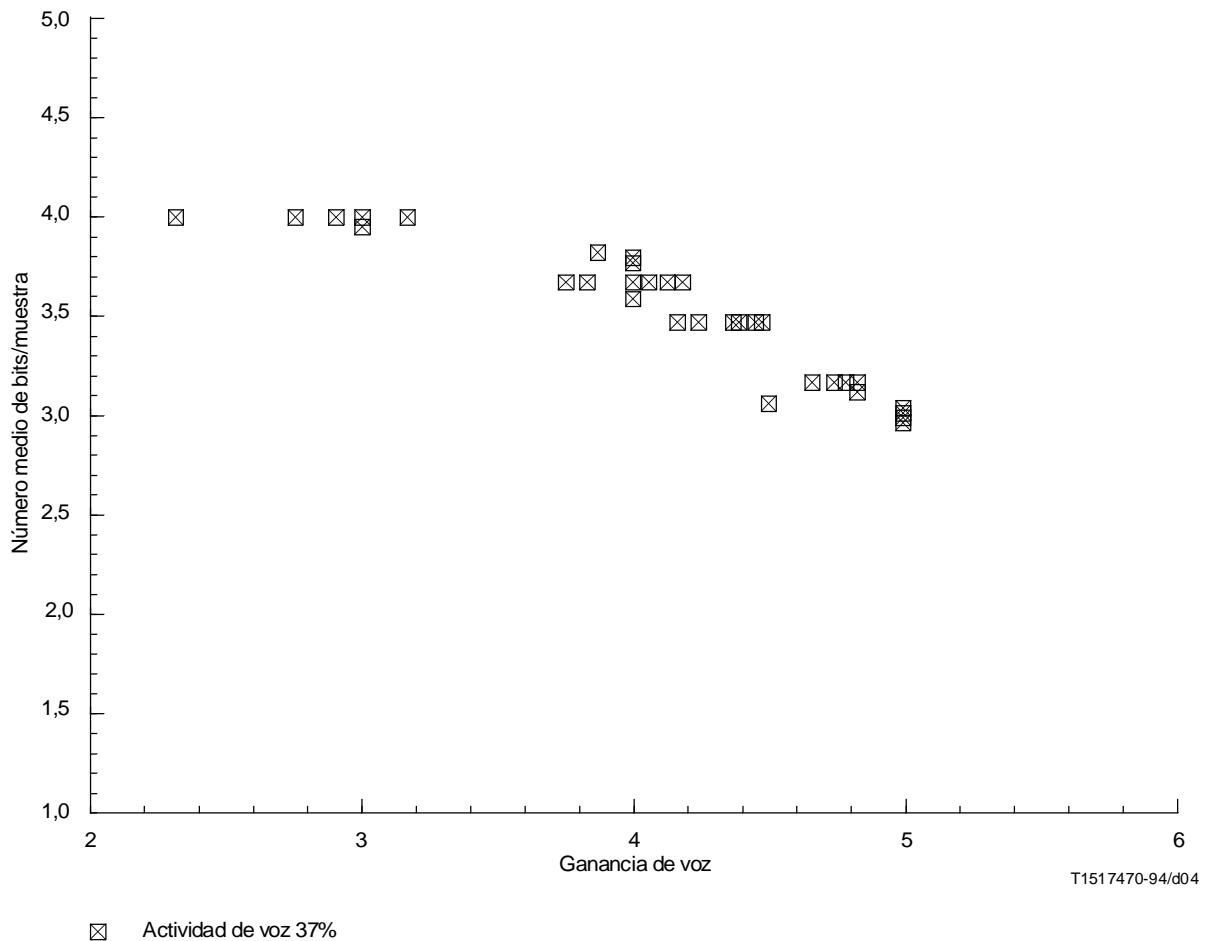


FIGURA I.4/G.765  
**Actividad de voz 37%**

La definición del *nivel de calidad de funcionamiento* es subjetiva y está relacionada con los usuarios telefónicos. Para el DCME, se ha puesto en correspondencia esta calidad de funcionamiento subjetiva con parámetros cuantitativos de número medio de bits por muestra y congelación (véase la Recomendación G.763). Debido a la diferencia en la tecnología, esta correspondencia es diferente para el PCME. Además, como el PCME apenas produce congelación o recorte, puede configurarse como un número medio de bits/muestra sustancialmente inferior que el de un DCME convencional (es decir, el DCME propietario o aquellos que no se ajusten a la última revisión de la Recomendación G.763) aunque presente aún una calidad de funcionamiento subjetiva igual o mejor.

En las curvas que siguen se calcula la anchura de banda de un tren de paquetes restando de la anchura de banda del portador total del tren de paquetes la anchura de banda total utilizada por los canales preasignados y las llamadas de datos en banda de frecuencias vocales esperadas.

Se ha medido experimentalmente el número medio de bits/muestra para un gran número de condiciones y diferentes ajustes de la actividad de voz. En todos los casos se realizaron los ajustes de forma que no hubiera congelación.

NOTA – El ajuste del simulador para la actividad de voz es, generalmente, inferior a la actividad de voz real en el PCME. Sin embargo, la diferencia exacta depende del fabricante, por lo que debe calibrarse para cada equipo.

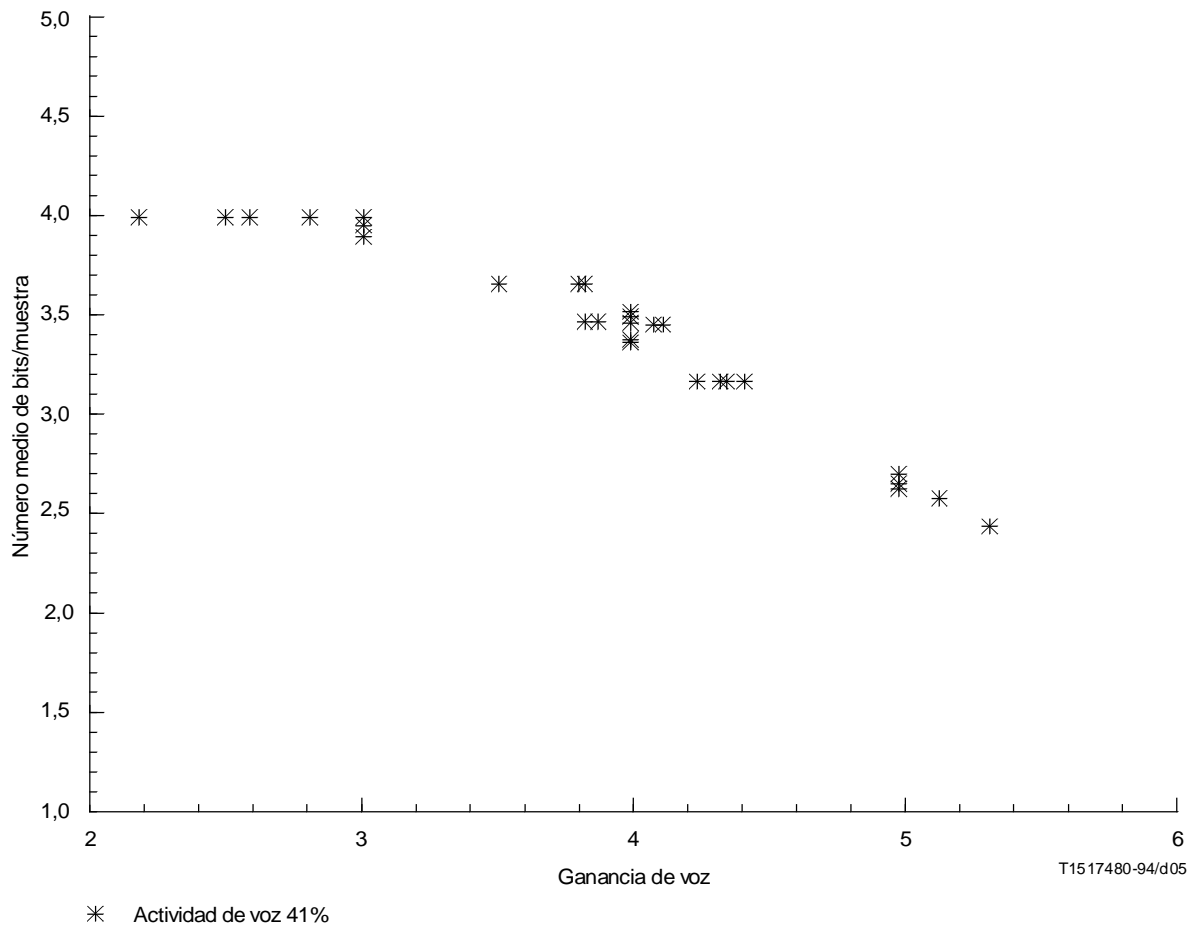


FIGURA I.5/G.765  
**Actividad de voz 41%**

### I.4.3 Utilización de la anchura de banda para diversas velocidades de codificación

En el diseño de una red es muy importante la estimación de la máxima utilización de anchura de banda para las distintas tasas de codificación de los datos en banda de frecuencias vocales. Para realizar tal estimación es esencial la inclusión de la tara debida a la cabecera G.764 (10 octetos), el relleno de bits HDLC que, por término medio, aumenta la longitud del paquete en un factor igual a 1,016 y, durante periodos de generación de tramas continuas, las banderas de HDLC precedente y siguiente. Por consiguiente, la anchura de banda necesaria para transportar un campo de información de  $I$  octetos se calcula como sigue:

$$\begin{aligned}
 \text{Anchura de banda necesaria} &= \frac{[(I + 10)(1,016) + 2]}{\text{tiempo de paquetización } \tau} \text{ octetos/por trama} \times 8 \text{ bits por objeto} \\
 &= \frac{8,128I + 97,28}{\tau} \text{ kbit/s}
 \end{aligned}$$

El tiempo de paquetización  $\tau$  es igual a 16 ms para datos en banda de frecuencias vocales y a 20 ms para DICE, VDLC y datos demodulados de facsímil. La expresión anterior muestra que el efecto de la tara se acentúa cuando disminuye el campo de información.

En consecuencia, puede construirse la correspondencia indicada en el Cuadro I.4.

CUADRO I.4/G.765

**Correspondencia entre variables de anchura de banda**

Tipo de tráfico	Método de transmisión	Campo de información I en octetos	Tiempo de paquetización $\tau$ en ms	Anchura de banda necesaria en kbit/s
64 kbit/s	Trasparente	128	16	71,1
Datos digitales a 9,6 kbit/s	DICE	28	20	16,2
Datos en banda de frecuencias vocales a 9,6 kbit/s	40 kbit/s MICDA	80	16	46,7
Facsimil a 9,6 kbit/s	demod/remod facsimil	24	20	14,6
Datos en banda de frecuencias vocales a 7,2 kbit/s	40 kbit/s MICDA	80	16	46,7
Facsimil a 7,2 kbit/s	demod/remod facsimil	18	20	12,2
Datos en banda de frecuencias vocales a 4,8 kbit/s	32 kbit/s MICDA	64	16	38,6
Facsimil a 4,8 kbit/s	demod/remod facsimil	12	20	9,74
Datos en banda de frecuencias vocales a 2,4 kbit/s	24 kbit/s MICDA	48	16	30,46
Facsimil a 2,4 kbit/s	demod/remod facsimil	6	20	7,3
Datos en banda de frecuencias vocales a 2,4 kbit/s	24 kbit/s MICDA	64	16	38

**I.4.4 Velocidad media en bit/s en función de la carga de tráfico**

Pueden utilizarse los gráficos descritos en los párrafos anteriores para estimar la ganancia y la velocidad media en bits por segundo para cargas de tráfico dadas. El principio es el siguiente: para una anchura de banda de tren de paquete determinada y para un factor de actividad y número medio de bits de muestra dados, buscamos la curva que corresponde a la anchura del tren de datos y al factor de actividad dados. A partir de esta curva se determina el número de canales de voz que se corresponde con el valor medio requerido de la relación bits/muestra. A continuación se calcula la anchura de banda necesaria para la voz.

NOTA 1 – Se han obtenido todas estas curvas considerando que no hay eliminación de paquetes (es decir congelación nula).

Para un tipo de carga específico se estiman los requisitos de anchura de banda total para los canales de liberación, canales de banda vocal y canales facsimil. Suponiendo que todos los canales facsimil están activos a la vez se resta toda esta anchura de banda y se estima la anchura de banda disponible para la voz en el caso más desfavorable. Utilizando las curvas se estima seguidamente la ganancia más desfavorable en condiciones de eliminación de paquetes nula (es decir congelación nula).

NOTA 2 – La ganancia calculada de esta forma es un número muy conservador. Además estas reglas únicamente se aplican en situaciones de punto a punto.

Para redes más complejas o si se necesitan estimaciones más precisas, deben emplearse herramientas de modelización para tener en cuenta la variación instantánea de la tasa de codificación de la voz. Una herramienta de este tipo es el paquete de simulación Comnet II.5 desarrollado por la empresa CACI Products. Este producto genera modelos de redes PCME y simula su calidad de funcionamiento. Pueden utilizarse los resultados de estas simulaciones para optimizar diseños de red.

#### I.4.5 Ajustes de la restitución en función de la carga de tráfico

En esta subcláusula se facilitan directrices para la selección del valor de restitución correspondiente al tráfico de voz para distintas condiciones de carga y tamaños del tren de paquetes. Se seleccionan los valores de forma que no se produzca la eliminación de paquetes (es decir congelación nula).

Para seleccionar un valor de restitución se estima el retardo de cola más desfavorable para la configuración de la red en estudio. En general, la selección del retardo de reconstitución es un compromiso entre aceptar un retardo total excesivamente largo y eliminar paquetes. En el modo de emulación de circuito típicamente se selecciona el retardo de reconstitución a un valor más alto para el tráfico de datos digitales que para el tráfico en la banda vocal.

El valor de la restitución depende de varios factores que comprenden la longitud de la memoria intermedia, los umbrales de eliminación de bloques, el tiempo de servicio asignado a la cola de voz y a la cola de datos digitales, la mezcla de tráfico en el canal de datos en banda vocal, los factores de actividad de la voz y la anchura del tren de paquetes. En la práctica se obtuvieron valores de 20 a 30 ms por salto para el tráfico en la banda vocal que ascendieron a 50 a 70 ms cuando se utilizó demodulación/remodulación de facsímil. Este retardo adicional tiene en cuenta el tiempo de procesamiento para la demodulación de facsímil y para las limitaciones de temporización impuestas por el protocolo T.30.

##### I.4.5.1 Fórmula simple

En lo que sigue se supone que la cola en la banda vocal es la única utilizada (es decir, no hay tráfico de datos digitales). Esta hipótesis es válida en aplicaciones de cabeceras internacionales. Sea  $D_4$  el tiempo de servicio para una trama que contiene un paquete de voz con 4 bits MICDA por muestra. El número total de octetos con un paquete de voz completo consta de 64 octetos de voz, 10 octetos de cabecera y terminación de cola, 1 octeto de relleno de bits situado dentro de la trama y 1 octeto de bandera HDLC entre las tramas. Por lo tanto:

$$D_4 = \frac{76 \text{ octetos/pkt} \times 8 \text{ bits/octeto}}{N \times 64 \text{ kbit/s}} \approx \frac{9,5}{N} \text{ ms/pkt}$$

donde:

$N \times 64 \text{ kbit/s}$  es la anchura de banda del tren de paquetes ( $1 \leq N \leq 31$ ) y  $64 \text{ kbit/s}$  es la anchura de banda de un intervalo de tiempo.

Sea  $D_3$  el tiempo de servicio de una trama que contiene un paquete de voz con 3 bits por muestra tras eliminar el bloque que contenía los bits menos significativos de cada una de las 128 muestras del paquete debido a congestión. El tamaño total de la trama ahora es igual a 60 octetos. Por consiguiente:

$$D_3 = \frac{60 \text{ octetos/pkt} \times 8 \text{ bits/octeto}}{N \times 64 \text{ kbit/s}} \approx \frac{7,5}{N} \text{ ms/pkt}$$

Por último, sea  $D_2$  el tiempo de servicio para una trama que contiene un paquete de voz con 2 bits por muestra tras eliminar el bloque que contenía el segundo grupo de bits menos significativos de cada una de las 128 muestras del paquete debido a la congestión. El tamaño total de la trama es ahora igual a 44 octetos. Por consiguiente:

$$D_2 = \frac{44 \text{ octetos/pkt} \times 8 \text{ bits/octeto}}{N \times 64 \text{ kbit/s}} \approx \frac{5,5}{N} \text{ ms/pkt}$$

Sean  $B_1 = 20$  y  $B_2 = 40$  los umbrales de eliminación de bloques (en paquetes) para una longitud total de la memoria intermedia de 140 octetos. En consecuencia, una estimación razonable del retardo de restitución es:

$$\text{Restitución} = D_4 \times B_1 + D_3 (B_2 - B_1) + D_2 \times (140 - B_2)$$

Se calcula esta estimación para distintos tipos de algoritmos de codificación bajo la condición de que no se produzca la eliminación de paquetes. Cuando se utilice la demodulación y remodulación facsímil deberá aumentarse la estimación en unos 35 ms.

#### I.4.5.1.1 Estimaciones de restitución con MICDA jerarquizada (4,4)

En este caso no hay eliminación de bloques, por lo que la codificación es MICDA de 32 kbit/s y la única respuesta a la congestión es la eliminación del paquete. A continuación se facilitan algunas estimaciones de la restitución para distintos tamaños  $N \times 64$  de trenes de paquetes:

Tamaño N del tren de paquetes	6	8	16	24	30	31
Restitución (ms)	31,7	23,8	11,9	7,92	6,3	6,1

#### I.4.5.1.2 Estimaciones de restitución con MICDA jerarquizada (4,3)

En este caso puede eliminarse un bloque para el control de la congestión. Se elige el valor de la restitución de forma que no se eliminen paquetes a causa de retardos excesivos. A continuación se facilitan estimaciones de la restitución para distintos tamaños  $N \times 64$  de los trenes de paquetes:

Tamaño N del tren de paquetes	6	8	16	24	30	31
Restitución (ms)	56,7	42,5	21,25	14,17	11,3	11,0

#### I.4.5.1.3 Estimaciones de restitución con MICDA jerarquizada (4,2)

En este caso pueden eliminarse dos bloques para el control de la congestión. Se eligen los valores de la restitución de forma que no se eliminen paquetes a causa de retardos excesivos. A continuación se facilitan valores de la restitución para distintos tamaños de  $N \times 64$  de los trenes de paquetes:

Tamaño N del tren de paquetes	6	8	16	24	30	31
Restitución (ms)	148,3	111,25	55,6	37,1	29,7	28,7

#### I.4.5.2 Validación experimental

Se efectuaron medidas en un sistema real utilizando los mismos parámetros que en los cálculos. Se variaron la carga de voz y la anchura de banda utilizada para distintos factores de actividad del habla. Se seleccionaron los valores mínimos de la restitución para asegurar que no se producía la eliminación de paquetes. Se efectuaron mediciones para dos valores de la ganancia de voz (4:1 y 5:1) con distintos factores de actividad del habla y para diversas anchuras del tren de paquetes. Véase el Cuadro I.5 así como las Figuras I.6 y I.7.

CUADRO I.5/G.765

#### Restitución con ajustes de la ganancia de voz (4:1, 5:1)

Ganancia	Factor de actividad	Restitución para diversas anchuras de banda del tren de paquetes, kbit/s					
		$6 \times 64$	$8 \times 64$	$16 \times 64$	$24 \times 64$	$30 \times 64$	$31 \times 64$
4:1	33%	73	46	24	16	13	13
	37%	82	48	25	18	15	14
	41%	96	58	26	18	15	15
5:1	33%	136	102	33	20	20	17
	37%	146	109	43	22	20	19
	41%	152	114	53	28	28	25



Ajustes de la restitución para eliminación de paquetes nula con una ganancia de voz de 4:1

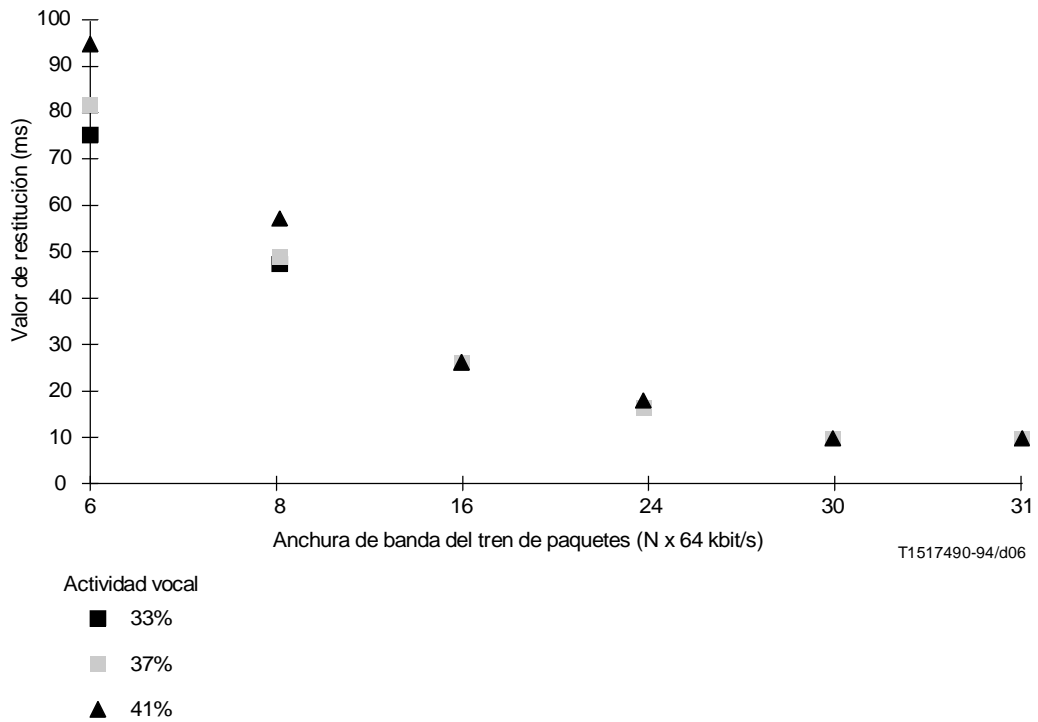


FIGURA I.6/G.765  
Ajustes de la restitución (ganancia de voz 4:1)

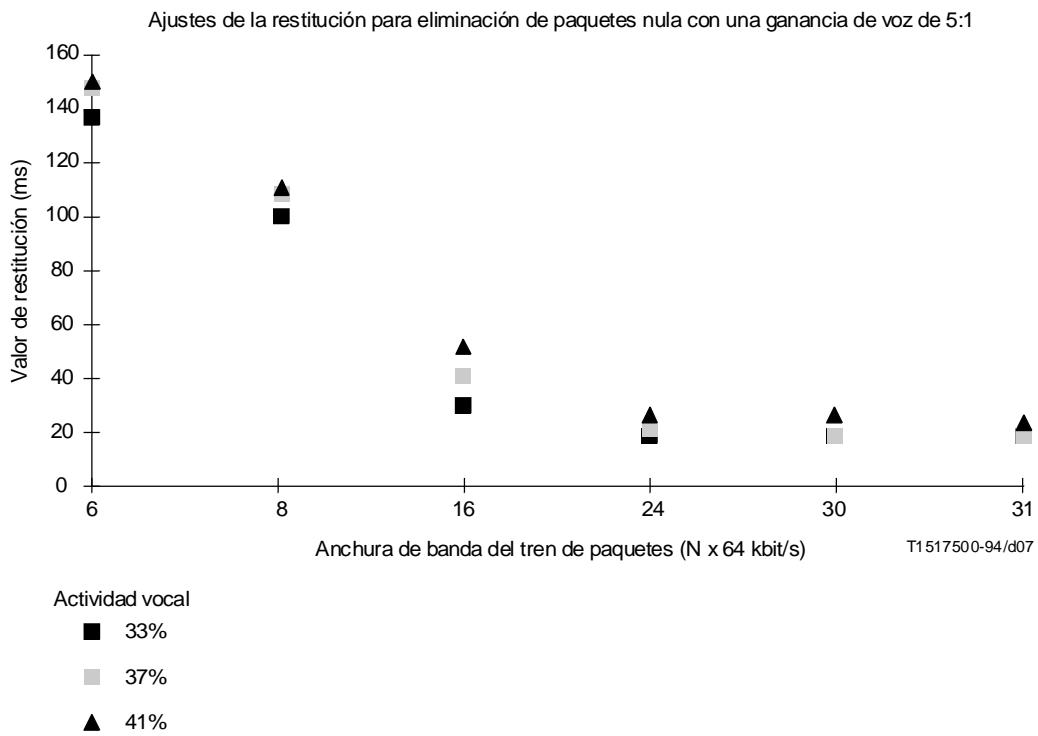


FIGURA I.7/G.765  
Ajustes de la restitución (ganancia de voz 5:1)

### I.4.5.3 Análisis

Los resultados experimentales confirman los resultados de los cálculos así como los de las pruebas prácticas. Para una ganancia de 4:1 el valor de restitución de 20 ms es suficiente para trenes de paquetes de longitud igual a 24 intervalos de tiempo o superior. Para tamaños de trenes de paquetes mayores o iguales a 16 deberá utilizarse el valor de restitución de 30 ms. Este valor es también suficiente para ganancias de voz de 5:1 para tamaños de trenes de paquetes de 24 intervalos de tiempo como mínimo.

Para tamaños de trenes de paquetes menores el valor de la restitución es mayor para la misma ganancia así como si se emplean los mismos parámetros de sistema (umbrales de eliminación de bloques, longitudes, etc.) que para los tamaños de trenes de paquetes mayores.

## I.5 Instalación y aceptación

### I.5.1 Correspondencia de configuración posible para PCME

Un PCME puede configurarse de varios modos. A continuación se propone una correspondencia de configuración para un PCME que comprime ocho enlaces de 30 canales de entrada en dos trenes de paquetes portadores.

El Cuadro I.6a) que sigue se aplica cuando el intervalo de tiempo 16 no transporta información de usuario (por ejemplo, cursa señalización).

CUADRO I.6a)/G.765

Desde		Hacia	
Enlace	Intervalo de tiempo	Tren de paquetes	Número DLCI
1	1 a 15 y 17 a 31	1	402 a 460
2	1 a 15 y 17 a 31	1	462 a 520
3	1 a 15 y 17 a 31	1	522 a 580
4	1 a 15 y 17 a 31	1	582 a 640
5	1 a 15 y 17 a 31	2	642 a 700
6	1 a 15 y 17 a 31	2	702 a 760
7	1 a 15 y 17 a 31	2	762 a 820
8	1 a 15 y 17 a 31	2	822 a 880

El Cuadro I.6b) se aplica cuando el intervalo de tiempo 16 transporta tráfico de usuario.

CUADRO I.6b)/G.765

Desde		Hacia	
Enlace	Intervalo de tiempo	Tren de paquetes	Número de DLCI
1	1 a 31	1	402 a 462
2	1 a 31	1	464 a 524
3	1 a 31	1	526 a 586
4	1 a 31	1	588 a 648
5	1 a 31	2	650 a 710
6	1 a 31	2	712 a 772
7	1 a 31	2	774 a 834
8	1 a 31	2	836 a 896

Quedan en estudio otras configuraciones normalizadas.

## **I.6 Ejemplos de aplicaciones**

### **I.6.1 Aplicación punto a punto**

Un PCME es muy idóneo para una gama de aplicaciones de descarga de facilidades en que se requieren funciones de compresión y atribuciones de anchura de banda dinámica para:

- a) reducir costos de transmisión;
- b) ofrecer una descarga transitoria;
- c) satisfacer necesidades temporales (por ejemplo, reuniones o emergencias).

### **I.6.2 Aplicación punto a multipunto**

#### **I.6.2.1 Aplicaciones de tráfico transitorio para redes por satélite**

Las aplicaciones de un PCME en redes por satélite se basan en dos ventajas:

- 1) compresión;
- 2) transconexiones de paquetes.

En el entorno de comunicaciones por satélite internacionales los enlaces se establecen, generalmente, entre las redes telefónicas públicas con conmutación de dos o más países (aunque puede también disponerse de enlaces de redes privadas). Hay dos disposiciones básicas de interconexiones:

- 1) enlaces punto a punto entre dos ubicaciones;
- 2) enlaces multidestino que dan servicio a varias ubicaciones.

Un sistema PCME punto a punto sería equivalente funcionalmente a un enlace DCME punto a punto. Los enlaces multidestino son especialmente idóneos para sistemas por paquetes ya que la cabecera de cada paquete contiene la información de dirección. Debido a que no es necesaria la utilización de canales de control individuales de canales para cada destino no hay ningún límite para el número de destinos de una configuración multidestino que utilice paquetes.

Puede también utilizarse un PCME para reducir las facilidades necesarias entre la estación terrena de satélite y el conmutador asociado (problema denominado «costo de transporte»). El problema queda totalmente resuelto utilizando la capacidad de transconexión de paquetes de una red de PCME con un PCME situado en las cercanías de la estación terrena.

### **I.6.3 Aplicaciones al tráfico transitorio**

Para aprovechar las no coincidencias del tráfico diurno pueden mezclarse los tráficos procedentes de zonas con horas locales distintas, con lo que la capacidad máxima de transmisión es inferior a la suma de los volúmenes máximos de tráfico entre cada destino. En una red de PCME el tráfico puede realizar tránsitos sin necesidad de transcodificaciones sucesivas. Empleando el PCME para el reencaminamiento de las llamadas existentes puede conseguirse el reencaminamiento de tales llamadas desde un enlace de transmisión a otro enlace de transmisión sobre la base de los procedimientos de reserva de trenes de paquetes descritos en la cláusula 15/G.765.

El objetivo es evitar el problema de *captura* para llamadas que tengan tiempos de duración elevados, protegiendo a la vez todo el tráfico existente. Esto permite el empleo óptimo de los enlaces de transmisión ya que una llamada aislada de larga duración no bloqueará un enlace completo con una capacidad de 120 llamadas mientras dure la ocupación.

Como se define en la Recomendación G.765 un *tren de paquetes* es un conjunto de enlaces lógicos multiplexados conjuntamente en un canal físico entre dos nodos de una red de paquetes de banda ancha. La Recomendación G.765 define una reserva automática para proporcionar la reserva y la restauración de trenes de paquetes por diferentes enlaces físicos, manteniendo ambos extremos sincronizados. La reserva puede iniciarse automáticamente tras fallos de la facilidad o mediante modificaciones programadas para asegurar la utilización óptima de los recursos de transmisión. El efecto de cada uno de estos eventos de reserva sobre el tráfico es ligeramente distinto. En las conmutaciones a elementos de reserva producidas después de un fallo, inevitablemente el tráfico quedará interrumpido por un breve momento igual como mínimo al intervalo necesario para la detección de la alarma normalizada. Aunque esto puede pasar inadvertido en las llamadas vocales sus efectos pueden ser apreciables en las conexiones de datos en banda vocal. Al contrario, en caso de reencaminamiento de llamadas para la utilización óptima de los recursos de transmisión, es posible realizar la conmutación a elementos de reserva sin la interrupción del tráfico de conversación. Esto se debe a que un PCME utilizará el enlace físico de reserva para la transmisión en un sentido, en tanto que el otro PCME continuará empleando el enlace físico original para el otro sentido.

### I.6.3.1 Redireccionamiento de llamadas en agrupaciones de PCME

En el caso de una agrupación acoplada de PCME puede emplearse el método anterior para el redireccionamiento de las llamadas en curso según un orden predefinido. En la Figura I.8 se representa un grupo de cuatro PCME denominados 1A a 4A dispuestos en un grupo en uno de los lados y conectados a otro grupo concorde de PCME designados por 1B a 4B. Cada grupo de PCME se forma mediante una interconexión en cadena de PCME individuales. Cada PCME recibe tráfico de varios canales de entrada de velocidad primaria. Para mayor sencillez se supone que la salida de un PCME es un tren de paquetes único que abarca la capacidad completa de un enlace primario (esto es, tren de paquetes = portador). En general, la anchura de banda de un tren de paquetes puede variar entre unos pocos intervalos de tiempo hasta la totalidad de la velocidad primaria y un PCME puede tener varios enlaces físicos de salida.

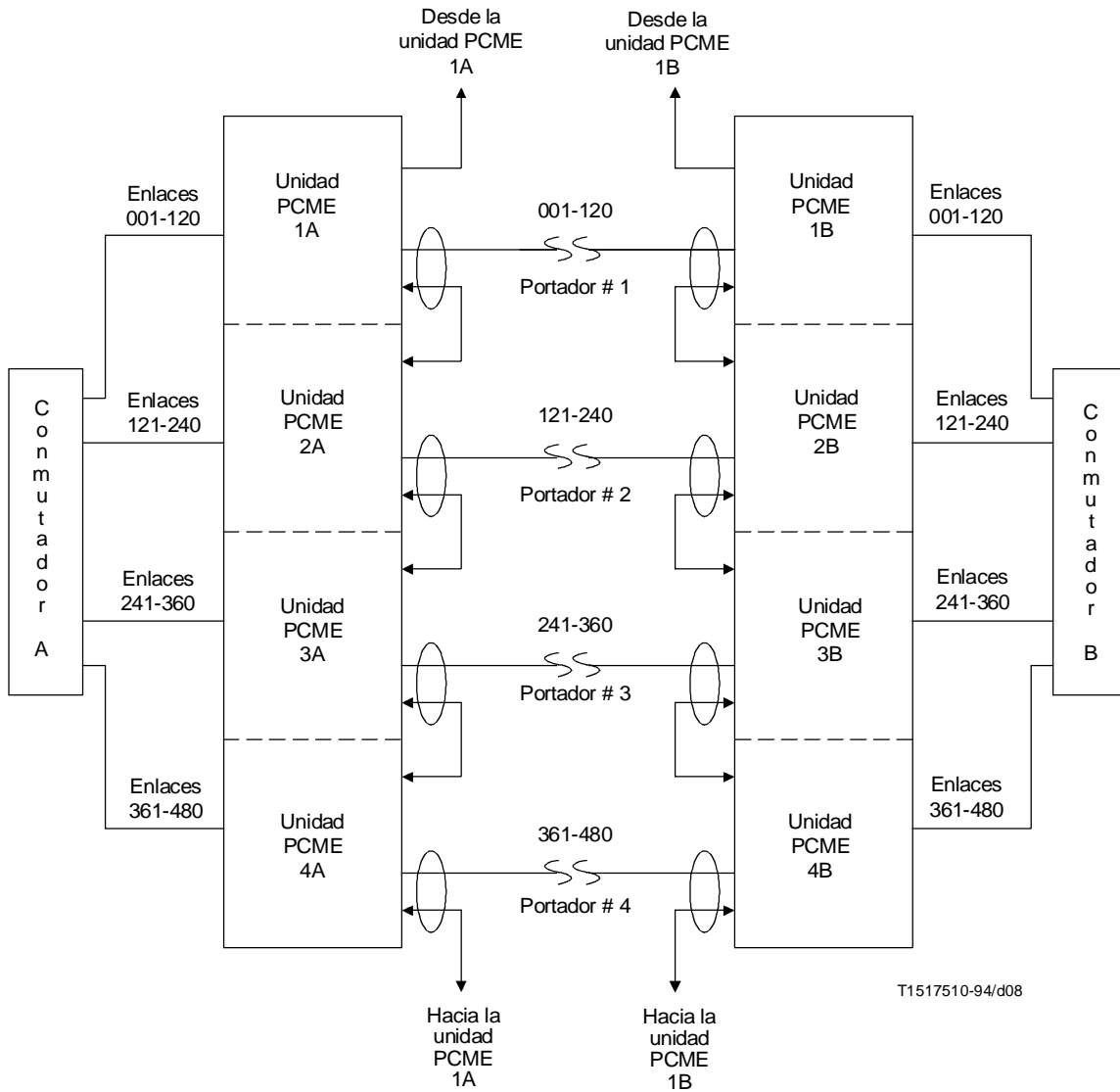


FIGURA I.8/G.765  
Grupo de cuatro PCME

Inicialmente, el PCME empaquetará el tráfico de entrada y lo enviará por el portador asociado. Cuando arranque la reserva del tren de paquetes se retransmitirán las tramas a través del portador de reserva que esté conectado físicamente con el siguiente PCME adyacente. En este PCME adyacente puede producirse una de las siguientes situaciones:

- si el portador asociado con el PCME adyacente no tiene la reserva en vigor, las tramas retransmitidas fluirán en ese portador junto con el tráfico normal del mismo;

- si el portador dispone también de reserva, las tramas retransmitidas junto con el tráfico normal del siguiente portador se encaminarán hacia el siguiente portador de reserva conectado físicamente con el siguiente PCME adyacente.

Esta retransmisión de tramas continuará de una forma encadenada. Las tramas se retransmitirán desde un PCME al siguiente hasta que alcancen el PCME cuyo enlace de paquetes sea el designado como enlace de reserva del enlace original. Para garantizar que el tráfico finaliza en su destino en el extremo distante, debe dividirse el espacio de dirección en elementos disjuntos. Así, las tramas entrantes se retransmitirán de un PCME al siguiente PCME hasta que alcancen el PCME que se corresponda con el subespacio de dirección al que pertenecen. Este es el PCME que termina el circuito virtual correspondiente. En ese PCME se realizarán los procedimientos de desempaquetamiento descritos en las Recomendaciones G.764/G.765, reproduciéndose la información canalizada en las líneas de acceso de salida.

### **I.6.3.2 Ejemplo de agrupación de PCME con capacidad de conmutación inmediata**

El ejemplo que sigue puede servir para aclarar los conceptos. Inicialmente ninguno de los trenes de paquetes dispone de reserva fluyendo el tráfico para cada uno de los grupos de enlaces como se muestra en la Figura I.8. En algún punto la anchura de banda del portador #1 del primer PCME o más (como se indicó anteriormente un PCME puede tener múltiples portadores aunque por sencillez no se considerará esta posibilidad). Se instruye a los conmutadores A y B para que interrumpan el establecimiento de las llamadas por los enlaces 001 a 120. (Para facilitar nuestro análisis consideraremos que los DLCI correspondientes están también en la gama 001 a 120 aunque, obviamente, esto no es obligatorio.)

Supongamos que al cabo de diez minutos todos los enlaces están en reposo excepto el enlace 024, por el cual se cursa una conexión de datos en banda vocal que puede durar un tiempo indefinido. Esto puede realizarse solicitando que el PCME #1 aplique una reserva a su tren de paquetes de forma que todo el tráfico procedente de los enlaces 001 a 120 se encamine ahora por el portador #2. Todo esto es transparente al usuario final y debido a que únicamente está activo el enlace 024 el incremento neto de carga en el portador #2 es despreciable.

Se siguen los mismos pasos si el portador #2 del PCME #2 debe, asimismo, liberarse. Los conmutadores A y B interrumpen el establecimiento de llamadas por los enlaces 121 a 240. Supongamos que, al cabo de diez minutos, los enlaces 122 y 135 siguen activos (el enlace 024 también continúa activo). Entonces la activación de la reserva del tren de paquetes en el portador #2 desplazará el tráfico de los enlaces 001 a 120 y 121 a 240 hacia el portador #3. El efecto se limita al redireccionamiento del tráfico que llega por el lado canalizado en los enlaces activos 024, 122 y 135.

Para restablecer el portador #1 entre los dos conmutadores, una petición al PCME #1 para que restaure el portador #1 permitirá el reencaminamiento del tráfico entrante por los enlaces 001 a 120 hacia el portador #1 en vez del portador #3. Esto restaurará la llamada de datos en banda vocal del enlace 024 a su portador inicial. De nuevo esto se realiza de forma transparente para el usuario final. Se permite entonces a los conmutadores que establezcan nuevas llamadas por los enlaces 001 a 120. Entretanto se continuarán encaminando los enlaces 121 a 240 a través del portador #3.

Utilizando reglas de ingeniería adecuadas, puede conmutarse a la facilidad de reserva un número mucho mayor de llamadas activas sin una degradación apreciable de la calidad. Esto es especialmente cierto si las llamadas transportan señales de voz, porque un PCME puede desechar uno o dos bloques secundarios para reducir la anchura de banda necesaria para los paquetes de voz y evitar la congelación. Supongamos que 30 llamadas en curso en el portador #1 se reencaminan al portador #2 el cual estaba ya cursando 120 llamadas con una relación de compresión 4:1. En este caso, el portador #2 transportará 150 llamadas con una nueva relación de compresión igual a 5:1. Este nuevo valor de la relación cumple sobradamente las directrices operacionales recomendadas para la prestación de un servicio de calidad telefónica. De hecho, los resultados de pruebas prácticas han puesto de manifiesto que en un sistema de paquetes puede reducirse el valor medio del número de bits por muestra a 3,2 bit/s o incluso a 2,8 bit/s sin una degradación apreciable de la calidad de la voz.

En este ejemplo se muestra una forma de modificar las capacidades de transmisión sin afectar a ninguna de las llamadas en curso con independencia de su origen y reencaminamiento previo. Si únicamente desea protegerse algún tráfico, podrían emplearse los procedimientos de restauración del circuito virtual permanente descritos en la cláusula 14/G.765.

### **I.6.4 Aplicaciones a la retransmisión de tramas**

Un PCME permite la combinación de señales de voz, datos digitales e imágenes en una única red privada (o red virtual privada). Las redes privadas virtuales ofrecen las ventajas de las redes privadas sin sus inconvenientes operacionales empleando los recursos de un proveedor de red, incluidos el mantenimiento y gestión de la red. Una red privada virtual mixta constituye la forma en que una red puede proporcionar servicios de red privada virtual con equipos situados en los locales del cliente.

Un PCME con una interfaz Q.922 puede sustentar la conexión entre redes de área amplia (WAN, *wide area networks*) y redes de área local (LAN, *local area networks*), además de la conectividad X.25 y Q.921 utilizando VDLC. En consecuencia, un PCME puede hacer interfaz con dispositivos o encaminadores interconectados por LAN de alto rendimiento que sustentan los requisitos de reencaminamiento para las LAN de IEEE 802.3/Ethernet para una amplia gama de entornos y WAN. Estos dispositivos de encaminamiento actúan como servidores de comunicaciones que sustentan la funcionalidad Q.922.

La conexión entre el dispositivo de encaminamiento y el PCME puede realizarse mediante la interfaz serie V.35 del dispositivo de encaminamiento.

Un PCME requiere que la interfaz de velocidad primaria de 1544 kbit/s utilice el formato supertrama ampliado (ESF, *extended superframe format*) de las Recomendaciones G.703/G.704 y que se invierta el tren de bits HDLC para que funcione con dispositivos que restringen la densidad de unos. Un canal de bits invertidos significa tomar una trama LAPPED tras el relleno de bits e invertir su contenido antes de la transmisión. Esto se efectúa para preservar el requisito de densidad de unos en todas las facilidades de velocidad primaria limitadas. El relleno de bits normal de HDLC garantizará la existencia de un 0 al menos cada 6 bits. Mediante la inversión de este formato se garantiza que existe un 1 al menos en un intervalo de 6 bits.

Obsérvese que algunas DSU/CSU «no fraccionarias» no pueden convertirse entre V.35 y una velocidad primaria sin dañar el tren HDLC. Este tipo de módem no funcionará con ningún equipo de velocidad primaria que esté a la espera de un tren HDLC.

La subcláusula 3.2.7/G.764 especifica un tamaño máximo de trama entre banderas igual a 490 octetos. Por tanto si el PCME carece de interfaz Q.922 deberá configurarse la unidad de transmisión del dispositivo de encaminamiento de forma que no admita tramas con campos de información de tamaño superior a 490 octetos. Si el PCME tiene una interfaz Q.922 dicho equipo ejecutará la segmentación y la recombinación de las tramas en los dos extremos.

La correspondencia de direcciones entre las Recomendaciones Q.922 y G.765 puede efectuarse en el PCME o en el dispositivo de encaminamiento con anterioridad al empaquetamiento de la trama.

En un experimento dos estaciones de trabajo SUN Sparc intercambiaron un fichero de 5 Mbit (5137338 octetos) transmitido con distintos valores de tamaños de paquetes. Se realizó el experimento para determinar los efectos sobre la calidad de funcionamiento de la segmentación del mensaje antes de enviarlo a la red PCME con paquetes más pequeños. Los paquetes utilizados tenían tamaños iguales a 128, 450, 490 y 500 octetos. Se encontró que el tamaño mínimo para evitar la segmentación era 576. Los resultados se muestran en el Cuadro I.7.

CUADRO I.7/G.765

**Transferencia de un fichero de 5 Mbit de una estación de trabajo SUN Sparc a una estación de trabajo SUN 3**

Método de transmisión	Tamaño de la trama (octetos)	Tiempo de transmisión (ms)	Velocidad media (kbit/s)
Ethernet directa TCP/IP (10 Mbit/s)	1514	49 • 1	800 • 1
768 kbit/s (TCP/IP directa)	576	62 • 1	656 • 1
	490	78 • 1	528 • 1
768 kbit/s (retransmisión de tramas)	500-450	79 • 1	520 • 1
	128	140 • 1	296 • 1

Cuando se conectaron directamente las dos estaciones de trabajo mediante Ethernet, el tiempo necesario para la transferencia del fichero fue igual a 49 s (a la velocidad de 800 kbit/s) con el máximo tamaño del mensaje de 1.514 octetos. Este es el máximo tamaño de mensaje que transmitirá la estación de trabajo. Cuando se interconectaron las estaciones de trabajo mediante una línea dedicada, a través de dispositivos de encaminamiento, el tiempo de transmisión aumentó a 62 s para un tamaño de paquete de 576 octetos y a 78 s para un tamaño de 490 octetos. La anchura de banda disponible fue la equivalente a un tren de 768 kbit/s.

Empleando un PCME con retransmisión de tramas, el tiempo necesario para la transferencia del fichero de 5 Mbit fue de unos 79 s para tamaños de paquetes comprendidos entre 450 octetos y 500 octetos. Esto demuestra que el tránsito a través del PCME tiene un efecto despreciable sobre el tiempo de transmisión total. Cuando se redujo el tamaño del paquete a 128 octetos el tiempo ascendió a 140 s (a la velocidad media de 296 kbit/s).

Las transmisiones en el sentido opuesto de SUN 3 a SUN Sparc fueron aproximadamente un 6% más largas a causa de las diferencias entre la calidad de funcionamiento de las estaciones de trabajo. Por ejemplo, la transmisión a través de la línea especializada tuvo una duración de 84 s cuando se ajustó el tamaño de los paquetes a 490 octetos. Estos resultados demuestran que la mayor parte del retardo se debe a la segmentación del mensaje.

La clasificación (y la segmentación) en la estación de trabajo reduce el caudal en el 20% aproximadamente y la retransmisión de tramas añade una reducción adicional inferior al 1%. Cuando se dividen los mensajes en paquetes aún más pequeños (por ejemplo paquetes de 128 octetos) el tiempo de transmisión aumenta extraordinariamente.

Se utilizó un simulador de actividad de canal (CHAS 96-1) para proporcionar la carga de voz con un factor de actividad del 40%. Se establecieron 12 canales de voz con interpolación digital del habla. Se utilizó para la codificación de la voz el algoritmo MICDA (4,2) jerarquizado de la Recomendación G.727. En condiciones de carga normales, se emplearon 4 bits por cada muestra de voz. En estas condiciones puede reducirse el número de bits en algunos canales a 3 bits por muestra o a 2 bits por muestra. Se supone que la carga está constituida por ráfagas breves de tráfico muy concentrado, de forma que el algoritmo pueda absorber la carga en exceso de una forma imperceptible para el oyente. En condiciones de carga muy intensa, pueden abandonarse paquetes completos con ráfagas de voz de 16 ms así como paquetes de datos. Las condiciones de tráfico fueron tales que para el mismo tren de paquetes de 768 kbit/s se producían variaciones entre 768 kbit/s de voz y 768 kbit/s de datos constantes. Se utilizaron varios métodos de almacenamiento intermedio y distintas cargas para determinar el efecto de la integración del tráfico de LAN con la voz. Mediante un ajuste adecuado de los parámetros del PCME se redujo el caudal de tráfico de la LAN de 768 kbit/s a 570 kbit/s. La calidad de la voz no resultó afectada, manteniendo las muestras de voz sus 4 bits. Como no había control de flujo en la generación de los datos, se consiguió la reducción de la anchura de banda de los datos mediante el abandono de tramas. El aumento de la carga de voz a 24 canales redujo el caudal de tráfico de la LAN a 414 kbit/s manteniendo la voz una media de 3,3 bit/s.

La calidad de funcionamiento es todavía mejor en el caso más realista de una carga de LAN no constante. Por ejemplo, con 48 canales de voz activos se transfirió el fichero de 5 Mbit de la estación Sparc a la SUN 3 en 130 segundos (con una velocidad media de 320 kbit/s) manteniendo el número medio de bits por muestra de voz en 3,9 bits por muestra. En este caso, el retardo fue debido al control de flujo entre los dos terminales y no al abandono de tramas.

La ventaja más importante de la interconexión del dispositivo del encaminamiento y el PCME en una aplicación LAN/WAN se obtendría en aquellos casos en que se desean servicios integrados. Se ha demostrado que el tráfico en banda vocal y el tráfico de LAN pueden compartir los mismos enlaces de transmisión y que puede diseñarse un equilibrio entre la compresión de voz y el caudal de tráfico de LAN.

En la Figura I.8 se representa una posible red integrada en la que los nodos locales contienen un dispositivo de encaminamiento y voz canalizada. Se transmitirían los dos tipos de tráfico por una red de paquetes de banda ancha con PCME utilizando facilidades mixtas, es decir, parte de la anchura de banda de velocidad primaria contendría un tren de paquetes de retransmisión de tramas mientras que el resto de la anchura de banda contendría circuitos de voz. Cuando los circuitos de voz alcancen el primer PCME, se convertirán a un formato de paquetes integrándose directamente con el tráfico de LAN. En el extremo distante de la red, se devolverá a los circuitos de voz su estado canalizado y se transmitirán con el tráfico de LAN de retransmisión de tramas con facilidades mixtas hasta el nodo local del extremo distante.

## **I.6.5 Aplicaciones a la telefonía móvil**

### **I.6.5.1 Redes celulares analógicas**

En una red celular analógica el MTSO se conecta a la red telefónica pública con conmutación (RTPC) y a las ubicaciones de células individuales mediante líneas (Figura I.9). El MTSO comprueba la calidad de la señal en los canales y efectúa la conmutación entre canales (*traspaso*) cuando la calidad es inferior a un nivel especificado. Ejecuta también la operación de reencaminamiento necesaria cuando se produce un traspaso además de desempeñar muchas otras funciones de procesamiento de las llamadas celulares. Además, el MTSO genera los datos de facturación y realiza otras funciones asociadas a las llamadas tales como el reencaminamiento de la llamada.

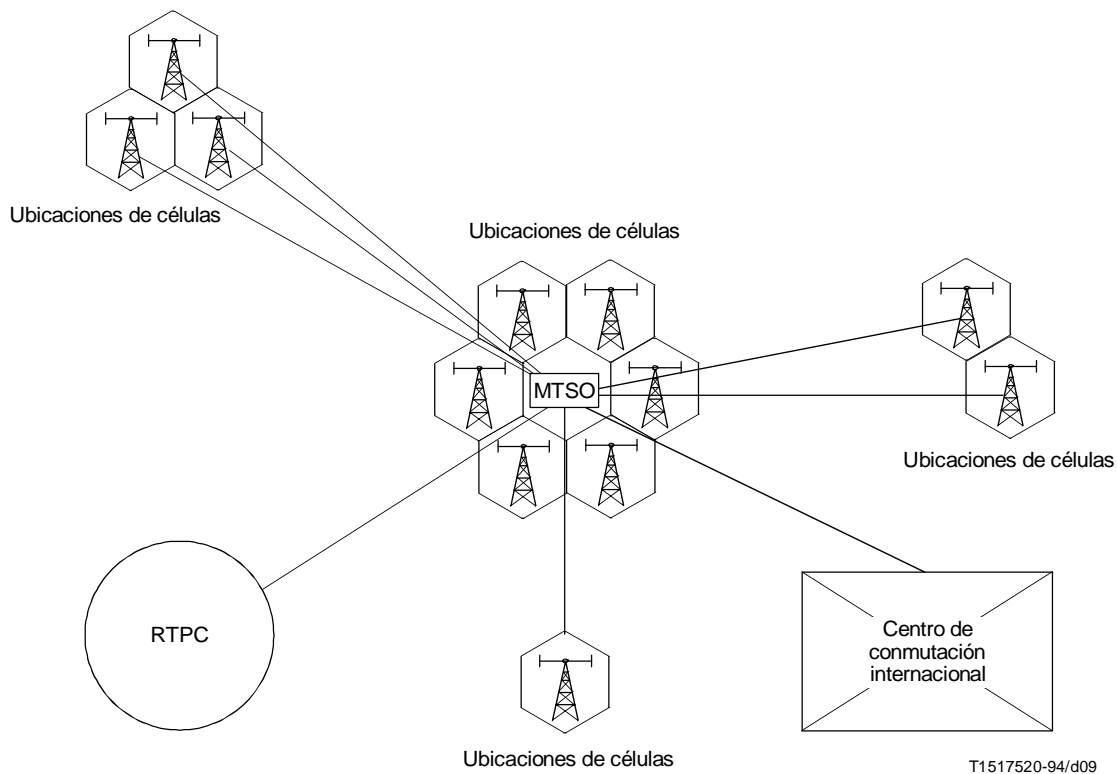


FIGURA I.9/G.765  
Red celular analógica

Durante el traspaso se produce una interrupción breve de la señal que dura de 200 ms a 1200 ms aproximadamente. Cuando un terminal móvil transmite una señal facsímil, esta pérdida producirá una interrupción de 1/16 de pulgada aproximadamente en la página para cada traspaso. La frecuencia de los traspasos es impredecible y el número de interrupciones por página depende de la máquina. En casos extremos, las interrupciones pueden provocar un fallo en los mensajes o una desconexión.

Para densidades de tráfico reducidas como las que se producen en comunidades aisladas y zonas rurales, puede resultar más económica una estructura más descentralizada. En esta arquitectura se interconectan varias células mediante un centro de conmutación de servicios móviles (SMC, *switching mobile center*) que supervisa el funcionamiento de estas pocas células (Figura I.10). El SMC actúa como interfaz primaria con la RTPC. Ambos están interconectados entre sí y con el centro principal de servicios móviles (MMC, *master mobile center*) que realiza las funciones de interfaz hombre-máquina primario y base de datos principal.

En esta arquitectura distribuida pueden realizarse las interconexiones entre los distintos SMC y/o el MMC mediante enlaces por satélite permitiendo así el establecimiento de una red celular de larga distancia entre múltiples localidades. Esto resulta especialmente útil cuando hay una carencia grave de sistemas por microondas u otros sistemas terrenales. En las redes celulares se utiliza equipo de compresión para aumentar el número de llamadas cursadas por los medios de transmisión de la red celular. Se emplean también multiplexores para combinar el tráfico procedente de múltiples canales de datos voz o vídeo para su transmisión a través de una única línea a velocidad primaria. Por último, se emplean también sistemas de transconexión en distintos niveles de la jerarquía de transmisión para efectuar el reencaminamiento de las llamadas sin demultiplexarlas. Un PCME combina todas estas funciones y añade las siguientes:

- ganancia de compresión debida a la interpolación digital de la palabra y a la codificación MICDA;
- control progresivo de la congestión adaptado a la condición real del enlace;



- clasificación de señales en tiempo real de la señal de entrada en voz, datos en banda vocal con distintas velocidades, facsímil, etc., lo que permite la aplicación de la técnica de compresión apropiada que concuerde con el tipo de señal;
- capacidad de elementos de reserva.

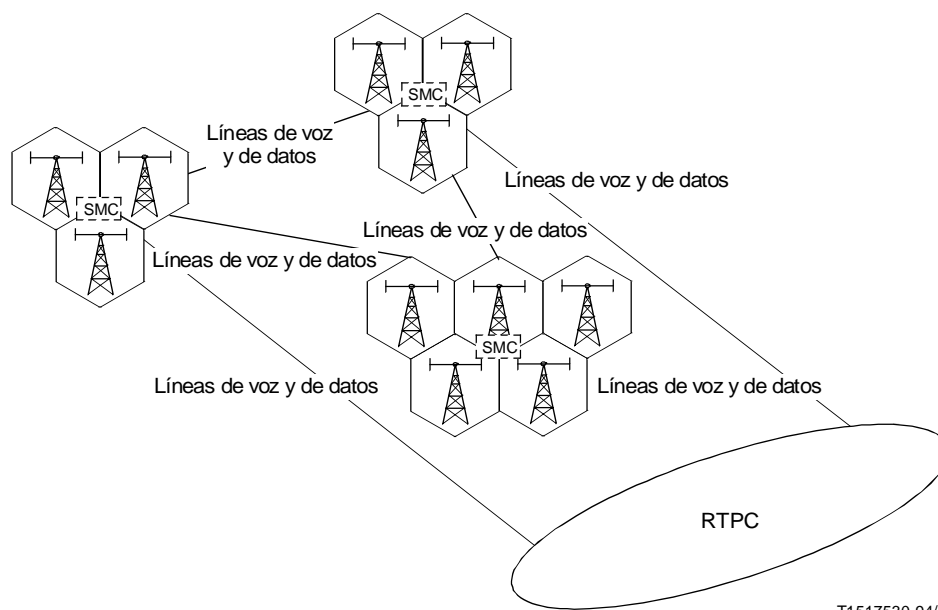


FIGURA I.10/G.765  
Red celular con SMC

La inserción de PCME producirá también los siguientes efectos:

- puede reducirse la tasa de desconexión prematura de llamadas facsímil debido a que cuando se produce una interrupción durante un traspaso, el PCME inserta un esquema de relleno de ceros;
- puede mejorarse la calidad facsímil durante la transferencia de la imagen, debido a que la señal facsímil demodulada y empaquetada es menos sensible a los errores de línea, pudiendo realizarse la gestión centralizada e integrada y el control de los diversos terminales.

En una red celular deben contemplarse los siguientes aspectos de ingeniería de la red:

- supresión del silencio;
- eco de la línea;
- conexiones en cascada;
- retardo.

#### I.6.5.1.1 Supresión del silencio

El principio de supresión del silencio es la eliminación de los segmentos de silencio de la conversación. Esto es similar a la interpolación digital de la palabra en las aplicaciones tradicionales de compresión. Sin embargo, en aplicaciones móviles la señal que llega al detector de la palabra incluye la reverberación debida a las reflexiones de las ondas sonoras en las superficies sólidas dentro del coche así como al ruido del vehículo. En consecuencia, puede representarse la señal así:

$$S_{\text{detector de voz}} = s(t) + r[s(t)] + n_{v(t)} + n(t)$$

donde:

$s(t)$  = señal de voz;

$r[s(t)]$  = reverberaciones de la voz;

$n_v(t)$  = ruido del vehículo;

$n(t)$  = ruido de circuito.

El ruido del vehículo depende de varios factores como son:

- 1) velocidad del vehículo;
- 2) situación de las ventanas (abiertas o cerradas);
- 3) condiciones de la calzada;
- 4) situación del ventilador (en marcha o parado).

Además, en aplicaciones de manos libres, el ruido de fondo no es necesariamente blanco sobre todo si están abiertas las ventanas del vehículo. En estas situaciones, puede ser conveniente aumentar el nivel umbral del detector de voz para evitar el recorte por disminución de la sensibilidad del detector de voz. Esto permitiría la transmisión del ruido de fondo si alcanza un nivel definido a expensas de reducir la ganancia de compresión efectiva. El nivel del umbral del detector de voz necesario para que deje pasar el ruido de fondo debe definirse subjetivamente durante el tiempo de ajuste del equipo, en función de las condiciones en que aparezcan las llamadas en la ubicación de la célula.

#### **I.6.5.1.2 Eco**

En esta subcláusula se trata únicamente del eco de línea ya que el eco acústico queda fuera del alcance de este análisis.

Se necesita realizar la compensación del eco por dos motivos:

- 1) evitar degradaciones en el tráfico de voz y de datos de banda vocal (incluido el facsímil);
- 2) conseguir la máxima ganancia de compresión ya que el eco puede perturbar el detector de voz.

#### **I.6.5.1.3 Conexión en cascada**

En las arquitecturas centralizadas habituales toda la inteligencia de la red celular, incluido el establecimiento de la llamada, reside en el MTSO (véase la Figura I.11), aun cuando el tráfico no vaya dirigido hacia la RTPC (es decir, que vaya a la misma ubicación celular o a otra ubicación celular diferente). En consecuencia, todo el tráfico se conectará en cascada como sigue:

- a) *Voz/datos en banda de frecuencia vocal*
  - (Celular a RTPC)  
Analógico-MIC-MICDA-MIC.  
Este caso no comprende el tráfico internacional que será semejante al caso que sigue.
  - (Celular a celular)  
Analógico-MIC-MICDA-MIC-MICDA-MIC-Analógico.
- b) *Facsímil*: Digital-Analógico-MIC-Banda de base-MIC-Banda de base-Analógico-Digital.

Las codificaciones y decodificaciones sucesivas pueden afectar a la calidad de funcionamiento. Este efecto de conexión en cascada no se aplica al enlace de datos entre el MTSO y la ubicación de la célula. En este caso el PCME puede emplear la DICE o VDLC. También es posible dimensionar el enlace de datos para el funcionamiento transparente a 64 kbit/s.

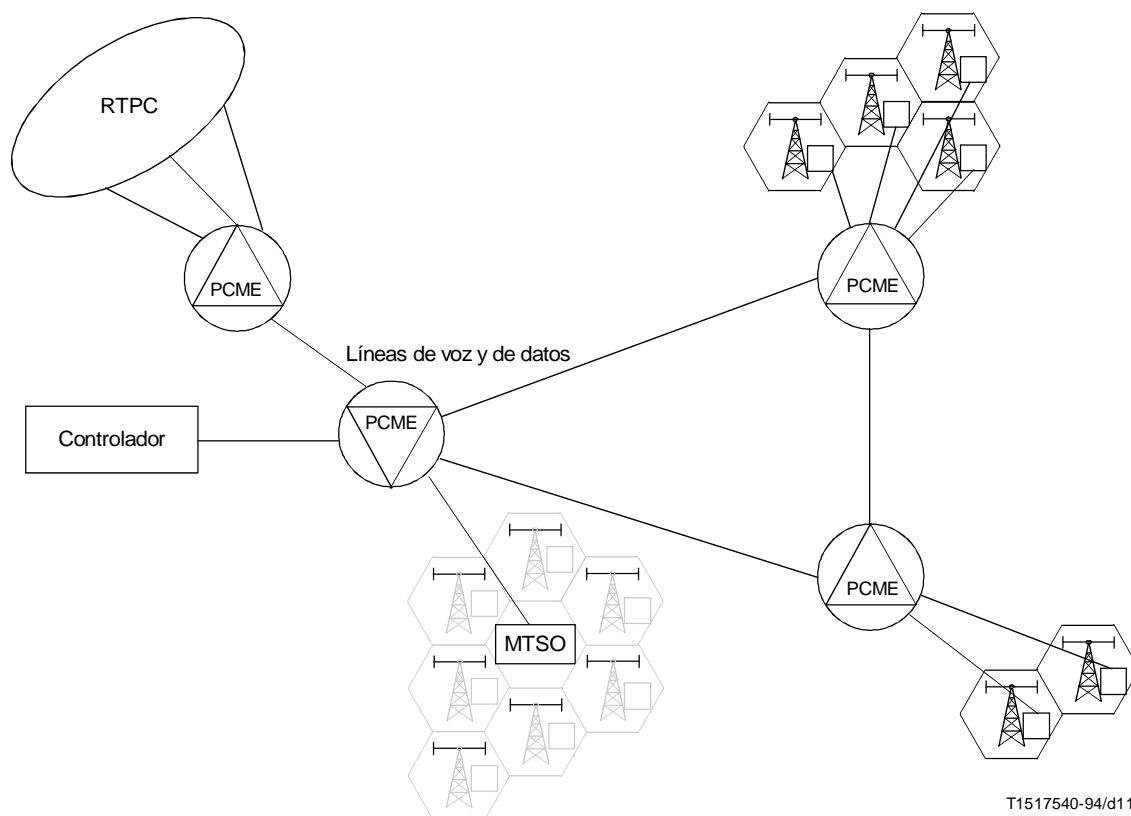


FIGURA I.11/G.765  
Red celular con MTSO

Como la mayoría del tráfico procede de y se dirige a la red RTPC regional o nacional, la probabilidad de que haya más de una codificación/decodificación en cascada es pequeña. Debe observarse que para el tráfico entre células y dentro de una célula pueden utilizarse las capacidades del PCME para la transconexión de paquetes y transconexión de circuitos, para evitar la codificación en cascada. Esto puede exigir algunas modificaciones en el equipo de emplazamiento celular de forma que puedan encaminarse las llamadas entrantes a través de intervalos de tiempo predefinidos que se correspondan con su destino final (véase la Figura I.12).

#### I.6.5.1.4 Retardo

El empleo de un PCME introduce un retardo de empaquetamiento y un retardo de restitución. Tal retardo se añade una vez a las llamadas conectadas a la RTPC en cada sentido de transmisión. Si la llamada va a la misma ubicación celular o a otra ubicación celular distinta, el retardo total quedará multiplicado por dos en cada sentido de transmisión cuando el PCME esté situado entre cada ubicación celular y el MTSO. Deberá evaluarse el efecto del retardo sobre el traspaso.

El valor del retardo de restitución es reducido si el tráfico es principalmente de voz y no se demodula/remodula el facsímil. Además, para el tráfico de datos digitales el valor de la restitución es diferente del correspondiente al tráfico en banda vocal.

#### I.6.5.2 Redes celulares digitales

La base del análisis será la arquitectura de la red GSM. En esta red, el subsistema de estación base está constituido por el subsistema transceptor de base (BTS, *base transceiver subsystem*) y el controlador de estación de base (BSC, *base station controller*) que proporciona el control y la gestión en tiempo real de varios BTS.

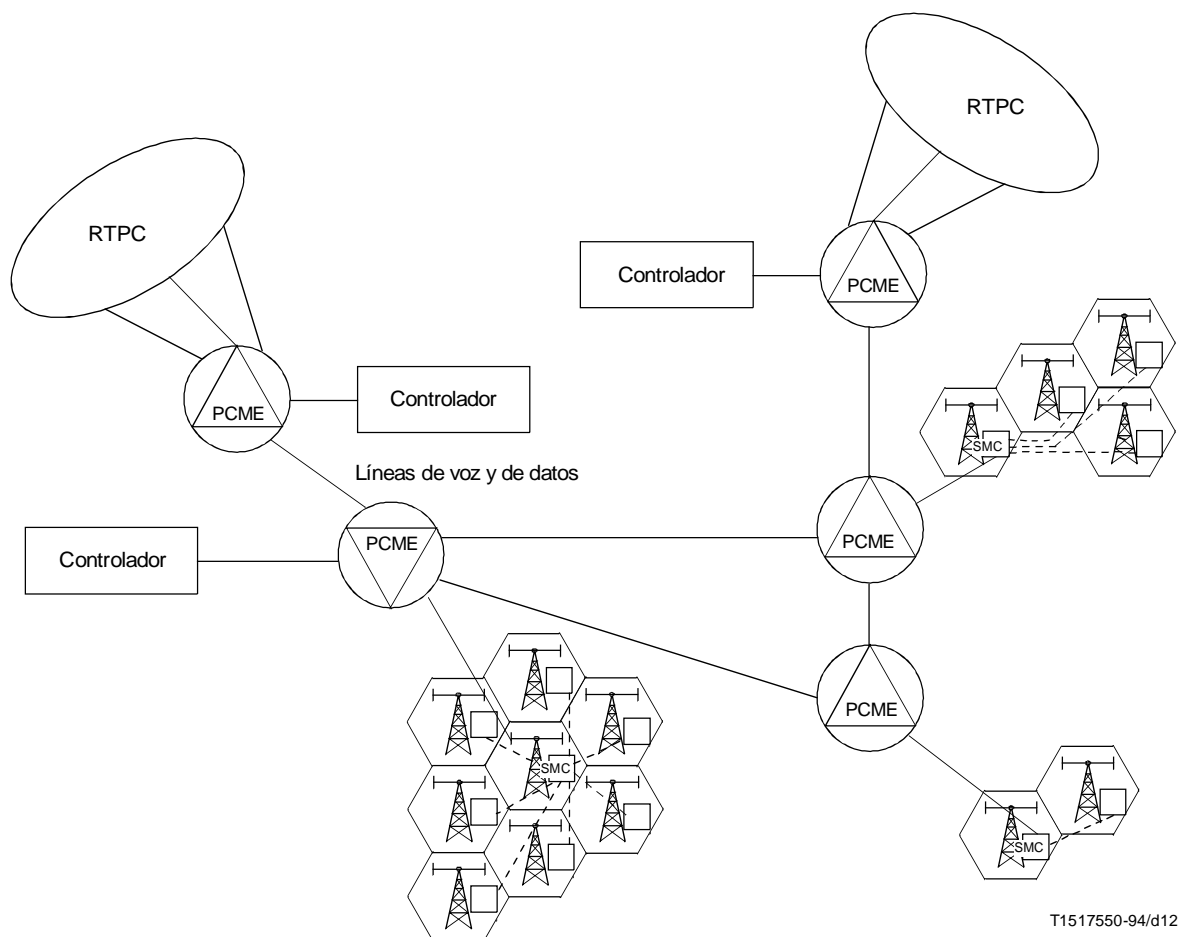


FIGURA I.12/G.765  
**Red celular, tráfico entre células y dentro de una célula**

El BSC efectúa el control de las funciones de bajo nivel y funcionalidad celular del centro de conmutación de servicios móviles (MSC, *mobile switching center*).

En algunas implementaciones de GSM, se emplea una anchura de banda de transmisión de 16 kbit/s entre los BTS y su BSC correspondiente, de manera que se transportan cuatro llamadas en un intervalo de tiempo de 64 kbit/s. Sin embargo, en el BSC se transcodifica cada llamada telefónica a una codificación MIC de 64 kbit/s. Los trenes de datos y de voz codificada con ley A se rellenan para aumentar la velocidad de bits a 64 kbit/s según la estructura de la Recomendación V.110 (datos, incluido el facsímil). Esto permite el interfuncionamiento con la RDSI y RTPC aunque si el BSC y el MSC no están situados en la misma ubicación puede desperdiciarse anchura de banda de transmisión.

En consecuencia, el empleo del PCME entre los BSC y los MSC así como entre MSC puede ser conveniente por los siguientes motivos:

- a) Se proporciona compresión de la voz y de los datos en esos enlaces. Esto es importante para reducir los costes de funcionamiento en el caso en que el operador celular haya alquilado al operador telefónico enlaces de 2 Mbit/s, cuando se hayan establecido enlaces radioeléctricos para la interconexión de MSC o cuando haya escasez de enlaces de 2 Mbit/s.
- b) Permite la constitución de redes de voz de MSC con señales comprimidas.
- c) Proporciona una interfaz simple con la RDSI, la RTPC y cabeceras internacionales en países que utilizan el PCME en sus centrales de cabecera.

Debe observarse que no puede utilizarse la función de demodulación/remodulación facsímil del PCME ya que el facsímil llega en forma de tren V.110, es decir sobre un canal de 64 kbit/s determinado. Si bien esto disminuye la cuantía de anchura de banda disponible para el tráfico comprimido puede reducirse el retardo de restitución en 30-40 ms, aproximadamente.

A continuación se indican algunos aspectos de ingeniería de la red que deben estudiarse:

- Las normas GSM exigen que se ajuste la longitud de la cola a 64 ms. Deberán investigarse los efectos de la caída progresiva de la fase en las redes GSM.
- Se excluyen los efectos de la puesta en cascada del algoritmo GSM con MICDA sobre el tráfico en banda vocal de las llamadas internacionales.
- La conexión en cascada más desfavorable será la siguiente: MIC-(RPE-LTP)-MIC-MICDA-MIC-MICDA-MIC-(RPE-LTP)-MIC.
- Además del retardo de empaquetamiento hay un retardo adicional debido a la codificación RPE-LTP.

### **I.6.5.3 Resumen**

El análisis realizado en este apéndice se basa en una yuxtaposición de productos existentes sin ninguna tentativa de optimizar la configuración. Por ejemplo, no se utilizan las posibilidades de transconexión de paquetes del PCME para vincular las distintas ubicaciones celulares en el dominio de la compresión. Tampoco se ha intentado hacer uso de las propiedades de demodulación/remodulación de facsímil del PCME para los sistemas celulares digitales. De hecho, puede establecerse un protocolo según las directrices del DICE para extraer la información de usuario del tren V.100 ahorrando, en consecuencia, cierta cantidad de valiosa anchura de banda (en satélite). Por último, no hay ninguna reconfiguración dinámica de PVC para los distintos tipos de tráfico ya que esto exigiría cambios en la interfaz BSC de señalización con el PCME.

### **Bibliografía**

- [1] DVORAK (A.), ROSENBERGER (J.R.): Deriving a subjective testing methodology for digital circuit multiplication and packetized voice systems, *IEEE J. Selec. Areas Commun.* vol. 6, N.º 2: 235-241, febrero 1988.
- [2] KIHLSSTRÖM (N. Viklund), BRIDGEWATER (D.): The development of an open-network digital circuit multiplication equipment system, *International Journal of Satellite Communications* vol. 8: 461-490, 1 990.
- [3] FISHBURN, MAHANT (S.), SHERIF (M.H.), SRIRAM (K.): A frame relay/cross-connect packetization system for satellite applications, *Proceedings of the ninth International Conference on Digital Satellite Communications ICDS-9*, Session B6, 195-202, Copenhagen, mayo 1992.