



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**Serie G**

**Suplemento 37**

(10/98)

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

---

**Información práctica de carácter didáctico  
sobre los equipos de multiplicación de circuitos  
digitales de la Recomendación UIT-T G.763 y su  
dimensionamiento**

Recomendaciones UIT-T de la serie G – Suplemento 37

(Anteriormente Recomendaciones del CCITT)

---

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

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
<b>SISTEMAS INTERNACIONALES ANALÓGICOS DE PORTADORAS</b>	
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
<b>EQUIPOS DE PRUEBAS</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN</b>	G.600–G.699
<b>SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DIGITAL</b>	
EQUIPOS TERMINALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999

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

## **SUPLEMENTO 37 A LAS RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G**

### **INFORMACIÓN PRÁCTICA DE CARÁCTER DIDÁCTICO SOBRE LOS EQUIPOS DE MULTIPLICACIÓN DE CIRCUITOS DIGITALES DE LA RECOMENDACIÓN UIT-T G.763 Y SU DIMENSIONAMIENTO**

#### **Resumen**

Este Suplemento da información práctica de carácter didáctico sobre las técnicas de los equipos de multiplicación de circuitos digitales y describe varios métodos de dimensionamiento de los mismos para distintas características de las rutas.

#### **Orígenes**

El Suplemento 37 a las Recomendaciones UIT-T de la serie G, ha sido preparado por la Comisión de Estudio 15 (1997-2000) del UIT-T y fue aprobado por el procedimiento de la Resolución N.º 5 de la CMNT el 13 de octubre de 1998.

## PREFACIO

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

La 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.

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

## NOTA

En esta Recomendación, la expresión *empresa de explotación reconocida (EER)* designa a toda persona, compañía, empresa u organización gubernamental que explote un servicio de correspondencia pública. Los términos *Administración*, *EER* y *correspondencia pública* están definidos en la *Constitución de la UIT (Ginebra, 1992)*.

## PROPIEDAD INTELECTUAL

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

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 1999

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

### Página

1	Información práctica de carácter didáctico sobre el DCME.....	1
1.1	Utilización de sistemas de multiplicación de circuitos digitales (DCMS, <i>digital circuit multiplication system</i> ) .....	1
1.2	Ubicación.....	2
1.3	Requisitos de transmisión.....	2
1.4	Ganancia del DCME (DCMG, <i>DCME gain</i> ) .....	2
1.5	Servicios portadores de la RDSI.....	4
1.6	Restablecimiento del servicio.....	4
1.7	Control de la sobrecarga de transmisión .....	5
1.8	Supervisión del funcionamiento del enlace de transmisión .....	5
1.9	Referencias .....	6
2	Métodos de dimensionamiento de equipos DCME de acuerdo con las características de la ruta .....	6
2.1	Alcance.....	6
2.2	Perfiles de las rutas.....	6
2.3	Funcionamiento del DCME.....	8
2.3.1	Ganancia debida a la DSI para conversación.....	8
2.3.2	Ganancia debida a la DSI para datos.....	8
2.3.3	Ganancia debida a la LRE para conversación.....	8
2.3.4	Ganancia debida a la LRE para datos.....	9
2.4	Dimensionamiento del DCME .....	9
2.4.1	Limitaciones.....	10
2.4.2	Ejemplos del cálculo de la ganancia por técnicas simplificadas.....	11
2.4.3	Dos dificultades que no deben pasarse por alto .....	14
2.5	Conclusión.....	16



## Suplemento 37 a las Recomendaciones de la serie G

### INFORMACIÓN PRÁCTICA DE CARÁCTER DIDÁCTICO SOBRE LOS EQUIPOS DE MULTIPLICACIÓN DE CIRCUITOS DIGITALES DE LA RECOMENDACIÓN UIT-T G.763 Y SU DIMENSIONAMIENTO

(Ginebra, 1998)

#### 1 Información práctica de carácter didáctico sobre el DCME

##### 1.1 Utilización de sistemas de multiplicación de circuitos digitales (DCMS, *digital circuit multiplication system*)

Los DCMS permiten reducir los costes de la transmisión a larga distancia utilizando las técnicas de interpolación digital de la palabra (DSI, *digital speech interpolation*) y codificación a baja velocidad (LRE, *low rate encoding*).

La DSI se utiliza para concentrar varios canales de entrada (denominados usualmente canales troncales) en número menor de canales de salida (denominados usualmente canales portadores). Esto se realiza conectando un canal troncal a un canal portador sólo durante el tiempo en que aquél está activo, es decir, cuando cursa señales vocales o datos en banda vocal. Debido a que en una conversación normal un sentido de la transmisión está ocupado solamente del 30 al 40% del tiempo, las estadísticas de la distribución de tiempos de silencio y de conversación, permiten, si el número de canales es grande, utilizar un número considerablemente menor de canales portadores (grupo de canales portadores). Para sincronizar correctamente en cada extremo la asignación entre canales troncales y portadores debe intercambiarse entre los extremos la información de control.

La LRE utiliza técnicas de filtrado digital para construir una estimación de las formas de onda en el codificador y decodificador. Debido a que la velocidad de información de la señal de conversación es mucho menor a la velocidad Nyquist de canal, el enlace que se utiliza entre el codificador y el decodificador puede explotarse a una velocidad que depende principalmente de la calidad del modelo y de la degradación permitida de la transmisión. El UIT-T ha normalizado en las Recomendaciones G.726 y G.727 un tipo de LRE conocido como MICDA, cuyas características se han estudiado ampliamente. El equipo de multiplicación de circuitos digitales (DCME) se basa en la técnica MICDA definida en la Recomendación G.726.

En la demodulación/remodulación de la señal facsímil, se detectan y decodifican algunas o la totalidad de las señales en banda vocal enviadas por el módem para poder submultiplexar la información digital de cierto número de canales troncales en un número reducido de canales portadores, lo que mejora tanto la calidad como la eficacia de la transmisión en comparación con la técnica consistente en reducir la velocidad de las señales aplicada en el caso de la MICDA.

La manera más sencilla de utilizar los DCMS es para un solo destino, tal como se muestra en la figura 1/G.763. Este modo de funcionamiento es el más económico para las grandes rutas. Para rutas más pequeñas existen dos opciones:

- funcionamiento en modo multihaz;
- funcionamiento en modo multidestino.

El funcionamiento en modo multihaz, véase la figura 2/G.763, divide los canales portadores en un número de bloques o "haces" asociado cada uno a una ruta diferente. De ordinario, existe un límite definido entre haces, realizándose normalmente la asignación de canales troncales/portadores mediante un canal de control del haz y al cual éstos hacen referencia. Se limita así el procesamiento

dinámico de canales recibidos a aquellos que están contenidos en el haz deseado; la selección de los canales del haz deseado pueden hacerse utilizando un sencillo conmutador digital estático sin referencia a la información de asignación. Si se utiliza como sistema portador uno de 2048 kbit/s y el modo de funcionamiento multihaz, las estadísticas de DSI no aconsejan utilizar más de tres rutas. En la Recomendación G.763 se prevén dos haces.

El funcionamiento en el modo multidestino (véase la figura 3/G.763) permite asociar cualquier canal portador con cualquier canal troncal de una de entre varias rutas posibles. No existe segregación de rutas en los canales portadores, y, por tanto, en el terminal receptor es imposible seleccionar los canales deseados sin una referencia a la información de asignación. El modo multidestino es ventajoso económicamente para rutas por satélite muy pequeñas, pero las dificultades de índole práctica limitan el número de rutas que es deseable prever en un DCMS.

## **1.2 Ubicación**

La ubicación del DCME depende de su utilización. En el modo punto a punto o en el modo de multihaz pueden situarse, sin restricciones significativas, en:

- ISC,
- estación terrena,
- cabecera de cables submarinos,

generalmente cuando se utilice el modo multihaz, el equipo se instalará en la ISC de forma que las ventajas de los DCMG puedan extenderse al tramo nacional. Cuando se utilice el modo multidestino, el equipo normalmente se instalará en la estación terrena o en la cabecera de cables. Las razones para ello son que si bien en el modo multihaz el número de canales portadores en el terminal DCME es aproximadamente el mismo que el número de canales portadores transmitidos, en el modo multidestino el número de canales portadores recibidos en el terminal DCME es el número de canales portadores transmitidos multiplicado por el número de destinos. Por lo tanto, puede ser antieconómico proporcionar capacidad de transmisión suficiente entre la estación terrena y la ISC para permitir la ubicación del DCME en la ISC de destino.

## **1.3 Requisitos de transmisión**

Generalmente los DCMS se utilizan para tráfico que puede cursarse a través de conexiones de la red telefónica general conmutada (RTGC). Ello incluye datos en banda vocal mediante módems que cumplen las Recomendaciones de la serie V, facsímil según las Recomendaciones de T.4 y T.30 y que utilizan los módems de la Recomendación V.29. Además deben poder transmitirse los servicios portadores de datos digitales por demanda a 64 kbit/s sin restricciones, así como conversación/datos a 64 kbit/s sin restricciones, alternados.

Los DCMS se diseñan básicamente para maximizar la eficacia de la transmisión de señales vocales. La utilización de datos en banda vocal, sobre todo a altas velocidades, presenta algunos problemas. Dichos problemas son fundamentalmente debidos a dificultades para que el MICDA a 32 kbit/s codifique la forma de onda de los datos en banda vocal.

## **1.4 Ganancia del DCME (DCMG, DCME gain)**

La ganancia del DCME es la relación de multiplicación de la transmisión de canales troncales, conseguida aplicando el DCME con LRE y DSI (para una calidad vocal especificada para un cierto nivel de actividad de los canales portadores). La ganancia máxima que puede conseguirse depende de los siguientes factores:

- número de canales troncales;



- número de canales portadores;
- ocupación de los canales troncales;
- actividad de conversación;
- tráfico de datos en banda vocal;
- relación entre datos en banda vocal semidúplex y dúplex;
- tipo de señalización;
- tráfico de 64 kbit/s;
- calidad mínima aceptable;
- umbral dinámico de control de carga.

De todos ellos, el factor de más importancia es el porcentaje de tráfico de datos digitales de 64 kbit/s. Ello se debe a que un canal troncal que transporta datos de 64 kbit/s requiere que se eliminen dos canales portadores de 32 kbit/s del grupo de canales disponibles para el proceso DSI.

El porcentaje máximo de canales de datos en banda vocal puede variar entre el 5 y el 30% según la ruta. Esto se examina con mayor detalle en la cláusula 2.

El tipo de enlace de señalización utilizado en la ruta afecta significativamente la ganancia. Los sistemas de señalización de secuencia obligada continua mantienen activos los canales durante periodos de tiempo indeseablemente largos. En el caso de la señalización digital según el sistema R2 del UIT-T utilizada con DCMS y por satélite, puede ocurrir que el canal esté activo de 5 a 14 segundos.

La actividad medida de conversación depende de las características del detector de actividad. Es normal suponer un 35 a 40%. Los canales que presentan un nivel elevado de ruido ambiente de fondo pueden hacer aumentar este factor de actividad. Fuera de la hora cargada de la ruta, la ocupación de los canales será menor que durante la misma. El efecto de ello es reducir la actividad global medida por el detector de actividad a aproximadamente el 27% fuera de la hora cargada de la ruta, mientras que estará próximo al factor de actividad de la voz, es decir, aproximadamente el 40%, durante la hora cargada de la ruta.

La calidad de la señal vocal está básicamente gobernada por dos factores: la velocidad de codificación para la LRE y la cantidad de señal vocal que se pierde cuando un canal de voz activado espera su conexión a un canal portador. Si existe un gran número de canales troncales recientemente activados que esperan disponer de un canal portador, es más probable que la señal vocal sea "recortada" o "congelada", que si el número de canales activados es relativamente pequeño.

La calidad de la señal vocal de un DCME en una red con dispositivos de protección contra el eco se ve afectada por el recorte introducido por éstos, así como por el posible efecto de contraste del ruido. En particular, cuando se utilizan supresores de eco o compensadores de eco en circuitos en los que el ruido generado en el extremo cercano es elevado en comparación con el que se genera en el resto de la línea, la supresión del ruido en el extremo distante puede resultar indeseable debido al contraste de ruido. Una manera de solucionar este problema es utilizar dispositivos de protección contra el eco que introducen ruido de línea en reposo, al nivel adecuado, durante el periodo de supresión, o introducir ruido de línea en reposo en el periodo apropiado cuando el dispositivo de protección contra el eco está integrado en el DCME. En I.5/G.763 se expone otro método.

En la aceptación de nuevos DCMS debe tenerse en cuenta el tipo y las características del tráfico que cursará. No es conveniente basarse sólo en las quejas de los usuarios para determinar cuándo un sistema está deficientemente dimensionado. Ello se debe a que las interacciones entre el DCMS y el dispositivo de protección contra el eco pueden ocultar el verdadero problema (véase la nota). Además, la consecuencia de intentar concentrar demasiados canales troncales en pocos canales

portadores puede ser el incremento de la densidad de llamadas y la reducción del tiempo de ocupación de la llamada. Ello da lugar a una calidad muy reducida, especialmente cuando se utilizan sistemas de señalización de secuencia obligada, estando los niveles de actividad de los canales muy por encima de lo previsto en el dimensionamiento inicial del sistema.

NOTA – La mejor calidad de la señal vocal (o conversación) se obtiene cuando se utilizan compensadores de eco conformes a la Recomendación G.165 (1993) o a la Recomendación G.168 (1998). Sin embargo, también pueden utilizarse supresores de eco conformes a la Recomendación G.164 (1988).

Dos criterios posibles para conseguir unas características aceptables de la señal vocal son un promedio de 3,7 bits por muestra y menos de 2,0% de probabilidad de recorte mayor de 50 ms, o bien una pérdida de señales vocales inferior al 0,5% debido al recorte (o mutilación) si no se utiliza el modo sobrecarga de dos bits.

En base a los criterios anteriores se han elaborado diversas aproximaciones que relacionan el porcentaje de datos en banda vocal y el número de canales con la ganancia de un DCME que utiliza 30 canales portadores. En la cláusula 2 se indican las aproximaciones que conviene utilizar para el dimensionamiento inicial del sistema.

Si se requiere mayor precisión, es necesario recurrir al análisis de cadenas de Markov de primer orden al que se hace referencia en la literatura sobre DSI [1], [2] y [3].

## **1.5 Servicios portadores de la RDSI**

Los DCMS deben en general cursar tráfico de toda una gama de servicios portadores RDSI que pueden obtenerse a través de un canal a 64 kbit/s tal como se especifica en la Recomendación I.230 (1988). Estos son:

- 64 kbit/s en modo circuito sin restricciones, categoría de servicio portador estructurado a 8 kHz.

Puede utilizarse, entre otras cosas, para conversación, flujos de información a velocidades inferiores a 64 kbit/s, multiplexados por el usuario, o para acceso transparente a un red pública X.25.

- 64 kbit/s en modo circuito, categorías de servicio portador estructurado a 8 kHz, utilizable para transferencia de información de conversación.

Esta es una categoría muy similar a la anterior, pero con diferentes protocolos de acceso.

- 64 kbit/s en modo circuito, categorías de servicio portador estructurado a 8 kHz, utilizable para transferencia de información de audio de 3,1 kHz.

Este servicio portador proporciona la transferencia de información de audio en una anchura de banda de 3,1 kHz como por ejemplo datos en banda vocal a través de módems, facsímil de los grupos I, II y III, y conversación.

## **1.6 Restablecimiento del servicio**

En la mayoría de las aplicaciones, la pérdida de tráfico por fallo es tal que es insuficiente instalar sólo un par de terminales en una ruta sin los medios adecuados para un cambio rápido a equipos de reserva en caso de fallo. Ello significa que normalmente los DCME se utilizan en grupos, formados por N unidades DCME activas y una de reserva. El cambio automático permite pasar al equipo de reserva la información relativa a la configuración y sincronización del equipo que ha fallado. Pueden considerarse otras formas de paso a la reserva.

El fallo del sistema de transmisión entre DCME puede tratarse por los procedimientos habituales de restauración de sistemas de transmisión. El fallo del sistema de transmisión que accede al terminal DCME desde la central puede provocar una gran variedad de condiciones de alarma, en

particular cuando un DCME multidespino atiende a más de una central o de una ruta. Es recomendable limitar la generación de alarmas cuando fallan canales.

### 1.7 Control de la sobrecarga de transmisión

Cuando el número de canales troncales activos en un instante dado supera al número de canales portadores disponibles puede tener lugar una reducción del número de canales portadores disponibles para el proceso de interpolación debido al elevado número de canales de datos en banda vocal a 64 kbit/s o a variaciones estadísticas en la actividad del conjunto de canales vocales de entrada. En cualquiera de los casos se ejecutarán las acciones necesarias para salvaguardar la calidad de la conversación. Existen cuatro soluciones posibles:

- El sistema puede dimensionarse de forma que con el máximo número de canales troncales activos sea despreciable la probabilidad de que no se cumpla el criterio de la calidad de conversación. De esta forma se emplea de manera muy ineficaz el DCMS fuera de la hora cargada.
- Puede utilizarse un sistema multidespino para rutas con horas cargadas muy diferentes, de forma que aunque los canales troncales tengan una ocupación baja fuera de la hora cargada, los canales portadores tengan siempre un buen nivel de carga.
- Pueden enviarse señales del DCME a la central para ocupar parte de la ruta cuando no se cumplan los criterios de calidad. Este método se conoce como control dinámico de la carga (DLC, *dynamic load control*) y puede ser un método eficaz de control, pero no es retrospectivo y es lento para entrar en funcionamiento. Además debe tenerse en cuenta que, cuando los circuitos vuelven a estar en servicio, el aumento de la actividad de los canales portadores puede no ser suficiente como para conseguir una nueva aplicación inmediata del DLC.
- Las características de la calidad de la señal y la cuantificación utilizada debe compararse con el recorte de la ráfagas de conversación. Utilizando algoritmos MICDA de velocidad binaria variable es posible cuantificar con dos o tres, en lugar de cuatro bits en los canales de señales vocales, en forma pseudocíclica y para un número dado de muestras. De esta manera conseguirse una degradación paulatina en lugar de repentina.

En los DCME conformes a la Recomendación G.763, pueden aplicarse todas estas técnicas.

### 1.8 Supervisión del funcionamiento del enlace de transmisión

La experiencia adquirida en la utilización de equipos DCME muestra que es muy conveniente emplear información de verificación por redundancia cíclica para detectar y determinar el origen de ciertos fallos. Para proporcionar un conjunto completo de indicadores a largo y a corto plazo, es conveniente que el DCME ofrezca los medios siguientes para supervisar el funcionamiento de todo trayecto digital que termine en él:

- verificación por redundancia cíclica (CRC, *cyclic redundancy check*);
- señal de alineación de trama (FAS, *frame alignment signal*);
- otras alarmas de velocidad primaria;
- información sobre los errores de bloque del extremo distante CRC (FEBC, *far end block error information of distant CRC*), procedente del CRC de dicho extremo;
- FAS del canal de control del DCME;
- violaciones del código Golay de corrección de errores sin canal de retorno de los canales de control.

## 1.9 Referencias

- [1] KOU (K.Y.), O'NEAL (J.B.), NILSON (A.A.): Computations of DSI (TASI) overload as a function of the traffic offered, *IEEE Trans. on Communications*, vol. COM-33, N.º 2, febrero de 1985.
- [2] BRADY (P.T.): A model for generating on-off speech patterns in 2-way conversation, *Bell System Technical Journal*, página 2445 y siguientes, septiembre de 1969.
- [3] AARON (M.R.), TAYANT (N.S.), Guest Editors Special issue on bit rate reduction and speech interpolation, *IEEE Trans. on communications*, vol. COM-30, N.º 4, abril de 1982.

## 2 Métodos de dimensionamiento de equipos DCME de acuerdo con las características de la ruta

### 2.1 Alcance

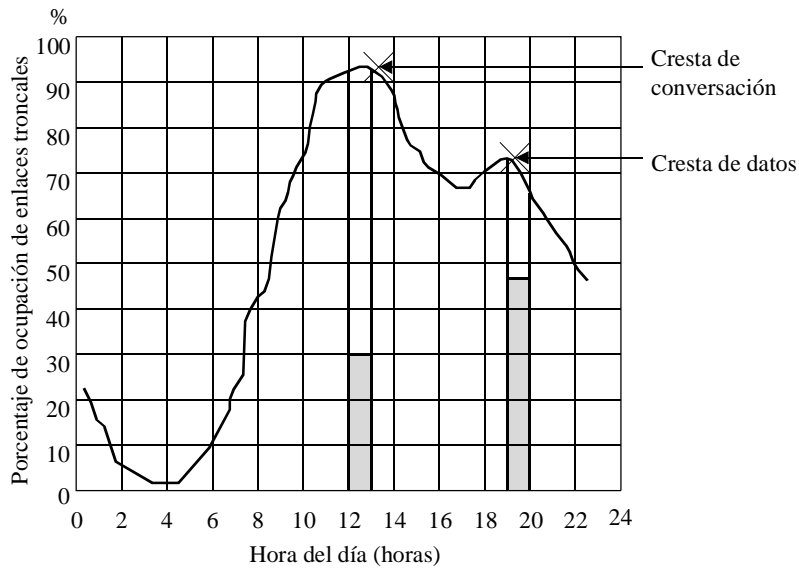
En esta cláusula se exponen las consecuencias de las mediciones de la ocupación de canales y de los niveles de datos en banda vocal efectuadas en ciertas rutas que cursan cantidades importantes de llamadas de datos en banda vocal, ya sea en términos absolutos o en comparación con el número total de llamadas.

La finalidad es, fundamentalmente, el dimensionamiento de los equipos DCME conformes a la Recomendación G.763 (anterior a enero de 1994).

Este Suplemento se puede utilizar para dimensionar los DCME conformes a la Recomendación G.763 (posterior a enero de 1994), pero teniendo en cuenta que estos DCME utilizan parámetros adicionales definidos en la Recomendación G.766 para demodulación y remodulación facsímil. Se tiene en cuenta además que estos DCME ofrecen una capacidad de sobrecarga de 2 bits que mejora la calidad subjetiva de la voz en condiciones de carga elevada.

### 2.2 Perfiles de las rutas

La figura 1 muestra el tipo de perfil obtenido por mediciones en una ruta FDM entre el Reino Unido y otro país, en la que se suponía que la proporción de llamadas de datos en banda vocal era muy alta. En esta figura puede verse que, para el dimensionamiento del DCME, hay dos crestas que revisten interés: una es la cresta (de conversación) en la que predomina el tráfico vocal, con una proporción relativamente pequeña de datos en banda vocal, y otra (la cresta de datos) en la que el tráfico de datos en banda vocal predomina sobre el vocal.



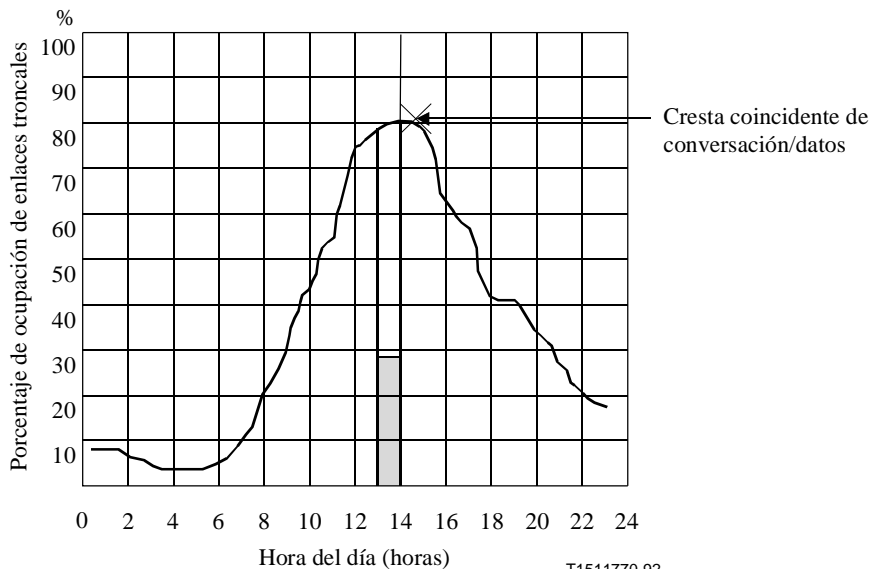
T1511760-92

**Figura 1 – Perfil FDM**

NOTA – El perfil de datos no es simétrico en los dos sentidos de transmisión.

En un sistema DCME con interpolación digital de la palabra (DSI), incluida la señal facsímil no modulada, y codificación a baja velocidad (LRE), los datos en banda vocal requieren más capacidad portadora que la conversación, razón por la cual no se sabe de inmediato cuál de estas crestas es el factor limitativo a la hora de calcular la ganancia que puede ofrecer un DCME en una determinada ruta. Es preciso examinar con cuidado cada ruta para determinar la ganancia que es posible obtener. El valor limitado de la ganancia no corresponde necesariamente a una de estas crestas, y en la práctica es necesario analizar los perfiles de varios días para determinar la ganancia que se puede obtener.

La figura 2 muestra un perfil típico obtenido en una ruta TDMA con el mismo país. Las crestas de conversación y de datos coinciden porque los orígenes del tráfico y las distribuciones de la carga son diferentes, y, en este caso, los perfiles de transmisión y recepción son más simétricos.



T1511770-92

**Figura 2 – Perfil TDMA**

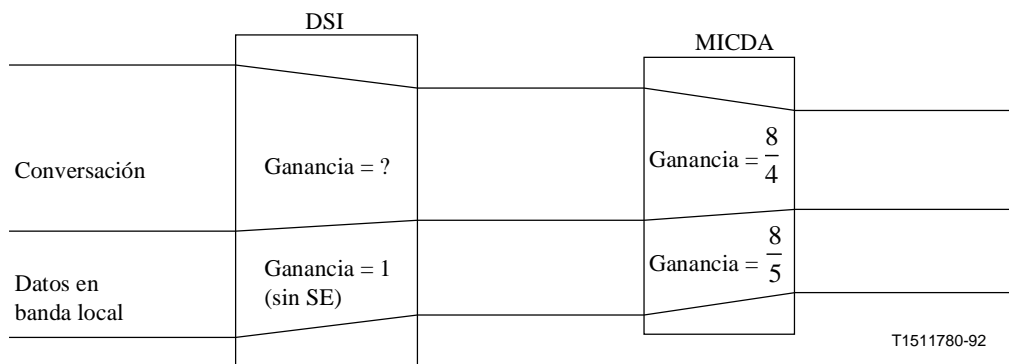
### 2.3 Funcionamiento del DCME

La figura 3 muestra un DCME que se compone de una etapa DSI y una etapa LRE (la etapa de demodulación/remodulación de la señal facsímil se ha omitido). Para evaluar la ganancia obtenible con un determinado DCME de cara a un perfil de ruta en particular, hay que tratar por separado el tráfico vocal y el tráfico de datos en cada una de estas dos etapas.

#### 2.3.1 Ganancia debida a la DSI para conversación

Esta ganancia depende del número de enlaces troncales de entrada que transportan señales vocales, y *no constituye una relación lineal*.

En el cuadro 1 se indican algunas fórmulas no analíticas aproximadas para calcular la ganancia debida a la DSI para conversación. Cabe señalar que estas aproximaciones sólo son estrictamente válidas para los DCME conformes a la Recomendación G.763 y que poseen una detección de conversación ideal (es decir, la actividad indicada por el detector de conversación es idéntica a la actividad vocal real).



**Figura 3 – Ganancia debida al DCME**

#### 2.3.2 Ganancia debida a la DSI para datos

El servicio de datos predominante es el de facsímil, que puede considerarse como un servicio semidúplex; es decir que, en una determinada llamada, cuando circulan datos en un sentido de transmisión, el sentido opuesto está en silencio. Si el volumen total de tráfico facsímil en un sentido de transmisión está equilibrado por un volumen equivalente en el sentido opuesto, puede aplicarse una técnica conocida por el nombre de "eliminación del silencio" para liberar el canal opuesto cuando circulan datos en un sentido. Esto lleva a una ganancia DSI teórica de 2. Pero si el tráfico facsímil total de una ruta no está equilibrado en los dos sentidos de transmisión, lo que dificulta la eliminación del silencio (o si esta eliminación no está integrada en un cierto DCME), la ganancia DSI para datos en banda vocal será 1.

#### 2.3.3 Ganancia debida a la LRE para conversación

El procesamiento de las señales vocales especificado en la Recomendación G.763 se basa en la utilización de la MICDA a 32 kbit/s, es decir, 4 bits/muestra. La codificación instantánea de 3 bits/muestra (y también la codificación de 2 bits/muestra para los DCME conformes a la Recomendación G.763, posterior a enero de 1994) es posible (con una velocidad media de codificación resultante inferior a 4 bits/muestra), con objeto de crear canales de sobrecarga. La ventaja de los canales de sobrecarga se manifiesta en el cálculo de la ganancia debida a la DSI para

conversación. En consecuencia, debe suponerse que la ganancia para conversación es la nominal  $\frac{8}{4}$ .

### 2.3.4 Ganancia debida a la LRE para datos

La ganancia LRE para datos depende del número de bits por muestra que asigne el sistema a las llamadas de datos.

En todos los cálculos de este suplemento, se supone que se emplea la velocidad de codificación de 40 kbit/s para datos en banda vocal, de conformidad con la Recomendación G.763; en consecuencia,

la ganancia LRE para datos será igual a  $\frac{8}{5}$ .

En el Suplemento 1 a la Recomendación G.766, pueden verse ejemplos de demodulación/remodulación de señales facsímil.

## 2.4 Dimensionamiento del DCME

En las subcláusulas que siguen figura un amplio examen del dimensionamiento del DCME.

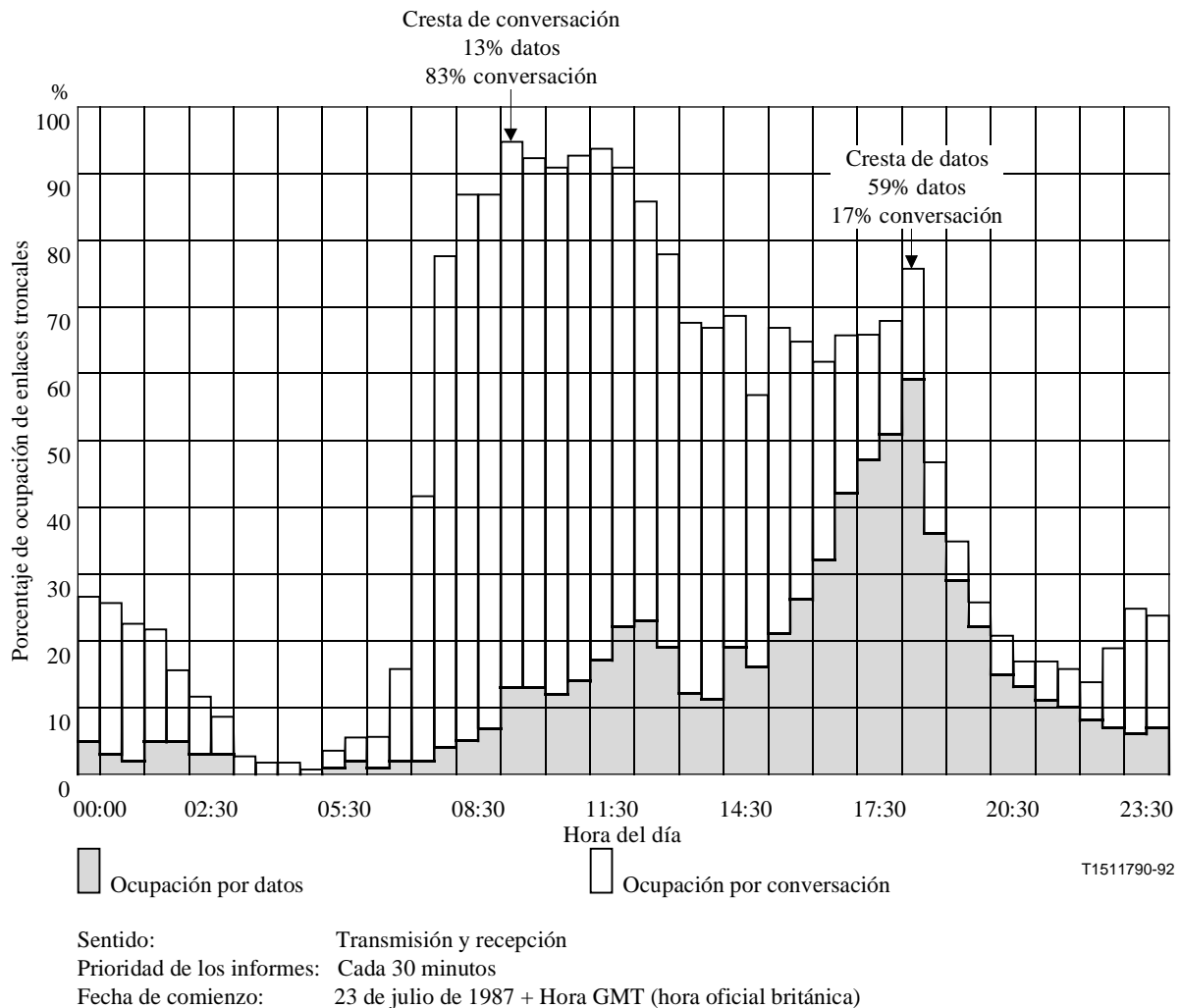
**Cuadro 1 – Ganancia debida al DSI para conversación (voz) (Gv)**

N.º de bits por muestra	N.º de enlaces troncales (N)	Fórmula	Factor de actividad (AF)		
			0,33	0,35	0,37
3,6	N < 80	$G_v = a + b \times \ln(N)$	a = 0,23 b = 0,61	a = 0,04 b = 0,60	a = 0,30 b = 0,51
	N ≥ 80	$G_v = \frac{1,1388 \times N}{N \times AF \times \sqrt{N \times AF}}$	AF = 0,33	AF = 0,35	AF = 0,37
3,7	N < 80	$G_v = a + b \times \ln(N)$	a = 0,23 b = 0,61	a = 0,04 b = 0,60	a = 0,27 b = 0,52
	N ≥ 80	$G_v = \frac{1,108 \times N}{N \times AF \times \sqrt{N \times AF}}$	AF = 0,33	AF = 0,35	AF = 0,37
3,8	N < 80	$G_v = a + b \times \ln(N)$	a = 0,24 b = 0,59	a = 0,01 b = 0,61	a = 0,28 b = 0,51
	N ≥ 80	$G_v = \frac{1,0789 \times N}{N \times AF \times \sqrt{N \times AF}}$	AF = 0,33	AF = 0,35	AF = 0,37

NOTA – Las fórmulas para el dimensionamiento dadas en este cuadro se han tomado de un proceso de cálculo cuyo objeto es reducir la mutilación de la parte frontal y el bloqueo de las señales vocales a niveles subjetivamente aceptables cuando se utiliza LRE de 4 y 3 bits (es decir, para DCME conforme a la Recomendación G.763, anterior a enero de 1994). Con las mismas hipótesis, los cálculos efectuados utilizando LRE de 4, 3 y 2 bits (para DCME conforme a la Recomendación G.763, posterior a enero de 1994) darían de sí ganancias debidas a la DSI mayores. Quedan en estudio las fórmulas perfeccionadas para este último caso.

## 2.4.1 Limitaciones

Para calcular la ganancia debida al DCME, lo ideal sería utilizar un modelo informatizado completo del sistema, de la manera ya demostrada con éxito por la Telecom Radio de Suecia. Si se tiene un conocimiento detallado de la ruta en lo que respecta a las variaciones horarias, diarias y estacionales de sus flujos de tráfico de conversación y de datos en banda vocal, los sistemas de señalización, los tiempos de ocupación de las llamadas y las relaciones de llamadas eficaces/ineficaces durante un cierto periodo de tiempo, puede ser posible modelar la ruta con gran precisión, al menos retrospectivamente. La limitación más importantes es, sin embargo, la calidad de la información introducida en el modelo. Para soslayar esta limitación, se ha ideado el analizador de ocupación de canal digital (DCOA, *digital channel occupancy analyser*). El empleo del DCOA en un haz de circuitos que, a juzgar por las muestras de tráfico extraídas anteriormente o por otras informaciones son "típicos", permite obtener informaciones utilísimas a los efectos del dimensionamiento. En este caso, la limitación está constituida por el periodo de medida admisible. En muchos casos, por razones vinculadas con la explotación, es poco probable que dicho periodo pueda superar las dos semanas en total. Esto representa una limitación importante cuando se trata de crear un modelo exacto, un modelo para el que no hagan falta simulaciones del tipo de Monte Carlo para el dimensionamiento (por contraste con la verificación del funcionamiento del equipo).



**Figura 4 – Perfil de ruta obtenido mediante el DCOA para el ejemplo 1**



## 2.4.2 Ejemplos del cálculo de la ganancia por técnicas simplificadas

Los ejemplos que siguen ilustran los conceptos expuestos en 2.2, y explican el empleo de una técnica simplificada para dimensionar equipos DCME a base de perfiles de las rutas obtenidos mediante el DCOA.

### 2.4.2.1 Dimensionamiento del DCME mediante el perfil de una ruta sin eliminación del silencio

#### *Hipótesis*

Número de canales troncales en servicio = 240.

En la figura 4 aparece el perfil de la ruta que se aplica en este caso, determinado mediante el DCOA.

#### *Observación*

Por experiencia, o mediante cálculos aproximados, puede verse que, para el número de canales troncales y el volumen de tráfico de datos en banda vocal considerados, harían falta probablemente tres equipos DCME como mínimo, cada uno de ellos de 30 canales portadores; sin embargo, para calcular la ganancia correspondiente al tráfico de conversación (esta ganancia depende del número de equipos DCME entre los que se distribuye este tráfico), supondremos que se van a utilizar cuatro equipos DCME en la ruta. Esto asegura que los DCME no queden sobrecargados, y permitiría también el crecimiento de la ruta. En la práctica habría que emplear un procedimiento iterativo para determinar el número óptimo de DCME de cada ruta.

Según la figura 4 hay que considerar dos crestas. En una predomina el tráfico de datos (cresta de datos), y en la otra el tráfico vocal (cresta de conversación):

#### *Cresta de datos (59% de datos)*

número de enlaces de datos	= $240 \times 0,59 = 142$ enlaces troncales
número de enlaces de datos por cada DCME	$\frac{142}{4} = 36$
ganancia DSI	= 1 (la eliminación del silencio no ofrece ninguna ventaja pues casi todos los datos circulan en un solo sentido de transmisión)
ganancia LRE	= $\frac{8}{5}$
número de enlaces de conversación (17% de conversación)	= $240 \times 0,17 = 41$ enlaces troncales en total
número de enlaces de conversación por cada DCME	= 11
ganancia DSI (para 11 enlaces troncales)	= 1,52 (según el cuadro 1 con AF = 0,37 y 3,7 bits/muestra)
ganancia LRE	= $\frac{8}{4}$

Luego, el número necesario de canales portadores de 64 kbit/s por cada DCME es:

$$\frac{36 \times 5}{8} + \frac{11 \times 4}{1,52 \times 8} = 23 \text{ (datos)} + 4 \text{ (conversación)} = 27 \text{ canales portadores}$$

Luego, el número total de canales portadores necesarios es:

$$27 \times 4 = 108 \text{ canales portadores}$$

*Cresta de conversación* (13% de datos)

número de enlaces de datos =  $240 \times 0,13 = 32$  enlaces en total

número de enlaces de datos por cada DCME  $\frac{32}{4} = 8$

ganancia DSI = 1 (la eliminación del silencio no ofrece ninguna ventaja pues casi todos los datos circulan en un solo sentido de transmisión)

ganancia LRE =  $\frac{8}{5}$

número de enlaces de conversación (83% de conversación) =  $240 \times 0,83 = 200$  enlaces troncales en total

número de enlaces de conversación por cada DCME = 50

ganancia DSI (para 50 enlaces) = 2,30 (según el cuadro 1 con AF = 0,37 y 3,7 bits/muestra)

ganancia LRE =  $\frac{8}{4}$

Luego, el número necesario de canales portadores de 64 kbit/s por cada DCME es:

$$\frac{8 \times 5}{8} + \frac{50 \times 4}{2,30 \times 8} = 5 \text{ (datos)} + 11 \text{ (conversación)} = 16 \text{ canales portadores}$$

Luego, el número total de canales portadores necesarios es:

$$16 \times 4 = 64 \text{ canales portadores}$$

### *Deducción*

Al parecer, por consiguiente, en este caso el dimensionamiento del DCME viene determinado por el número de canales troncales que hacen falta para atender la cresta de conversación, y por el número de canales portadores necesarios para la cresta de datos. Como el número de canales que el DCOA indica como activos es un valor medio durante el intervalo de medición, es razonable suponer que, durante un breve periodo, estuvieron activos, no sólo 232, sino la totalidad de los 240 canales troncales. Suponiendo que sólo se utilizan los canales portadores deseados y haciendo caso omiso del canal de asignación, la ganancia obtenible será:

$$\frac{240}{108} = 2,22$$

### 2.4.2.2 Dimensionamiento del DCME mediante el perfil de una ruta, con eliminación del silencio

#### Hipótesis

Número de canales troncales en servicio = 347.

En la figura 5 aparece el perfil de la ruta que se aplica en este caso, determinado mediante el DCOA.

En la figura 4 aparece el perfil de la ruta que se aplica en este caso, determinado mediante el DCOA.

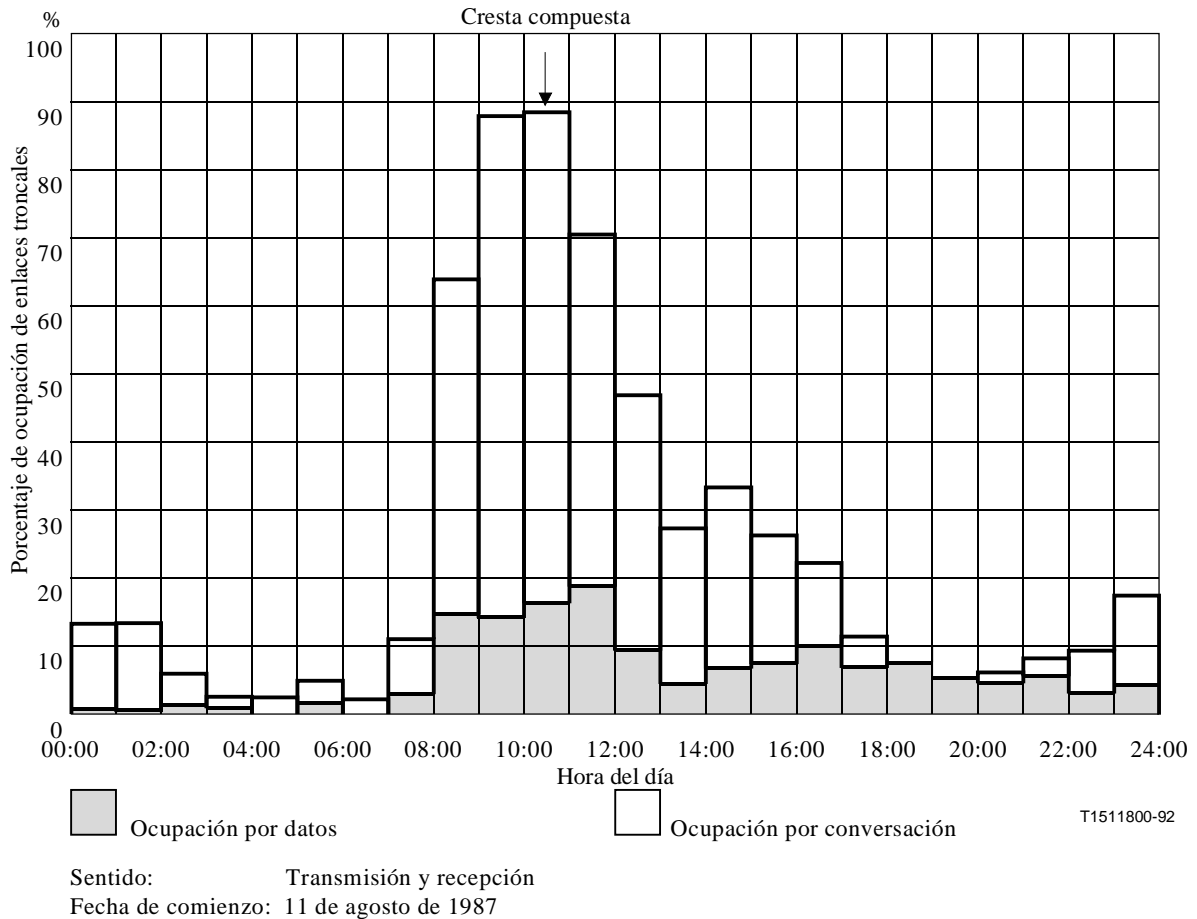


Figura 5 – Perfil de ruta obtenido mediante el DCOA para el ejemplo 2

#### Observación

En esta ruta, la eliminación del silencio tendrá aparentemente ciertas ventajas. Otras mediciones del DCOA han indicado que, en el sentido de transmisión, la actividad de datos en banda vocal es aproximadamente el doble que la del sentido de recepción. Por tanto, la ganancia debida a la DSI que puede obtenerse para datos en banda vocal gracias a la eliminación del silencio es del orden de 1,5. Esto supone que en cada terminal DCME existen tantos canales de transmisión como canales de recepción. Unos cálculos aproximados y la experiencia indican que, debido al porcentaje relativamente reducido de datos en banda vocal que existe en este ejemplo, tres equipos DCME serán suficientes probablemente.

En la figura 5 se ve que hay que considerar una sola cresta:

número de enlaces de datos (15% de datos)	= $347 \times 0,17 = 59$ enlaces troncales
número de enlaces de datos por cada DCME	$\frac{59}{3} \approx 20$
ganancia DSI	= 1,5 (gracias a la eliminación de silencios)
ganancia LRE	$\frac{8}{5}$
número de enlaces de conversación (72% de conversación)	= $347 \times 0,72 = 250$ enlaces en total
número de enlaces de conversación por cada DCME	= 84
ganancia DSI (para 84 enlaces)	= 2,54 (según el cuadro 1 con AF = 0,37 y 3,7 bits/muestra).

Luego, el número necesario de canales portadores de 64 kbit/s por cada equipo DCME es:

$$\frac{20 \times 5}{1,5 \times 8} + \frac{84 \times 4}{2,54 \times 8} = 9 \text{ (datos)} + 17 \text{ (conversación)} = 26 \text{ canales portadores}$$

Luego, el número total de canales portadores necesarios es:

$$26 \times 3 = 78 \text{ canales portadores}$$

#### *Deducción*

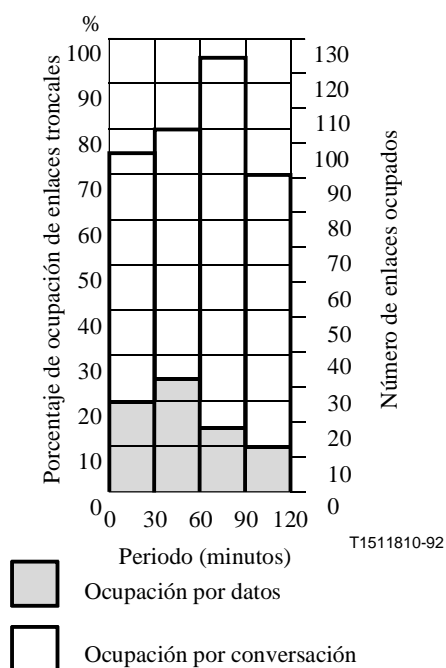
En este caso, suponiendo que sólo se utilicen los canales portadores deseados, el DCME puede alcanzar una ganancia de:

$$\frac{347}{78} = 4,45$$

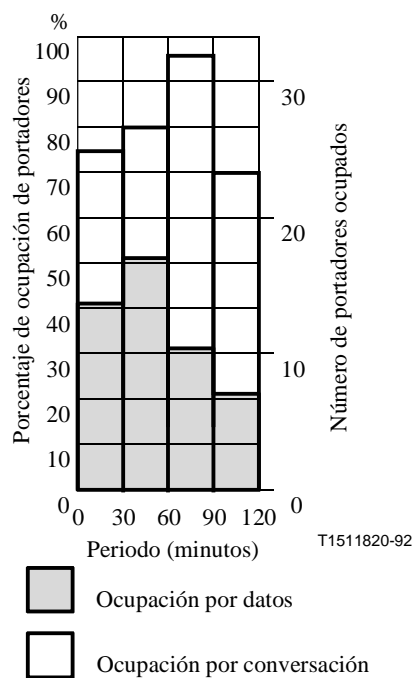
Ahora bien, como ya se vio en el ejemplo anterior, sería sumamente desacertado suponer que podrá obtenerse una ganancia de tanto como cuatro con todos los tipos de DCME sin examinar cuidadosamente las condiciones de la ruta. Esto tiene por corolario que, una vez instalado un DCME en una ruta, es preciso supervisar constantemente su funcionamiento para asegurarse de que los cambios de la distribución del tráfico de la ruta no tienen efectos graves en la calidad de transmisión.

#### **2.4.3 Dos dificultades que no deben pasarse por alto**

La figura 6 muestra un ejemplo plausible del registro de un DCOA, que abarca un periodo típico de dos horas. Fundándose en el porcentaje de ocupación de los enlaces troncales de la ruta, se podría concluir que la ocupación máxima de los canales portadores coincidirá con la cresta de tráfico de conversación, pero ello no es así. El máximo real se produce inmediatamente antes, como se ve en la figura 7, durante el periodo 2. Esto se debe al hecho de que el tráfico de datos en banda vocal alcanza su cresta antes que el tráfico de conversación. Convendría que las Administraciones determinaran si puede darse esta situación en sus redes; por ejemplo, ¿existe la posibilidad de que la transmisión de resultados financieros por facsímil a la hora del cierre de las oficinas de un día determinado vaya seguida de conversaciones telefónicas sobre los mismos? La información correspondiente a cada periodo se resume en el cuadro 2.



**Figura 6 – Perfil obtenido mediante el DCOA en el lado de los enlaces troncales**



**Figura 7 – Perfil obtenido mediante el DCOA en el lado de los canales portadores**

**Cuadro 2 – Comparación de los porcentajes de ocupación de enlaces troncales y de portadores**

Ocupación	Periodo							
	1		2		3		4	
	%	can.	%	can.	%	can.	%	can.
Ocupación por datos	20	26	25	32,5	15	19,5	10	13
Ocupación por conversación	55	71,5	55	71,5	80	104	60	78
Total	75	97,5	80	104	95(máx.)	123,5	70	91
Portadores para datos		13		16,5		10		6,5
Portadores para conversación		15		15		21		16
Total de portadores		28	(máx.)	31,5		31		22,5

Debe procederse con cuidado cuando no se conocen las características a corto plazo de la ruta media. Esto puede resultar especialmente importante cuando la ruta es pequeña, ya que la presentación del tráfico de datos en banda vocal puede no ser muy uniforme. No es raro que, en un periodo de 5 minutos, el nivel de actividad a corto plazo de datos en banda vocal varíe de doble a simple. Por ello, cuando se utilizan perfiles DCOA, conviene repetir los ejercicios de dimensionamiento duplicando todas las ocupaciones por datos en banda vocal, para hacer una comparación con el número máximo absoluto de canales disponibles cuando se atribuyen 3 bits a *toda* la actividad de conversación. Si esta comparación muestra que en dichas condiciones se produciría mutilación, convendrá fijar un nivel de ganancia inferior, de acuerdo con el periodo límite que se considere aplicable.

## **2.5 Conclusión**

Se ha expuesto un método de dimensionamiento de sistemas DCME que, pese a no ser estadísticamente riguroso, ofrece estimaciones razonables de la capacidad del sistema si los datos de entrada son adecuados. También se exponen varios problemas que puede plantear el dimensionamiento, así como sus soluciones. Estos métodos han dado resultados satisfactorios al introducir equipos DCME en diversas rutas.

## **SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T**

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