

# Comunicaciones Eléctricas

Edición española de ELECTRICAL COMMUNICATION

revista técnica publicada trimestralmente por

INTERNATIONAL TELEPHONE and TELEGRAPH CORPORATION

## RESUMEN

## VOLUMEN 52 (1977) NUMERO 1

Contribuciones de ITT al Simposio Internacional de Conmutación, de 1976, por <i>L. A. Gimpelson</i> .....	2
Contribuciones de ITT al VIII Congreso Internacional de Teletráfico, por <i>J. P. Dartois</i> .....	18
Métodos de estudios económicos para la introducción de sistemas MIC de conmutación y transmisión integradas en redes telefónicas, por <i>J. H. Déjean y G. Robin</i> .....	26
Evaluación económica de la evolución de las redes telefónicas convencionales hacia redes MIC con conmutación y transmisión integradas, por <i>L. Mack y G. Robin</i> .....	32
Pruebas de campo de sistemas de conmutación MIC, por <i>S. M. Schreiner, S. R. Treves y J. Van Goethem</i> .....	42
Cables de fibra óptica, por <i>R. E. J. Baskett y S. G. Foord</i> .....	55
Simulación del control de los sistemas de conmutación SPC mediante un modelo de tipo subllamada, por <i>G. Dietrich y R. Salade</i> .....	61
TV-PCM6 – Un sistema para la transmisión integrada de señales video y audio, por <i>H. Dirks, G. Steudel y W. Zschunke</i> .....	70
El contacto TIP – Un nuevo componente para circuitos de conversación, por <i>G. Zeidler y J. Potinecke</i> .....	76
Opciones en el diseño de multiplexores digitales para transmisión de datos, por <i>H. Ch. Dinglinger</i> .....	82
Investigación sobre envejecimiento de cables telefónicos con aislamiento de polietileno, por <i>K. Grill</i> .....	89
Notas de Investigación y Desarrollo:	
Aplicaciones del radar a la meteorología, por <i>D. Béguin</i> .....	93
Instrumentación y sistema de navegación del tendido en Skagerrak de un cable de energía, por <i>A. G. Berre</i> .....	95
Nuevas realizaciones .....	97



Editor principal: Pierre Mornet

Director en Español: J. A. Gómez García, José Ortega y Gasset, 22—24, Madrid-6

# Contribuciones de ITT al Simposio Internacional de Conmutación, de 1976

El artículo resume las 13 presentaciones realizadas por los delegados de ITT en el Congreso Internacional de Conmutación ISS-76 celebrado en Kyoto, mostrando la variedad de actividades de las compañías ITT en los diversos campos asociados a la conmutación telefónica y de datos.

LESTER A. GIMPELSON  
ITT Europa, Bruselas, Bélgica

## Introducción

El Congreso Internacional de Conmutación reúne cada dos o tres años a los expertos mundiales en el campo de conmutación; tanto las administraciones telefónicas como las compañías suministradoras presentan artículos técnicos en los que se ponen de manifiesto los últimos avances tecnológicos en materia de equipo y de procedimientos de operación, y se llevan a cabo previsiones en cada una de estas áreas con miras al congreso siguiente.

La primera reunión de este Congreso tuvo lugar en París durante el año 1966, tomándose el acuerdo de celebrarlo de forma periódica y con participación internacional debido a los rápidos y crecientes avances de la tecnología de conmutación. Desde entonces estas reuniones se han venido teniendo en Londres, Boston, Munich y recientemente en Kyoto (Japón). La participación en estos congresos es de alrededor de 1000 delegados de los cuales menos de la mitad pertenecen al país organizador.

En cada uno de estos Congresos, ITT ha presentado artículos, ha participado en los comités organizadores y ha presidido sesiones de trabajo; este año, ITT presentó 13 artículos cuyos autores representan a 12 compañías diferentes de ITT, lo cual constituye un record para una compañía, en lo que se refiere al número de artículos aceptados.

El campo de operación y tecnológico del ISS se ha ampliado de forma notable durante los últimos años como consecuencia de la interrelación entre la conmutación básica y otras materias, así como de la necesidad de considerar a los sistemas de comunicación nacional como redes y no como áreas separadas y parcialmente independientes de conmutación, transmisión y operación. Asimismo, la variedad temática que esta vez presentaba la participación de ITT, pone de manifiesto el amplio espectro de trabajos que lleva a cabo como compañía suministradora de equipos de telecomunicación.

Con el fin de presentar una visión de la participación de ITT en el ISS-76, se resumirán en las siguientes secciones las diferentes comunicaciones presentadas; para ello se agruparán en las siguientes áreas: sistema de conmutación METACONTA\*, procesadores y software de los sistemas de conmutación, operación de sistemas convencionales y SPC, desarrollo y planificación de sistemas MIC, conmutación de datos, planificación de redes mediante programas de ordenador, técnicas de equipo y evolución de la conmutación reed.

\* Marca registrada del sistema ITT

## Sistema de conmutación METACONTA

### Experiencia práctica

El sistema METACONTA ha llegado a su etapa de madurez y los dos primeros artículos presentan distintos aspectos de la situación actual de su desarrollo. El primer artículo "*Diez años de experiencia práctica con METACONTA*" [1] recoge históricamente el funcionamiento del METACONTA así como el continuo acoplamiento de sus normas de rendimiento con el progreso tecnológico, según se va logrando una mayor experiencia en el diseño y en la operación de los sistemas controlados por programa almacenado.

Cuando se producen avances tecnológicos importantes que no pueden acomodarse de forma gradual y progresiva, se necesita establecer un equilibrio entre las ventajas que se podrían obtener a partir de los nuevos desarrollos y los inconvenientes que se producirían por la introducción de cambios en el sistema de conmutación. El ritmo de como se deben acomodar estos importantes cambios tecnológicos es el tema del segundo artículo, "*El reto de hoy día para los sistemas SPC: Progresos en tecnología frente a estabilización*" [2].

El artículo relativo a la experiencia práctica con METACONTA fue preparado Dartois, Davies, Trelut, Van Os y Verbeeck como representantes de las compañías y laboratorios de ITT que han participado en el desarrollo del sistema METACONTA a lo largo de un período de 10 años que comenzó por el éxito obtenido en la instalación de una central local de prueba en Wilrijk (Bélgica) en el año 1967, y que ha continuado hasta finales de 1976 con una puesta en servicio de más de un millón de líneas equivalentes en 16 países pertenecientes a los cinco continentes. El sistema METACONTA ha sido ampliado con el fin de cubrir todas las posibles situaciones prácticas de tráfico tanto para conmutación pública y privada como para telex. La figura 1 muestra este crecimiento. Con el fin de cumplir las especificaciones de distintos países, las centrales SPC METACONTA se han equipado con relés de contacto sellado (relés reed) con retención eléctrica o enclavamiento magnético, o con conmutadores miniaturizados ITT de barras cruzadas con enclavamiento mecánico; dependiendo del tamaño, las centrales de tamaño pequeño o medio utilizan el procesador de 16 bits ITT 1600, mientras que para centros de gran tamaño se usa el ordenador de 12 bits, ITT 3200. Estos procesadores que para una misma central se encuentran duplicados, trabajan entre sí en modo de carga compartida.

Como dicen los autores, "teniendo en cuenta el volu-

# Comunicaciones de ITT presentadas en el ISS-76

## Sistema de conmutación METACONTA

- [1] Diez años de experiencia práctica con METACONTA  
L. Van Os, M. H. Verbeeck Bell Telephone Manufacturing Co, Amberes  
L. Trelut Le Matériel Téléphonique, París  
J. P. Dartois Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques, París  
A. C. Davies Laboratoire Central de Télécommunications, Vélizy
- [2] El reto de hoy día para los sistemas SPC:  
Progresos en tecnología frente a estabilización  
J. A. Broux, M. H. Verbeeck Bell Telephone Manufacturing Co, Amberes

## Procesadores y software de los sistemas de conmutación

- [3] Presentación de la próxima generación de procesadores de alta capacidad para sistemas SPC  
A. A. Claxton ITT Europa, Bruselas  
M. H. Verbeeck Bell Telephone Manufacturing Co, Amberes
- [4] Experiencias en el desarrollo y aceptación del ESPL-1  
D. Combelic ITT Europa, Bruselas

## Operaciones y mantenimiento

- [5] Avances en la facilidad de mantenimiento y operación de una red telefónica  
J. F. West, J. W. Dicker Standard Telefones and Cables, Sidney
- [6] Pruebas y medida automática de enlaces en el sistema de conmutación electrónica EWS-F  
H. Hottges Standard Elektrik Lorenz, Stuttgart

## Planificación y desarrollos en MIC

- [7] Introducción de la conmutación y transmisión integrada MIC en las redes existentes  
G. Robin, J. Dejean, G. Tolusso Laboratoire Central de Télécommunications, Vélizy  
L. Mack Centro de Investigación y Desarrollo de Standard Eléctrica, S.A., Madrid  
A. Termote Bell Telephone Manufacturing Co, Amberes
- [8] Pruebas de campo de sistemas de conmutación MIC  
S. M. Schreiner Laboratoire Central de Télécommunications, Vélizy  
S. Treves FACE-Standard, Milán  
J. Van Goethem Bell Telephone Manufacturing Co, Amberes

## Conmutación de datos

- [9] Un concepto moderno en conmutación de datos  
A. Melis Bell Téléphone Manufacturing Co, Amberes  
J. Atkin ITT Europa, Bruselas  
S. Treves FACE-Standard, Milán

## Planificación

- [10] Estudio mediante ordenador del emplazamiento de centrales para Oslo  
P. A. Caballero Centro de Investigación y Desarrollo de Standard Eléctrica, S.A., Madrid  
K. M. Knutsen Standard Telefon og Kabelfabrik AS, Oslo

## Técnicas de equipo

- [11] El contacto TIP - Un nuevo componente para circuitos de conversación  
G. Zeidler, J. Potinecke Standard Elektrik Lorenz, Stuttgart
- [12] Algunas propiedades de los puntos de cruce electrónicos integrados  
L. Gasser, K. Széchenyi Standard Elektrik Lorenz, Stuttgart

## Evolución de la conmutación reed

- [13] Evolución de las centrales de conmutación reed en el Reino Unido  
C. J. Maurer British Post Office Telecommunications, Londres  
C. G. Smith Standard Telephones and Cables, Londres

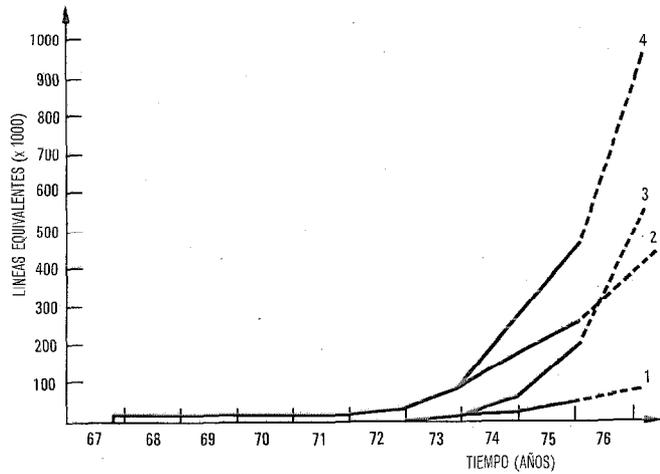


Fig. 1 Evolución del equipo METACONTA en servicio. Esta es la figura 1 de [1].

men de equipo que existe en servicio, es el momento adecuado de revisar las características de calidad de servicio de este equipo y comentar las lecciones aprendidas a través de las observaciones realizadas”.

La era del SPC ha traído consigo un potencial para mejorar los servicios de comunicaciones, así como una nueva vulnerabilidad al fallo como resultado de una centralización total del control; el mayor reto fue cumplir y mejorar los niveles de fiabilidad que se habían alcanzado por los sistemas de conmutación electromecánica, así como mejorar de forma notable el mantenimiento. Los autores establecen las principales alternativas para especificar la fiabilidad o continuidad del sistema, principalmente el tiempo medio entre fallos (MTBF) y la indisponibilidad del sistema como cociente entre el tiempo de parada y el tiempo total en funcionamiento. Se necesitó definir también otras características como, por ejemplo, la fiabilidad de una llamada ya establecida; en este caso se consideró un nivel de  $5 \times 10^{-5}$  (originalmente) como la especificación más rigurosa, debido a que este tipo de perturbación se consideró como el peor para una llamada.

En relación muy próxima con la fiabilidad se encuentra la facilidad de mantenimiento del sistema; originalmente este parámetro se especificó para mantenimiento correctivo y preventivo a un nivel de 0,2 hombres hora por año y por línea equivalente.

Existe también un problema importante en lo que se refiere a estimar la calidad de servicio de una central, ya que las medidas correspondientes deberían referirse solamente al rendimiento de la central bajo el punto de vista de los abonados; de hecho, los efectos debidos a variaciones de tráfico que producen bloqueos y demoras, así como los debidos a las condiciones del entorno (por ejemplo, bloqueo en las centrales distantes) no son fácilmente distinguibles a partir de las características de calidad de la central; más aún, estos efectos no son independientes, ya que tanto los fallos en la central como en el bloqueo externo en la red, darán lugar a variaciones de tráfico debido a los reintentos. Con el fin de analizar la dificultad que existe para distinguir las tres fuentes posibles de discrepancia (en la central misma, variaciones en el tráfico y en la red externa), se explica el método seguido que consistió tanto en

medidas reales como en métodos analíticos de cálculo. Las medidas reales se han llevado a cabo mediante el método estándar de utilizar generadores de llamadas de prueba durante períodos de bajo tráfico y sin fallos. Sin embargo, los autores se preguntan si este tipo de pruebas, que son de gran importancia para la cualificación de la central, responden a la calidad de servicio tal y como es percibida por los abonados; con el fin de superar estas limitaciones, los autores han hecho uso de medidas basadas en llamadas generadas por los abonados bajo las condiciones de operación normal de la central, y presentan los resultados obtenidos en el caso de la central METACONTA de Las Vegas. Estos resultados se combinaron con métodos analíticos, especialmente en lo que se refiere a la evaluación de los fallos en el control de la central que producían interrupciones en la operación del procesador seguidas de un restablecimiento automático. Asimismo, se aplicaron técnicas análogas para el caso de que el fallo se produjera en equipos no duplicados lo que da lugar a perturbaciones, limitadas a ciertas partes de la central.

Nótese que la existencia de un fallo es solamente una parte de la problemática del servicio y que como se mencionó antes, el mantenimiento centralizado así como el diagnóstico detallado sirven para determinar el elemento en fallo, reduciendo por lo tanto la indisponibilidad del sistema; más aún, a través de un análisis detallado de los in-

Tabla de abreviaturas

AME	- equipo de medida automática de enlaces
ATE	- equipo de prueba automática de señalización
BHCA	- intentos de llamada en la hora cargada
CCITT	- Comité Consultivo Internacional Telefónico y Telegráfico
CPU	- unidad central de proceso
DCC	- concentradores de circuitos de datos
DSE	- centrales de conmutación de datos
ESPL-1	- lenguaje de programación de alto nivel desarrollado por ITT
EWS	- sistema alemán de conmutación electrónico
GSU	- unidad de conmutación de grupo
IC	- circuito integrado
ISS	- Simposio Internacional de Conmutación
LSI	- integración a gran escala
MCDS	- sistema de datos METACONTA
MCU	- unidades de control principal
MSI	- integración a mediana escala
MTBF	- tiempo medio entre fallos
MX	- multiplexores
MOS	- semiconductor de óxido de metal
CMOS	- MOS complementario
DMOS	- MOS de doble difusión
n-MOS	- MOS de canal n
p-MOS	- MOS de canal p
NTA	- Administración de Telecomunicaciones noruega
MIC/IST	- modulación por impulsos codificados utilizando conmutación y transmisión integradas
PROM	- memoria programable de lectura solamente
ROM	- memoria de lectura solamente
SCR	- rectificador controlado
SPC	- control por programa almacenado
SSU	- unidades de selección de líneas
TDM	- múltiplex por división en el tiempo
TTL	- lógica transistor-transistor
TTY	- teletipo
T-S-T	- estructura temporal-espacial-temporal
VDU	- unidad de pantalla

formas de reparación se pueden encontrar puntos débiles tanto en el diseño como en los componentes, lo cual puede llevar a introducir mejoras en la fiabilidad y facilidad de mantenimiento del sistema.

Estas técnicas han dado como resultado reducir el objetivo original de 0,2 fallos por mes por 100 líneas equivalentes, a 0,1. El artículo también presenta otras mejoras en los criterios como una distribución durante el primer año de operación y años posteriores de las estadísticas de fallos de hardware, con lo que se logra una distinción entre los problemas iniciales y los estabilizados. El análisis de tasas de fallo de componentes realizado durante estos años ha servido para obtener unas tasas de fallos de componentes muy fiables que se utilizan en continuas mejoras del sistema, así como para mantener el suministro de repuestos a un nivel adecuado.

El artículo finaliza con un análisis de fallos de software; éstos se diferencian de los fallos hardware en que sus efectos, en términos de mal tratamiento de llamadas, dependen de las condiciones particulares de tráfico, y en que los fallos que se corrigen no vuelven a reaparecer a diferencia de los fallos en hardware, lo que conduce a una reducción permanente de tal tipo de fallos. Obviamente, los fallos más importantes son los que llevan al fallo a uno o ambos procesadores; dado que los procesadores trabajan compartiendo la carga, el fallo de uno de ellos implica el que el otro curse toda la carga. Solamente se pierden la mitad de las llamadas que se encuentran en período de establecimiento. Una vez que los procesadores se recargan, se vuelve a trabajar en carga compartida aunque la configuración de tráfico ha cambiado. Dado que para ciertas tareas los procesadores cooperan se pueden producir fallos dobles, por lo que se establecen diferentes procedimientos de reestablecimiento. El artículo proporciona estadísticas de las interrupciones tanto sencillas como dobles ocurridas en algunas centrales, mostrando cómo decrece su frecuencia y cómo se logra un comportamiento del software completamente aceptable.

Se han logrado, y en muchos casos sobrepasado, los ambiciosos requisitos de fiabilidad y facilidad de mantenimiento que habían sido establecidos hace una década para el sistema METACONTA, habiéndose llegado a criterios para sistemas futuros que incluso son más severos.

### Tecnología frente a estabilización

Desde que se diseñaron los dos procesadores de ITT, el ITT 1600 y el ITT 3200, utilizando la tecnología disponible de los años 1960 (componentes discretos, circuitos integrados y memorias de ferrita), los avances de la tecnología apuntaban hacia la posibilidad de obtener una mejor calidad a un coste menor; sin embargo, cambiar un sistema de conmutación en el que las administraciones habían realizado una gran inversión en experiencia operacional era una tarea muy costosa tanto para las administraciones como para ITT. Broux y Verbeeck en el segundo artículo [2] demuestran cómo un sistema de conmutación puede evolucionar hacia una nueva tecnología asegurando al mismo tiempo una estabilidad en la evolución del sistema. El problema para lograrlo radica en encontrar el compromiso apropiado entre utilizar las ventajas que ofrece la nueva

tecnología y mantener el sistema de conmutación establecido de forma que los gastos de introducción sean mínimos.

Utilizando como ejemplo la central local de tamaño medio METACONTA con procesador ITT 1600, los autores comienzan por explicar los severos objetivos de diseño que se establecieron y que regularon la introducción de la nueva tecnología en los procesadores y en las memorias, lo que condujo al reemplazamiento del par de procesadores original por los ITT 1602\* e ITT 3202\*. Primeramente, el sistema resultante debía ser totalmente compatible con el sistema existente; es decir, los nuevos subsistemas debían ser adecuados para extender o reemplazar a las unidades existentes. Segundo, el nuevo sistema debería presentar un aumento sustancial de la capacidad máxima de tratamiento de llamadas, sin que su coste se elevara, en el margen de capacidad correspondiente a un número bajo de líneas, con lo que podría lograrse un aumento notable de su margen de aplicación. Por último, la introducción de la nueva tecnología debía llevar consigo un ahorro para las administraciones en el sentido de requerir menor mantenimiento, menor espacio y menor consumo de potencia.

Con el fin de conservar la idea de sistema, así como su estructura, la nueva tecnología tenía que introducirse a nivel de subsistema con lo que se obtendría una compatibilidad funcional total (como los sistemas más modernos tienden a ser considerablemente más compactos, la facilidad de intercambio funcional no implica la facilidad de intercambio físico). La tendencia a evolucionar gradualmente impidió ciertas tecnologías, como por ejemplo, puntos de cruce bipolares, que hubieran modificado el sistema básico. El mayor esfuerzo de diseño se concentró en el procesador y condujo al procesador actual de 16 bits, el ITT 1602, que es completamente compatible desde el punto de vista de software y utiliza las mismas interfaces de hardware que el ITT 1600, habiéndose adaptado a la central su mayor capacidad mediante pequeñas variaciones en los circuitos. La red de conmutación reed ha sido también modificada habiéndose obtenido ahorros considerables.

El nuevo ITT 1602 tiene 2,5 veces la potencia del ITT 1600, así como una capacidad de memoria de 256 k palabras, es decir dos veces la del ITT 1600. El procesador utiliza MSI, TTL y microprogramación basada en ROMs. Las memorias son de tipo N-MOS. Los autores establecen que se han alcanzado todos los objetivos del desarrollo y que el ITT 1602 se comporta cara al mundo exterior igual que el ITT 1600, excepto en lo que se refiere al aumento de velocidad interna de 2,5 veces; parte de este aumento se obtiene mediante la utilización de una memoria especial situada muy cerca del distribuidor principal. Como alternativa, esta memoria puede reemplazarse por una memoria normal N-MOS que suministra un aumento de velocidad de 1,3 veces excepto en una configuración particularmente económica. Estas opciones de conversión pueden minimizar las inversiones iniciales o pueden permitir posteriores aumentos de capacidad si queda demostrado que las estimaciones iniciales de tráfico eran muy bajas.

Los autores describen también los cambios que se realizan con el fin de tomar ventaja del aumento de capacidad

\* Marca registrada del sistema ITT

en el procesador, así como otros cambios que se realizaron con objeto de alcanzar los objetivos de diseño; en especial las mejoras introducidas en el área de los circuitos de señalización (excitadores, receptores y enviados) juntamente con el desarrollo de ITT 1602, produjeron un software más simplificado, un menor tiempo de ocupación debido a tareas independientes del tráfico, así como una reducción sustancial del tiempo de tratamiento de cada llamada por el procesador. El cómo se traducen estas mejoras en un aumento de la capacidad del sistema, requiere una definición detallada de términos tales como distribución de llamadas, tiempo de ocupación de las llamadas, y entorno de señalización. Con una distribución de llamadas típica de Europa, los autores establecen que los límites originales fueron de 75.000 BHCA para la operación en simplex y de 120.000 BHCA para el caso de operación duplex en carga compartida; con el ITT 1602 el límite de operación en simplex estará en 180.000 BHCA, habiéndose acoplado este incremento con una reagrupación de la red de conmutación. En lugar de placas de circuito impreso con los relés reed montados perpendicularmente, en el sistema evolucionado los relés se montan paralelamente, lo que produce un ahorro en espacio del 30%. El consumo de potencia también se ha reducido de forma que una central de 10.000 líneas consumirá un 38% menos que su predecesora.

Este artículo, junto con el primero, pone de manifiesto la experiencia de ITT con centrales SPC así como su estrategia para actualizar la tecnología al mismo tiempo que se mantienen los conceptos globales del sistema con el fin de obtener sistemas modernos y económicos que protejan las inversiones realizadas por las administraciones en equipo, experiencia, procedimientos y mantenimiento.

### Procesadores y software en los sistemas de conmutación

#### Procesadores

En el artículo "*Presentación de la próxima generación de procesadores de alta capacidad para sistemas SPC*" [3] Claxton y Verbeeck suministran información detallada acerca de los nuevos desarrollos de los procesadores ITT 1602 a ITT 3202 para el sistema METACONTA, así como para otras aplicaciones. Comienzan realizando una comparación entre los equipos de cálculo que generalmente se utilizan en la industria con los que se necesitan en la conmutación telefónica. Las principales diferencias radican en una fiabilidad muy alta, en la eficiencia de cálculo así como en el interfaz para la simulación de entorno o de diagnóstico. Con excepción de estas áreas existen ventajas en mantener ciertas similitudes utilizando la experiencia obtenida en la industria de los ordenadores, como pueden ser las derivadas de las áreas de lenguajes y entrenamiento de los programadores.

Los avances más recientes de la tecnología han compensado las consecuencias a que puede conducir un cambio de procesador en un sistema de conmutación existente, siempre y cuando los cambios a realizar se planifiquen cuidadosamente. Esto sirve de materia a los autores para discutir el impacto de un cambio de procesador sobre el sistema total así como sobre la vida del sistema.

El primer impacto es reducción de coste, pero se necesita que sea una reducción en el coste total del sistema y no

sólo en el procesador. Los diseños deben evaluar separadamente los costes en que se incurre por una sola vez (como los de desarrollo), los costes periódicos (como los de hardware y fabricación) y la serie de costes de adaptación para cada sistema que vaya a utilizar el nuevo procesador. Ahora bien, las estimaciones de coste deben considerar el perfil del mercado, es decir, el sistema con el nuevo procesador debería tener un coste mínimo cuando se calcula el coste medio ponderado sobre las posibles aplicaciones que presenta el mercado. Por ejemplo, un procesador más barato y menos rápido podría reducir los costes de la central para aplicaciones pequeñas pero sin embargo limitaría el tamaño máximo de la central y por consiguiente su margen de aplicación en el mercado. Estos imperativos de mercado deben equilibrarse con las preferencias tanto de la administración como del fabricante en lo que se refiere al menor número de tipos de equipos que satisfagan todas las necesidades de la red.

El grado de compatibilidad para los nuevos procesadores depende del compromiso entre todas las ventajas que ofrecen las nuevas tecnologías y los costes en que se incurre cuando se tiene que modificar el sistema global con el fin de introducir las nuevas unidades. Los autores presentan algunos de los puntos de vista del fabricante sobre esta cuestión y específicamente con respecto al soporte del sistema y al requisito de que todo nuevo sistema telefónico sea soportado por equipos de expertos durante muchos años para llevar a cabo la extensión, así como la introducción de nuevas facilidades. Si el nuevo producto puede utilizarse para extender el sistema antiguo, existe la posibilidad de que los dos sistemas converjan, con lo que se minimizaría el esfuerzo de ingeniería, las pruebas de fabricación, el soporte en operación, la documentación, etc. Una discusión detallada sobre la compatibilidad puede llevarse a cabo en tres niveles: compatibilidad del sistema (reemplazamiento del procesador original sin modificación del control periférico), compatibilidad del software (difícil de definir en general y, de hecho, de llevarlo a la práctica: podría limitarse la cantidad de programas que necesitan modificarse); compatibilidad del hardware (entre los dos nuevos procesadores ITT 1602 e ITT 3202 para lograr que el equipo común sea el máximo posible, así como entre los procesadores nuevos y antiguos para conseguir el mantenimiento de todas las interfaces operacionales, excepto las nuevas debido a las memorias síncronas de alta velocidad).

Obviamente las motivaciones para introducir los nuevos procesadores son aumentar la capacidad de memoria y de tráfico, mejorar la fiabilidad y la facilidad de mantenimiento, así como establecer un diseño que permita la introducción de una manera gradual de los avances que se logren en las áreas de componentes, fabricación, etc.

El resultado de todas estas consideraciones ha sido el desarrollo del ITT 1602 y del ITT 3202. Utilizan TTL Schottky para lógica de alta velocidad; la memoria principal está constituida por chips MOS de 4 k y la memoria síncrona de alta velocidad (memoria cerrada) es de chips bipolares de 1 k, en el caso del ordenador ITT 3202, y de chips MOS de 1 k para el ITT 1602. La memoria y los controladores se construyen sobre placas de circuito impreso de doble cara y se utilizan placas de 4 capas para el distribuidor principal. El plano posterior en el ITT 1602 es de 4 ca-

pas mientras que en el ITT 3202 es de 12 capas. El ITT 3200 con una memoria de 128k palabras lleva 5 bastidores; el ITT 3202 equivalente sólo necesita uno y consume un quinto de la potencia. Se consiguió también el objetivo de doblar la capacidad.

### Lenguaje

Además de las mejoras incorporadas al hardware del sistema se han establecido nuevos e importantes desarrollos en el software. Algunas de las prometedoras ventajas que llevaban consigo las centrales controladas por programa almacenado, se vieron deslucidas al comprobar que el software comparte los problemas del hardware en áreas tales como organización, documentación, compatibilidad entre sistemas y dificultad para los cambios. Mediante el desarrollo de lenguajes de alto nivel específicamente diseñados para las aplicaciones SPC se ha comprobado ahora el potencial que ofrece un control por ordenador.

La estandarización de un lenguaje de alto nivel para un sistema de conmutación presenta ventajas tanto para la administración como para el fabricante. ITT, como suministrador multinacional de equipos de conmutación, debe cumplir los requisitos de una amplia variedad de mercados, siendo responsable la respectiva compañía asociada a ITT tanto del mercado de su propio país como de mantener una fuerte posición en el mercado de exportación. Esta diversidad multinacional debe respetarse al tiempo que se obtienen las ventajas que comportan la utilización de un lenguaje único y estándar de alto nivel. En el artículo, no muy común "*Experiencias en el desarrollo y aceptación del ESPL-1*" [4], Combelic de la Oficina Central europea de ITT, describe el proceso de motivación, diseño, introducción y posteriormente de aceptación de un único lenguaje de programación de alto nivel, así como del soporte de software asociado. Este lenguaje fue diseñado para utilizarlo en 8 compañías europeas de ITT y en 3 laboratorios pertenecientes a 7 países, así como también para dos compañías americanas que estaban en todos los casos implicadas en el desarrollo y producción de sistemas SPC. El autor no presenta una descripción técnica del lenguaje, dado que ésta puede encontrarse en otros artículos, sino que como él dice: "se trata de compartir nuestras experiencias con otros de forma que ellos puedan tomar ventaja de lo que nosotros hemos aprendido, para evitar así nuestros errores".

El éxito del ESPL-1, el lenguaje de alto nivel de ITT para programación de los sistemas SPC, se mide por su aceptación a través de las compañías de ITT, así como por la variedad de sus aplicaciones que cubren los sistemas de conmutación telefónicos públicos y privados, así como aplicaciones en los campos de datos, telex, etc. utilizando tanto conmutación espacial como temporal. Es cierto, como se dice en el artículo, que uno de nuestros principales errores fue desestimar el potencial de éxito del ESPL-1 dentro de ITT y no proveer la estructura central suficiente para soportar su aplicación en tantos proyectos.

La motivación inicial del ESPL-1 era reducir los costes de programación; el problema inicial era cómo producir un lenguaje que pudiera cumplir las diferentes necesidades de las compañías asociadas, asegurando de esta forma que todas las compañías lo aceptarían y se evitaría por lo tanto

una proliferación de lenguajes. El lenguaje resultante debía ser técnicamente igual a los lenguajes similares que pudieran proponerse por el CCITT o por una administración; además de esto, ITT tenía que desarrollar su propia capacidad en Europa para poder desarrollar el compilador adecuado.

Ya que no podía imponerse a las compañías asociadas un lenguaje determinado, su aceptación dependía de sus cualidades técnicas además de las políticas locales; por consiguiente, el lenguaje no debía ser uno que hubiera inventado una compañía ITT en particular, sino que era preferible que fuera un subconjunto de un lenguaje bien conocido y no controvertido; finalmente debían utilizarse consultores externos, ya que así sus opiniones e imparcialidad quedarían garantizadas. Después de realizar una investigación sobre los lenguajes existentes y de establecer unas especificaciones iniciales se tuvieron una serie de reuniones de las que resultaron unas nuevas especificaciones que llevaron al equipo de personas encargadas, a proponer un subconjunto moderado y cuidadosamente escogido de un lenguaje algorítmico existente y bien conocido. Todas las compañías estuvieron de acuerdo en las especificaciones del lenguaje escogido, así como en la realización de ciertas pruebas, pero no se obligaron a la utilización del lenguaje, ya que dependería del lenguaje en sí, su compilador y de los elementos software de soporte.

El autor establece una relación de los puntos principales relativos a la filosofía del lenguaje y del compilador; entre estos últimos destacan los siguientes:

- ser algorítmico y adecuado para el procesamiento de llamadas así como también para una amplia variedad de otros tipos de software, incluyendo el soporte de software en fábrica,
- ser adecuado para programadores profesionales y que sólo se necesite un corto período de entrenamiento para un staff experimentado.
- no ser controvertido sino más bien conservativo (en el sentido de semejanza con lenguajes que pudieran adoptarse por el CCITT).
- ser independiente del ordenador; y diseñar compiladores para una variedad de procesadores principales y específicos de aplicación,
- incluir como parte integral del lenguaje, facilidades para la puesta a punto de programas,
- ser capaz y apropiado para tratar una estructura completa de datos como la de un gran sistema SPC,
- ser capaz de incluir, cuando se necesite, instrucciones de máquina.

En un trabajo conjunto por parte de los grupos de ITT y de los consultores exteriores se llegó a desarrollar tanto el lenguaje como el compilador. El desarrollo, documentación, entrenamiento, instalación, mantenimiento y diseño de compiladores para todos los usuarios, fueron financiados por la Oficina Central de ITT-E y el lenguaje fue rápidamente aceptado. Su aceptación se vio incluso acelerada por la calificación recibida a raíz de una comparación entre diversos lenguajes para SPC que fue realizada por un grupo de expertos del CCITT. El autor atribuye a los consultores el mérito de haber asegurado la calidad del compilador; diseñaron el primero de ellos y posteriormente colaboraron en otros diseños para distintos procesadores

principales, y más aún, establecieron elevados estándares y fueron muy efectivos a la hora de entrenar a los diferentes grupos en el uso del compilador.

Desde el momento en que se tomó la decisión de desarrollar un lenguaje de alto nivel especializado para sistemas SPC basándose en la sintaxis del PL/1, hasta el momento en que se instaló el primer compilador ESPL-1, transcurrieron dos años. Los compiladores posteriores se han preparado para 4 procesadores de aplicaciones y 6 principales y están siendo utilizados en la actualidad por más de 19 proyectos en 9 compañías. Comparado con el lenguaje assembler de programación, el autor estima en un 25% la reducción de coste medio a través de todo el proceso, desde la fase de análisis hasta la correspondiente de pruebas. Este ahorro se compensa por un factor de expansión de espacio de 1,35 así como una expansión de tiempo de 1,10 a través de la utilización de las funciones de máquina para secciones críticas.

Después de poner de manifiesto su agradecimiento a los consultores, a las compañías que participaron en el desarrollo del lenguaje y del compilador, así como a los usuarios por el éxito del ESPL-1, el artículo puede servir de modelo de como evitar el verse limitados por los diferentes requisitos de distintos países y en su lugar utilizar de forma ventajosa los distintos talentos disponibles en un desarrollo multinacional.

### Operaciones y mantenimiento

#### Facilidades de mantenimiento

Hasta ahora los artículos presentados han tratado de los aspectos de hardware y software de las centrales SPC de ITT, así como nuestra experiencia en la operación de tales unidades. Una fiabilidad muy mejorada así como un extenso repertorio de facilidades de operación constituyen características básicas de las centrales SPC. La estructura de estas centrales permite también la centralización de las facilidades de mantenimiento y de operación, por lo que dichas características se ven reforzadas en términos de calidad de servicio y de economía en la operación. Un equipo internacional representando a diversas compañías de ITT ha realizado un estudio detallado sobre como se pueden explotar de la mejor manera estas posibilidades de las centrales SPC. En Standard Telephones and Cables, compañía de ITT en Sidney (Australia), los resultados de este estudio han dado lugar al establecimiento de un sistema de conmutación de mensajes en ordenadores capaz de integrar tanto el mantenimiento de las centrales y la operación de la red como la propia gestión de la red; este equipo suministra un acceso directo (remoto) a las centrales desde el centro de mantenimiento, así como desde otros departamentos de la administración telefónica.

El artículo titulado "*Avances en la facilidad de mantenimiento y operación de una red telefónica*" [5], presenta las ventajas, los requisitos, los detalles de implementación y la economía de este nuevo sistema.

El centro está diseñado para suministrar un amplio tipo de facilidades que permite a las administraciones la operación de centrales desatendidas, con lo que se logra un ahorro considerable. Asimismo, la centralización para un grupo de centrales del equipo de proceso y recogida de da-

tos, convierte en empresa viable la provisión de sofisticadas facilidades de procesamiento de datos.

Los autores, West y Dicker, ponen de manifiesto, el estudio que con anterioridad a la puesta en servicio del centro en Sidney se llevó a cabo sobre el gran número de requisitos y características que existen en el plano internacional así como la necesidad de establecer una filosofía de diseño modular. De entre los muchos requisitos que aparecen en el artículo, los que a continuación se numeran se consideran lo suficientemente representativos:

- Estructura modular, modular en características (además de características opcionales, tales como contador de tarifas centralizado o acciones de gestión de redes) y modular para añadir a nuevas centrales.
- Capacidad para trabajar con una gama amplia de centrales en el mismo centro.
- Indicaciones y controles interactivos con las centrales SPC; facilidades con centrales E/M dependiendo de su equipo.
- Diseño a salvo de fallos con reserva independiente en caso de alarmas en la central.
- Entrada de datos, control y salida a través de un lenguaje hombre-máquina conversacional.
- Filtro de los datos de salida para presentar solamente la información importante; otros datos a través de petición selectiva.
- Los procesos operativos en el centro deben mantenerse tan rutinarios y lógicos como sea posible y además, siempre que ello sea posible, similares a los seguidos en la realidad en las centrales.
- El fallo del centro no debe degradar la fiabilidad o los servicios de la central.

El centro de mantenimiento y operaciones suministra facilidades al centro, así como a las mismas centrales cuando exista personal destinado en ellas; también puede suministrar servicios a otros departamentos de la administración, tales como datos de tráfico para la planificación a largo plazo o datos para la facturación de las llamadas. Su diseño modular será útil, en especial, para comenzar de forma gradual y económica con instalaciones pequeñas. Los centros pueden también hacer extensivas a las centrales electromecánicas ciertas ventajas de las centrales SPC (posiblemente con un equipo remoto de vigilancia adicional).

La configuración hardware que se muestra en la figura 2 incluye una UCP que actúa como conmutador de mensajes para lista de fallos de la central, así como para las comunicaciones hombre-máquina. Los autores declaran que se puede obtener un grado de fiabilidad adecuado a partir de una única UCP merced a las facilidades de reserva independientes del procesador.

Las 32 puertas del sistema pueden acomodar 32 centrales cada una de ellas con un canal hombre-máquina que sirve a un terminal en la central. En el centro existen 16 puertas para dispositivos hombre-máquina, tales como posiciones de supervisión (VDU), salida impresa (impresora) o estaciones de trabajo de mantenimiento (TTY, VDU); cuando estos dispositivos se utilizan como terminales remotos, se pueden conectar directamente o a través de módems. Se establece también un canal de alta velocidad hacia otro centro con el fin de establecer una jerarquía de centros o bien

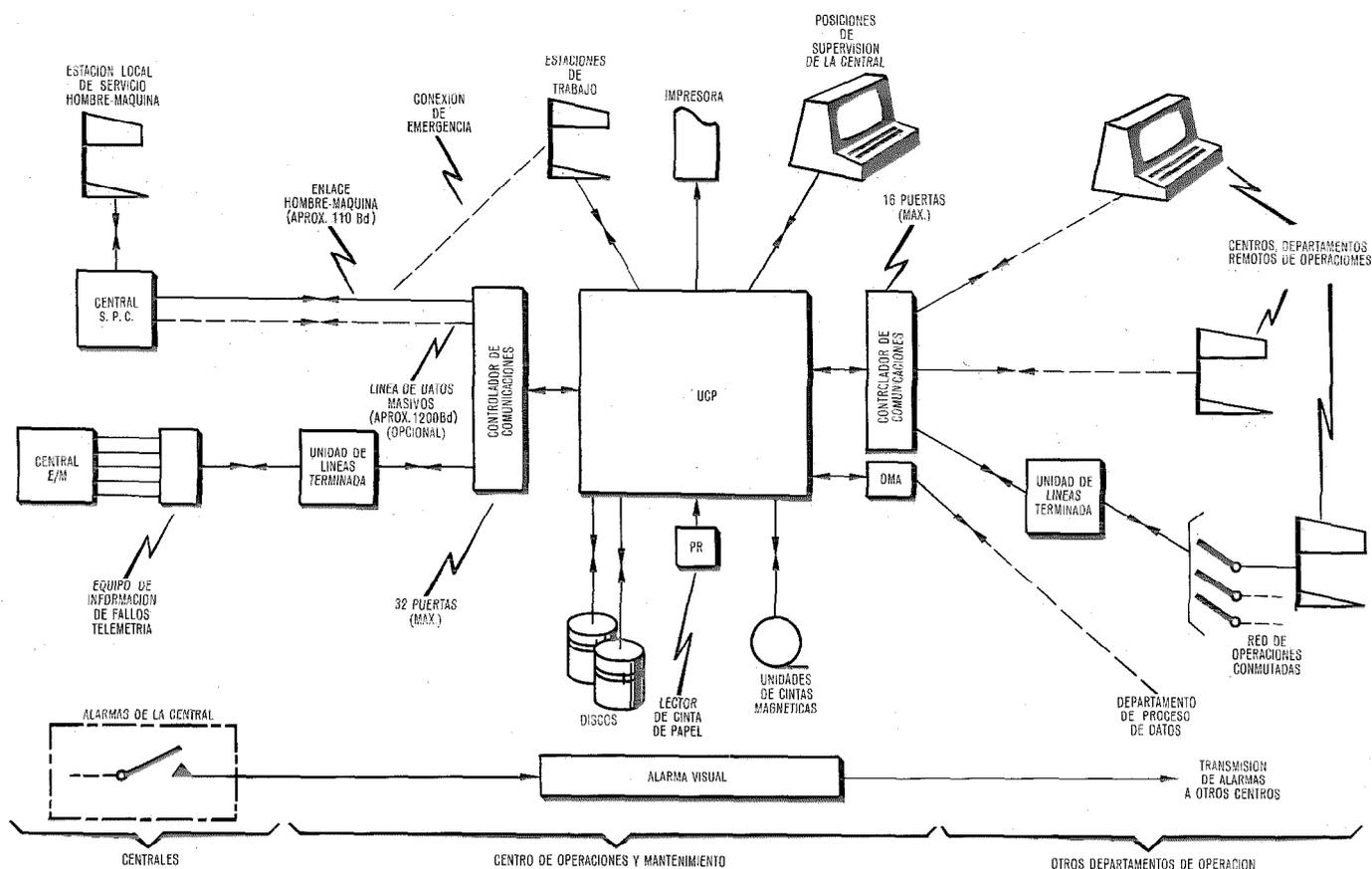


Fig. 2 Configuración hardware para un centro de mantenimiento. Esta es la figura 1 de [5].

para transmitir un gran volumen de datos (ejemplos: tráfico o contadores) hacia un centro de proceso de datos.

El software se escribió en ESPL-1 con el fin de ser independiente de la máquina así como para que su adaptación a los requisitos de distintas administraciones fuera muy sencillo. Se consideraron tanto los protocolos directos como los conversacionales hombre-máquina, y se hizo una provisión para vigilar 7 tipos distintos de centrales, bien electrónicas o electromecánicas. Los mensajes de emergencia correspondientes a picos de tráfico se tratan mediante una interrupción que demora las actividades rutinarias. De hecho el software trata con prioridad los mensajes de emergencia correspondientes al equipo, y los mensajes de interrogación y control procedentes del centro; más aún, recoge y procesa datos tales como estadísticas, tráfico, mantenimiento, facturación, etc., y bien a intervalos fijos o a petición, suministra listados procesados; obviamente, los datos que durante el proceso de recogida de datos no cumplen los criterios de operación especificados, se separan para una indicación de excepción.

Las características de operación que posee el centro permite un plan de gestión de red (por ejemplo, medidas de tráfico y posterior actuación de rutas alternativas o cancelación) además de tareas tales como inhabilitar servicios de los abonados, cambios de números de equipo y de guía, actualización de las cintas de programa en la central, etc., pudiéndose controlar también los diferentes departamentos que pueden acceder a los datos.

Los atractivos económicos que presenta la facilidad de

operación y mantenimiento centralizada, se logran a partir de una eficiente distribución y utilización del personal, especialmente en aquellos casos de elevada experiencia, de una reducción de los inventarios de repuestos, de una reducción en el espacio necesario para acomodar al personal de las centrales, y de aumentar el beneficio que resulta de un mejor comportamiento del equipo.

#### Prueba automática

Hottges, de Standard Elektrik Lorenz, una compañía alemana de ITT, presenta en su artículo "Prueba y medida automática de enlaces en el sistema de conmutación electrónica EWS-F" [6] uno de los elementos de un esquema de mantenimiento. Este sistema fue específicamente diseñado para el sistema alemán de conmutación electrónica para larga distancia EWS-F. Las facilidades de prueba y medida automática en sistemas de conmutación convencionales se obtienen mediante la incorporación de ciertos sistemas; sin embargo, para el EWS-F este tipo de facilidades está completamente integrado y controlado por el procesador central del centro de conmutación bajo la dirección de un procesador remoto de servicio.

Dado que la prueba debe realizarse tanto para la transmisión de señalización como la voz, el autor distingue dos casos dependiendo de que se trate de dos centrales EWS-F utilizando un canal común para la señalización, o de una central EWS-F conectada a otra de tipo convencional en donde se utiliza el mismo enlace como camino para la señalización y la conversación. En el primer caso, la recepción

correcta de la señalización se comprueba mediante el canal común, mientras que es necesario llevar a cabo una medida separada para conocer la calidad de transmisión por el enlace; en el segundo caso se necesita verificar la calidad de la transmisión por el enlace tanto para la señalización como para la conversación.

Las pruebas de señalización se llevan a cabo mediante un equipo de prueba automático (ATE) que prueba los programas para las señales de discado, contestación, fin de selección y ocupación de todos los caminos, así como la calidad de eficiencia del atenuador y la pérdida global. El autor describe el control basado en microprocesadores y la secuencia mediante la que el ATE se conecta a los enlaces o a otro equipo a probar, a través de la red de conmutación a 4 hilos del EWS-F. El procesador de ATE y del EWS-F reciben instrucciones de control desde el procesador de servicio. El equipo adecuado de prueba y esclavo en las centrales convencionales, trabaja bajo la dirección del ATE tanto para seleccionar el equipo a probar como para realizar las pruebas de señalización. La realización total de las pruebas se lleva a cabo bajo el control del procesador de servicio al que se le retransmiten los resultados para su análisis posterior.

El equipo de medida automática de enlaces, opera de forma similar al ATE, utilizando la red de conmutación de la central para acceder a los enlaces, y medir una variedad de pérdidas, ruido, voltajes, atenuaciones, además de las evaluaciones de la pérdida de la frecuencia y barrido y distorsión sobre los enlaces MIC (PCM).

Estos sistemas centralizados de prueba y medida automática permiten rendimientos estándar que serían muy difíciles de mantener por medios manuales. La integración directa en el EWS-F se realiza de forma económica utilizando un control local basado en microprocesadores bajo la dirección global de un centro de mantenimiento. Más aún, las nuevas centrales que están equipadas con estas facilidades pueden extender estas características a otras centrales adyacentes.

Estos dos artículos, de SEL y STC Sidney, muestran las ventajas que pueden obtenerse con redes de centrales SPC. En tanto que su número vaya creciendo, los beneficios que se obtengan a través de la centralización serán mayores.

### Planificación y desarrollos en MIC

#### Introducción del MIC en una red existente

Puede decirse que la experiencia de ITT en la conmutación MIC está alcanzando su madurez a partir de la instalación de una central tandem MIC en Londres en 1970\*. Desde entonces, se ha continuado trabajando en determinadas áreas de la conmutación MIC y dos de ellas fueron cubiertas durante el ISS-76: una investigación extensiva sobre la introducción de conmutación y transmisión integradas MIC en las redes actuales y un informe sobre las recientes pruebas de campo de la conmutación MIC.

El primer artículo cubre un estudio realizado por varias compañías ITT, sobre la forma de introducir el equipo MIC en una red existente. Con el fin de evaluar las diferentes propuestas de introducción, se desarrollaron un gran

número de métodos para ayudar a la planificación, que serán muy apreciados por las administraciones para su planificación de redes MIC, así como por las compañías de ITT que desarrollen productos de conmutación y transmisión MIC. El artículo "*Introducción de la conmutación y transmisión integrada MIC en las redes existentes*", [7] fue presentado por sus autores pertenecientes al laboratorio de ITT cercano a París, al laboratorio de Madrid y a la compañía Bell Telephone Manufacturing Co., de Bélgica, e incluye una descripción del extenso procedimiento de estudio, así como algunos resultados que ilustran la forma en la que puede utilizarse. Dejean, Robin y Mack suministran más detalles en dos artículos publicados en este mismo número (ver págs. 26-31 y págs. 32-41).

Para este proyecto se utilizaron tanto modelos analíticos como modelos sobre áreas reales. Las dos técnicas son complementarias, ya que los métodos analíticos han demostrado su utilidad al reducir el número de alternativas que requerían un estudio detallado mediante el uso de modelos sobre áreas reales. De forma general, el método compara las posibles alternativas de configuración de equipo, así como las estrategias de introducción a seguir sobre un período de estudio de 20 años con el fin de satisfacer la demanda de servicios; las comparaciones económicas se llevan a cabo mediante cálculos de valor presente de las cargas anuales; los modelos de demanda utilizados fueron los correspondientes a tres áreas reales con diferentes características; en cada caso, se utilizó como sistema de referencia un sistema de conmutación SPC analógico.

El objetivo del estudio fue juzgar los ahorros relativos a los sistemas SPC analógico y digital, así como las estrategias y posibles configuraciones de equipo. La estrategia de introducción constituye uno de los puntos principales a la hora de emitir este juicio, debido al largo período de coexistencia entre los equipos analógico y digital, así como a sus costes derivados, ya que tendrán una influencia decisiva sobre los ahorros globales en la red durante este período.

Los estudios extremadamente detallados que se realizaron sobre áreas reales sirvieron para calibrar los modelos analíticos caracterizados por el uso de valores medios de sus parámetros. Muchas variantes se analizaron por métodos analíticos, y finalmente se seleccionaron algunas configuraciones interesantes que posteriormente fueron comparadas mediante detallados estudios en áreas reales.

Los autores ponen de manifiesto el planteamiento realista seguido en estos estudios, que comienza por la selección de las áreas reales y que continúa por una cuidadosa determinación de costes del nuevo equipo y de sus aspectos operacionales durante el período de estudio. Con el fin de asegurar un equilibrio entre todas las partidas de dicho coste, tales como los nuevos sistemas MIC comprendiendo tanto la transmisión como la conmutación, el sistema de referencia analógico, además de otros cargos (cables, conductos, edificios, etc.) y gastos periódicos (mantenimiento, operaciones, etc.), la misma compañía asociada de ITT llevó a cabo la determinación del coste. Se calcularon los costes del hardware añadiéndose los costes debidos a envío, instalación, repuestos e ingeniería de clientes; finalmente se estableció un recargo para determinar el precio de venta hipotético del equipo instalado. Dado que el período de

\* J. G. Dupieux, J. R. Mumford y G. W. Wells: Una central tandem PCM experimental; Comunicaciones Eléctricas, volumen 44, n° 2 (1969) págs. 100-107.

tiempo cubierto es de 20 años, se incluyeron unas tendencias de coste para reflejar las posibles variaciones en la tecnología, materiales y mano de obra, habiéndose aplicado diferentes factores a 16 categorías de equipo produciendo así variaciones del coste del equipo instalado durante el período de estudio.

Como sistema de referencia se escogió una central de tamaño medio METACONTA, y como sistema MIC el que se describe en [8]. Las unidades de línea (SSU) que pueden alcanzar las 4000 líneas pueden conectarse local o remotamente a la unidad de conmutación de grupo MIC (GSU). La misma unidad analógica (SSU) se utilizó como concentrador remoto tanto para el sistema de referencia como para el MIC. El GSU tiene una estructura T-S-T que puede llegar a cursar 10.000 E y está controlado por dos procesadores ITT 3200 trabajando en carga compartida.

Un detallado análisis financiero permitió asegurar que los costes para el sistema MIC y el de referencia eran comparables; naturalmente, las tendencias de coste afectan a cada uno de ellos de forma distinta. Los costes para la transmisión y el equipo multiplex utilizados en ambos casos se establecieron sobre las mismas bases.

Además de establecer unos costes comparables, se necesita escoger para cada configuración unos criterios de rendimiento que permitan la comparación de las redes. Estos criterios tienen en cuenta los valores de bloqueo para llevar a cabo el dimensionado y también hacen referencia a la fiabilidad, la cual se traduce con frecuencia en la instalación redundante de equipo de transmisión, como por ejemplo, grupos MIC suplementarios sobre un cable duplicado hacia una unidad remota SSU.

El estudio sobre áreas reales incluyó:

- Una gran área metropolitana con su región (700 km<sup>2</sup>, 3,4 millones de habitantes, 760.000 abonados y una tasa de crecimiento anual del 7%).
- Una ciudad de tamaño medio con su región (400 km<sup>2</sup>, 700.000 habitantes, 230.000 abonados y una tasa de crecimiento anual de 7%).
- Una ciudad pequeña con su región rural (800 km<sup>2</sup>, 170.000 habitantes, 27.000 abonados y una tasa de crecimiento anual del 5%).

Con datos detallados de la planta y equipo, y mediante una previsión de la demanda de líneas durante los 20 años, el equipo de trabajo, asumiendo el papel de una administración telefónica, estableció los planes anuales para estas áreas tanto en lo referente al sistema MIC como al de referencia\*. Dependiendo del caso se establecieron reglas diferentes de introducción y así, se consideró desde extender los equipos existentes cuando estaba justificado, para luego incluir los nuevos sistemas, hasta el caso extremo de una introducción inmediata de los nuevos sistemas; las características de configuración del equipo así como su dimensionado fue también variable dependiendo del caso (por ejemplo, se consideró a una unidad SSU bien como electromecánica o electrónica y cada una de estas posibilidades se vio afectada por tendencias de coste completa-

\* Durante el período de estudio el número de líneas del área metropolitana creció desde 600.000 hasta 2.265.000 que incluye 1.775.000 nuevas líneas MIC y la retirada de 90.000 líneas electromecánicas; durante ese tiempo se instalaron 12.000 sistemas de transmisión MIC y el tráfico entre centrales se elevó a 27.600 E, disminuyendo solamente en el año 25, tan pronto como comenzara a retirarse el equipo electromecánico.

mente diferentes; su capacidad de líneas fue también variable); también se consideraron variables los factores de tendencia de coste.

Se preparó un amplio conjunto de programas de ordenador con el fin de llevar a cabo todos los cálculos necesarios para dimensionar las redes durante el período de estudio, calcular los costes de los equipos, los costes totales de la red, y la distribución de costes por categoría de equipo; además se suministra un resumen de todos los resultados.

Los dos resultados de este estudio fueron el desarrollo de un método para probar distintos sistemas MIC, así como para ser utilizado por las administraciones en la planificación de sus redes, y el haber establecido un número de conclusiones con respecto a la introducción del MIC.

- El factor dominante de coste de una red MIC-IST es el SSU y el consiguiente equipo de conversión analógico digital.

- La utilización de tendencia de coste a través del período de estudio, mostró que, si se utiliza una tecnología similar para los SSU, los costes de la red analógica y MIC son iguales; un SSU que tuviera un coste más efectivo daría ventaja a la red MIC.

Los métodos desarrollados para este proyecto se están utilizando actualmente por diversas compañías de ITT y algunas administraciones europeas para la planificación de sus futuras acciones respecto a MIC.

### Prueba de campo de una central MIC

La central MIC (vease la página 45, figura 3 de este número) y utilizada en el estudio MIC-IST se describió en el artículo "Pruebas de campo de sistemas de conmutación MIC" [8] cuyos autores pertenecen al Laboratoire Central de Télécommunications, en París, FACE-Standard, Milán, y Bell Telephone Manufacturing Co., Amberes. Este sistema es el resultado de experiencias anteriores de ITT en la conmutación MIC y es el precursor de una nueva familia de sistemas MIC. Se han planificado durante el año 1977 tres pruebas de campo.

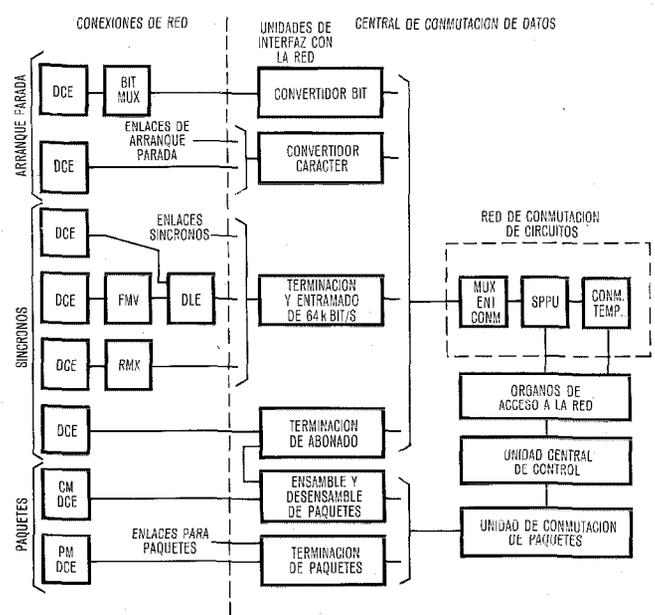


Fig. 3 Central de conmutación de datos MCDS. Esta es la figura 2 de [9].

Schreiner, Treves y Van Goethem explican sus razones para elegir un centro interurbano como aplicación inicial del MIC; las proyecciones establecidas a partir de los primeros diseños indicaron que una conmutación a 4 hilos mediante técnicas MIC del tráfico concentrado, sería competitivo en coste con una conmutación por división espacial, mientras que se requeriría un esfuerzo mayor de desarrollo para justificar la aplicación de la conmutación digital a las redes locales.

Se han aplicado algunas nuevas técnicas de diseño con el fin de asegurar que los rápidos cambios que se producen en la tecnología, podrán incorporarse y producir un sistema que sea fácilmente adaptable a una variedad de entornos de redes. La primera de éstas consistió en establecer subsistemas mediante la división del sistema en base a las diferentes funciones básicas telefónicas, con la condición de que las interfaces entre los subsistemas se definieran en términos de sucesos telefónicos básicos que no dependieran del sistema. Para lograrlo se definió un lenguaje de sucesos con atención preferente a los sistemas de señalización telefónica existentes. Los subsistemas resultantes fueron: procesamiento de la llamada telefónica, señalización, selección de grupo MIC, equipo de grupo (interfaz entre las líneas MIC y el conmutador MIC) y selección de línea.

Los sistemas de transmisión se tratan como portadores transparentes y no necesitan considerarse como subsistemas. Cada subsistema, excepto el equipo de grupo, incluye su propio hardware y software y todos están bajo el control del subsistema de proceso de llamadas. Una vez definidos durante la etapa de diseño estas interfaces de los sucesos telefónicos, el diseño de cada subsistema puede proseguir por separado.

Las técnicas de software incluyen análisis estructural para documentar la estructura jerárquica que resulta del análisis "top down", programación estructurada, ESPL-1, el lenguaje de ITT de alto nivel para las aplicaciones de conmutación, y un sistema operativo en tiempo real que realiza una gestión dinámica de la memoria y del tiempo de CPU. Finalmente, un simulador de entorno suministra las facilidades de puesta a punto del software.

Las centrales de prueba MIC han sido diseñadas para aplicaciones interurbana o tándem en redes existentes; pueden extenderse para una conmutación y transmisión integrada local utilizando unidades de concentración próximas o remotas. El entorno de la central estará constituido por una mezcla de transmisión digital y analógica y por una amplia variedad de centrales SPC y electromecánicas, cada una de ellas con una gran variedad de sistemas de señalización, incluyendo señalización analógica y digital mediante canal común. Con el fin de que los sistemas de transmisión MIC puedan establecer el interfaz directamente, se utiliza el PCM-32 (2 Mbits<sup>-1</sup>) estándar. Otros sistemas que incluyen enlaces analógicos se traducen a ese formato.

La red de conmutación utiliza una estructura T-S-T. Los autores suministran unas descripciones detalladas de la estructura software del sistema (compuesta de los subsistemas de supervisión, mantenimiento y tratamiento de llamadas). Dado que la central opera en todas sus partes a la velocidad del procesador, se utiliza una nueva práctica de equipos para obtener ventajas de las posibles oportuni-

dades (por ejemplo, miniaturización, cableado reducido), y resolver nuevos problemas (por ejemplo, como resultado de la miniaturización, las distancias limitan la disipación de calor, y crean dispersión de tiempo en la señal). Las principales características de la nueva práctica de equipos son la alta densidad de componentes, bastidores autónomos y una altura mínima de sala de 2,5 m (altura estándar para un edificio de oficinas).

Las pruebas que se encuentran en progreso prosiguen el planteamiento de evolución basando estos desarrollos en la larga experiencia de ITT en conmutación MIC. Las unidades actuales capaces de una extensión en red de 10.000 E y el planteamiento de subsistemas con técnicas avanzadas de software, conducirá a centrales MIC para aplicaciones comerciales.

### Conmutación de datos

#### Concepto moderno

Como parte del sistema METACONTA de ITT, el MCDS, sistema de datos METACONTA, cubre la rápida y creciente demanda de comunicaciones de datos. Es un sistema de conmutación y transmisión integrado, síncrono y envolvente, que se ha diseñado para cubrir un amplio margen de aplicaciones en comunicaciones de datos tanto para actuar de forma independiente como para interconectarse con redes existentes.

Este nuevo sistema se describe en el artículo "*Un concepto moderno en conmutación de datos*" [9] por Melis, Atkin y Treves pertenecientes a Bell Telephone Manufacturing Co., Amberes, ITT-Europa Headquarters y FACE-Standard en Milán, respectivamente. A diferencia de los diseñadores de otras centrales METACONTA, los autores de este artículo destacan el hecho de que existe muy poca información disponible sobre las características estadísticas del tráfico de datos o de su volumen. Naturalmente, las recomendaciones del CCITT sobre velocidades, facilidades, señalización e interfaces son conocidas, pero la falta de información sobre tráfico (y tarifas) determina que las redes y las centrales de datos deban tener una sensibilidad mínima a los cambios en tráfico o en los parámetros del abonado. Otros aspectos son bastante diferentes del tráfico de voz, ya que las facilidades que se necesitan varían ampliamente en función de las velocidades de los datos y de los terminales; los tiempos de establecimiento de llamadas necesitan ser una fracción de los existentes en la práctica, y se necesita, para ciertas aplicaciones, la identificación de las líneas llamante y llamada, etc.

Dada esta pobre situación en lo que se refiere a la falta de previsión de tráfico, los autores utilizan un modelo dinámico de desarrollo de redes para evaluar distintas alternativas de diseño, así como el impacto de coste que supone cada una de ellas. Concluyen estableciendo que el MCDS debe tratar líneas alquiladas síncronas y de arranque-parada, conmutación de circuitos (telex, arranque-parada y síncronos), almacenamiento y reenvío y conmutación por paquetes; sin embargo, inicialmente estaría dedicado a las aplicaciones de conmutación.

Cuando se utiliza en una red, el MCDS se organiza en tres niveles jerárquicos que comprenden desde los de mayor a menor jerarquía:

- Centrales de conmutación de datos (DSE) y centros regionales por división en el tiempo conectados en malla.
- Concentradores de circuitos de datos (DCC), conectados en estrella a la central DSE y colocados entre los abonados y DSE.
- Multiplexores remotos de datos conectados en estrella al DSE o DCC.

Una red MCDS utiliza una operación maestro-esclavo para la sincronización, con una DSE como maestra para las otras DSE y redes subsidiarias; la sincronización es cuasi-síncrona entre las distintas redes.

La estructura básica del MCDS (mostrada en la figura 3) es totalmente TDM digital síncrona, ya que las señales de datos y telex están en forma digital. La misma estructura múltiple para transmisión y conmutación permite configurar las redes con un mínimo de equipo. Un único formato envolvente utiliza un bit por dato y un bit para definir el contenido de la envolvente (señalización o datos). La red puede tratar datos asíncronos mediante muestreo y colocar el contenido de la información en la estructura envolvente. La conmutación por los DCCs y los DSEs se realiza por un conmutador de duraciones variables que retarda las envolventes de entrada al intervalo de tiempo de salida mediante lectura y escritura en una memoria envolvente. Un esquema de mantenimiento centralizado analiza los fallos e inicia las acciones correctivas (por ejemplo, conmutación en equipo o canales redundantes) para mantener la operación de las centrales desatendidas.

En su artículo, los autores dan una información bastante detallada del equipo MCDS y de su operación, poniendo de manifiesto las medidas tomadas para asegurar flexibilidad y fiabilidad cuando se aplica en una red (bien de forma independiente o interconectado a equipos o centrales existentes) o como una central independiente (para un determinado lugar o inmerso en una red con equipo de tipo no MCDS). Al igual que con la estrategia de introducción del MIC, es muy importante, y este artículo lo tiene en cuenta, la variedad de entorno en los que puede introducirse el MCDS; por ejemplo, extensión de la red telex electromecánica existente, módulos de transmisión para una línea alquilada de datos en la red, emparejamiento de las centrales MCDS en una red existente, una nueva red (desde un pequeño sistema de líneas alquiladas a una gran red de conmutación mezcla de circuitos y paquetes).

Los autores conceden a la integración el papel clave de este conmutador avanzado de datos:

- Integración de las técnicas de conmutación y transmisión.
- Integración funcional de los servicios asíncronos y arranque-parada.
- Integración funcional de los diferentes servicios: líneas alquiladas, conmutación de circuitos y conmutación de paquetes.

## Planificación

### Primacía de ITT

ITT posee una larga historia de lider en los estudios de planificación de redes, así como en el desarrollo de los métodos necesarios. Numerosos artículos técnicos se han publicado en esta y otras revistas, explicando los proyectos

individuales de planificación de redes en los que las compañías de ITT han trabajado con administraciones y describiendo la extensa biblioteca de programas de ordenador que se ha desarrollado para llevar a cabo estos estudios.

Dos artículos de ITT sobre planificación fueron leídos en el ISS-76. El primero trató de la introducción del MIC-IST en las redes existentes y ya se ha discutido. Es un ejemplo de cómo los métodos de planificación y los programas de ordenador pueden utilizarse para estudiar propuestas sobre nuevos equipos. El segundo describe la aplicación de un sofisticado programa de ordenador, que se utiliza para el desarrollo del plan fundamental de un área metropolitana de centrales.

Este segundo artículo "*Estudio mediante ordenador del emplazamiento de centrales para Oslo*" [10] proviene de Standard Telefon og Kabelfabrik en Oslo y del Centro de Investigación y Desarrollo de Standard Eléctrica, S.A. (ITTLS), y resume un estudio llevado a cabo conjuntamente con la Administración Noruega de Telecomunicaciones (NTA), utilizando un programa de ordenador desarrollado por el Centro de Investigación en Madrid. Programas como éste han supuesto profundos cambios en los planteamientos de la planificación de redes y han sido aplicados con éxito por ITT y por las administraciones de todo el mundo.

El problema particular que tratan los autores es el resultado de los planes de NTA de sustituir las centrales rotary 7A en la ciudad de Oslo por centrales METACONTA (SPC) antes de 1985; el resto de la planta de conmutación constituida por equipo 8B de barras cruzadas se reemplazará después del 7A. Este proyecto, cuyo objetivo era llevar a cabo un amplio reemplazamiento, presentó a NTA una oportunidad excelente para establecer un plan fundamental optimizado económicamente para el área de centrales, revisar el número de centrales, sus emplazamientos y los límites de servicio del área (Fig. 4).

La red telefónica de Oslo sirve a cerca de 230.000 abonados de 14 lugares. Las centrales 7A tienen un número limitado de salidas y constituyen una red de 70.000 líneas en el centro de la ciudad. Mediante su reemplazamiento por centrales METACONTA 10C para antes de 1985, la pregunta que se planteó fue si el cambio de configuración de la red resultaría económico tanto con vistas al reemplazamiento inmediato como para los planes futuros de la red.

La red de Oslo se encuentra bastante desarrollada y la tasa de crecimiento para los próximos años se estima que sea menor del 3%, lo que conduce a que para el año 1990 existan 310.000 abonados; naturalmente, este crecimiento no será uniforme debido a los planes de nuevos suburbios. Una característica importante de la red de Oslo es la amplia variación de tráfico por abonado que existe en las diferentes zonas de la ciudad. Se observa una proporción de 6 a 1 entre el centro y los suburbios. Por lo que la ciudad se dividió para el estudio en diferentes zonas de tráfico.

Además de las previsiones referentes a tráfico y abonados, el estudio tenía que considerar las centrales existentes, así como la correspondiente planta externa, el plan de transmisión para enlaces y bucles, y los costes (en términos de valor presente de cargas anuales) para todas las distintas partidas. Más aún, NTA había pedido que las capacidades de los edificios no excedieran de 30.000 líneas y que todos

los cambios en los límites de las centrales se realizaran al mismo tiempo y que fueran de acuerdo con la topología de la ciudad.

El tamaño y la complejidad del problema, así como la enorme cantidad de datos que había que tratar, y en particular la necesidad de considerar distintas alternativas, condujo al equipo a utilizar el programa de ordenador "Emplazamiento de centrales en áreas urbanas" desarrollado por el Centro de Investigación en Madrid.

Un estudio de planificación como éste consta de una serie de etapas tal, que cada una de ellas ha de planificarse cuidadosamente. La recogida de datos, la preparación de datos de entrada para el programa, las ejecuciones del programa, el análisis de los resultados, las posteriores ejecuciones y finalmente las conclusiones y recomendaciones constituyen dichas etapas. Los autores además de comentar cada una, explican como se utiliza el programa en un proceso iterativo después de haber evaluado las ejecuciones anteriores. En este proceso iterativo tomaron parte personas de diversos departamentos de NTA, y las ejecuciones se realizaron para conocer los emplazamientos de las nuevas centrales 10C (tanto considerando sólo los emplazamientos existentes como investigando las ventajas de nuevos edificios), así como para ver el impacto de coste que suponía mantener los límites existentes en cada área, etc. Los autores mencionan que se realizaron más de 30 ejecuciones del programa durante el proyecto.

Durante el desarrollo del proyecto se preparó una documentación detallada sobre los procedimientos, previsiones, resultados, datos de entrada con sus fuentes, condiciones de entrada sobre las ejecuciones, etc.; en fin, toda la información que pudiera necesitarse por los distintos departamentos que participaron en el proyecto, así como por aquéllos que habían tomado las decisiones sobre el futuro de la red. La conclusión del equipo se muestra en la figura 4 y consistió en aumentar en dos el número de emplazamientos, en cambiar de lugar una central existente

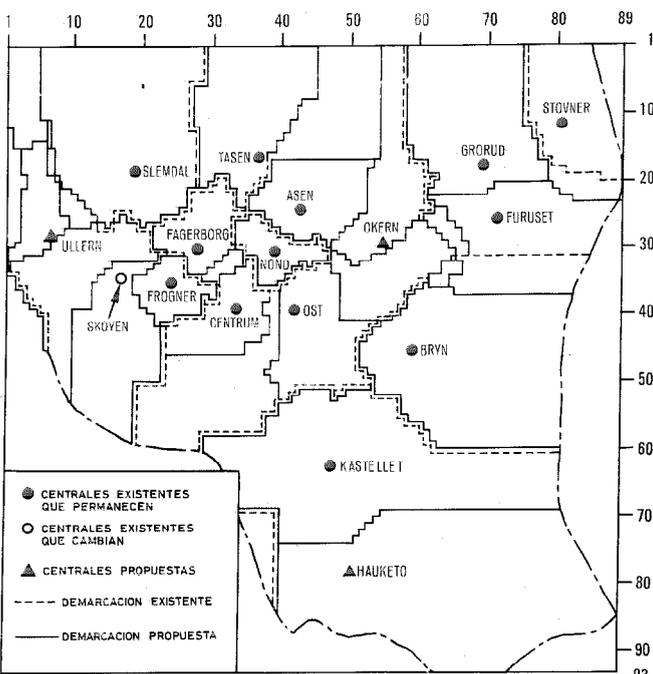


Fig. 4 Centrales y áreas de servicio en Oslo. Esta es la figura 1 de [10].

y en que numerosos límites de las áreas de servicio debían reajustarse.

El valor que en un proyecto de esta magnitud supone la ayuda del ordenador queda reflejada por el siguiente comentario de los autores: "el proyecto no podría haberse realizado dentro de unos límites razonables de tiempo y coste con el mismo nivel de integridad sin el soporte dado por el programa de ordenador".

### Técnicas de equipo

#### Nuevo contacto metálico

Dos áreas diferentes de equipo se discutieron en artículos de ITT durante el ISS-76: un nuevo contacto metálico y puntos de cruce electrónicos integrados. Aparentemente en extremos opuestos del actual espectro de diseño, estos artículos indican que se necesita un trabajo continuo de desarrollo en estas dos áreas distintas con el fin de cubrir las necesidades actuales.

"El contacto TIP - Un nuevo componente para circuitos de conversación" [11] (en este número, págs. 76-81) de Standard Elektrik Lorenz en Stuttgart, explica un contacto recientemente desarrollado de metal sellado, hermético al gas, para utilizar como punto de cruce en circuitos de conmutación. Zeidler y Potinecke, los autores, indican que los desarrollos recientes de sistemas telefónicos utilizan principalmente una conmutación por división espacial; sus puntos de cruce se caracterizan por unos requisitos de gran duración (30 años) y por cantidades muy grandes (40 contactos por línea). El contacto metálico retiene sus ventajas sobre los componentes electrónicos, con una alta relación de resistencia inversa a directa y una alta tensión de ruptura; más aún, los contactos sellados bajo un punto de vista de fiabilidad igualan a los componentes de semiconductores.

Cuando SEL comenzó un programa de desarrollo con el fin de producir un nuevo contacto se establecieron una serie de puntos que se debían cumplir:

- La aplicación del contacto debía ser exclusivamente como un elemento del punto de cruce para los circuitos de conversación.
- El diseño debía ser tal que permitiera la utilización de técnicas de producción masivas.
- La encapsulación hermética al gas en atmósfera protectora.
- Aplicación del principio de "acompañamiento" y separación de los caminos magnéticos y eléctricos.
- Tamaño mínimo.
- Corriente de excitación mínima.

Los autores dan detalles estructurales con diagramas y fotografías, e incluyen información sobre el proceso de fabricación del TIP que es completamente automático. Muestran cómo dos contactos TIP se combinan con un imán permanente, un shunt y una bobina para producir un punto de cruce TIP de un volumen de 2,5 cm<sup>3</sup> y con menos de 14mm de altura. Esto hace que sea el punto de cruce más pequeño disponible comercialmente. Son aconsejables para montarse sobre placa impresa ya que pueden insertarse como ICs y unirse eléctricamente mediante soldadura.

Para construir las matrices de puntos de cruce TIP sobre

placa impresa, los autores usan como ejemplo la unidad TIP anteriormente mencionada: una placa de  $220 \times 250$  mm podrá acomodar una única matriz de  $16 \times 16$  puntos de cruce ó 2 de  $8 \times 16$  ó 4 de  $8 \times 8$ . También se comparan las matrices TIP con relés reed remanentes y biestables; una matriz TIP es 1,5 veces más pequeña que una matriz reed remanente y cerca de 4,5 veces más pequeña que una matriz de reeds biestables. Considerando el paso entre placas insertadas, las matrices TIP necesitan solamente la mitad del paso de las placas de matrices reed. Finalmente los puntos de cruce TIP necesitan solamente 100 mA mientras que los reeds necesitan entre 800 y 9000 mA; estas características permiten ahorros adicionales en las redes de control para estas matrices.

Los desarrollos del contacto y del punto de cruce TIP se han completado y se ha comenzado en SEL, en Stuttgart, la producción completamente automática. Se han incorporado las matrices y han sido sometidas a pruebas de campo en las centrales METACONTA y también en el sistema de conmutación electrónica EWS usado en Alemania donde el TIP ha sido cualificado y aceptado para su uso en el EWS.

Muy diferente de la discusión sobre el contacto TIP es el artículo presentado por SEL (Stuttgart), "*Algunas propiedades de los puntos de cruce electrónicos integrados*" [12]. Gasser y Széchényi ponen de manifiesto que se encuentran disponibles en tecnologías MOS y bipolar conjuntos de puntos de cruce MSI y LSI. Dentro de márgenes normales de operación sus propiedades y sus ventajas son bien conocidas; pueden aplicarse económicamente como puntos de cruce con semiconductores, e incluso algunas de sus características menos favorables (como el comportamiento ON-OFF) puede lograr las estándares que se necesitan en los sistemas telefónicos modernos. Pero considerando la seguridad de servicio para las centrales, los autores reclaman que se ha prestado una atención insuficiente a los problemas relacionados con fallos y en particular el comportamiento de la matriz de conmutación bajo condiciones anormales. Dado que estos puntos de cruce se interconectan a través del substrato de la pastilla MSI o LSI y su control depende del potencial de los hilos de conversación, una falta o avería que conduzca al conmutador más allá de su margen de operación puede tener un efecto considerable en el área de la perturbación, así como producir diafonía y ruido en otras partes del sistema.

Medidas específicas de protección son recomendadas por los autores. Estos métodos deben aplicarse durante la fase de diseño de los conjuntos de puntos de cruce. La protección se lleva a cabo mediante el uso de órganos de bloqueo (para prevenir la operación del punto de cruce en fallo) además de medidas específicas dependientes del tipo de semiconductor implicado. Los autores dicen que la mayoría de la circuitería adicional que ellos proponen para protección del servicio pueden acomodarse en un chip, lo que significa que su coste es despreciable.

La investigación cubrió un amplio tipo de matrices de estado sólido con división espacial de hasta 10 etapas. Los conjuntos fueron matrices equilibradas a dos hilos con el control tanto para conversación como para la lógica, integrados en el mismo substrato. En una central telefónica, estos conjuntos están protegidos de sobretensiones exte-

riores por circuitos de línea por una parte y circuitos de enlace por otra. Su entorno controlado es por lo tanto dependiente de la protección externa, además de la tensión de alimentación, una tensión de polarización (y corrientes) para la selección de un punto de operación y de una tensión de polarización para los órganos de bloqueo que limitan el nivel de la señal transmitida. El fallo de estas tensiones de alimentación puede llevar a los puntos de cruce más allá de su capacidad específica de operación, lo que resulta en un mal funcionamiento del conjunto de puntos de cruce. La combinación de este entorno controlado y la construcción de muchos componentes en un único substrato, hacen que estos órganos sean sensibles a los fallos de tensión de alimentación y a voltajes de interferencia.

Tanto las perturbaciones como sus remedios dependen de la clase del punto de cruce de semiconductores. Con gran detalle los autores establecen categorías para los diferentes puntos de cruce y comentan sus dificultades, así como los medios recomendados de protección. Cubren puntos de cruce y matrices construidas con transistores bipolares, puntos de cruce MOS (n-MOS, p-MOS, DMOS y CMOS) y puntos de cruce SCR. Las recomendaciones específicas que los autores proponen, para cada tipo de matriz de puntos de cruce en estado sólido, proporcionan la elevada seguridad de servicio que exigen los sistemas de conmutación.

#### Evolución de la conmutación reed

En el Reino Unido, Standard Telephone and Cables, ha participado en el desarrollo conjunto de un sistema electrónico reed, el TXE-4, como parte de un programa conjunto de conmutación reed controlada electrónicamente en el Reino Unido. Maurer, perteneciente al British Post Office y Smith, perteneciente a STC, resumen en su artículo "*Evolución de las centrales de conmutación reed en el Reino Unido*" [13] la historia de los desarrollos de conmutación reed que han conducido a las centrales TXE2 y TXE4 y a la actualización de la tecnología del TXE4.

Para reemplazar en áreas rurales a pequeñas centrales electromecánicas, los autores citan a la central TXE-2, cuya primera instalación se puso en servicio en 1966. El actual sistema TXE2 con una capacidad de 3000 líneas y 4200 abonados está diseñado principalmente para aplicaciones en el área rural con una baja tasa de llamadas de 0,06 E por abonado, y una capacidad de la central de 225 E. Con el fin de cubrir una demanda creciente en el Reino Unido, se ha mejorado el control para aumentar la capacidad de tráfico a 360 E y a 7000 abonados, y mediante una combinación de unidades hasta 14.000 abonados. Con más de 680 centrales TXE2 instaladas actualmente en el Reino Unido, las estadísticas relativas a su rendimiento indican que el mantenimiento es un 21% menor que el que se necesitaba con las centrales anteriores de tipo paso a paso, y se espera aumentar todavía estas cifras mediante el suministro de facilidades de mantenimiento centralizadas.

La primera prueba de campo de una central de tamaño grande con matrices reed fue llevada a cabo en 1968 y condujo, a través del TXE3, al diseño actual que STC ha realizado para el TXE4. Actualmente se ha emprendido un programa de desarrollo para incorporar la última tecnolo-

gía tanto para mejorar el sistema como para reducir su coste.

Después de una descripción de la central de tipo TXE 3, los autores proporcionan una gran cantidad de información sobre el TXE 4 que utiliza pequeños reeds y tiene una capacidad de 40.000 líneas con 5000 E de tráfico bidireccional. El sistema TXE 4 se puso en servicio por vez primera en 1976 y en el momento presente se tienen en vías de fabricación más de 84.

En su diseño básico, el TXE 4 es una red de conmutación de aplicación general con sus mallas agrupadas en serie. Se ha obtenido un grado considerable de normalización agrupando al equipo en módulos con lo que se simplifica el diseño, la fabricación y la instalación. Las extensiones se han simplificado empleando cables enchufables y conectores con una capacidad correspondiente a la máxima del bastidor.

El área de conmutación consta de un número de unidades idénticas de conmutación, facilitando por tanto la extensión de la central y mejorando su seguridad ya que el fallo en una de las unidades no conduce a una pérdida total de servicio; en cambio, la capacidad de tráfico se reduce ligeramente. La red de conmutación se controla mediante marcadores con lógica cableada.

El control se suministra mediante MCUs y memorias cíclicas asociadas, áreas de datos semipermanentes, y ambos tipos se llevan a cabo como memorias circulares Dimond. Los MCUs tienen una capacidad de 5000 palabras de 8 dígitos decimales y se suministran de 3 a 20 MCU dependiendo del valor del tráfico en los registradores. Una llamada detectada por los exploradores e inscrita en una memoria cíclica que a su vez proporciona la traducción de dígitos, se ofrece a todos los MCUs, pero solamente se le asigna uno para cursarla. El control para la siguiente llamada se pasa a otro MCU y con el fin de mantener los niveles de fiabilidad los MCU se van rotando incluso en el caso de que no se reciban nuevas llamadas. Cada uno de los MCUs tiene su propio bloque de registradores, convencionales en su diseño, excepto en el detalle de que confían todo el procesamiento de datos al MCU. Esta estructura distribuida no posee la vulnerabilidad de las centrales SPC con un único procesador; en el fallo de uno o de varios MCUs produce una pequeña degradación de servicio pero no pérdida de control de servicio. La capacidad se aumenta en pasos proporcionales a la carga de tráfico en la central, lo que constituye un planteamiento económico durante el pe-

ríodo de crecimiento. Finalmente la actividad de mantenimiento sobre un MCU no afecta a la capacidad de tráfico global de la central o a su vulnerabilidad.

STC ha desarrollado una central perfeccionada, denominada TXE 4 A, que tiene la restricción de que los bloques funcionales del TXE 4 A deben de ser adecuados para la extensión de las centrales TXE 4 existentes. Aparte de esto, era obvio que se podía obtener una reducción de coste importante reemplazando en el área de control cierta lógica con componentes discretos por circuitos integrados. Verdaderamente la naturaleza del control distribuido del TXE 4 es apropiado para ello. Las memorias cíclicas utilizarán ahora registradores eléctricamente alterables con *n*-MOS, manteniendo la operación cíclica. La potencia de procesamiento del MCU se ha aumentado con el fin de acomodar 120 registradores de diversos tipos. Su memoria programada emplea dispositivos de tipo PROM MOS y se ha aumentado de 5000 palabras de 16 bits a 8000 palabras, habiéndose previsto una expansión a 32.000.

A través de éstas y otras mejoras se han conseguido reducciones de un 15% en coste, un 30% en espacio y un 20% en potencia. Manteniendo las ventajas del control limitado y distribuido por programa almacenado del TXE 4, el TXE 4 A es un desarrollo de conmutación evolucionado similar al que se explicó en el progreso del METACONTA [2]. En ambos casos los nuevos desarrollos dejan claras la calidad de los diseños originales y su flexibilidad para acomodarse a las nuevas tecnologías. Ambos casos representan un planteamiento responsable para los fabricantes y las administraciones hacia sistemas de conmutación estables y económicos.

Lester A. Gimpelson, es director técnico adjunto de Planificación de Telecomunicaciones en el Departamento de ITT Europa. Previamente fue director técnico adjunto para Planificación de Redes en el Departamento Técnico de las Oficinas Centrales de ITT y director de Planificación de Redes en INTELPLAN, una compañía subsidiaria de ITT. Tiene responsabilidades técnicas para la planificación de nuevos sistemas de telecomunicación, tanto en lo que a conmutación como a transmisión se refiere.

Ingresó en ITT en diciembre de 1968, habiendo sido previamente supervisor en el Centro de Investigación de Tráfico de los Laboratorios Bell Telephone. Estuvo también en la facultad de la Universidad de Miami (Coral Gables), profesor para la corporación de IBM, así como en los staffs de investigación de la British Thomson Houston Company (Rugby, Inglaterra) y en el Centro de Investigación del US Air Force Cambridge.

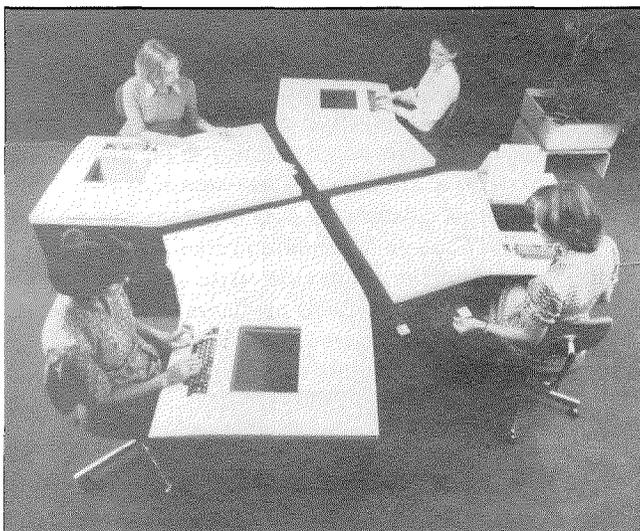
El Sr. Gimpelson obtuvo el grado de BS (1957) y MS y EE (grado profesional de ingeniero eléctrico) del Instituto de Tecnología de Massachusetts, donde alcanzó el grado de Instructor en Ingeniería Eléctrica.

### Sistema de entrada de datos ITT 3470.

El sistema de entrada de datos ITT 3470, desarrollado en el Centro de Investigación y Desarrollo de Standard Eléctrica, S.A., (ITTLS), tuvo su lanzamiento comercial en la exposición del SICOB de París celebrada en septiembre de 1976.

El sistema ITT 3470 es totalmente compatible con el sistema IBM 3740 Modelos 1 y 2, y ofrece ventajas adicionales tales como una presentación visual de 480 caracteres más amplia y legible, una mayor gama de opciones de impresión y una configuración de grupo con un máximo de hasta ocho estaciones de entrada de datos.

El controlador es ampliable de forma modular para cubrir las diferentes configuraciones de estaciones de entrada de datos y opciones, y está gobernado por un único microordenador bipolar en combinación con una memoria de instrucciones de acceso aleatorio MOS. El controlador incluye una memoria de carga de programas ROM que controla la transferencia del programa de disco flexible a la memoria RAM durante un proceso inicial de IPL (Initial Program Loading). El almacenamiento de los programas operacionales sobre discos flexibles dota al sistema de terminales de características de programabilidad que le confieren una gran flexibilidad para su adaptación a una gran variedad de aplicaciones. Entre las principales características se encuentran la entrada, actualización y verificación de datos; búsqueda de datos en el disco flexible, niveles de programas múltiples, concatenación de programas, guía de operadora, estadísticas de producción, autocomprobación de números totales de campo, control de un segundo disco flexible, una 2ª unidad de disco flexible, inicialización de disco, lectura del distintivo de identificación de operadora, conexión a impresora (30 caracteres por segundo, 200 líneas por minuto) y comunicación síncrona binaria a una velocidad de hasta 2400 Bd.



Sistema de entrada de datos ITT 3470.

Otros productos dentro de la familia ITT 3470, actualmente en desarrollo en ITTLS, incluyen versiones programables por el usuario (Modelos 3 y 4), una unidad de conversión de datos que permite la transferencia entre disco flexible y cinta, y dispositivos de comunicación a 9600 Bd.

Standard Eléctrica, S.A., España

### Sistema de radioestación relé de SEL para la región del Canal de Suez.

La Organización Egipcia de la Federación de Radiodifusión y Televisión, encargó a SEL un pedido de un sistema de radioestación relé de banda ancha MF 1800-TV/6200, para unir el centro de TV existente en Ismailía con los nuevos centros de transmisión de TV de Port Said y Suez. El sistema proporcionará una capacidad de transmisión de 2 canales de TV desde Ismailía a Port Said y a Suez, y 1 canal de TV desde Port Said y Suez a Ismailía. Junto con cada señal de video de color o de blanco y negro, se enviarán 4 canales de sonido (de 15 kHz cada uno). Además de los canales de radiofrecuencia de funcionamiento, se utilizará otro canal de radiofrecuencia de protección.

El sistema consta de 4 vanos con una estación repetidora en Kantara entre Port Said e Ismailía, y otra estación repetidora en Kabret entre Ismailía y Suez. Como podían esperarse difíciles condiciones de propagación en esta región, junto con la combinación de clima desértico y zonas de aguas quietas, SEL realizó un estudio como parte de las obligaciones del contrato.

Los resultados del estudio mostraron una gran correlación con los datos disponibles sobre las variaciones diarias medias de la refracción de la superficie en esta zona. Además, las reflexiones en los barcos que navegan por el Gran Lago Amargo antes de pasar a través del Canal de Suez eran claramente observados en los registros del nivel de entrada de los receptores.

Este estudio, de una duración de sólo dos meses, probó ya que en esta zona se producían cambios profundos en la refracción del aire (factor K), así como substanciales reflexiones y fadings por caminos múltiples. Como resultado de este estudio, se utilizará diversidad de espacio en el vano Port Said - Kantara en la zona del Delta, mientras que para el otro vano crítico, Ismailía - Kabret, que atraviesa el Gran Lago Amargo se realizarán nuevas medidas antes de tomar la decisión final.

A la vista de los medios de telecomunicación disponibles en Egipto y de la limitada disponibilidad de personal de mantenimiento, la organización Egipcia de la Federación de Radiodifusión y Televisión puso de relieve la importancia de un sistema fiable e hizo de ello una consideración fundamental.

En orden a asegurar la fiabilidad del sistema se convinieron las siguientes garantías contractuales:

- definición exacta del máximo número de unidades de diversos tipos de equipos cuyo fallo se permite durante un período de observación de 12 meses,
- disponibilidad del sistema completo, garantizada durante un período de observación de 12 meses,
- garantía de suministro de las piezas de repuesto necesarias para un período de funcionamiento de 5 años,
- 24 meses de garantía del equipo,
- garantía de 20.000 horas de los tubos de ondas progresivas.

Para este equipo de radioestación relé MF 1800-TV/6200, SEL suministrará el canal de servicio de banda base, la conmutación de protección 2 + 1, y el equipo de supervisión FMX 3 R, todos ellos construidos según la práctica de equipos vertical.

Este primer pedido procedente de un cliente egipcio, de equipos de radioestaciones relé de SEL, ha sido obtenido dentro de una fuerte competencia internacional. Como una característica a resaltar, el contrato pudo ser firmado en un plazo de dos meses a partir de la fecha de la oferta. El proyecto será ejecutado en 1977. Aun antes del comienzo del primer embarque, se están realizando negociaciones para ampliar el sistema con un canal de radiofrecuencia adicional, que se utilizaría para la transmisión de 1800 canales telefónicos, como refuerzo de un sistema de cable coaxial paralelo, ya planificado, de la administración egipcia (Areto).

Con la ejecución de este sistema se habrá realizado una importante contribución a la mejora de la red de telecomunicaciones egipcia.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal de Alemania.

# Contribuciones de ITT al VIII Congreso Internacional de Teletráfico

La participación de ITT en el VIII Congreso Internacional de Teletráfico consistió en 14 comunicaciones. El presente artículo resume estas comunicaciones y señala los principales logros obtenidos en planificación de redes, diseño de redes, estudio de sistemas SPC, teoría de colas y análisis de comportamiento de sistemas en presencia de fallos.

J. P. DARTOIS  
Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques, París, Francia

## Introducción

El congreso Internacional de Teletráfico (ITC) es considerado la máxima autoridad mundial en los problemas referentes a la aplicación de la teoría de probabilidades en la investigación, ingeniería y administración en materia de telecomunicaciones. Este Congreso ha venido celebrándose con éxito creciente cada tres años a partir de 1955, habiendo tenido lugar el último en Melbourne (Australia) desde el 10 al 17 de noviembre de 1976.

Este Congreso es la oportunidad para todos los participantes, Administraciones telefónicas, universidades, suministradores de equipos, etc., de presentar sus últimos resultados e intercambiar informaciones valiosas en el muy amplio campo de investigación conocido como Teletráfico. El propósito del VIII ITC, tal y como se definía en la carta circular de invitación de febrero de 1975, ponía de manifiesto la extensión e importancia de los temas a tratar, en la forma siguiente:

- Redes de conexión tanto de una como de varias etapas.
- Redes locales y de enlaces.
  - principios de encaminamiento
  - dimensionado
  - gestión de redes
  - sistemas por satélites
- Sistemas de control centralizado
- Sistemas de servicio manuales
- Nuevas técnicas de simulación
- Procedimientos de cálculo
- Medidas de tráfico
  - análisis
  - control administrativo
- Aspectos de la ingeniería de tráfico referentes a:
  - comportamiento de los abonados
  - fiabilidad de las redes de telecomunicación
  - evolución de las redes analógicas a digitales

- Equilibrio económico entre costes y servicio suministrado
- Planificación y previsión
- Criterios de servicio y dimensionado
- Problemas de tráfico en países en vías de desarrollo
- Problemas de tráfico con relación a comunicación de datos y redes de datos
- Otros aspectos teóricos y de ingeniería de las cuestiones planteadas al Grupo de Trabajo XIII/2 del CCITT.

ITT ha concedido siempre una gran importancia a estos Congresos, tanto por su contribución en términos de presentaciones técnicas, como por su participación en su organización. La tabla 1 muestra el éxito de Congresos anteriores y proporciona datos sobre las contribuciones de ITT en términos de número de artículos presentados, así como de autores.

Para el VIII Congreso de Melbourne, ITT presentó un total de 14 artículos. Uno de ellos, "Un tributo a E. P. G. Wright" por L. A. Gimpelson y J. Rice [1], se escribió a petición del Congreso como tributo a la memoria de E. P. G. Wright, a raíz de su muerte repentina en octubre de 1974, mientras colaboraba en la organización del VIII Congreso en la Casa de Australia en Londres. "E. P. G.", como familiarmente era conocido, estuvo presente en todos los Congresos, contribuyó mediante artículos en casi todos ellos, presidió numerosas sesiones y hasta su fallecimiento fue el representante del Reino Unido en el Comité Internacional Organizador del ITC.

La revisión de los artículos de ITT se concentra en 13 comunicaciones técnicas [2] . . . [14] e intenta presentar y resumir sus contenidos. Esta revisión está organizada según las distintas áreas de aplicación a que se refieren los artículos y comprende desde las más generales a las más específicas (no sigue el orden de presentación en el Congreso). Refleja los últimos estudios y resultados en las áreas de

Tabla 1 - Resumen de contribuciones de ITT a los ITC

Congreso	Países		Artículos		Contribuciones de ITT	
	Nº de delegados	Nº de países	Nº de artículos	Nº de países	Nº de artículos	Nº de autores
ITC 1 Copenhague junio 1955	69	13	26	8	3	5
ITC 2 La Haya julio 1958	93	15	31	11	6	7
ITC 3 París septiembre 1961	134	20	48	12	6	8
ITC 4 Londres julio 1964	179	22	60	11	8	12
ITC 5 Nueva York junio 1967	159	20	80	17	7	9
ITC 6 Munich septiembre 1970	310	30	108	19	7	9
ITC 7 Estocolmo junio 1973	328	30	130	20	9	16
ITC 8 Melbourne noviembre 1976	228	27	135	*	14	21

\* No disponible al escribir este artículo.

# Artículos de ITT presentados en el VIII Congreso Internacional de Teletráfico

Nota: Todos los artículos de esta lista están publicados en los Proceedings of the 8th International Teletraffic Congress

## General

- [1] Un tributo a E. P. G. Wright  
 L. A. Gimpelson ITT Europe Inc., Bruselas  
 J. Rice Standard Telecommunication Laboratories Limited, Harlow

## Tráfico en la red

- [2] Estudio con ordenador para la determinación de la estructura de la red argelina de larga distancia  
 P. A. Caballero Centro de Investigación y Desarrollo de Standard Eléctrica, S.A.  
 A. Belhadj Administration des Postes & Télécommunications, Argelia
- [3] Planificación con ordenador de redes telefónicas rurales  
 P. A. Caballero Centro de Investigación y Desarrollo de Standard Eléctrica, S.A.  
 J. Solé Standard Eléctrica, S.A., Madrid  
 K. M. Knutsen Standard Telefon og Kabelfabrik A/S, Oslo  
 I. Hansen Administración Noruega de Telecomunicaciones, Noruega  
(Investigación) Organismo de Investigación de TELEVERKET, Noruega

## Enlace entre redes y centrales

- [4] Diseño de redes de conmutación analógica y digital  
 G. Harland Standard Telephones and Cables Limited, Londres

## Sistemas de control por programa almacenado

- [5] Cálculos de tráfico en los sistemas controlados por programa almacenado  
 J. E. Villar Centro de Investigación y Desarrollo de Standard Eléctrica, S.A.
- [6] ENTRASIM, simulador del entorno de tráfico en tiempo real para sistemas de conmutación controlados por programa almacenado  
 M. Gruszecki Bell Telephone Manufacturing Company, Amberes
- [7] Simulación del control de los sistemas de conmutación SPC mediante un modelo de tipo subllamada  
 G. Dietrich Standard Elektrik Lorenz Aktiengesellschaft, Stuttgart  
 R. Salade Bell Telephone Manufacturing Company, Amberes
- [8] Estudio analítico de los efectos de realimentación sobre el tráfico de los procesadores en los sistemas de control por programa almacenado  
 R. B. Haugen Administración Noruega de Telecomunicaciones, Noruega  
(Investigación) Organismo de Investigación de TELEVERKET, Noruega  
 E. Jensen Centro de Investigación y Desarrollo de Standard Eléctrica, S.A.  
 M. Sánchez-Puga Centro de Investigación y Desarrollo de Standard Eléctrica, S.A.

## Teoría de colas

- [9] Distribución de tiempos de espera ante marcadores de órganos periféricos similares en un sistema controlado por programa almacenado  
 P. Gerrand Telecommunications Administration, Australia  
 A. Guerrero Centro de Investigación y Desarrollo de Standard Eléctrica, S.A.
- [10] Método de cálculo de la distribución del tiempo de espera para sistemas de mallas  
 M. Villen Centro de Investigación y Desarrollo de Standard Eléctrica, S.A.

## Calidad de servicio y fiabilidad

- [11] Influencia de algunos tipos de fallos sobre la calidad del tráfico cursado  
 F. Toledano Centro de Investigación y Desarrollo de Standard Eléctrica, S.A.  
 E. Jensen Centro de Investigación y Desarrollo de Standard Eléctrica, S.A.

## Otras contribuciones de ITT

- [12] Modelo de incertidumbre para el sistema M/M/1  
 M. Mizuki ITT-Federal Electric Corporation, Paramus, N. J.
- [13] Distribución de los tiempos de espera en los sistemas de mallas  
 R. B. Haugen Administración Noruega de Telecomunicaciones, Noruega  
(Investigación) Organismo de Investigación de TELEVERKET, Noruega  
 H. Oesterud Standard Telefon og Kabelfabrik A/S, Oslo
- [14] Fórmulas aproximadas para las esperas en el sistema de colas de espera GI/G/1  
 W. Kramer Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung, Alemania  
 M. Langenbach-Belz Standard Elektrik Lorenz Aktiengesellschaft, Stuttgart

planificación de redes, diseño de redes, investigación sobre el comportamiento de los sistemas SPC bajo el punto de vista de tráfico, teoría de colas y comportamiento de los sistemas bajo condiciones de fallo, y constituye una demostración de la amplitud y calidad del trabajo de ITT en Teletráfico para soportar sus productos de telecomunicación.

### Estudios de tráfico a nivel de una red telefónica

Dos artículos dentro de este área describen programas de ordenador diseñados con el fin de contribuir al desarrollo a largo plazo de los planes de una red telefónica. El primero [2] de P. A. Caballero y A. Belhadj cubre la planificación de un área nacional mientras que el segundo [3] de P. A. Caballero, J. Solé, K. M. Knutsen e I. Hansen se concentra en áreas rurales. Ambos artículos presentan métodos y procedimientos para resolver ciertos problemas específicos de la planificación de redes mediante la ayuda de programas de ordenador.

Caballero y Belhadj plantean la determinación de la estructura de la red de Argelia de larga distancia dentro de 15 años. Para ello, utilizan un programa de ordenador denominado "Optimización de redes telefónicas con estructura jerárquica" que determina y dimensiona una red optimizada en coste, utilizando como datos de entrada, la demanda de tráfico, la estructura de la red, el grado de servicio y los parámetros de coste. El programa se aplica de forma iterativa y lleva a cabo la determinación de la configuración de red más apropiada. Ciertos aspectos particulares de la estructura de la red argelina, así como de previsión obligan a realizar análisis de sensibilidad de coste y tráfico, de los cuales se obtienen conclusiones particulares.

El artículo de Caballero, Solé, Knutsen y Hansen describen un nuevo programa de ordenador desarrollado con el fin de optimizar las redes telefónicas rurales, así como su aplicación para un estudio de planificación real en Noruega. El problema de planificar un área rural constituye un problema bien delimitado que se caracteriza por la dispersión geográfica de los abonados en el área, la tasa de crecimiento de abonados, así como por los intereses de tráfico. Se utiliza con este fin un nuevo programa de ordenador que determina la situación de las centrales, su número óptimo, así como la asignación de los abonados a cada central; el algoritmo de optimización se basa en un proceso iterativo. Basándose en la experiencia obtenida a través de programas previos, se han abandonado los métodos combinatorios de optimización, debido a la baja eficiencia de este tipo de métodos cuando se aplican a redes complejas. El usuario, mediante un conjunto flexible de datos de entrada, puede controlar las condiciones restrictivas que han de imponerse a la solución de los problemas particulares. Desde el punto de vista del usuario, el hecho más destacado de este nuevo programa es su capacidad para considerar nuevos factores además de los que ya se tenían en cuenta en programas previos (demanda de abonados, funciones de coste, topología, etc.). Los nuevos factores son: comunidades de intereses, planta existente, utilización de centrales satélites y uso de sistemas de portadora, tanto en la planta de abonados como en la de enlaces.

Los artículos [2] y [3] muestran sólo una parte del consi-

derable esfuerzo que comenzó en el Centro de Investigación y Desarrollo de Standard Eléctrica, S.A. (ITTLS) hace algunos años y que se ha extendido a través de la cooperación con algunas Administraciones telefónicas.

### Un puente entre las redes telefónicas de centrales y las redes de conmutación en centrales

El artículo de G. Harland "Diseño de redes de conmutación analógica y digital" [4] establece un puente original entre las redes telefónicas de centrales y las redes de conmutación en las centrales; en otras palabras, el artículo obiene, a través de un análisis funcional de las disposiciones que en una red de conexión en una central pueden adoptar las mallas, propiedades generales que pueden extenderse para su aplicación al diseño de redes de multicentrales y en particular al caso de entornos de conmutación temporal y espacial.

G. Harland comienza su artículo identificando dos funciones de conmutación fundamentales que aparecen en la red de conexión en una central, las funciones de Selección de Línea y Selección de Grupo, poniendo de manifiesto que las características de bloqueo de las redes están influenciadas en mayor grado por la última y en mucha menor proporción por la primera.

Después de estudiar los efectos de interconexión de mallas sobre las características de bloques, establece que el modelo más conveniente para mejorar la eficiencia de la red completa de conmutación es la interconexión total en las etapas relativas a la selección de grupo, estableciendo de esta forma los principales factores que contribuyen en la obtención de ese nivel de eficiencia. El siguiente paso en la definición de una red de conmutación casi ideal, es la capacidad de crecimiento óptima de la función de selección de grupo, mediante la consideración de redes óptimas sin bloqueo.

En la segunda parte del artículo, se aplican los conceptos anteriormente definidos y sus propiedades al diseño de redes de conexión de centrales terminales, así como al de redes multi-centrales operando en un entorno analógico digital. Una disposición del sistema de mallas integrado, con conmutación espacial en las centrales terminales, conmutación temporal en las centrales de tránsito y enlaces de transición digital entre ambas, es propuesta y analizada a la luz de los resultados anteriores. Aunque se reconoce que se necesitan estudios posteriores para evaluar mejor las implicaciones económicas de la solución propuesta, el planteamiento escogido constituye un atractivo intento de establecer unas nuevas ideas sobre el complejo problema del diseño de redes de conmutación.

### Análisis de tráfico de las unidades de control en sistemas controlados por programa almacenado en memoria (SPC)

Los artículos de J. E. Villar [5], M. Gruszecki [6], G. Dietrich, R. Salade [7] y E. Jensen, R. B. Haugen y M. Sanchez-Puga [8], constituyen una muestra completa de los esfuerzos empleados en ITT para investigar el comportamiento de las unidades centrales de control en los sistemas de conmutación SPC.

La predicción del comportamiento de los sistemas SPC

bajo diferentes condiciones de tráfico y del sistema es uno de los mayores problemas que hoy en día tiene que resolver la ingeniería de tráfico. Los correspondientes estudios de tráfico tienen una variedad de objetivos:

- Soporte al diseño para establecer las estrategias más efectivas de tratamiento de llamadas.
- Determinación de las capacidades máximas de tratamiento de llamadas, teniendo en cuenta los diversos parámetros que describen las condiciones particulares de tráfico.
- Determinación de la capacidad del sistema respecto de los requisitos de grado y de calidad de servicio.
- Investigación del comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones de sobrecarga.
- Selección de las estrategias y mecanismos adecuados para el control de carga, etc.

La importancia, extensión y complejidad de analizar las tareas en la unidad de control de un sistema SPC ha motivado a los ingenieros de tráfico a la búsqueda de posibles soluciones. Los artículos de Gruszecki [6], Dietrich y Salade [7] y Haugen, Jensen y Sanchez-Puga [8] constituyen tres intentos que muestran las propuestas más características utilizadas hoy en día por ITT. El artículo de Villar [5] debe enmarcarse de modo diferente, dado que se escribió como respuesta a una invitación del ITC, lo que es un honor para el Sr. Villar y para la comunidad de tráfico de ITT, con el fin de presentar una revisión sobre los principales problemas de la ingeniería de tráfico en conexión con los problemas que se presentan en las unidades de control de los sistemas SPC, así como una revisión general de los métodos utilizados hasta ahora para atacar estos problemas. Debido a la naturaleza de este artículo, y al hecho de que será publicado en otro número de la revista, solamente los artículos anteriormente mencionados [6, 7 y 8] serán objeto de revisión.

M. Gruszecki [6] describe el "ENTRASIM", un simulador en tiempo real del entorno de tráfico, en los sistemas SPC. Este sistema, que fue inicialmente desarrollado en ITT con el fin de comprobar el software de los sistemas SPC, se extendió para poder simular las condiciones de tráfico en la central telefónica. Después de revisar brevemente la técnica de la simulación de entorno, se describe su ampliación a la simulación de tráfico, así como a la manera de reproducir el comportamiento del sistema bajo condiciones de carga.

Un hecho inherente al ENTRASIM que constituye una ventaja sobre las técnicas convencionales de simulación es que utiliza los procesadores del sistema SPC tal y como son, con lo que se evita su modelación. Solamente necesita modelarse el entorno de tráfico del sistema y éste se realiza utilizando el concepto de "llamadas-tipo" mediante el cual se describen todos los detalles de las secuencias de eventos, correlaciones y duraciones. Los procesos y métodos que se utilizan para generar el tráfico son similares a los que se utilizan en las simulaciones convencionales en tiempo real, por lo que todos los eventos de llamadas que aparecen en un modelo predeterminado de llamadas básicas se generan en línea mediante números aleatorios y de acuerdo con leyes de distribución conocidas. Estos mecanismos pueden utilizarse para estudiar una variedad de situaciones de tráfico que incluyen sobrecargas, así como picos cortos de

tráfico. Completa el simulador un extenso conjunto de programas de medidas que hace posible una investigación total del comportamiento del sistema bajo condiciones de carga. Los principales resultados estadísticos que se obtienen utilizando ENTRASIM, en algunas aplicaciones concretas, son:

- Número de llamadas ofrecidas, por tipo y dirección, así como su distribución según el grado de compleción.
- Duración de los tiempos de proceso (valores medios y distribuciones de probabilidad) para cada fase de la llamada (preselección, señalización, conversación, supervisión, etc.).
- Ocupación del procesador.
- Número de operaciones de ciertos órganos de acceso a la red, así como su ocupación y tiempos de ejecución (valores medios y distribución de estos valores).
- Ya para instrucciones de programa seleccionados, o para conjuntos de instrucciones, o para programas, el número de ejecuciones así como los tiempos de proceso y sus distribuciones.

Todos estos resultados contribuyen a un mejor conocimiento del comportamiento del sistema y son muy importantes a la hora de optimizar su estructura.

El objetivo del artículo de Dietrich y Salade [7] es presentar los resultados de varios años de experiencia práctica en la simulación de tráfico de tipo convencional de las unidades de control de los sistemas SPC, bajo la modalidad conocida como "modelo de simulación de sub-llamadas". El modelo se puede aplicar en condiciones estacionarias de tráfico en las que tanto para situaciones de carga nominal como de sobrecarga, las condiciones de tráfico en la central, así como en su entorno, se describen mediante un número de intentos de llamada y sus correspondientes distribuciones, con un proceso de entrada de Poisson que regula las apariciones de los intentos de llamada. La experiencia obtenida, así como las medidas realizadas en centrales reales han puesto de manifiesto que este conjunto de condiciones e hipótesis representan bastante bien a las centrales que operan en régimen permanente. Cada intento de llamada que llega al sistema, se subdivide en un conjunto de sub-llamadas, definiéndose una sub-llamada como un evento telefónico dependiente del abonado, que da lugar a un conjunto particular de actividades que debe realizar el sistema. Ejemplos de tales sub-llamadas son "preselección", "selección", "abonado llamado contesta", "cuelgue", etc.

Una comparación entre los valores de los tiempos de respuesta del sistema (que varían entre las decenas y centenas de milisegundos) con los intervalos de tiempo que separan las diferentes sub-llamadas correspondientes a un mismo intento (entre algunos segundos y algunas centenas de segundos), lleva a la primera simplificación básica del modelo, la cual establece que para el tipo de resultados que se espera obtener mediante la utilización del modelo, las correlaciones en tiempo entre las diversas sub-llamadas correspondientes a una llamada dada pueden despreciarse sin perder demasiada precisión. La segunda hipótesis, parcialmente cubierta por la primera, establece que se puede despreciar la correlación entre las fases de discado y de señalización de los intentos de llamada. Esto significa que el número de llamadas hechas a la unidad de control para lle-

var a cabo el tratamiento de intercambio de información de señalización entre centrales, no varía en correlación directa con el número de llamadas al control producidas anteriormente por las sub-llamadas de preselección, sino que varía independientemente, según una supuesta función de distribución con un valor medio predeterminado.

El modelo se justifica por su capacidad para resolver numerosos problemas de importancia, teniendo además sobre otras técnicas más complejas, las siguientes ventajas:

- Simplificación del programa de simulación (menor número de instrucciones y menor necesidad de memoria), así como un aumento de la eficiencia del programa que permite una reducción del coste de las ejecuciones.
- Flexibilidad del programa para introducir cambios.

Estas propiedades son de la máxima importancia dado que el programa se utiliza en la ingeniería de tráfico de clientes, en que se requiere una respuesta rápida así como una flexibilidad ante posibles cambios.

Las desventajas de estas simplificaciones aparecen fundamentalmente como restricciones en el área de aplicación, ya que existen problemas típicos como el dimensionado de memoria, la resistencia del sistema ante cortos picos de tráfico, estrategias para el control dinámico de la sobrecarga, etc., que no pueden investigarse correctamente mediante el uso de este modelo.

La segunda parte del artículo describe, mediante un ejemplo específico, como puede modelarse el sistema y en particular el control mediante programa almacenado y su paquete de software asociado. Se dan resultados numéricos que ponen de manifiesto el tipo de investigaciones que pueden llevarse a cabo utilizando este modelo, como por ejemplo:

- Determinación de la capacidad de tratamiento de llamadas así como de las correspondientes ocupaciones del procesador para distintos modos de operación del sistema con respecto al grado de servicio establecido.
- Distribución de la ocupación del procesador por función realizada, (comprobaciones previas relativas al sistema operativo, tratamiento del discado y señalización, transferencias permanentes de llamadas, comunicación entre procesadores, pruebas en línea) y/o por programa o conjuntos de programas.
- Distribución de los intervalos de tiempo que separan las ejecuciones consecutivas de ciertos programas.
- Ocupación, tiempo medio de espera y distribución de longitud de cola para determinados órganos de acceso a la red.
- Distribución del tono de marcaje y de espera en selección, etc.

Una tercera faceta de este conjunto de estudios referentes a las propiedades de tratamiento de tráfico de las unidades centrales de control en los sistemas SPC, aparece en el artículo de Haugen, Jensen y Sanchez-Puga [8], atacándose en este caso el problema mediante un método analítico basado en teoría de colas.

Una de las mayores dificultades que se presentan a la hora de analizar los problemas de colas que existen en un control centralizado mediante métodos analíticos es tener en cuenta las correlaciones o dependencias que existen entre las tareas asignadas a los distintos subsistemas de hardware y/o software. Estas correlaciones son, en especial,

importantes cuando se analiza la organización software y el trabajo del procesador en un sistema SPC.

En los sistemas jerárquicos de niveles de interrupción tal y como se utilizan en los procesadores actuales, existe un cierto número de colas asociadas a cada nivel y subnivel de interrupción, de forma que puedan esperar las tareas que no pueden ejecutarse de forma inmediata. Este sistema se activa mediante la llegada aleatoria de tareas generadas externamente, tales como un descuelgue, una nueva llamada en la línea entrante, etc.; la ejecución de estas tareas en el sistema puede a su vez dar lugar a una secuencia de tareas determinadas, denominada realimentación y que corresponde a la ejecución, posiblemente después de ciertas esperas, de las funciones de conmutación, tales como recepción, envío, medida, etc.

Con el fin de realizar una investigación matemática de las esperas en cada uno de los niveles de interrupción, se utiliza un modelo general de colas del sistema anteriormente descrito. Analizando las interdependencias entre los trabajos realizados en los distintos niveles de interrupción, se pone de manifiesto que la influencia que sobre un cierto nivel tienen los niveles de mayor prioridad, puede obtenerse a partir de un estudio sobre los períodos de ocupación en estos niveles así como del número correspondiente de realimentaciones. Con el fin de resolver este problema se utiliza un artificio que consiste en sustituir el sistema de múltiples colas por una única cola con propiedades equivalentes. Esta equivalencia se lleva a cabo considerando las llamadas "supertareas", un concepto muy similar al de sub-llamada, presentado en el artículo [7] y que se define como el conjunto de todas las tareas originadas por una tarea nueva durante un período de ocupación de cola de mayor prioridad.

El estudio matemático se desarrolla hasta llegar a la expresión de las relaciones íntegro-diferenciales entre las transformadas asociadas de Laplace-Stieltjes con las funciones de distribución de probabilidad consideradas. Este tratamiento general se aplica en el artículo al caso particular de un sistema con dos colas interdependientes que es servido por un único procesador, mostrándose en detalle cómo la distribución del período de ocupación de la cola de mayor prioridad (esta cola posiblemente sea una equivalente en el sentido mencionado antes), puede utilizarse para estudiar el comportamiento de la cola en el nivel más bajo de prioridad.

#### Aplicaciones específicas de las teorías de los sistemas de espera

P. Gerrand y A. Guerrero [9] y M. Villen [10] utilizan métodos analíticos basados en la teoría de sistemas de espera, para llevar a cabo investigaciones sobre dos problemas específicos en la ingeniería de tráfico:

- Cálculo de la distribución del tiempo de espera de las llamadas ante marcadores u órganos periféricos similares en un sistema SPC.
- Determinación de la distribución del tiempo de espera de las llamadas en un sistema de mallas con un número variable de etapas.

El conjunto de resultados obtenidos puede utilizarse para evaluar las esperas por tono y las esperas de selección,

tanto en términos de valores medios de espera como en distribuciones.

P. Gerrard, de la Australian Telecommunication Commission, estuvo dos años trabajando con el grupo de tráfico del Centro de Investigación y Desarrollo de Standard Eléctrica, S.A., en España (ITTLS); su artículo con A. Guerrero (ITTLS) [9] refleja parte del trabajo realizado durante ese período de tiempo. Este artículo explica las investigaciones llevadas a cabo sobre las distribuciones de los tiempos de espera frente a marcadores u otros órganos periféricos como explotadores, etc., que puedan operar en forma similar, para diferentes estrategias de diseño con respecto a la operación del marcador y del control.

En el artículo se consideran las tres estrategias siguientes:

- Interrupción directa. Cuando llega una llamada a la cola del control del marcador (MM) y la encuentra libre, tiene acceso inmediato al correspondiente programa MM y por lo tanto es tratada. Análogamente, una señal de fin de trabajo generada por el marcador, interrumpe inmediatamente la unidad de control y se procesa. Por consiguiente, el tiempo total de servicio para la llamada es aproximadamente igual al tiempo de ejecución del marcador.
- Muestreo periódico. Las señales de comienzo y final de trabajo se tratan solamente cuando se ejecuta el programa MM, supuesto que la ejecución de este programa es aproximadamente periódica; esta estrategia conduce a que los tiempos de servicio sean mayores que los tiempos de ejecución del marcador.
- Muestreo complejo. En este caso, la aparición del programa MM se regula mediante la superposición de dos procesos independientes; uno de ellos, el proceso periódico anteriormente descrito y el otro un proceso que depende de la cantidad total de tiempo de proceso disponible.

En cada caso se obtiene un modelo de colas utilizando simplificaciones adicionales que son comunes a cada una de las tres alternativas de diseño. Los principales parámetros estudiados son los tiempos de servicio, los tiempos en cola (es decir, esperas en la cola antes del servicio) y los tiempos totales de espera (definidos como la suma de los tiempos en cola más el tiempo de servicio), en términos de valores medios y en distribuciones de probabilidad.

Los resultados obtenidos para la estrategia de interrupción directa se pueden obtener a través de la conocida teoría de Cromelng-Pollaczek. Para el uso de muestreo periódico se necesitan nuevos desarrollos teóricos que se describen en el artículo. Para el caso de muestreo complejo, en el que no se encontró una solución analítica, se propone un programa de simulación de tráfico; este programa se diseñó de forma tal que pudiera utilizarse para comprobar el método analítico utilizado en el caso de estrategia de muestreo periódico.

El artículo finaliza con un análisis de los resultados numéricos obtenidos, bien por cálculo o por simulación, lo cual permite comparar el comportamiento de las tres estrategias de diseño.

El artículo de Villen [10] analiza el impacto que la red de conexión de una central tiene sobre las esperas que una llamada encuentra durante su establecimiento; obvia-

mente, el artículo se refiere a las conexiones establecidas de acuerdo con un proceso de selección mediante espera, es decir, una llamada que no encuentra un camino libre en el sistema de mallas hacia el grupo deseado de enlaces espera hasta que existe un camino disponible. La determinación de la distribución de espera resultante se efectúa en tres etapas:

- Análisis de los posibles estados de bloqueo del sistema de mallas y estimación de las correspondientes probabilidades de ocurrencia. Se han encontrado resultados numéricos mediante la metodología convencional de Jacobi.
- Estimación de las probabilidades condicionales de que una llamada espere más de un cierto tiempo, sabiendo que dicha llamada encontró un cierto estado de bloqueo en el sistema de mallas.
- Obtención de la distribución de tiempos de espera como la suma ponderada de las probabilidades condicionales anteriores, siendo los factores de peso los obtenidos en la primera etapa.

El interés principal de este método y su originalidad radican en la estimación de las probabilidades de espera realizada en la segunda etapa, dando lugar a los desarrollos analíticos; por una parte, se trata el caso en que la condición de bloqueo se produce por la ocupación simultánea de todas las mallas accesibles desde una cierta etapa, y por otra se cubre el caso en que la condición de bloqueo se produce por no existir camino libre entre las mallas libres de las distintas etapas.

El Sr. Villen aplica el método para calcular la distribución de tiempos de espera durante el proceso de preselección entrante para las conexiones establecidas a través de un sistema de mallas entre los enlaces entrantes y un grupo de receptores de enlace, considerando dos sistemas de mallas típicos en esta aplicación, con 3 y 4 etapas respectivamente.

El efecto de considerar diferentes rutas, como es frecuentemente el caso en la práctica con algunos conjuntos de receptores, cada uno con su correspondiente tratamiento de señalización, se analiza y constituye el tema para la expansión del método.

### Tráfico, fiabilidad, grado de servicio

Un artículo con una temática muy diferente a la de los demás es el presentado por F. Toledano y E. Jensen [11]. Se refiere al importante y fascinante aunque a veces extremadamente complejo problema de la influencia de los fallos en el grado de servicio. Cuando se analizan los posibles efectos que los fallos en el equipo tienen sobre el comportamiento del sistema, se pueden distinguir según la naturaleza del fallo, o la estrategia de mantenimiento, dos situaciones.

- Tan pronto como se detecta por vez primera un mal funcionamiento o un fallo en un órgano, se pone fuera de servicio cierta parte del equipo que contiene el órgano defectuoso. En este caso el impacto resultante sobre el servicio se obtiene por métodos convencionales de tráfico, sin más que aplicarlos a configuraciones irregulares del equipo.
- Un fallo, ya debido a su naturaleza transitoria o a que no

se sigue a partir de su reconocimiento una inmediata puesta fuera de servicio, puede causar una condición de mal funcionamiento, que conduce a un servicio incorrecto y a la consiguiente pérdida de llamadas.

Este segundo caso, que requiere para su estudio bajo el punto de vista de tráfico una modificación del proceso fundamental de tráfico, constituye la temática principal de las investigaciones mostradas en el artículo. Primeramente se estudia el caso de un grupo con accesibilidad completa operando como sistema de pérdida en el que los fallos se originan de acuerdo con unas supuestas leyes aleatorias y que producen como resultado un cambio en la distribución de los tiempos de ocupación correspondientes a los órganos de servicio en fallo. El modelo correspondiente se describe mediante ecuaciones de estado a partir de las cuales se obtienen los parámetros más característicos que determinan el comportamiento del sistema. Tales parámetros, de los cuales se dan resultados numéricos, son por ejemplo:

- Distribuciones de órganos ocupados en fallo y no fallo.
- Distribución del tráfico tanto servido como no por los órganos.
- Tráfico a niveles muertos equivalente.
- Eficiencia en el tratamiento del tráfico.

El modelo básico se amplía con el fin de cubrir los siguientes sistemas y situaciones:

- Casos en los que las variaciones de los tiempos de ejecución de los órganos en fallo dependen de la categoría de las llamadas.
- Sistemas de mallas que dan acceso a un grupo de enlaces que contienen enlaces en fallo, operándose el sistema completo según un sistema de pérdidas. Dentro de este caso se presta especial atención a los efectos de las estrategias de toma de enlaces, así como al problema de desbordamiento que se puede producir desde los grupos de enlaces en los que algunos de ellos se encuentran en fallo.

El artículo finaliza abriendo un nuevo campo de interés dentro del área de los métodos de prueba para la localización de fallos. Se propone un test de tipo  $\chi^2$  sobre los datos medidos a nivel del grupo de órganos seleccionados para la determinación, y posiblemente también la detección automática, de los órganos que potencialmente pueden encontrarse en situación de fallo.

La contribución de los Sres. Toledano y Jensen radica en el hecho de que constituye un avance muy positivo en un campo de investigación que es muy amplio y que hasta el presente ha estado inexplorado.

### Otros artículos con la participación de ITT

Personal de ITT aparece como autor o colaborador en otros tres artículos que pueden resumirse brevemente en la forma siguiente:

- El artículo del Sr. Mizuki [12], propone una nueva teoría matemática, basada en los llamados modelos de incertidumbre, para investigar las variaciones en el tamaño de una cola que posee un único servidor, como una secuencia dependiente del tiempo.
- El artículo de R. B. Haugen y H. Oesterud [13], que trata de métodos de cálculo aproximado para determinar

la distribución del tiempo de espera en un sistema de mallas.

- El artículo de W. Kramer y M. Langenbach-Belz [14], propone una fórmula aproximada muy simple, basándose en una aproximación mediante dos momentos para estimar el tiempo medio de espera y la probabilidad de espera en un sistema general de colas con un único servidor. Este artículo se basa en el trabajo realizado por los autores cuando trabajaban en el Instituto de Conmutación y Técnicas de Datos de la Universidad de Stuttgart. El Sr. Langenbach-Belz se encuentra actualmente en ITT Standard Elektrik Lorenz (Alemania).

### Conclusiones

El conjunto de artículos presentados muestra sólo una parte de la considerable cantidad de trabajo que se lleva a cabo en diversas compañías de ITT, así como en sus laboratorios. El interés que se ha prestado al VIII Congreso de Teletráfico dentro de la comunidad de tráfico en ITT queda claramente demostrado cuando se considera:

- El alto nivel técnico del trabajo presentado.
- La extensión con la que se han cubierto las diferentes áreas en las presentaciones.
- El grado de participación de ITT; cinco compañías de producción - Standard Eléctrica, S.A. (España), Standard Telephones and Cables Limited (Reino Unido), Bell Telephone Manufacturing Company (Bélgica), Standard Elektrik Lorenz (Alemania) y Standard Telefon og Kabelfabrik A/S (Noruega) y tres laboratorios: Standard Telecommunication Laboratories Limited (Reino Unido), ITT Federal Electric Corporation (USA) y el Centro de Investigación y Desarrollo de Standard Eléctrica, S.A. (España), así como la Oficina Central de ITT Europa (Bélgica), han estado representadas mediante este grupo de artículos.

ITT se siente orgullosa de que el IX Congreso de Teletráfico tenga lugar en España, durante 1979, bajo el patrocinio de la Compañía Telefónica Nacional de España y de la industria de telecomunicación española, que incluye a Standard Eléctrica, S.A., que es la compañía mayor y más importante en materia de telecomunicaciones, así como su Centro de Investigación y Desarrollo en el que ITT posee el mayor grupo de tráfico.

Como conclusión, se pueden anticipar los principales temas de las contribuciones al próximo Congreso, a la vista de lo que se ha presentado durante el VIII Congreso.

- Soporte en ingeniería de tráfico a las administraciones telefónicas. En el área de planificación de redes y previsión, los métodos y técnicas que se han descrito en los artículos [2] y [3] tendrán que adaptarse con el fin de reflejar la introducción progresiva de equipo digital así como a las redes analógicas digitales.
- Soporte al diseño y desarrollo de los nuevos sistemas SPC. En especial, en el área de las investigaciones sobre el control centralizado, los tipos de estudios presentados en artículos como [5], [6], [7] y [8] tendrán que ser considerablemente ampliados y modificados para una mejor adaptación a la evolución técnica. En especial, la introducción de mini- o microprocesadores en estructuras de control distribuido forzará probablemente la con-

sideración de los problemas a un nivel total de sistema en lugar de mirar sólo a la unidad central de control.

- Definición, evaluación y medidas del comportamiento del sistema. En este área representada por el artículo [11] se puede expresar al menos un deseo y es que los ingenieros de tráfico por una parte y los de fiabilidad y mantenimiento por otra refuercen su cooperación con los de operación para una mejor definición y evaluación del servicio prestado por los sistemas tal y como puede medirse y observarse por los usuarios del equipo. Se espera que este importante problema sea un tema al que se le dé debida atención y se le presten los esfuerzos que merece.
- Nuevos campos de interés en teletráfico. El interés en teletráfico no puede restringirse solamente a la conmutación telefónica como ha ocurrido durante las últimas décadas. La conmutación de datos, conmutación de telex, el diseño y desarrollo de sistemas de conmutación analógica digital necesitarán ciertamente de nuevos estudios en el área de teletráfico y constituirá una ampliación importante de su área de aplicación.

## Nuevas realizaciones

### Producción del miniswitch METABAR número 100.000 en la planta Massy.

El lunes 30 de agosto de 1976, el miniswitch METABAR\* número 100.000 fue montado en la planta de Massy. Después de haberle montado, el personal de taller lo presentó a Mr. Laleu, director de fabricación, en el curso de una corta ceremonia informal.

Los primeros miniconmutadores fabricados en cadena, fueron producidos por este taller, situado en la calle Vaugirard, en 1970.

La planta de Massy es responsable desde esta fecha de la fabricación completa: fabricación de las piezas componentes, coste, moldeo y montaje.

Para 1977 está programada una fabricación de unas 70.000 unidades, es decir, 1000 unidades a la semana al comienzo del año, elevándose a 2000 unidades a la semana a finales de año.

La fabricación está organizada en unidades de trabajo. La última de las unidades de trabajo consta de grupos de 4 operarios, responsables del montaje de los miniswitches a partir de las piezas componentes limpias y reunidas en sub-unidades. Los operarios son también responsables de la calidad y de la producción. Por consiguiente realizan todas las operaciones de montaje, inspección y comprobación previstas para la gama de producción y se reparten el trabajo entre ellos mismos.

La producción semanal completa se almacena. Al final de la semana el Servicio de Control de Calidad toma muestras que son sometidas a severos controles, incluyendo medidas de la resistencia de contacto antes y después de las pruebas de vida sobre 700.000 operaciones. La partida sólo se entrega tras el examen de los resultados, es decir a las dos semanas.

Cuando se descubre un error, la partida es rechazada, y el grupo realiza todo el trabajo de nuevo y toma las acciones necesarias para la corrección de los errores.

\* Marca registrada del sistema ITT

## Agradecimiento

ITT agradece a la "Administración de Telecomunicaciones de Argelia", así como a la "Administración de Telecomunicaciones Noruega" su permiso para presentar estas aplicaciones de la investigación teórica y métodos de desarrollo a problemas concretos, que ponen de manifiesto la validez y aplicación de estas técnicas.

J. P. Dartois nació en Francia en 1940. Después de lograr su licenciatura en Ciencias en la Universidad de París, ingresó en CGCT en 1966, y fue temporalmente asignado al grupo de investigación de tráfico, primero en ITTL en Madrid y posteriormente en LCT (París).

En enero de 1969 pasó a formar parte del grupo encargado del desarrollo del sistema METACONTA\* L como responsable de los estudios de tráfico y de los métodos de ingeniería de clientes. Su contribución principal al desarrollo del METACONTA L en CGCT fue el diseño y desarrollo de las redes de conmutación.

El Sr. Dartois fue, durante dos años hasta fines de 1976, coordinador del grupo encargado de los problemas de teletráfico en ITT. Actualmente es jefe de la división de Ingeniería de Clientes en la línea de productos de conmutación en CGCT.

\* Marca registrada del sistema ITT

Se confecciona una gráfica de producción y de calidad para cada grupo de trabajo.

Esta organización, que puede asociarse con la búsqueda del enriquecimiento del trabajo, motiva al personal hacia la calidad del producto. En la etapa de crecimiento de la producción prevista durante 1977, permitirá la rápida localización de defectos y de las razones de una degradación de la calidad, cualquiera que sea el volumen de producción del taller.

Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques, Francia

### Un ordenador que elimina las guías.

Un sistema de ordenador que elimina la necesidad de utilizar guías al operador de interceptación de una central telefónica está siendo comercializado en la actualidad por STC.

Actualmente, las llamadas telefónicas a números desconectados o que no funcionan son dirigidas al operador de interceptación que busca información relacionada con ese número en una guía. Con este nuevo sistema, conocido como DAIS (sistema de interceptación de acceso directo), el operador, utilizando un teclado, teclea el número correspondiente y al funcionar una tecla obtiene sobre una pantalla el estado de ese número junto con información complementaria.

El sistema DAIS puede proporcionar a los usuarios un ahorro sustancial al eliminar las guías de papel y reducir en gran medida el tiempo de trabajo. El sistema proporciona también información a las compañías telefónicas en relación con la reasignación de números, y la base de datos puede utilizarse para comprobaciones de fraudes y facturación de servicio de guía. El sistema DAIS puede también generar informes que proporcionan información para mejorar las características de tráfico.

Standard Telephones and Cables Limited, Reino Unido

# Métodos de estudios económicos para la introducción de sistemas MIC de conmutación y transmisión integradas en redes telefónicas

Se han desarrollado métodos muy potentes para la investigación económica de las redes digitales integradas, las cuales conllevan la definición de modelos analíticos de la red. Las cargas anuales para la introducción del MIC en redes existentes se calcula mediante programas de ordenador. Estos métodos se aplican también a las redes analógicas convencionales que constituyen una base de referencia para este estudio.

J. H. DEJEAN  
G. ROBIN

Laboratoire Central de Télécommunications, Vélizy, Francia

## Introducción

En la actualidad se vienen introduciendo en las redes telefónicas sistemas de conmutación y de transmisión digital. La larga vida del equipo existente representa una gran inversión de capital que hará inevitable la coexistencia durante algunas décadas de las plantas analógica y digital [1]. Se ha demostrado que si el equipo de conmutación y de transmisión digital se instalara en un entorno completamente digital, sería más económico que su instalación sobre uno analógico. Sin embargo, la introducción de la conmutación digital en una red analógica existente, lleva consigo que los elementos digitales tengan que soportar el coste del equipo de interconexión que realiza la conversión entre las señales analógicas y digitales; dado que este equipo representa un elemento importante del coste de la red, se necesita planificar cuidadosamente la transición.

Existen razones por las que se realizan estudios económicos en ITT; entre ellas, citamos las siguientes:

- Conocer los parámetros críticos que influyen en la economía de los sistemas telefónicos con el fin de establecer normas de introducción del MIC en la red.
- Seleccionar la mejor configuración de la red MIC con relación al entorno existente, así como establecer principios que regulen la conexión entre las redes analógica y MIC.
- Especificar las características deseables de los sistemas de conmutación y de transmisión MIC con el fin de alcanzar el mejor compromiso en cuanto a sus aspectos técnicos y económicos sobre una gama amplia de aplicaciones.

Estos estudios son de interés tanto para los que diseñan un sistema telefónico como para las Administraciones. Los métodos que se describen en este artículo se desarrollaron inicialmente para uso interno en ITT, pero algunas Administraciones encontraron suficientemente interesantes los resultados como para pedir nuevas aplicaciones a sus redes respectivas. En tanto se realicen nuevas aplicaciones, mayores refinamientos se irán introduciendo, y estos métodos llegarán en su día a formar parte de los programas desarrollados por ITT para la planificación de redes [2].

Tabla de abreviaturas

GSU	- Unidad de conmutación de grupo
IST	- Conmutación y transmisión integradas
MIC	- Modulación por impulsos codificados
SPC	- Control por programa almacenado
SSU	- Unidad de conmutación de abonados

## Principios generales

Este estudio se basa en una comparación de costes entre una red analógica SPC y varias soluciones para una red digital integrada ya que, tanto para el usuario como para el diseñador de un sistema telefónico, es del mayor interés efectuar esta comparación. Como base de todas las comparaciones se utilizó un sistema común de referencia, el METACONTA\*10C, que es un sistema de conmutación controlado por programa almacenado en memoria; dado que los sistemas digitales considerados están controlados por programa almacenado, los aspectos de control y de operación no distorsionan las comparaciones entre las técnicas digitales y analógicas; más aún, como el sistema METACONTA 10C está suficientemente probado, ya que existen más de 400.000 líneas en servicio, se posee una información de coste fiable.

Dado que en la comparación se utilizan costes relativos en lugar de absolutos, se pueden despreciar algunos factores de coste que serían difíciles de estimar, pero de los cuales se sabe que serían similares para ambos tipos de redes; esto es lo que sucede cuando se introduce el nuevo sistema ya que la extensión de las centrales existentes, que tienen prevista una extensión de su capacidad, se realizará muy probablemente siguiendo su técnica original dado que es la solución más barata, y ya que estas extensiones son las mismas tanto en el caso de 10C como en el de MIC no se necesitará establecer el coste de operación de ambas redes ya que ambas utilizan un control por ordenador. Esta posibilidad de ignorar los costes que se mantienen iguales en el sistema bajo estudio y en el de referencia se tendrá en cuenta a la hora de expresar los resultados como porcentajes del coste total de la red; obviamente, tiene el efecto de realzar las diferencias en los porcentajes.

Asimismo es obvio que tanto la red de referencia como la red integrada deben suministrar al usuario la misma calidad de servicio, que normalmente se llama grado de servicio y refleja las reglas de dimensionado utilizadas en la planificación de la red para las capacidades exactas de tráfico, teniendo en cuenta tanto las condiciones de operación normal como las de fallo tal y como se definen por los requisitos de eficiencia del sistema.

Cuando las redes tienen estructuras distintas, su comportamiento no será el mismo en caso de fallo o de sobrecarga; un caso obvio es cuando se usa control remoto, ya que en caso de fallo de transmisión la unidad remota no podría dar servicio; por el contrario, una unidad autónoma

\* Marca registrada del sistema ITT

podría mantener el servicio local y solamente se verían interrumpidas las comunicaciones entrantes o salientes.

Cuando se planifica la introducción de un nuevo sistema, debe asegurarse, con el fin de conseguir la aceptación del usuario, que su comportamiento global sea tan bueno como aquel del equipo al que reemplaza. Para conseguir este requisito de fiabilidad, puede ocurrir que se tenga que introducir redundancia en la red, como por ejemplo, proveer dos caminos de transmisión para el control de la unidad remota. Este sobredimensionado no debería ser tal que diera lugar a un mejor grado de servicio que el conseguido en la red de referencia, ya que entonces el coste extra que esto supondría, distorsionaría la comparación económica.

Es también cierto que en una red se puede sustituir una función por otra; por ejemplo, si se introduce conmutación tándem, se reducen los costes de transmisión, ya que se utilizan con más eficacia los circuitos a expensas de los costes de conmutación. Por consiguiente, la comparación entre los costes de conmutación, transmisión y cables debe hacerse sobre la misma base. En este proyecto, todos los costes se expresan en términos de Precios de Venta Hipotéticos de equipo instalado que reflejan el precio que un cliente pagaría por el equipo; incluye, además de los costes de producción, los de ingeniería, envío, embalaje, instalación y repuestos, multiplicados por un factor de recargo para los gastos de comercialización y margen de beneficio. Todos los costes que se utilizan en este proyecto, han sido suministrados por la misma compañía de ITT, con el fin de evitar diferencias debidas a variaciones nacionales en lo que se refiere a costes de la mano de obra, gastos generales, tasas, etc.

El coste del equipo no es el único factor que influye en la elección de un equipo. Dado que los distintos sistemas ocupan diferentes espacios, se necesita incluir en el estudio el coste del terreno y el de los edificios. Los gastos periódicos a través de la vida del sistema han de tomarse en cuenta, ya que el coste de la energía y del mantenimiento pueden diferir de un sistema a otro.

Dado que el período de transición para ambos casos, digital y analógico durará más de veinte años, se necesita usar un procedimiento contable que refleje cuando se realizan los gastos durante el período de estudio; para ello se utiliza el conocido método del valor presente de las cargas anuales. Para cada año de estudio, se calcula la carga anual que incluye la depreciación del equipo instalado, las cargas financieras para reunir el capital necesario, y los gastos de operación (mantenimiento, consumo de potencia, etc.). Estas cargas, se van entonces descontando en una proporción acordada desde el punto de comienzo del estudio (año cero). Para cada pieza del equipo, se especifica la duración de vida esperada así como su valor residual.

Es evidente que los precios del equipo no permanecerán estables durante el período de estudio, por lo que sus variaciones deben de tenerse en cuenta e incluirse en el estudio. El efecto de la inflación, que en particular es difícil de predecir, puede desestimarse suponiendo inflación cero y estableciendo la tasa de interés a un valor bajo correspondiente.

Es del mayor interés considerar los cambios tecnológicos ya que sus efectos alterarán el balance de costes, dado

que los distintos componentes tendrán unas historias de coste muy diferentes dependiendo del contenido de mano de obra y materiales, en especial cuando los circuitos integrados a gran escala reemplacen a los componentes electromecánicos. Por lo tanto, la situación competitiva de los distintos sistemas no permanecerá inalterable a lo largo del mismo período de estudio. Para resolver este problema, se ha clasificado todo el equipo de acuerdo con su contenido tecnológico, y para cada categoría, se han obtenido a través de previsiones tecnológicas, las tendencias de coste anuales.

Más aún, el progreso tecnológico tiene efectos secundarios sobre los gastos derivados de los requisitos de espacio, consumo de potencia, y mantenimiento, que por lo tanto deben también tenerse en cuenta como más adelante se explicará.

Ya que la previsión de costes es un tanto especulativa, se necesitan realizar estudios de sensibilidad con el fin de analizar dentro de qué margen de previsiones de costes, las conclusiones pueden ser válidas. Por consiguiente, los factores de tendencia de costes se incorporan como datos de entrada para que de esta manera puedan modificarse fácilmente. Con el fin de interpretar los resultados de los estudios, es útil tener una distribución de los gastos de acuerdo con la función de cada unidad en la red. Las principales funciones a considerar son: concentración de abonados, encaminamiento (conmutación de grupo), transmisión, señalización, control y dispositivo de modulación (conversión analógica-digital). Estas funciones pueden organizarse según los distintos niveles de jerarquía de la red tales como concentradores de abonados, centrales locales y centrales tándem o de acceso a interurbano.

Para cada función y nivel, se define una clase de equipo y se calcula el coste de la red para cada clase. De esta manera, se adopta el punto de vista de una Administración ya que la comparación de la red digital con la solución analógica de referencia incluye todos los elementos de coste que pueden diferir en el equipo, edificios y cargas periódicas. Se presentan resultados de cash-flow así como valor presente de cargas, ya que ambos puntos de vista son de interés para la Administración. Es necesario recordar aquí que los resultados no representan el coste total de una red ya que tanto la planta de abonado como los gastos de operación se han omitido debido a las razones apuntadas anteriormente.

### Modelo analítico y estudios reales

Los resultados de un estudio económico sobre una red, se ven influenciados por un gran número de variables tales como:

- tamaño de la red,
- configuración de la red existente,
- tasa de crecimiento de la demanda de abonado y tráfico,
- reglas para la introducción del nuevo sistema,
- configuración de la red IST,
- interconexión de las redes analógicas e IST,
- características del sistema de conmutación bajo consideración.

Con solo pensar en unos pocos casos para cada una de las variables, el número de combinaciones que se presentarían sería muy grande, por lo que si hay que realizar un estudio detallado de cada caso el trabajo sería enorme. Los

métodos que se utilizan tienen como objetivo reducir el número de soluciones alternativas mediante eliminación sucesiva hasta que el problema alcanza unos límites en los que pueden realizarse estudios detallados.

La primera fase del proceso de filtraje se realiza mediante modelos analíticos. Un modelo analítico es una representación simplificada de la red real de tal forma que los parámetros que los definen se aproximan a los de la red real; es muy apropiado para seleccionar configuraciones o planes de transición, pero solamente suministra una visión macroscópica de la red [3, 4].

En una segunda fase, las soluciones seleccionadas se estudian en mayor detalle utilizando datos reales con el fin de confirmar el modelo analítico; además, los datos de la red pueden mostrar el efecto de situaciones locales o no frecuentes que se producen en la práctica.

Modelos analíticos

El más sencillo de todos los modelos supone una densidad homogénea de abonados sobre toda una área regional y una distribución uniforme de tráfico entre todos los abonados. Al considerar varias redes regionales se encontró que normalmente están constituidas por una ciudad principal con una alta densidad de población y un centro comercial rodeado de zonas suburbanas menos densas o por distritos rurales [5].

El modelo analítico utilizado en nuestros estudios consistió en dos áreas circulares concéntricas:

- Zona 1, el centro, tiene un área  $S_1$  y una población  $P_1$ .
- Zona 2, la periferia, tiene un área  $S_2$  y una población  $P_2$ .

Estos parámetros definen densidades medias sobre las zonas 1 y 2 y de aquí el nombre de "modelo de dos densidades". Una investigación sobre las redes existentes demuestra que el número de abonados conectados a un centro es una función creciente de la densidad de abonados y que el tráfico por abonado es una función creciente de la densidad de abonados ya que dicho tráfico es siempre mayor en las áreas comerciales y densamente pobladas que en las residenciales y rurales. Mas aún, se sabe que las expresiones de tipo exponencial son muy apropiadas para ajustar las distribuciones reales de tráfico en función de la densidad.

En una red digital integrada es muy práctico separar geográficamente las funciones de concentración de tráfico y encaminamiento, debido a que el tráfico concentrado puede encaminarse sobre enlaces múltiplex [3]. Por consiguiente, la configuración de la red básica es como sigue: (Fig. 1)

- El tráfico de abonados se concentra mediante unidades (SSU) que se encuentran en un centro (donde las centrales analógicas de los tipos existentes se han instalado ya). De esa forma, la planta de abonado, que representa una de las partes más importantes de la inversión en red y que normalmente está abastecida para bastantes años de crecimiento, no cambia y como consecuencia no se necesita considerarla.
- Las unidades de conmutación de abonados (SSU) se conectan por enlaces MIC a las unidades de grupo (GSU) las cuales llevan a cabo el encaminamiento de tráfico. Dependiendo de la densidad de abonados y de los flujos de tráfico, los GSU pueden interconectarse completa-

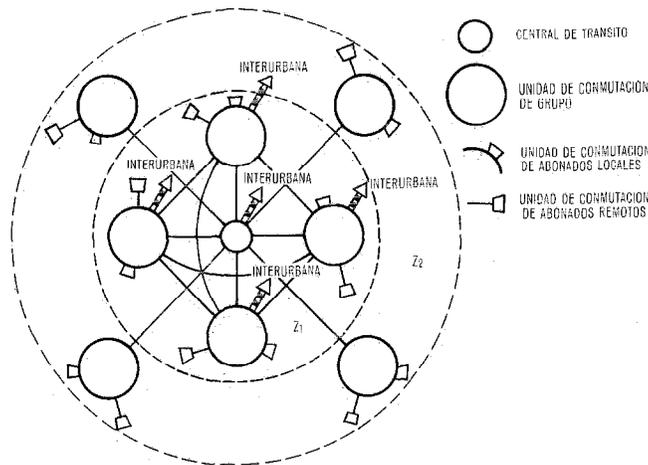


Fig. 1 Configuración general de la red MIC de conmutación y transmisión integrada (IST) mediante el modelo de dos densidades.

$Z_1$  - zona urbana  
 $Z_2$  - zonas suburbana y rural

mente (en malla) o encaminarse a través de un nivel mayor en la jerarquía (tándem local).

- Existen diversas posibilidades para conectar esta red digital a la red analógica, en particular, por interconexión completa de ambos tipos de centrales, por utilización de centrales tándem especializadas o por una solución intermedia [5] donde las centrales nodales tengan combinadas funciones de local y tándem.

Las alternativas incluyendo el valor de los parámetros que definen las reglas de encaminamiento, conducen a un gran número de configuraciones que han de investigarse.

Este modelo puede usarse para estudios estáticos, por ejemplo, describir el estado de la red en un instante dado, o para cálculo dinámico del valor presente de las cargas anuales haciendo que cada densidad varíe con el tiempo. Para estas aplicaciones pueden utilizarse crecimientos exponenciales o curvas logísticas. Resultados para ambos tipos de estudios (estáticos y dinámicos), pueden encontrarse en la Ref. [5].

También es posible utilizar datos reales para describir el crecimiento de la red y de los flujos de tráfico; este tipo de modelo se encuentra a mitad de camino entre la descripción puramente analítica del área y la descripción detallada de un estudio sobre un lugar real, y es muy útil para calibrar los resultados proporcionados por el modelo frente a los del caso real.

Datos del caso real

Los estudios sobre un caso real requieren una cantidad considerable de trabajo para cada red. Se han de recoger los siguientes datos:

- Mapas de la región completa y mapas detallados de la zona densamente poblada.
- Estructura presente de la red: localización y función de las centrales, límites del área de servicio, diagramas de enlaces.
- Estadísticas de la población: pasado, presente y previsión a 20 años.
- Planta existente: centrales (sistema, edad, capacidad), edificios (capacidad, ocupación), rutas de transmisión

(tamaño de cables y canalización y ocupación, equipo de transmisión).

- Flujos de tráfico: matriz de tráfico, intensidad de tráfico y distribución de llamadas.
- Previsiones de crecimiento: número de abonados y tráfico.

A partir de estos datos se puede proyectar el aumento de líneas, así como el reemplazamiento de equipos y los flujos de tráfico; si los datos de previsión son incompletos, se pueden utilizar los datos del censo y proyecciones para cubrir los datos que falten.

La diferencia más importante entre los resultados obtenidos mediante modelos analíticos y lugares reales radica en la cantidad de información local detallada. El estudio tomando un lugar real tiene en cuenta el verdadero número de líneas y tráfico de cada central, y suministra la ubicación de cada pieza del equipo, cable, edificio y central que se necesita para satisfacer la demanda. Por el contrario, el modelo analítico considera sólo tamaños medios de centrales y rutas, y calcula la cantidad total de equipo que se necesita, suponiendo una distribución homogénea, sin tener en cuenta su distribución real en el lugar. La visión macroscópica que proporcionan los modelos analíticos sobre la red es muy útil para interpretar el efecto de las distintas configuraciones o planes de transición y seleccionar las combinaciones más interesantes, pero no puede sustituir el profundo nivel de conocimiento que puede obtenerse a través de un estudio detallado.

**La estructura de coste de los sistemas**

Para estimar el coste de una red se han utilizado dos procedimientos:

El método detallado de coste utiliza las fórmulas de dimensionado para calcular el número de unidades físicas de cada tipo que se necesitan en cada punto de la red para satisfacer la demanda. Posteriormente, un programa de ordenador utiliza la lista de todas las unidades con el fin de calcular el coste.

El método detallado es muy seguro dado que toma en cuenta la modularidad del sistema, pero su principal inconveniente es que para cada sistema es necesario escribir el programa de dimensionado; además, se necesita modificarlo cada vez que se producen cambios en el sistema.

En el método de coste lineal se tiene en cuenta que el coste de la red depende solamente de un pequeño número de variables; más aún, el coste puede aproximarse por una relación lineal que comprende unos términos fijos  $A_0$ , y unos términos lineales que son función de cantidades tales como el número de líneas, canales, etc.

$$A = A_{01} + A_{02} + \dots + A_{0n} + A_1Q_1 + A_2Q_2 + \dots + A_nQ_n.$$

La razón para ello es que los saltos en coste debidos a la modularidad del hardware, desaparecen cuando se calcula el coste de una red que consta de un gran número de unidades. Debe tenerse en cuenta que el término constante no representa el coste del primer método sino que corresponde a la intersección con el eje de ordenadas de la recta que mejor se aproxima al coste real, como puede verse en la figura 2.

Se han experimentado ambos métodos y los resultados obtenidos son muy similares por lo que sólo el método de coste lineal será utilizado en el futuro dado que posee las ventajas adicionales de no tener que realizar nuevos programas y consumir menor tiempo de ordenador.

Los términos  $A_{0i}$  y  $A_i$  corresponden a los costes de los llamados "Parámetros económicos" tales como:

- Para una red de conexión: entradas fijas (líneas o enlaces)
- Para una unidad de control: Parte fija independiente del tráfico que incluye la memoria básica, los periféricos y el distribuidor principal del ordenador.

La estructura de coste con Parámetros Económicos se establece a partir de las reglas de dimensionado del sistema y de los costes de las unidades físicas y no necesita programarse. Con el fin de tener en cuenta las tendencias de coste, se divide el coste de cada parámetro económico en categorías tales como lógica lenta o rápida, memoria, instalación, ingeniería, con lo que se puede aplicar a cada una de ellas su correspondiente tendencia. El número de Parámetros Económicos definidos de esta forma es mucho menor que el de unidades físicas que constituyen el sistema. Además de su coste, cada Parámetro Económico posee los cuatro atributos siguientes:

- Consumo de potencia que permite dimensionar la planta de potencia (coste del capital) y calcular el consumo de energía anual (gasto periódico).
- Requisitos de espacio, que permite el dimensionado de los edificios.
- Tasa de fallos para calcular los costes de mantenimiento.

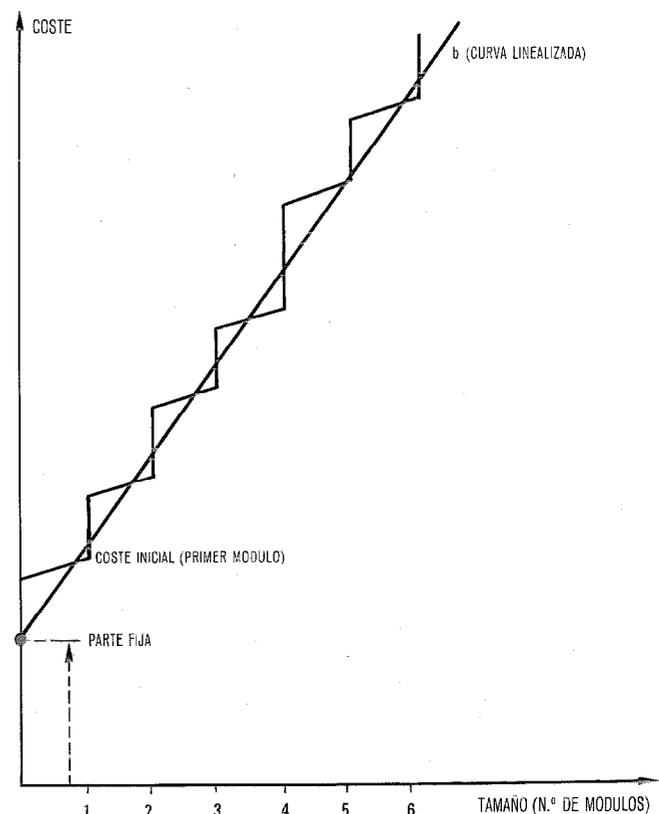


Fig. 2 Curva de coste linealizada.

## Introducción de sistemas MIC

- Duración de vida que se necesita para estimar los reemplazamientos del equipo no utilizado.

### Dimensionado de la red

La demanda de red ha de expresarse en términos de parámetros económicos, tales como número de unidades de conmutación, número de líneas, enlaces, número de llamadas para procesar, etc. Todo ello es realizado por el planificador, partiendo de los datos de entrada y crecimiento previstos. Utilizando el sentido común, su experiencia en planificación y las reglas sobre configuración de redes obtenidas a partir de la evaluación de casos sencillos, dimensiona la red; es en esta etapa cuando los requisitos de grado de servicio y fiabilidad deben incorporarse.

Como resultado se obtiene una lista de valores de los parámetros económicos para cada localización y año de estudio, que se denomina "lista de necesidades de la red" y representa la cantidad mínima de equipo que ha de suministrarse.

Posteriormente, el planificador decide la cantidad de equipo que será instalado, teniendo en cuenta que el equipo puede instalarse solamente en intervalos especificados de previsión. Esto se denomina "recursos de la red". Obviamente los recursos deben superar a las necesidades, pero la cantidad de equipo sobrante debe minimizarse para mantener la economía de la red.

Las plantas de fuerza y los edificios se dimensionan de la misma forma, siendo los atributos de los parámetros económicos quienes dictan las necesidades. Los costes de mantenimiento se basan en la operación de una central de 200.000 líneas. Incluyen un coste fijo que cubre dos técnicos durante las 24 horas para atender alarmas urgentes, más un coste variable para el personal de día necesario para mantenimiento preventivo y alarmas no urgentes. Este último coste y el del equipo de reparaciones está relacionado con la tasa de fallos esperada del sistema de parámetros económicos.

Resumiendo, la red se describe en términos de parámetros económicos. Los parámetros económicos referentes a cada equipo lleva cinco atributos: su coste, consumo de potencia, espacio requerido, número de fallos por año y duración de vida. Las tendencias se definen para cada uno de los cuatro primeros atributos; además debe definirse el coste de los siguientes indicadores económicos secundarios: coste del espacio edificable ( $m^2$ ) con el terreno incluido, coste de la energía (kWh) y coste de reparación de faltas.

### Programas de ordenador

Estos cálculos no podrían llevarse a cabo sin la ayuda de ordenadores, debido a la gran cantidad de datos que deben tratarse.

Los programas utilizados no llevan a cabo una optimización, sino que las decisiones respecto de la configuración de la red, así como la manera de satisfacer la demanda, especialmente en el caso de estudios sobre lugares reales, se realizan por el planificador. De esta forma es posible introducir criterios no económicos en el proceso de planificación. Aunque debe reconocerse que el criterio de minimizar las cargas anuales (o de inversión de capital) es el más importante de los muchos criterios que una Administra-

ción puede considerar a la hora de establecer una red, existen otros factores que pueden influir en la toma de decisiones. En este área, el planificador con experiencia debe de gozar de cierta libertad y la máquina debe ser únicamente un medio que le facilite los cálculos.

Para las diferentes fases del estudio se han escrito diversos programas:

El primer programa proyecta las matrices de tráfico a partir de los datos de entrada de la red (crecimiento de líneas, intensidades de llamada, comunidad de intereses).

Una vez establecida la estrategia de encaminamiento y determinadas las rutas directas y tándem (de acuerdo con el tráfico, distancia, etc.), junto con los datos que describen las facilidades disponibles (cables), un programa consolida los flujos de tráfico entre los edificios y determina los requisitos de canales de cada sección de la ruta, así como las características de tráfico de las centrales, lo que suministra al planificador los elementos que necesita para satisfacer la demanda. Habiendo definido períodos de extensión razonables y factores máximos de llenado de equipo, el planificador decide qué recursos han de instalarse para constituir la red.

Un programa de costes toma entonces todas las especificaciones de la central y de las rutas y determina para cada localización los gastos por año, así como el valor presente de cargas anuales. Verifica que en cada localización y en cada instante de tiempo los recursos superan siempre a las necesidades, y suministra las necesidades de espacio y de planta de potencia que se necesitan en cada lugar, teniendo en cuenta el coste y otros factores de tendencias.

Como ya se explicó, el coste de cada parte de la red es dividido en categorías de coste, siendo muy sencillo realizar pruebas de sensibilidad y ver como las conclusiones podrían verse afectadas por cambios en los costes debido a la evolución tecnológica o a otras circunstancias.

La división en clases funcionales es otra característica de este programa: por ejemplo, una entrada en una central digital puede usarse bien para conectar una unidad de abonados a una central de grupo, para interconectar centrales de grupo del mismo nivel, o para establecer conexión con un nivel jerárquico superior (central tándem o interurbana). En cada caso, se le dará a cada entrada una marca de clase diferente con lo que es posible obtener una división de la red de acuerdo con estas funciones.

La salida del programa de coste se almacena en un fichero, y puede imprimirse si se necesita con el fin de obtener divisiones por categoría, clase, o en los casos de estudios reales solamente, por localización. Una forma más útil de salida consiste en una tabla de doble entrada que da los gastos de la red y el valor presente de cargas anuales dividido en categorías (naturaleza de equipo) y clases (función en la red).

### Conclusión

Se han desarrollado métodos muy potentes para la investigación económica de las redes digitales integradas. Son aplicables a cualquier tipo de sistema de conmutación cuyos costes puedan establecerse en términos de parámetros económicos estandarizados. Las redes pueden describirse en detalle utilizando datos de lugares reales, o en forma macroscópica mediante modelos analíticos. Se uti-

liza un sistema de referencia para comparar los resultados con las soluciones analógicas más comunes. En otro artículo adjunto, se describe la aplicación de estos métodos a las redes existentes, así como los resultados iniciales.

#### Referencias

- [1] J. S. Whyte: The Role of Integrated Digital Systems in Long Distance Telecommunications; International Switching Symposium, Boston 1972, págs. 464-469.
- [2] L. A. Gimpelson: Planificación de comunicaciones para países en desarrollo; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 48 (1973) N° 4, págs. 379-384.
- [3] H. S. Wragge: The Effect of Digital Switching Techniques on the Form of Telecommunication Network; Institution of Radio and Electronics Engineers de Australia, Proceedings, noviembre 1970, Vol. 31, N° 11, págs. 365-373.
- [4] P. J. Lenn: A Note on the Economics of an IST Network Configuration; Australian Telecommunication Research, 1974, Vol. 8, N° 1, págs. 3-6.
- [5] R. Bernard, J. H. Dejean y G. Robin: Analytical cost Studies of PCM-IST Networks; Proceedings of the International Conference

on Digital Communications, Zurich, 9-11 marzo 1976, documento D2 (6 págs.).

- [6] W. T. Duerdoth: The Use of Overlay Techniques as a Means of Progressing Towards an Integrated Digital Network; Proceedings of the Zurich Seminar on Integrated Systems for Speech, Video and Data Communications, Zurich 15-17 marzo 1972, documento C1.

**J. H. Dejean** nació cerca de París en 1927. Se licenció en Físicas en 1949 y trabajó en el laboratorio de electrónica de la Universidad de París. Ingresó en LCT en 1945 trabajando en el desarrollo de una centralita privada totalmente electrónica. Actualmente es el responsable de todas las actividades de planificación de redes en la División de Telecomunicación de LCT.

**G. Robin** nació en París en 1933. En 1955 se graduó de ingeniero en la Ecole Centrale des Arts et Manufactures, en 1956 conseguía el grado MS por el California Institute of Technology, y en 1959 un diploma del Instituto de Administración de Empresas en París. Ingresó en LCT en 1970 trabajando en el desarrollo de sistemas de conmutación de estado sólido. Desde 1973 es director de estudios avanzados para el Desarrollo de la Conmutación Electrónica y para el Centro de Control de Ingeniería.

# Evaluación económica de la evolución de las redes telefónicas convencionales hacia redes MIC con conmutación y transmisión integradas

Se han aplicado los métodos descritos en el artículo anterior con objeto de realizar una comparación de tipo económico entre el MIC-IST y el METACONTA 10C semieletrónico. Estos estudios han demostrado que las reducciones de costes del MIC-IST están relacionadas con los planes de introducción y con el efecto de los progresos tecnológicos.

L. MACK

Centro de Investigación y Desarrollo de Standard Eléctrica, S.A., Madrid, España

G. ROBIN

Laboratoire Central de Télécommunications, Vélizy, Francia

## Introducción

Los métodos de estudio explicados en el artículo anterior [1] se han aplicado a redes locales que comprenden una ciudad y sus alrededores. Para seleccionar las mejores configuraciones y definir las reglas que conduzcan a una red económica, se han utilizado modelos analíticos. Para establecer estas configuraciones y obtener una comparación básica de la red MIC-IST con una red analógica convencional basada en centrales controladas por programa almacenado, se utilizaron datos reales. Los primeros resultados se presentaron en el Simposio Internacional de Conmutación celebrado en Kyoto [2]. En este artículo, presentamos algunos ejemplos de los resultados, que reflejan algunas de las mejoras introducidas en los programas de ordenador y demuestran la utilidad y la flexibilidad del planteamiento seguido. Se han realizado también estudios de sensibilidad para estudiar el efecto de posibles variaciones en el diseño del sistema según se produzcan distintos avances tecnológicos. Nuevos estudios que actualmente se encuentran en progreso darán lugar a reglas, aún más refinadas, para el establecimiento del nuevo sistema MIC-IST que se encuentra en diseño, con el fin de obtener las máximas ventajas económicas que permitan las nuevas características que poseerá el sistema.

## Áreas de estudio

No hay razón a priori para pensar que un único sistema pueda satisfacer los requisitos de redes que son completamente diferentes en tamaño y características. Hasta ahora, ha sido necesario desarrollar diferentes sistemas de conmutación para cubrir diversas aplicaciones como sucede en los casos de sistemas rurales, locales de tamaño medio, locales de gran tamaño e interurbanos con diferentes tamaños. Así, una única red regional no basta para cubrir todos estos casos, y por lo tanto se ha decidido, como un compromiso razonable entre las áreas a cubrir y los recursos del proyecto, estudiar tres redes diferentes. El proceso de selección tuvo en cuenta, tanto la disponibilidad de suficientes datos como las características de las redes propuestas. Los tres ejemplos fueron:

- Una gran área metropolitana y su región, con un total de 700 km<sup>2</sup> y 3,4 millones de habitantes. El número inicial de abonados era de 760.000 con una tasa de crecimiento medio del 7% por año. La tasa de crecimiento disminuye durante el período de estudio.

Tabla de abreviaturas

GSU	- unidad de conmutación de grupo
IST	- conmutación y transmisión integradas
MIC	- modulación por impulsos codificados (PCM)
SPC	- control por programa almacenado
SSU	- unidades de selección de líneas
TST	- estructura temporal-espacial-temporal

- Una ciudad de tamaño medio y su área regional con un total de 400 km<sup>2</sup> y una población de 700.000 habitantes con un número inicial de abonados de 230.000 y con una tasa de crecimiento medio del 7% por año.
- Una ciudad más pequeña en una área rural de aproximadamente 800 km<sup>2</sup> con una población de 170.000 habitantes, con un número inicial de abonados de 27.000 y con una tasa de crecimiento del 5%.

Para cada área se recogieron tanto los datos correspondientes a la red como los topográficos. También se obtuvieron los datos correspondientes a la planta existente, tales como edad, capacidad y limitaciones del sistema, así como las características de tráfico y señalización de cada una de las áreas.

A partir de estos datos y de las previsiones de crecimiento telefónico, se proyectaron los flujos de tráfico, los reemplazamientos de equipo y las ampliaciones de líneas. En el caso de no existir o ser incompletos dichos datos, se utilizaron datos del censo y a partir de ellos se hizo una proyección.

En el momento actual se está investigando conjuntamente con una administración una cuarta área; se trata de una ciudad de tamaño medio, con una baja tasa de crecimiento. Los resultados de este último estudio no están todavía disponibles.

Se considera que las conclusiones que se derivan de estas redes diferentes pueden ser, caso de que sean convergentes, de gran valor para una aplicación general.

## Sistemas de conmutación

Con el fin de obtener una primera comparación entre la red MIC-IST y la red de conmutación analógica, se seleccionaron los siguientes sistemas.

Se adoptó como sistema de referencia el sistema METACONTA\* 10C en su versión local de tamaño medio

\* Marca registrada del sistema ITT

debido a la gran experiencia que se había alcanzado en ITT, tanto en su producción como en su instalación; alrededor de 400.000 líneas equivalentes estaban en servicio al final de 1975.

Como sistema MIC se utilizó un sistema experimental que en la actualidad está siendo desarrollado por ITT. Los modelos para las pruebas de campo estarán en operación en el año 1977 [4]. La unidad de selección de líneas (SSU) es un concentrador por división espacial con un tamaño máximo de 4000 líneas; utiliza matrices de relés reed y está enteramente controlado por los procesadores de la unidad de selección de grupo asociada (GSU), pudiendo utilizarse como unidad local o remota con respecto al GSU principal. Esta unidad SSU que básicamente se diseñó para operar en un entorno analógico, se utiliza tanto en redes digitales como analógicas [5]. En fases posteriores del proyecto se investigan también SSUs completamente electrónicas. El GSU es una central tándem MIC con una estructura TST que está controlada por dos procesadores de alta velocidad trabajando en modo de carga compartida. Su capacidad máxima es de 10.000 erlangs o de 2 por 12.000 canales. Cuando se utiliza para controlar unidades de línea, el número de abonados que pueden conectarse a una GSU se limita a 100.000 independientemente del tráfico, ya que muchas administraciones no aceptarían mayores concentraciones de abonados debido a razones de vulnerabilidad.

Tanto para los sistemas MIC como analógicos se supone un mismo volumen de producción de 300.000 líneas por año. Era por tanto necesario un análisis financiero detallado con el fin de asegurar que los costes del sistema experimental fueran verdaderamente comparables con los de un sistema en fase de producción. Como es inevitable el que existan divergencias de criterio cuando se habla de costes futuros, era necesario realizar análisis de sensibilidad que pudieran conducir al establecimiento de costes "optimistas" y "pesimistas" que permitieran una mejor precisión sobre su probable evolución. Más aún, dado que en cada uno de los sistemas están implicadas distintas categorías de equipos, las tendencias de coste para cada uno de ellos serán diferentes.

Los costes del equipo de transmisión se basan en los sistemas MIC de 30 + 2 canales estandarizados. Los múltiplex de mayor orden no se consideraron a la hora de establecer los costes del sistema básico, aunque es posible tener en cuenta las tendencias de coste para reflejar los posibles ahorros que el uso de tales sistemas podría llevar aparejado en el futuro cuando se aplicaran a grandes rutas de enlaces.

**Resultados de los estudios analíticos**

Utilizando el modelo de dos densidades descritos en [1], se llevaron a cabo unos estudios preliminares, para definir las configuraciones de red que presentaban mayor interés. Los principales resultados obtenidos con este modelo son los siguientes [6]:

- Existe muy poca interacción entre un área metropolitana con una elevada densidad de abonados, su área regional con una densidad menor y el perfil que presenta al tráfico, que en su mayor parte se dirige hacia el centro urbano. Por consiguiente se justifica la propuesta de una red en malla para configurar la zona centro y de una red

en estrella para configurar la zona periférica. Las centrales periféricas se conectan a las tándems regionales en el centro situado en la ciudad.

- En la zona de mayor densidad y de alta tasa de crecimiento debe de utilizarse el menor número posible de GSUs que sea compatible con las limitaciones del equipo y con las razones prácticas de planificación. La figura 1 muestra, para algunos valores típicos de las zonas del área y de la población, el impacto que se produce en el coste cuando en la red IST se aumenta en un GSU el número mínimo necesario. Puede observarse que el gasto extra en el que se incurre resulta muy importante para redes pequeñas (menos de 100.000 líneas), es considerable para redes de hasta 500.000 abonados y es prácticamente despreciable para redes de gran tamaño.
- En la periferia sin embargo, existen consideraciones de otros tipos tales como los límites administrativos, que pueden obligar a utilizar un gran número de GSUs, lo que en ocasiones puede conducir a una baja utilización de su capacidad. En este caso podría resultar interesante usar un GSU con control remoto, por lo que esta posibilidad se ha incluido en el estudio. La condición establecida de que el número de GSUs en una red en estado de crecimiento sea mínimo, obliga a tener que reasignar los SSUs en tanto en cuanto se van introduciendo nuevos GSU cuando los existentes van alcanzando su capacidad. El coste asociado con esta operación, así como el conocimiento del coste extra que supone el uso de GSUs adicionales (Fig. 1) permite al planificador establecer las acciones pertinentes. Se estimó que debido a razones de operación no se permitiría más de una reasignación durante el período de estudio.
- Otros resultados de los estudios analíticos fueron las reglas de planificación para la interconexión de la red digital con la red analógica existente. Se demostró que el tráfico interno a la red crecería continuamente durante el período de 20 años; este hecho es de suma importancia dado que en el año 10 la red IST tendrá tantos abonados como la red existente. Una solución extrema es interco-

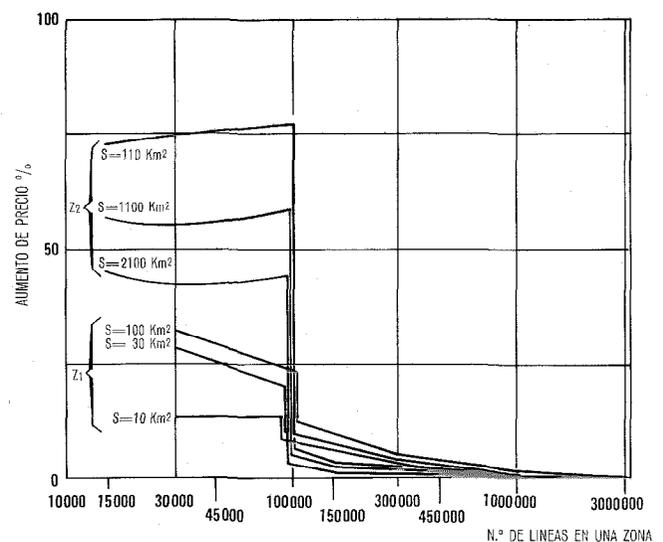


Fig. 1 Aumento de precio que supone incorporar 1 GSU más del número óptimo.

## Comparación y evolución hacia MIC

nectar ambas redes a través de una única tándem (red superpuesta); modelos sencillos han demostrado que esta solución no es económica y que la vulnerabilidad de la red aumentaría. Otra posibilidad es diseñar una red en malla entre las centrales existentes y la MIC, pero tampoco es una solución óptima ya que la dispersión del tráfico en pequeñas rutas no es económica, debido a la modularidad de la transmisión MIC y a que surgirían problemas de encaminamiento y traducción en la red antigua. La solución que se escogió para los estudios iniciales fue utilizar rutas directas cuando el tráfico excediera de un cierto límite, que se encontró para 10E; por debajo de este valor el tráfico se encamina a través de la central tándem MIC. Y todo el tráfico relativo a los tipos mas antiguos de centrales electromecánicas con limitaciones de encaminamiento se manejaría por una tándem.

Como consecuencia de todo esto, se emprendieron estudios analíticos de las distintas configuraciones. Por ejemplo, cada GSU puede tener, aparte de su función de conmutación local, un papel de conmutación de tránsito para distribuir la función tándem que inicialmente era desarrollada por una central especializada. Cada central electromecánica de la red antigua se conecta a varios GSUs que pueden encaminar el tráfico a todas las demás centrales en la red IST.

El estudio demostró que el número de estas mallas tiene poco efecto sobre el coste total de la red, siendo ligeramente más económico en grandes redes un pequeño número a costa de un mayor precio durante los primeros años de su instalación. La figura 2 muestra este efecto para 1, 6 ó n (mallas completas). Por consiguiente se llevaron a cabo estudios detallados con este esquema de tándem distribuido, demostrando que este planteamiento tiene una ligera ventaja en el valor presente de cargas anuales pero ningún efecto sobre los gastos totales.

También se llevaron a cabo, mediante simples modelos analíticos, investigaciones para tratar el problema de asegurar igual rendimiento entre la red analógica y la red IST. Así por ejemplo, este problema surge cuando se compara

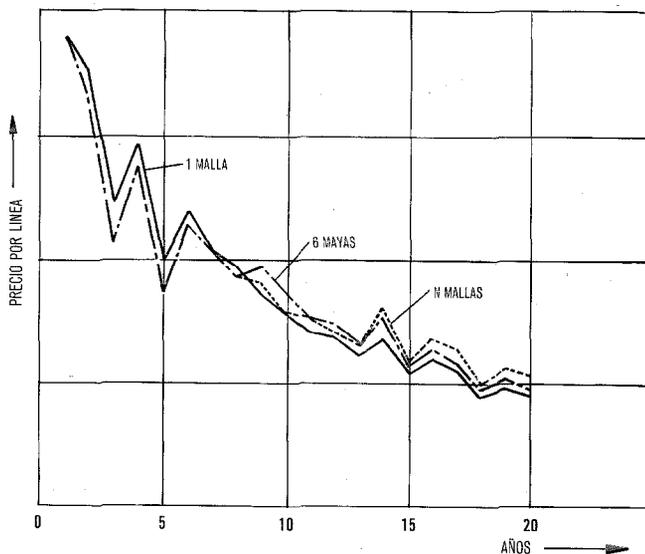


Fig. 2 Tándem distribuido: coste relativo por línea añadida durante el período de estudio.

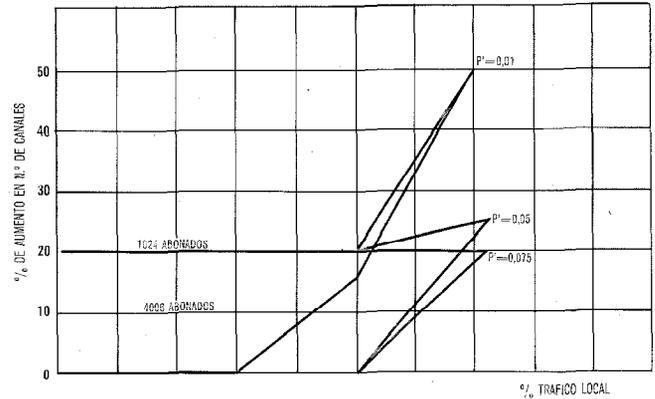


Fig. 3 Aumento necesario del número de canales en caso de fallo en el cable en función del tráfico local. Distancia = 15 km.  
 $p$  = bloqueo en funcionamiento normal (0,01)  
 $p'$  = bloqueo en caso de fallo en el cable.

el caso de SSUs remotos sin autonomía para llamadas locales con las centrales convencionales, ya que si se produce un fallo en el cable que existe entre el SSU y la central principal el abonado pierde todas las posibilidades de servicio, mientras que si se trata de una central independiente, al menos retiene la posibilidad de realizar llamadas locales. Se han definido reglas que reducen tanto como es posible estas discrepancias en las distintas configuraciones de red; por ejemplo, los SSUs se conectan vía dos cables separados y el dimensionado se realiza teniendo en cuenta que cuando una línea MIC se encuentra en fallo se pierden 30 canales. En el caso de un fallo en el cable la capacidad remanente debe ser suficiente para cursar el tráfico local con una degradación de servicio aceptable que queda especificada como una función de la frecuencia con que se producen tales fallos. La figura 3 muestra para unidades de 1000 y 4000 líneas, el incremento en tanto por ciento del número de salidas del SSU sobre la cifra obtenida mediante la aplicación de la fórmula de Erlang para su dimensionado (calculada para un bloqueo de 1% en fase de preselección para una operación normal). La parte horizontal de la curva se determina por los fallos en el múltiplex MIC y la parte creciente por fallos en el cable. El parámetro  $P'$  denota la probabilidad de bloqueo en la fase de preselección, caso de que solamente se traten llamadas locales cuando se produzca un fallo en el cable. Se puede ver que en el caso en que el tráfico local es alto, es necesario suministrar de un 20 a un 30% más de canales; esto a su vez disminuye el factor de carga del GSU y aumenta el coste de la red. Este coste adicional puede desaparecer si se aumenta la complejidad del concentrador suministrándole autonomía, es decir, capacidad para realizar llamadas locales o rutas múltiples a más de un GSU, lo cual haría este sobredimensionado innecesario.

### Aplicación a centros reales

#### Gran área metropolitana y su región

Al comienzo del período de estudio la red posee dos generaciones de sistemas de conmutación electromecánicos y varias centrales manuales de tamaño pequeño. La parte central del área metropolitana tiene aproximadamente

70km<sup>2</sup> dentro de la cual toda la conmutación es electromecánica y todas las centrales están completamente conectadas en malla. El área exterior es aproximadamente 10 veces mayor y está conectada al área metropolitana por 3 tandems. Existe una cantidad despreciable de enlaces directos entre las centrales de este área ya que por término medio el 90% aproximadamente del tráfico saliente de estas centrales se dirige hacia el área metropolitana o hacia su vecindad más inmediata. Ya que en esta red se han ido rápidamente reemplazando las centrales manuales durante los años anteriores al del estudio, se ha supuesto que todas las restantes centrales manuales pasarán a ser automáticas cuando se introduzca el nuevo sistema de conmutación.

#### Red MIC-IST

El primer paso en planificar la introducción del MIC-IST era servir la previsión de demanda de líneas. En un momento de gran expansión telefónica este problema puede resolverse instalando SSUs independientemente del equipo de conmutación de grupo. Se consideró primero la dispersión de las SSUs, ya que podría reducir los costes de la planta de abonado, pero por otra parte la agrupación de SSUs en emplazamientos existentes permitiría el uso de una planta de potencia común y de edificios, así como también de la planta de distribución ya existente. Existen también otras ventajas en una agrupación, tales como maximizar el llenado de las líneas, minimizar el número de SSUs y tener una menor dispersión en el mantenimiento y en la operación. Se consideró que estas ventajas compensaban los ahorros que se podían obtener en la planta de líneas por una mayor penetración de la transmisión MIC en la red de distribución, al menos en áreas metropolitanas de alta densidad.

Las funciones de conmutación de grupo y de control fueron por lo tanto superpuestas sobre la red SSU teniendo en cuenta el tráfico, la vulnerabilidad, y otras restricciones impuestas. Se pusieron todos los esfuerzos posibles para

evitar una interrupción sustancial de la red en tanto crecía el número de líneas y con este fin se estableció que las GSUs deberían solamente servir a las SSUs de áreas adyacentes, y que las capacidades de encaminamiento de las SSUs tenían que ser las adecuadas para su reasignación eventual cuando creciera el número de GSUs. Como anteriormente se dijo no se permitió más de una reasignación.

Inicialmente la red permanece prácticamente analógica con agrupamientos de SSUs con el fin de cubrir la creciente demanda en la mayoría de las áreas existentes. Es una característica de esta fase de crecimiento el tener la nueva red superpuesta a la antigua con áreas completas de centrales del tipo existente contenidas dentro de una única área GSU. Esto se deduce del hecho de que para el área metropolitana en el año 1 hay una media de 5 emplazamientos existentes por área de GSU aunque este número disminuye a 1 en el año 20. En el área regional la cifra es 8 por área de GSU a través del período de estudio. El tráfico interno a la red en el año 1 es alrededor de 8200 erlangs de los cuales un 46% se cursa a través de enlaces directos; esta cifra sería mucho mayor si no fuera por las limitaciones de encaminamiento que tiene la primera generación del equipo de conmutación.

Según crece la red y las centrales se reemplazan por otras de tipo digital se observa en la red un aumento de uso de la transmisión digital. En el año 10 se necesitan 6000 multiplexores MIC que aumentan a 12.000 en el año 20. Todo ello conduce a un entorno predominantemente digital al cabo de los primeros 5 años y esto se debe al bajo coste de los enlaces MIC cuando se asocian con una central digital.

En el año 7 el número de líneas del nuevo sistema en el área metropolitana es igual a la del viejo equipo después de tener en cuenta los reemplazamientos. En el año 20 el nuevo equipo domina la red con un 77% de líneas instaladas (tabla 1). La penetración es mucho más lenta en el área regional donde el nuevo sistema tiene solamente un 55% de las líneas en el año 20 (tabla 2). El tráfico interno a la red

Tabla 1 - Evolución de la conmutación MIC en un área metropolitana

Año	Líneas electromecánicas (000)	Líneas retiradas (000)	Líneas MIC (000)	GSU	SSU		Sistemas MIC-MUX	Tráfico interno (erlangs)
					Local	Remoto		
0	602	-	-	-	-	-	-	-
1	623	7	107	4	15	13	1324	8197
5	583	60	451	10	76	45	3484	17167
10	583	60	817	17	189	21	6148	22833
15	553	90	1276	18	304	24	9085	25875
20	516	127	1755	19	398	51	12126	27649

Tabla 2 - Evolución de la conmutación MIC en un área regional

Año	Líneas electromecánicas (000)	Líneas retiradas (000)	Líneas MIC (000)	GSU	SSU		Sistemas MIC-MUX	Tráfico interno (erlangs)
					Local	Remoto		
0	132	-	-	-	-	-	-	-
1	130	7	37	4	1	27	194	229
5	160	7	47	4	2	28	270	416
10	204	7	76	4	6	29	388	886
15	239	18	151	4	15	42	869	1644
20	248	18	299	4	27	68	1528	2158

## Comparación y evolución hacia MIC

aumenta durante el período de estudio pero decrecerá rápidamente durante los 5 años posteriores al del estudio debido al aumento en el número de reemplazamientos por lo que durante todo el período de estudio existe una gran carga de tráfico tándem.

Las configuraciones de la red nacional metropolitana en el año 20 se muestran en las figuras 4a y 5a, respectivamente. Las diferencias entre los entornos metropolitano y regional pueden verse a través de la tabla 3.

Tabla 3 – Comparación de las áreas metropolitana y regional

	Area metropolitana		Area regional	
	Año 1	Año 20	Año 1	Año 20
Número de GSUs	4	19	4	4
Número de SSUs remotos por GSU (medio)	3	3	7	17

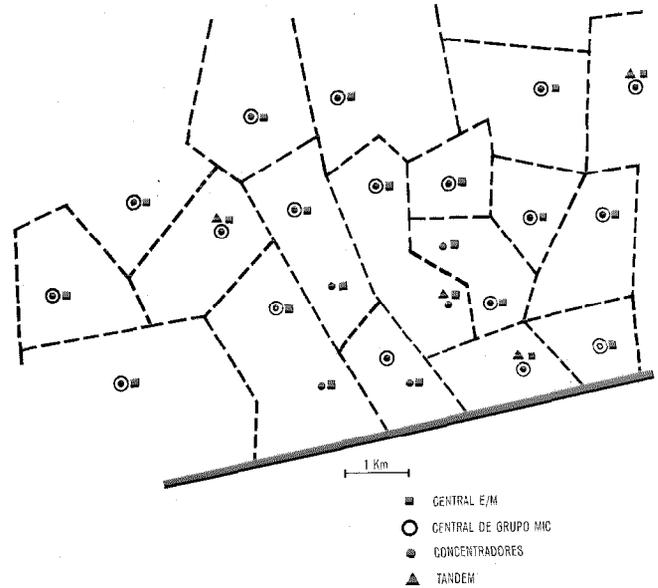
Estas cifras implican unas tasas elevadas de introducción para el nuevo sistema en el área metropolitana con la consiguiente formación de grandes centrales que comprenden GSUs y SSUs adyacentes, en tanto que la situación regional es diferente ya que cada GSU sirve un área. Debido a las menores tasas de crecimiento en el área regional, un módulo más pequeño para la GSU y la SSU podría parecer adecuado para el entorno regional.

### Red de referencia

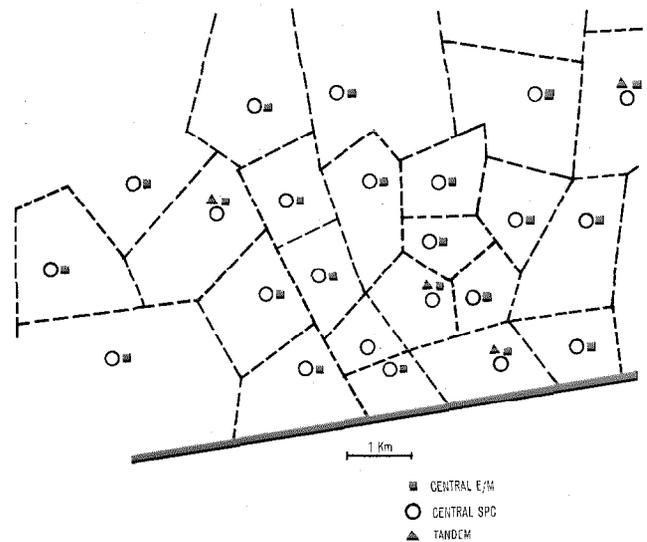
Como previamente se indicó, nuestro estudio utiliza como sistema de referencia un sistema de conmutación analógico METACONTA (versión local de tamaño medio), por lo que la red tuvo que volverse a planificar con el fin de cumplir las limitaciones de este sistema. Estas son primeramente una menor capacidad máxima (30.000 líneas) cuando se compara con el sistema MIC-IST y segundo el hecho de que una central analógica SPC no pre-dispone a la red para una transmisión digital.

Para el área metropolitana se encontró que los concentradores remotos no estaban justificados para la red METACONTA debido principalmente a la capacidad de líneas del sistema y a un gran crecimiento en el número de líneas, por lo que se necesitaron 5 veces el número de conmutadores que inicialmente se requerían para la resolución MIC-IST reduciéndose en el año a tres veces el número de GSUs MIC-IST. Sin embargo dado que la distribución de conmutación de líneas era la misma tanto para el METACONTA como para el MIC-IST, un mismo edificio podría albergar un GSU MIC-IST o tres a cuatro conmutadores METACONTA (Fig. 4b).

En el área regional, los concentradores GSU forman centrales disgregadas similares a las del caso MIC-IST pero con más unidades de conmutación. Debido a su pequeño tamaño muchas áreas no necesitan más de una SSU durante el período completo del estudio, y por lo tanto una vez que se conecta una SSU a su central principal no se vuelve a reasignar. Sin embargo para ciertos lugares, en los que el crecimiento del número de líneas será mayor, se intro-



a) Configuración de la red MIC. Existen 516.000 líneas electromecánicas y 1.755.000 líneas MIC, 19 GSU y 309 concentradores.



b) Configuración de la red de referencia analógica. Existen 516.000 líneas electromecánicas y 1.755.000 líneas SPC y 67 centrales SPC.

Fig. 4 Área principal metropolitana.

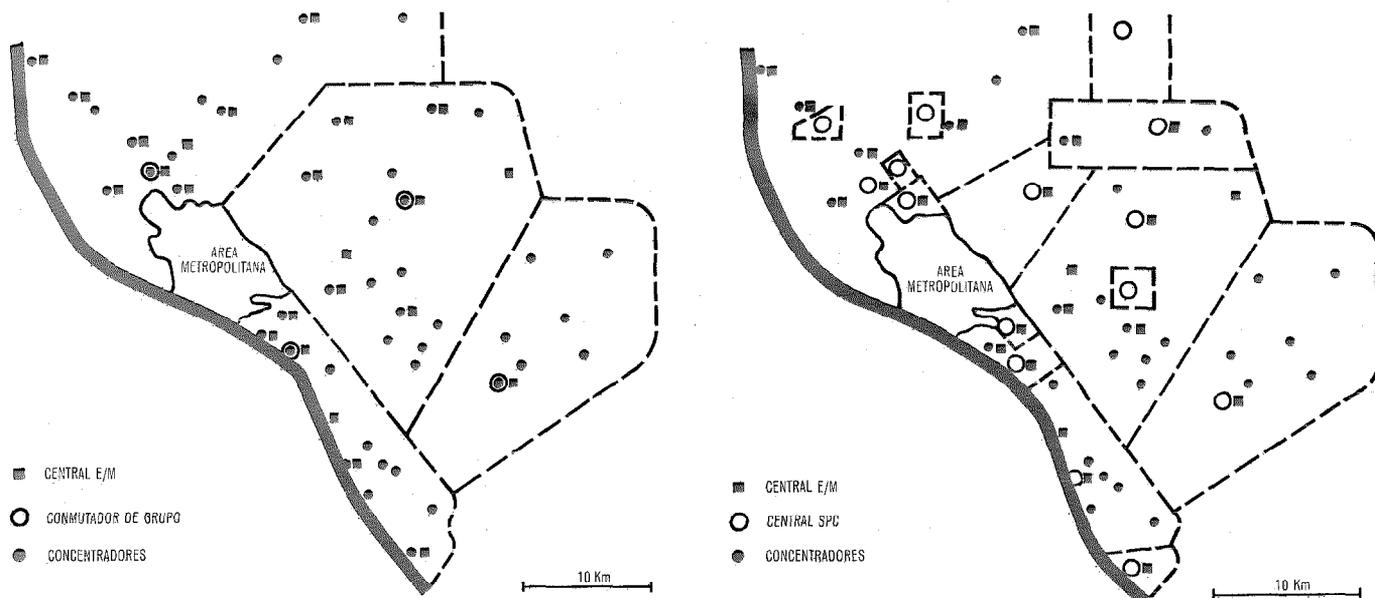
duce una central SPC en lugar de la segunda SSU que se hubiera añadido en otras circunstancias. La SSU existente se reasignará a la nueva central y se creará dentro del área original un área separada (Fig. 5b).

La transmisión es esencialmente de tipo analógico excepto en el caso en que por el tamaño de la ruta y la distancia se justifique económicamente el uso de MIC.

Los mismos criterios de rendimiento de red se utilizaron en planificar ambas redes con el fin de establecer una comparación válida.

### Ciudad de tamaño medio

Esta ciudad que es típica de otras muchas en Europa, tiene 600.000 habitantes dentro de un círculo de 15km de diámetro. En el comienzo del estudio, el 50% de la red está



a) Configuración de la red MIC. Incluye 240.000 líneas electromecánicas y 299.000 líneas MIC, 4 GSU y 95 concentradores.

b) Configuración de la red de referencia analógica. Incluye 248.000 líneas electromecánicas y 299.000 líneas SPC, 15 centrales SPC y 37 concentradores.

Fig. 5 Area regional.

constituido por conmutación de barras cruzadas; el resto pertenece a un tipo anterior de sistema electromecánico que se reemplazará completamente durante el período de estudio.

La introducción del MIC-IST en esta red de conmutación es rápida y se ve facilitada por los reemplazamientos de equipo y alcanza al 50% del total de líneas instaladas en el año 6. El número de elementos de selección de grupo crece desde 1 en el año 1 a 5 en el año 9 del período de estudio, permaneciendo constante en años posteriores. Estas GSUs sirven a las SSUs en 19 edificios, 6 de los cuales son nuevos emplazamientos. Se necesita una reasignación limitada de SSUs durante los primeros pocos años pero ninguna SSU se reasigna más de una vez. La estructura de la red en el año 20 se muestra en la figura 6a.

El tráfico interior a la red (entre los sistemas electromecánicos y MIC-IST o el de referencia) aumenta hasta un máximo de aproximadamente 5300 erlangs en el año 20 y se espera que a partir de entonces disminuya. Un 20% de este tráfico se encamina a través de tándem mientras que el resto lo hace a través de rutas directas (tabla 4).

La conmutación analógica SPC se introdujo utilizando los mismos emplazamientos con el fin de obtener una refe-

rencia. En este caso no se utilizó central de conmutación disgregada excepto en un caso. Debido a las distancias y a los flujos de tráfico implicados, la transmisión de tipo audio fue utilizada en todas las partes de la red mientras que el MIC se utilizó solamente en las rutas tandem (Fig. 6b).

Red rural

Una ciudad pequeña en un entorno rural constituye la red MIC-IST más sencilla posible constando de un única GSU y de una SSU adyacente situada en la ciudad con sus SSUs sirviendo los alrededores del área rural. Además la GSU debe servir como tándem para las centrales electromecánicas de tamaño medio que permanecen debido al lento crecimiento y a su reciente instalación.

La introducción de cualquier nuevo sistema dependía del reemplazamiento en la ciudad de una unidad principal de 14.000 líneas de conmutación electromecánica, dado que para justificar los costes asociados con un sistema SPC ya con conmutación digital o analógica se necesita un gran bloque de líneas. Por otra parte las áreas rurales tienen unas tasas de crecimiento pequeñas y por consiguiente la mayoría de las centrales tiene suficiente capacidad para varios años.

Tabla 4 - Evolución de la conmutación MIC en una ciudad de tamaño medio

Año	Líneas electromecánicas (000)	Líneas retiradas (000)	Líneas MIC (000)	GSU	SSU		Sistemas MIC-LUX	Tráfico interno (erlangs)
					Local	Remote		
0	236	-	-	-	-	-	-	-
1	240	-	57	1	9	6	423	1648
5	206	51	193	3	24	27	820	3605
10	203	71	303	5	49	30	1086	3841
15	204	83	383	5	59	40	1435	4824
20	185	103	444	5	63	51	1724	5341

## Comparación y evolución hacia MIC

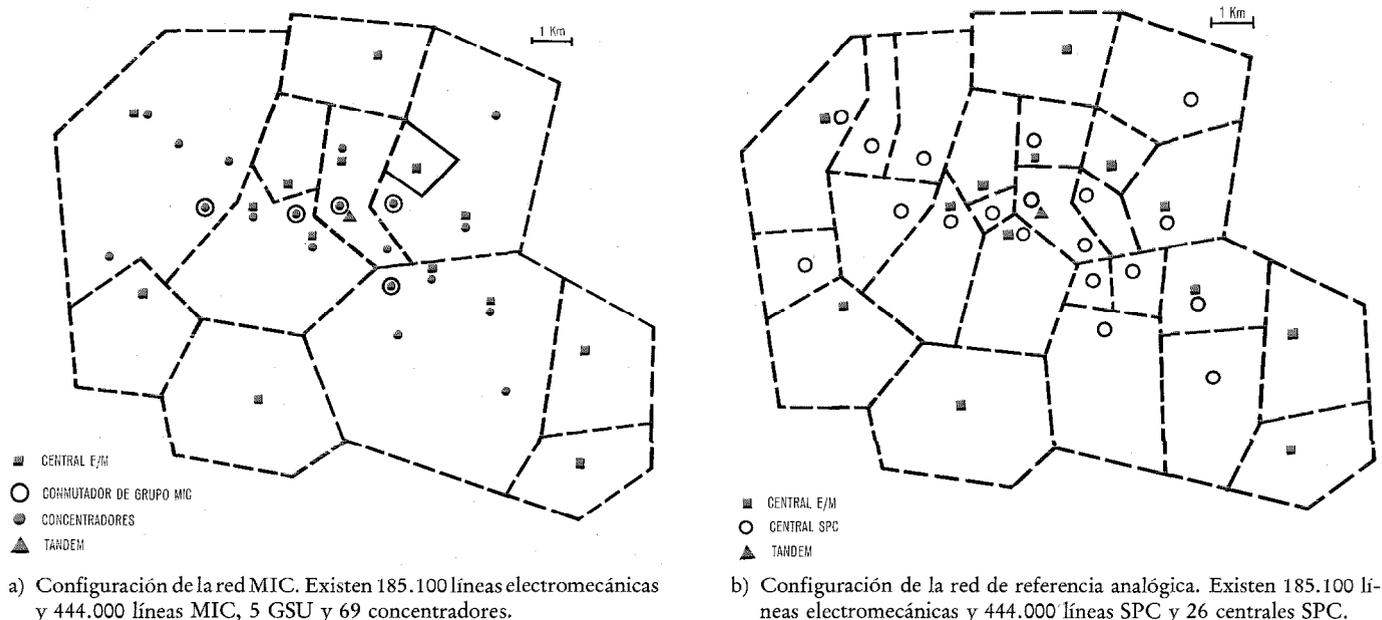


Fig. 6 Ciudad de tamaño medio.

Como consecuencia la introducción bien del MIC-IST o de la conmutación analógica SPC se demoró hasta que se reemplazaran las primeras 10.000 líneas en la ciudad, lo cual ocurría en el año 4 del estudio (tabla 5). Posteriormente muchas centrales pequeñas de tipo rural fueron también reemplazadas convirtiéndose la región en un área única con 6 centrales electromecánicas pequeñas que permanecían en la periferia. La única diferencia entre las redes MIC-IST y SPC radica en los requisitos de la última con respecto a una segunda central con el fin de cubrir el crecimiento.

### Resultados

Los resultados que se presentan son ejemplos que ilustran la capacidad de este planteamiento y su posibilidad para investigar con un esfuerzo mínimo, el impacto producido por cambios en el diseño del sistema, hipótesis relacionados con costes, etc. Por ejemplo, dado que los costes de producción de los sistemas actualmente en la fase de desarrollo son inciertos cuando se les compara con los de un sistema de referencia en fase de producción, se establecen dos tipos de valores; lo que pone de manifiesto lo que podríamos llamar una visión optimista y pesimista de la tecnología de su impacto en la introducción MIC.

El coste de las redes descrita anteriormente se realizó bajo las hipótesis siguientes:

- Los costes del año base (1974) se mantienen constantes a través de todo el período de estudio.
- Se aplican tendencias de coste que tienen en cuenta la evolución diferente de los costes referentes a las tecnologías electromecánicas y electrónicas. Las tendencias de coste se aplican a todas las redes, analógicas y digitales, en proporción al contenido tecnológico de los sistemas.

En los resultados que se presentan se utilizaron las siguientes tendencias de coste:

- procesadores y equipo utilizando circuitos lógicos integrados: -5% por año
- memorias: -10% por año
- equipo electromecánico (matriz reed y enlaces): sin variación
- trabajo (mantenimiento, instalación, ingeniería): +2,5% por año
- cables +2,5% por año
- edificios y terreno: +5% por año.

No se considera la inflación y el tanto por ciento de interés se establece como consecuencia en un valor bajo, del 5%.

La tabla 6 muestra la proporción entre los costes de la

Tabla 5 - Evolución de la conmutación MIC en un área rural

Año	Líneas electromecánicas (000)	Líneas retiradas (000)	Líneas MIC (000)	GSU	SSU		Sistemas MIC-MUX	Tráfico interno (erlangs)
					Local	Remoto		
0	32,3	-	-	-	-	-	-	-
1	32,5	-	-	-	-	-	-	-
5	30,8	2,6	18	1	3	2	54	1377
10	24,9	9,6	35	1	4	11	112	1364
15	22,8	12,6	48	1	6	12	148	1658
20	23,4	12,6	60	1	7	13	172	1951

Tabla 6 – Proporción entre los costes de la red MIC-IST y la red de referencia

Hipótesis de coste	Tendencias de coste	Area rural		Area de una ciudad de tamaño medio		Ciudad grande y area metropolitana	
		Gastos	VPCA	Gastos	VPCA	Gastos	VPCA
Optimista para MIC	sin	0,92	0,95	0,81	0,86	0,81	0,87
	con	0,91	0,94	0,77	0,82	0,78	0,83
Pesimista para MIC	sin		1,05		1,07		1,04
	con		1,03		1,01		1,02

red MIC y los costes de la red analógica tanto en los casos optimistas como pesimistas.

Estos costes representan los costes totales de la red excluyendo la operación, el coste de los centros de mantenimiento y la planta de abonado. Los gastos totales y el valor presente de las cargas anuales para el período completo de los 20 años, se considera también. Debido a que la comparación sólo se realiza con parte de los costes totales de la red (las partes que no varían, tales como la planta de abonados, se omiten), las diferencias expresadas en tanto por ciento son mayores que si se incluyeran todos los costes. Por el contrario, debido a que se incluyen los costes no directamente relacionados con el equipo, tales como edificios, consumo de energía y mantenimiento, que varían mucho menos, las mismas diferencias en tanto por ciento son menores que las cifras que se obtendrían si solamente se consideraran los costes del equipo. Estas consideraciones deben tenerse en cuenta a la hora de interpretar los resultados.

Una distribución de los gastos según las diferentes funciones realizadas en la red, se muestra en la tabla 7 sólo para los gastos. Esta tabla muestra el efecto dominante de la SSU y del correspondiente equipo de conversión A/D, todo lo cual representa cerca del 60% del coste de la red. El elevado coste de mantenimiento que se encontró para la ciudad de tamaño medio se debe al hecho de que el centro de mantenimiento que normalmente está diseñado para 200.000 abonados sirve en este caso sólo a 20.000 ó 60.000 líneas. Si en este caso dicho centro fuera compartido con las áreas próximas, la distribución funcional llegaría a ser similar para las tres redes consideradas.

Con el fin de comprender la sensibilidad de los resultados a los cambios tecnológicos se investigó el efecto que podría tener la variación de las tendencias de coste obteniéndose prácticamente los mismos resultados para las 3 redes. Estos resultados se presentan en la tabla 8 para la ciudad de tamaño medio para el caso optimista, habiéndose variado solamente aquellas categorías que de una manera marcada contribuyen al coste. El caso 1 da los resultados obtenidos con costes del año 1974 sin tendencias de coste. El caso 2 se obtiene con los valores de tendencias de costes indicados anteriormente. El caso 3 representa una mejora tecnológica más rápida del equipo de transmisión (interfaz A/D) con una tendencia de coste de -7,5% en lugar de -5% por año. El caso 4 representa un cambio en la tecnología de conmutación analógica: la función de punto de cruce se realizaría mediante componentes electrónicos en lugar de relés: la tendencia de coste para esta categoría llega a ser de -5% en lugar de 0%. El caso 5 tiene una ten-

dencia de coste de 0% para la instalación en lugar del +2,5%, lo que refleja un aumento de productividad como resultado de una normalización del producto y de una automatización de los procedimientos de prueba y de ingeniería. El caso 6 se obtiene a partir de un tanto por ciento de interés reducido (+2,5% por encima de la inflación) lo que refleja una posible reducción a largo plazo en la tasa de inflación. Puede verse que estas variaciones afectan al SPC y MIC y a la red de referencia de la misma forma y que no cambia de forma significativa sus costes relativos.

En esencia estos resultados muestran un paralelismo en el caso de considerar las hipótesis pesimistas entre la red analógica y la red MIC-IST y una ventaja bajo hipótesis más optimistas para el MIC.

Esta ventaja es menor en áreas rurales debido al uso de equipo de conmutación diseñado para grandes centros; por consiguiente se muestra la necesidad de la familia de conmutación MIC que suministraría un coste optimizado tanto a tamaños pequeños como en grandes redes.

Las pruebas de sensibilidad hechas sobre las tendencias de coste no modifican los méritos relativos del MIC-IST frente a la conmutación analógica pero muestran definiti-

Tabla 7 – Distribución de porcentajes de los gastos totales

	Sin tendencias de coste			Con tendencias de coste		
	Rural	Medio	Grande	Rural	Medio	Grande
SSU y conversión A/D	45	60	63	42	59	61
GSU local	9	15	15	7	12	12
GSU tándem	1	1	1	1	1	1
Interfaz con la red existente	6	4	4	5	4	3
Cables y repetidores	3	5	3	3	4	3
Solares y edificios	10	6	8	11	8	12
Mantenimiento	26	9	6	31	12	8

Tabla 8 – Estudio de sensibilidad de coste para la red MIC-IST de la ciudad de tamaño medio en relación a la red de referencia

Número del caso (vease el texto)	Gastos	VPCA
1	0,81	0,84
2	0,77	0,82
3	0,76	0,81
4	0,79	0,83
5	0,77	0,82
6	0,77	0,82

## Comparación y evolución hacia MIC

vamente una ventaja para una SSU de estado sólido frente a una de tipo electromecánico.

Desde hace largo tiempo se sabe que una central interurbana MIC es mucho menos cara que una central interurbana analógica cuando el entorno es predominantemente digital. En este estudio se ha encontrado que la introducción de una conmutación de grupo local MIC implica un entorno casi completamente digital ya que las unidades de línea se conectan a la GSU por líneas de transmisión MIC; análogamente al caso de la red interurbana puede esperarse que el mismo tipo de ahorro se logrará en la red local. Esto es cierto aún cuando el coste de la concentración de tráfico sea similar en las redes analógicas y digitales.

En las redes de tamaño medio y grande en las que se utiliza tándem local, alrededor del 50% del ahorro total debido al MIC-IST se obtendrá mediante la reducción del coste de este tándem, mientras que el resto de los ahorros se obtendrán en la red de conmutación local. El coste de las tándem locales que es del orden de un 8 a 10% del coste total de la red en una red analógica, llegará a ser en este caso menor de un 1%.

Se obtendrán otras ventajas mediante el uso de una SSU electrónica con capacidad para llamadas locales y control autónomo: esto se debe a las consiguientes economías en la transmisión y en las GSUs como resultado de una posible mayor capacidad de tráfico y por la eliminación del tráfico local para SSUs remotas. Actualmente se viene investigando nuevas configuraciones de red que utilizan tales unidades y los primeros resultados indican que se puede hacer un ahorro adicional del 5% sobre el coste total de la red.

Con el fin de hacer posible la introducción del MIC-IST no basta con mostrar que durante un largo período de tiempo los gastos o cargas anuales pueden reducirse en comparación con los de la solución convencional. Se necesita probar también que no se incurrirá durante los primeros años de la introducción en unos gastos significativos ya que esto constituiría un problema para una administración. El MIC-IST no es más caro durante los primeros 5 años y es más barato posteriormente cuando se aplican las tendencias de coste previstas (Fig. 7). Se obtuvo el mismo resultado para todas las redes excepto para la rural, en donde el MIC es favorable a partir del tercer año.

### Conclusiones

La utilización conjunta de modelos analíticos y de datos reales sobre redes han hecho posible el estudio de la introducción MIC-IST en las actuales redes en comparación con un moderno sistema de conmutación por división espacial y controlado por ordenador.

Se ha demostrado que el punto principal en el sistema MIC-IST es la unidad de selección de línea y que los ahorros en la red pueden verse afectados significativamente mediante un mejor diseño de esta unidad.

Otro resultado importante del estudio es que con pequeñas diferencias en las reglas de establecimiento de la red y en las fases de introducción, una única familia de sistemas puede introducirse con éxito en las actuales redes analógicas teniendo diferentes tamaños y características que varían desde redes más bien pequeñas a la de una de las más

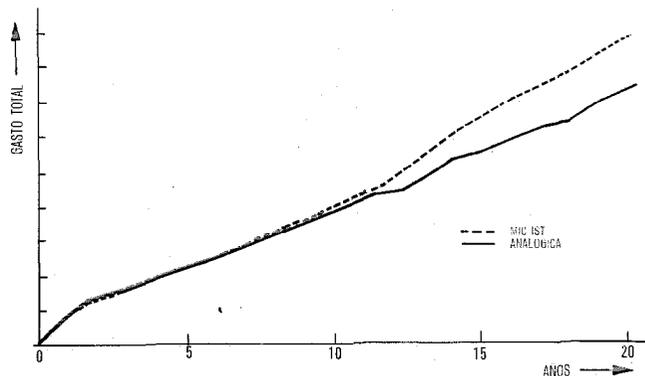


Fig. 7 Evolución de los gastos de la red para una ciudad de tamaño medio durante el período de estudio. (Se incluyen las tendencias de coste).

grandes ciudades europeas. Este resultado no es completamente inesperado dado que el MIC permite la separación de las funciones correspondientes a la concentración de tráfico y encaminamiento, lo que permite que la introducción de la conmutación de grupo MIC pueda realizarse en un ambiente esencialmente digital. Tal separación suministra una mayor flexibilidad a la planificación de la red y a la ingeniería, ya que las mismas unidades (SSU GSU) pueden incorporarse a todo tipo de redes supuesto que el crecimiento (o los reemplazamientos) es suficiente para llevar a cabo una introducción suficientemente rápida.

En los casos investigados, en los que un 50% de líneas de la red pertenecen al nuevo sistema de la red al cabo de 10 años, la introducción del MIC-IST es económica desde los años iniciales por lo que dependiendo de las previsiones tecnológicas a la fecha de introducción, la conmutación MIC será atractiva:

- Desde el punto de vista del suministrador dado que se reduce el esfuerzo de desarrollo a un número pequeño de unidades (GSUs, SSUs), que constituyen una familia de sistemas en lugar de una serie de centrales especializadas de acuerdo con el tamaño, margen de aplicación y función.
- Desde el punto de vista de la administración, porque hace unos ahorros considerables en inversión y en cargas anuales supuesto que se utiliza una red IST.

### Agradecimiento

Este estudio es el resultado de un esfuerzo multinacional que solamente pudo realizarse con la contribución del Centro de Investigación y Desarrollo de Standard Eléctrica, S.A. (ITTLS), Madrid, LCT, París y STL Londres, y las Compañías de ITT en Bélgica, BTM Amberes, Italia (FACE, Milán) y Noruega (STK, Oslo). Los autores desean expresar su agradecimiento por la ayuda recibida de los expertos en transmisión y conmutación de todas las casas asociadas al sistema ITT.

### Referencias

- [1] J. H. Déjean y G. Robin: Métodos de estudios económicos para la introducción de sistemas MIC de conmutación y transmisión integradas en redes telefónicas; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 52, N° 1, 1977, págs. 26-31 (en este número).

- [2] G. Robin, J. H. Déjean, G. Tolusso, L. Mack y A. Termote: Introducción de la conmutación y transmisión integrada MIC en las redes existentes; Proceedings of the International Switching Symposium, Kyoto, 25-29 octubre 1976.
- [3] J. A. Broux: Siete años de experiencia en sistemas METACONTA de conmutación, Comunicaciones Eléctricas, Vol. 50, N° 3, 1975, págs. 184-193.
- [4] S. M. Schreiner, S. Treves y J. Van Goethem: Aplicaciones de la prueba de campo de conmutación MIC; Proceedings of the International Switching Symposium, Kyoto, 25-29 octubre 1976.
- [5] K. Strunk: Nuevas aplicaciones del sistema de conmutación METACONTA con instalaciones de control remoto; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 49, N° 2, 1974, págs. 150-156.
- [6] R. Bernard, J. H. Déjean y G. Robin: Analytical Cost Studies of MIC-IST Networks; Proceedings of the International Conference on Digital Communications, Zurich, 9-11 marzo 1976, documento D2 (6 págs.).

**L. Mack** nació en Nueva Zelanda en 1940. Se graduó como ingeniero eléctrico en 1962. Tras trabajar para AEI en Inglaterra y para Northern Telephone and Northern Electric en Canadá, ingresó en ITT en Puerto Rico Telephone Company en 1968 como director de ampliación de planta. Desde 1974 trabaja como ingeniero de planificación de redes en el Centro de Investigación y Desarrollo de Standard Eléctrica, S.A. (ITTLS), en Madrid.

**G. Robin** nació en París en 1933. En 1955 se graduó de ingeniero en la Ecole Centrale des Arts et Manufactures, en 1956 conseguía el grado MS por el California Institute of Technology y en 1959 un diploma del Instituto de Administración de Empresas en París. Ingresó en LCT en 1970 trabajando en el desarrollo de sistemas de conmutación de estado sólido. Desde 1973 es director de estudios avanzados para el Desarrollo de la Conmutación Electrónica y para el Centro de Control de Ingeniería.

# Pruebas de campo de sistemas de conmutación MIC

Una nueva familia de centrales MIC está ahora en extensivas pruebas de campo en la red pública. Las características más importantes son la red de conmutación TST, la descomposición en subsistemas y las técnicas avanzadas de programación.

S. M. SCHREINER

International Telecommunications Center, Bruselas

S. R. TREVES

Fabbrica Apparecchiature per Comunicazioni Elettriche Standard, S.p.A. Milán

J. VAN GOETHEM

Bell Telephone Manufacturing Co. Amberes

## Introducción

A raíz de la experiencia obtenida con los primeros desarrollos en conmutación MIC [1, 2], se iniciaron estudios para evaluar más claramente la aplicación de la conmutación MIC (PCM) a la red telefónica existente. Basándose en los primeros diseños se pudo poner de manifiesto que en un futuro muy próximo la conmutación digital sería competitiva con la conmutación analógica en aquellas partes de la red en que se conmuta a 4 hilos el tráfico concentrado. La existencia de tan solo pequeños volúmenes de tráfico digital sería suficiente para compensar, en tales casos, cualquier ventaja económica de los sistemas de conmutación analógicos. Por otra parte, se llegó a la conclusión de que era necesario un mayor desarrollo de la tecnología para poder justificar la utilización de la conmutación digital en las redes locales a 2 hilos.

La estructura de la red de telecomunicación actual descansa fundamentalmente en los circuitos interurbanos de larga distancia sobre sistemas múltiplex por división de frecuencia (MDF), con un gran crecimiento potencial, mientras que la transmisión MIC se está comenzando a introducir en los circuitos locales de enlace y en los de acceso a la red interurbana. Este hecho condujo a la conclusión de que en la mayoría de las redes, la conmutación MIC habría de aparecer en primer lugar en los puntos de conmutación de acceso a la red interurbana, en los que la existencia actual o prevista de transmisión digital en el lado local de la central, brindará el incentivo necesario para ir hacia la tecnología digital. Una vez que se adopta la decisión de introducir la conmutación digital en este nivel en una red determinada, resulta cada vez más atractiva la adición de más transmisión digital, que a su vez proporcionará la ampliación de centrales locales existentes y la apertura de nuevas centrales locales y rurales dentro o en las cercanías de una zona metropolitana, todas ellas unidas a la central digital mediante transmisión MIC.

Finalmente, la central digital puede llevar a cabo no sólo las funciones de acceso a la red interurbana, sino también las de tránsito local y rural. Si se añaden concentradores remotos, la central puede también convertirse en el centro de un sistema local.

Estos estudios de aplicación continúan en la actualidad, habiéndose publicado los resultados preliminares para redes locales en las referencias [3 y 4]. Para adaptarse al modelo de red descrito, se estableció la especificación resumida de la tabla 1, para la central digital y la unidad de selección de línea asociada.

Tabla 1 - Especificación para centrales MIC

<i>Central digital</i>	
Tipos de aplicación	Acceso a interurbano, tránsito nacional e internacional, tránsito local, control de una red local
Tamaño máximo	25.000 enlaces
Tráfico medio por enlace	0,8 erlang
Tráfico cruzado	10.000 erlang
Probabilidad de pérdida	0,005 punto a punto
Módulos de ampliación	256 enlaces
Intervalos de llamada en la hora cargada	300.000
<i>Unidad de selección de línea</i>	
Tipos de aplicación	Adyacente a la unidad de selección de grupo o controlada remotamente
Tamaño del módulo	4000 líneas como máximo en cada unidad de selección de línea
Módulos de ampliación	256 líneas
Táfico por línea	0,08 a 0,3 erlang

En cuanto comenzó el desarrollo se tuvo muy en cuenta que los rápidos avances de la tecnología podían dar lugar a que un sistema nuevo se tornara tecnológicamente obsoleto antes de que las Administraciones estuviesen dispuestas a introducir sistemas digitales. Se tomaron pues las precauciones especiales necesarias durante el diseño para prever el impacto de los cambios tecnológicos. Un sistema de conmutación debe también poder adaptarse fácilmente a una variedad de redes, en vez de hacer el diseño para un solo tipo de entorno y luego tener que emprender importantes rediseños para poder adaptar el sistema a otras aplicaciones. Se han usado varias nuevas técnicas de diseño para poder alcanzar todos estos objetivos en mayor grado de lo que había sido posible con anterioridad.

## Técnicas de diseño

### División en subsistemas

El primer paso que se da en el diseño de cualquier sistema complejo es la división del sistema en subsistemas. La división del sistema se basa en las funciones telefónicas básicas, para así poder cumplir con los requisitos de adaptabilidad a redes y tecnologías cambiantes. Cada uno de los subsistemas puede estar constituido por elementos de hardware o de software, o por una combinación de ambos. Se impuso la condición de que los interfaces entre subsistemas se habrían de definir tomando como base las situaciones telefónicas básicas, que no dependen del sistema. Se

Tabla de abreviaturas

ASST	- Azienda di Stato dei Servizi Telefonici
C	- Controlador
CE	- Conmutador espacial
CT	- Conmutador temporal
E	- Emisor de dígitos
EAE	- Explorador-actuador de enlaces
EEP	- Enlace entre procesadores
EG	- Equipo de grupo
ELL	- Enlace de llegada
ES	- Equipo de grupo
ESG	- Elemento de selección de grupo
ESPL	- Lenguaje de programación para conmutación electrónica
EXPERT	- Programa ejecutivo de explotación en tiempo real
HDB-3	- Código binario de alta densidad
M	- Marcador central
MC	- Multiconmutador de señalización de línea
MCC	- Multicontrolador de señalización por canal común
MDF	- Multiplex por división de frecuencia
MDT	- Multiplex por división en el tiempo
MFE	- Señalización multifrecuencia
MIC	- Modulación por impulsos codificados
MR	- Multi-registrador
MSS	- Módulo de supervisión del sistema
MX	- Múltiplex
R	- Controlador de señalización de registrador
RI	- Repartidor intermedio
SCA	- Señalización por canal asociado
SCC	- Señalización por canal común
SE	- Paquete de señalización
SG	- Tratamiento del elemento de selección de grupo
SPC	- Control por programa almacenado
SSG	- Subsistema de selección de grupo
SSL	- Subsistema de selección de línea
TET	- Temporal - Espacial - Temporal
TLL	- Tratamiento de llamada
UCC	- Unidad central de control
UCP	- Unidad central de proceso
UPES	- Unidad de proceso de entrada/salida
USL	- Unidad de selección de línea

definió a continuación un lenguaje para el interfaz basándose en dichas situaciones, modificando la división funcional para poder superar las dificultades encontradas con los sistemas de señalización existentes. Se llegó así a la subdivisión en los siguientes 5 subsistemas:

- Tratamiento de llamadas (TLL). Es un subsistema de software para la supervisión y el tratamiento de cada fase de una llamada. Consta de traducción de dígitos, encañamiento, tasación, etc., y de la coordinación de los otros subsistemas.
- Subsistema de señalización. Comprende módulos de hardware y de software para la conversión de las señales específicas que llegan en situaciones telefónicas, y viceversa para la salida.
- Subsistema de selección de grupo MIC (SSG). Comprende la estructura de hardware para la conmutación junto con el software necesario para el establecimiento y reposición de conexiones entre cualesquiera entrada y salida.
- Subsistema de equipo de grupo (EG). Comprende el hardware que constituye el interfaz entre la transmisión MIC y la central MIC.
- Subsistema de selección de línea (SSL). Comprende módulos de software y hardware para la concentración y expansión de tráfico, incluyendo todas las funciones necesarias para manejar los servicios de abonado.

Se podría considerar como subsistema adicional el constituido por el sistema de transmisión, es decir, el equipo múltiplex MIC y los enlaces digitales que conectan sistemas analógicos locales o remotos al sistema de conmutación digital. Sin embargo se decidió no considerarlo un subsistema principal, por tratarse sencillamente de un subsistema hardware que actúa como un portador transparente.

Cada uno de los subsistemas, con la excepción del equipo de grupo, tiene partes hardware y software. Se eligió una arquitectura de sistemas en la que el subsistema de tratamiento de llamadas controla y coordina a los demás subsistemas, simplificando así la estructura y minimizando el número de interfaces. Una vez definidos en la etapa de diseño los interfaces, entre cada subsistema y el subsistema de tratamiento de llamadas, cada uno de los subsistemas puede proseguir por separado, y se pueden evaluar, individualmente para cada subsistema, las decisiones sobre equilibrio hardware/software, el impacto de los cambios tecnológicos, etc. Las ventajas derivadas de este tipo de enfoque se tratan con más detalle en la referencia [5].

#### Técnicas y herramientas de software

Las técnicas y herramientas de software que se usaron en el desarrollo comprenden el análisis estructurado, la programación estructurada, el lenguaje de programación ESPL-1 [6, 7] y un sistema operativo en tiempo real centralizado.

El análisis estructurado es una técnica usada para documentar la estructura jerárquica que resulta de la aplicación del análisis "descendente". Se tienen en cuenta todas las especificaciones y las limitaciones del sistema y de su hardware, describiéndose a continuación, con el nivel de detalle necesario, las sucesivas divisiones de todas las funciones de software que contribuyen directamente al funcionamiento del sistema. Se usan una disciplina de sintaxis muy estricta y una notación gráfica muy simple, para garantizar así una comprensión fácil. El análisis describe las funciones que realiza el software, pero no como se implementa. Se resaltan los datos necesarios para cada función.

El ESPL-1 (Electronic Switching Programming Language, Lenguaje de programación para conmutación electrónica) es un lenguaje de alto nivel diseñado especialmente para la conmutación telefónica, telex y de mensajes. Las tres características principales para estas aplicaciones son:

- Buena generación del código objeto, pudiendo participar el programador en el proceso de optimización, si así se desea.
- Buena detección de errores durante la compilación de los programas.
- Muy amplias posibilidades para la estructuración de los datos.

El EXPERT (Executive Program Exploiting Real-Time; Programa ejecutivo de explotación en tiempo real) es el sistema operativo en tiempo real que se encarga de la gestión dinámica del tiempo de unidad central de proceso y de la memoria, permitiendo a los programas usuarios el acceso, mediante sencillas llamadas a macroinstrucciones, a una amplia gama de facilidades tales como entrada/salida, comunicación entre tareas y asignación de recursos. Esta

## Conmutación MIC

modalidad de centralización del sistema operativo permite la complementación del software operacional como sistema orientado hacia procesos.

Esto simplifica los cambios en la prioridad y en el escalonamiento de las tareas, necesarias para optimizar el funcionamiento del sistema y para añadir o quitar funciones.

Todos los programas operacionales se escriben en ESPL-1 aumentado por macro-comandos a EXPERT, el sistema operativo en tiempo real. La combinación de EXPERT y ESPL-1 produce una sintaxis que permite la comunicación entre subsistemas, facilitando así la incorporación de posteriores modificaciones.

El compilador ESPL-1 se complementa con un paquete de eliminación de errores (debugging) que permite al programador observar el comportamiento del programa a nivel de lenguaje ESPL-1. Se diseñó un simulador que incorpora este paquete, de forma que el programador puede disponer de todas las facilidades necesarias para realizar la eliminación de errores, lo cual se logró sin afectar las limitaciones del tiempo real del software bajo prueba.

### Descripción general

El sistema se ha diseñado para ser utilizado en las redes existentes, en las cuales se puede introducir como central de tránsito local o para acceso a la red interurbana, pudiéndose extender su campo de aplicación a las redes locales de conmutación y transmisión integradas, con unidades de concentración por división en el espacio, controladas local o remotamente. El entorno de la Central Digital sería así una mezcla de medios de transmisión analógicos y digitales conectadas tanto a centrales electromecánicas como a centrales con conmutación espacial, controladas por ordenador (SPC), tal como se muestra en la figura 1.

Los medios de transmisión mencionados encluyen sistemas de señalización convencionales, señalización por canal digital asociado, señalización por canal común tanto digital como analógica y canales digitales de control para unidades controladas remotamente. En la tabla 2 aparecen las posibles combinaciones.

En la figura 2 se muestra el sistema elegido para garantizar una adaptación eficaz a la variedad de medios de transmisión y tipos de señalización de la tabla 2.

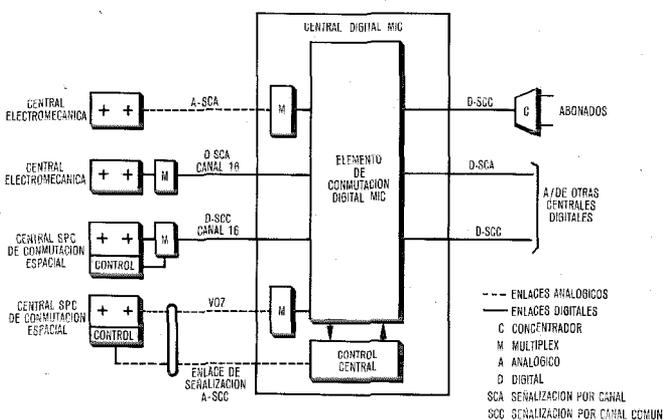


Fig. 1 Entorno de una central digital MIC.

Tabla 2 – Tipos de señalización usados en distintas redes

Tipo de central	Sistema de transmisión	Señalización
Electromecánica, conmutación espacial	Análogo	Sistemas convencionales
	Digital	CEPT – Canal asociado
Controlada por ordenador (SPC), conmutación espacial	Análogo	Sistemas convencionales CCITT N° 6 – Señalización por canal común
	Digital	CEPT – Canal asociado Señalización por canal común digital
Centrales MIC	Digital	CEPT – Canal asociado Señalización por canal común digital
Unidades de concentración de líneas de abonado	Digital	Canales digitales para control remoto

### Interfaces de transmisión de la Central Digital

El interfaz normalizado que se ha adoptado para la central digital es el múltiplex primario MIC 30 + 2 (2 Mbit/s) con el que pueden funcionar directamente los equipos de transmisión MIC. El resto de los sistemas de transmisión son convertidos a este formato para funcionar con la central digital. Los haces de enlaces analógicos que llegan a la central digital se distribuyen sobre un cierto número de unidades de multiplexación MIC, en función del tamaño de la ruta y de los requisitos de seguridad. La salida de estas unidades locales de multiplexación MIC es el formato normalizado MIC 30 + 2. Análogamente, los haces de enlaces digitales de orden superior son demultiplexados a nivel primario antes de entrar en la central digital. Se pueden usar tanto los equipos múltiplex asíncronos de acuerdo con las normas de los sistemas de transmisión como los síncronos con intercalado de bytes.

En el diseño se ha previsto la adición futura de unidades de selección de línea analógicas que pueden estar adyacentes a la unidad de selección de grupo o a distancias de hasta 80 km. Las salidas de la etapa de concentración se conectarían a un equipo múltiplex MIC 30 + 2 normal que proporcionarían el interfaz con el elemento de selección de grupo.

### Interfaz de señalización y control

La central digital acepta directamente la señalización por canal asociado en haces de enlaces MIC 30 + 2, siendo extraída en el interfaz transmisión/conmutación (vease Fig. 2) y entregada al equipo en pre-procesamiento de la señalización.

Los enlaces analógicos terminan en circuitos de enlace conectados a adaptadores de señalización especiales. La salida de los adaptadores se transmite a través del canal de señalización (canal 16) del múltiplex MIC 30 + 2 asociado.

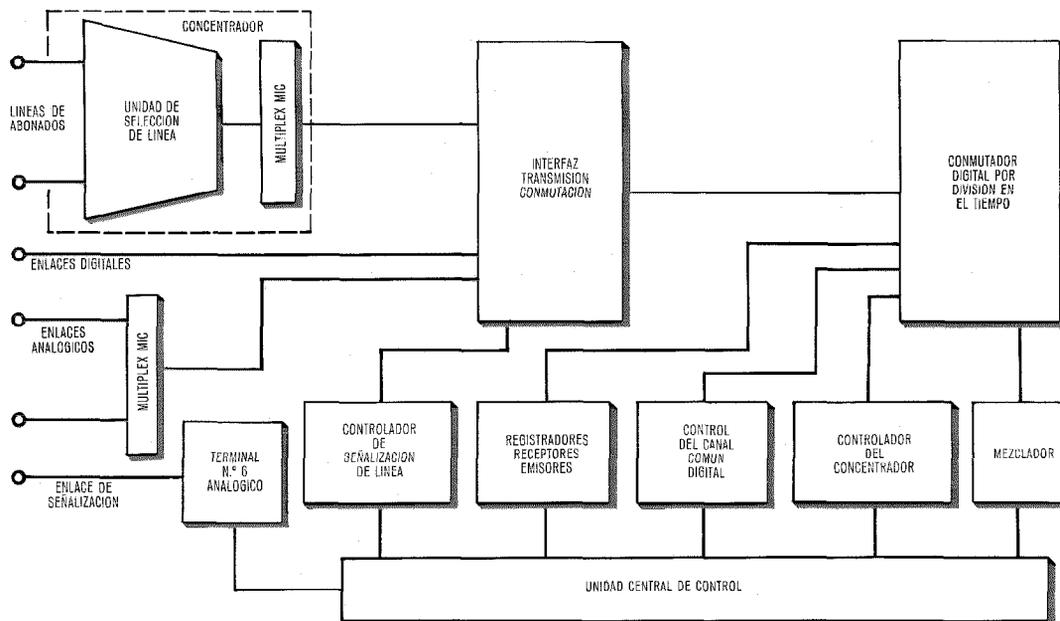


Fig. 2 Estructura de una central MIC.

La central digital trata este canal de señalización de la misma forma que el canal de señalización del equipo múltiplex MIC remoto.

Los sistemas de señalización por canal común digital se conmutan a través de la red de conversación hacia terminales de canal común que tratan un cierto número de canales comunes multiplexados. Se usan terminales distintos para controlar las unidades de selección de línea y los sistemas de señalización por canal común digital. Aunque normalmente se utiliza el canal 16, la conexión conmutada permite la utilización de cualquier canal para la señalización por canal común.

Los canales de señalización por canal común analógica de distinta procedencia no pueden ser sincronizados entre sí, por lo que se necesitan terminales de señalización individuales.

**Estructura del hardware de la central digital**

El diagrama de bloques de la central digital es el de la figura 3. La red de conmutación es una estructura temporal-espacial-temporal conectada al mundo exterior a través de módulos de equipo de grupo (EG) y a la unidad central de control (UCC) a través de controladores especializados. Los canales se utilizan para manejar el tráfico de señalización correspondiente a las llamadas en curso (MC, MCC y MR en la figura 3). Hay además un marcador central encargado del establecimiento y la reposición de los caminos de conversación y señalización dentro de la central digital.

Los conmutadores temporales  $CT_1 - CT_k$  manejan tanto conversación como señalización, mientras que los conmutadores  $CT_{k+1} - CT_n$  se dedican a la conducción de la señalización a los controladores de señalización MCC y MR. La señalización de línea del canal 16 se extrae en el equipo de grupo y se lleva a la UCC a través del multicontrolador de señalización (MC).

La seguridad del sistema se consigue duplicando las unidades de control comunes, salvo los multi-registradores

que se equipan siguiendo una regla de  $n + 1$ . El fallo de un multi-registrador deja a la central con suficiente capacidad para manejar el tráfico de la hora cargada.

La UCC utiliza dos ordenadores que trabajan siguiendo el principio de reparto de carga, principio que es común a todos los sistemas METACONTA\*. La conexión a las

\* Marca registrada del sistema ITT

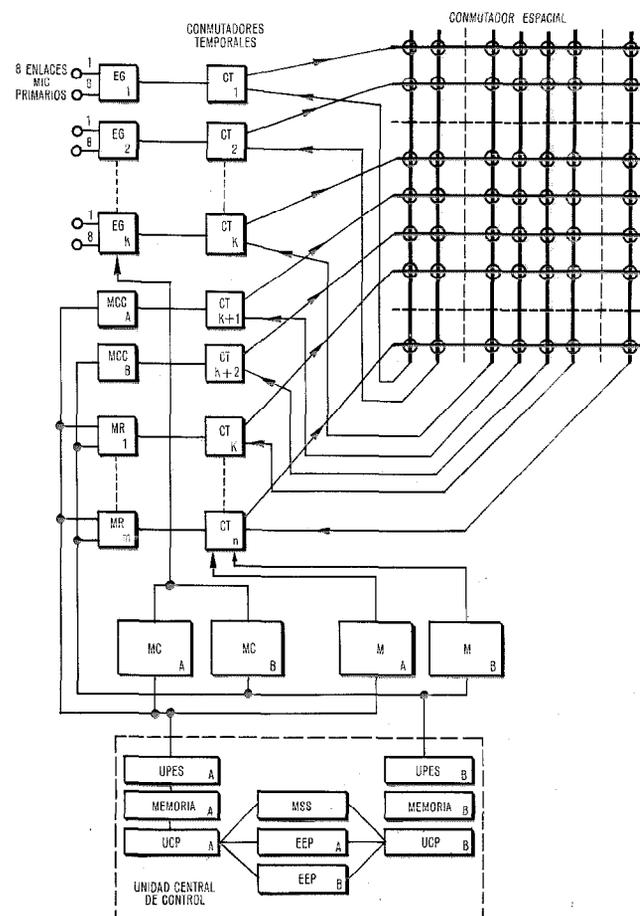


Fig. 3 Diagrama de bloques de la central MIC.

## Conmutación MIC

unidades de control de la red se realiza a través de unidades entrada/salida con acceso directo a la memoria.

### Equipo de grupo

El equipo de grupo interconecta la transmisión MIC con la central de conmutación MIC. Sus funciones son:

- conversión de código HDB-3 en binario, y viceversa,
- sincronización del tren de impulsos entrante con el reloj local,
- alineación de trama,
- supermultiplexación de 8 enlaces MIC 30 + 2 entrantes y transferencia al conmutador temporal en código de 8 bits en paralelo,
- demultiplexación del tren de impulsos procedente del conmutador temporal para dar 8 enlaces MIC 30 + 2 salientes.
- generación del canal cero para 8 enlaces MIC 30 + 2 salientes.
- acceso para señalización a los enlaces MIC 30 + 2, tanto entrantes como salientes, para señalización de línea (interfaz con  $MC_A$  y  $MC_B$ ),
- inyección de la señalización fuera de banda del canal 16 en el canal de voz específico (octavo bit) durante la fase de registrador y viceversa.

### Conmutador temporal

Entre el equipo de grupo y el conmutador temporal hay una vía bidireccional cuya capacidad es de 240 canales. Los canales de señalización (canal 16) utilizados para señalización CCITT N° 6 o para controlar unidades de conmutación remotas entran también en el conmutador temporal para ser conmutados hacia los controladores adecuados. El conmutador temporal se encarga del cambio de posición en el tiempo entre estos 240 (máximo 248) intervalos elementales y los 256 correspondientes a la estructura interna temporal-espacial-temporal (TET).

Toda conexión establecida en la estructura TET se verifica mediante una prueba de continuidad antes de ser usada; la circuitería correspondiente está incorporada en cada conmutador temporal. Las muestras del equipo de grupo son sustituidas por un conjunto de códigos especiales generados por la parte de emisión del circuito de prueba de continuidad. Dichos códigos se reciben y verifican por el otro conmutador temporal. Ambas direcciones de transmisión son comprobadas y verificadas antes de que el marcador central establezca finalmente la conexión.

El conmutador temporal proporciona también el acceso a los 240 canales de entrada y salida para la inyección de tonos.

### Conmutación espacial

Como puede verse en la figura 3, el conmutador espacial es, funcionalmente, una matriz de conmutación cuadrada con  $n$  filas y  $n$  columnas, en donde  $n$  es el número de conmutadores temporales. Por razones de seguridad, el conmutador espacial se divide en varios planos idénticos transmitiéndose los datos en serie a través de cada plano.

Por razones tecnológicas se eligió el ritmo de transferencia de 4,096 MHz para el conmutador espacial, necesitándose 4 caminos paralelos para cursar los  $256 \times$

$64.000 = 16,384$  Mbit/s entregados por cada conmutador temporal. La figura 4 muestra la división en 4 planos del conmutador espacial.

Cada conmutador temporal tiene 4 salidas (y otras tantas entradas) hacia el conmutador espacial, una a (y desde) cada uno de los 4 planos, numerados del 1 al 4. Un distribuidor, dentro de cada conmutador temporal, distribuye las 256 muestras (de 8 bits cada una) entre las cuatro salidas mostradas en la figura 4, quedando así el tráfico de la central uniformemente repartido entre los 4 planos del conmutador espacial. En caso de fallo de un plano, tan sólo el 25% de los intervalos elementales quedan fuera de servicio, lo cual es muy ventajoso desde el punto de vista de seguridad general del sistema.

Los bastidores del conmutador espacial se cablean por completo, de forma que para efectuar una ampliación basta con enchufar las nuevas tarjetas de circuito impreso.

### Multicontroladores de señalización

Los multicontroladores de señalización de la figura 3 (MCC, MC y MR) son grupos de controladores de señalización que funcionan en multiplexación en el tiempo, utilizando una fila individual de memoria por controlador y circuitería lógica común para procesar estos datos.

Esta unidad se interconecta directamente con el equipo de grupo y tiene acceso a los canales 16 que llevan la información de señalización de sus 30 canales telefónicos asociados. Constituye el interfaz de señalización entre los canales 16 y la UCC. El multicontrolador maneja la parte de señalización de línea de las señales telefónicas. Durante la fase de registrador, la información de señalización se transfiere, en el equipo de grupo, del canal 16 al octavo bitio del correspondiente canal de voz y viceversa. La señalización de registrador se lleva en ambas direcciones por la estructura TET entre el equipo de grupo y el multi-registrador.

Los multi-registradores constituyen un grupo común de controladores de señalización de registrador que se asignan temporalmente a las llamadas durante la fase de registrador. Un controlador de señalización de registrador recibe información de selección y supervisión para una llamada durante la fase de registrador, pudiendo manejar una variedad de sistemas de señalización por canal asociado. La señalización fuera de banda se recibe por el octavo bitio del canal específico, mientras que la señalización dentro de banda se transmite en los primeros 7 bits.

La información de selección recibida se convierte en dígitos antes de enviarse a la UCC. Las órdenes de señalización procedentes de la UCC se convierten en señales de transmisión adecuadas al sistema de señalización usado en la llamada que se está cursando. Las señales son luego inyectadas en el canal correspondiente.

Se establecen caminos semipermanentes a través de la estructura TET para conectar los MCC a aquellos canales 16 que se utilizan para señalización por canal común, disponiéndose así de una gran flexibilidad operacional en la asignación de canales MIC para utilización en señalización por canal común. Los MCC son interfaces de señalización y proporcionan las funciones rutinarias para este sistema de señalización. Son transparentes para la parte de información de los mensajes. Se ha diseñado también un MCC para el control remoto de una unidad de selección de línea.

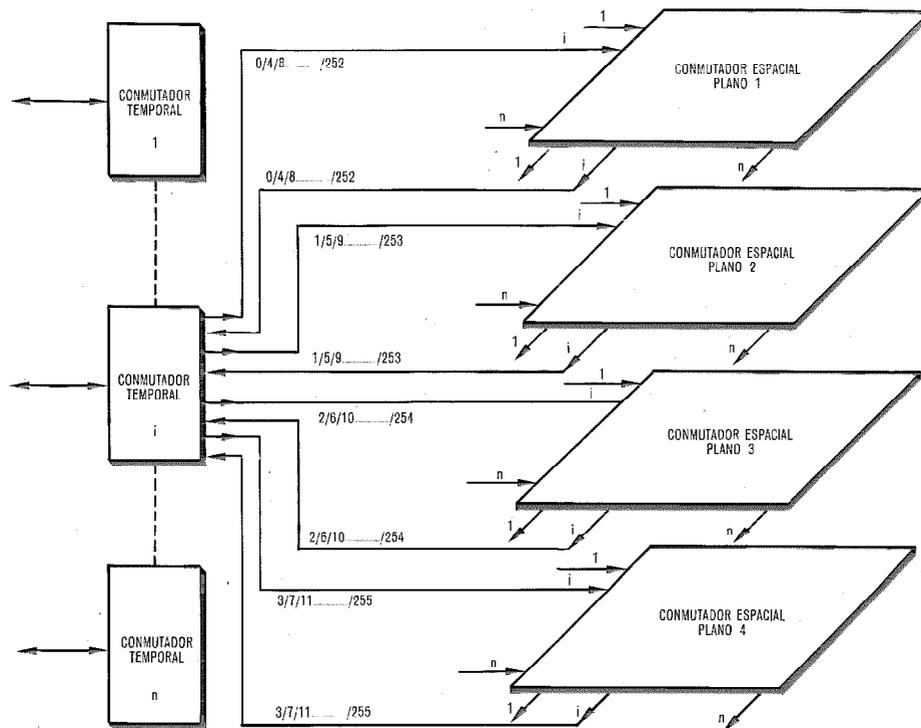


Fig. 4 Conmutador temporal - espacial - temporal.

**Estructura del software en línea**

La figura 5 muestra la estructura general del software en línea, el cual se divide en tres paquetes funcionales para la supervisión del sistema, el mantenimiento y el tratamiento de llamadas.

**Sistema de supervisión**

El software del sistema de supervisión se encarga de ciertos aspectos del funcionamiento del paquete general de software, y en concreto de las características relacionadas con el método de operación por reparto de carga, incluyendo la inicialización, transferencia y recuperación. El software del sistema de supervisión también supervisa la ocupación de la UCC e inicia acciones para el control de la sobrecarga. También son parte del sistema de supervisión las funciones de administración de la UCC y la programación de actividades centralizada EXPERT.

**Mantenimiento del sistema telefónico**

El software de mantenimiento se encarga de procesar las faltas que aparecen en el sistema telefónico y de que el software de tratamiento de llamadas funcione en un entorno sin fallos. Se da información al personal de mantenimiento a través de un teleimpresor.

El software de mantenimiento analiza y correlaciona todas las informaciones sobre fallos en el hardware, realiza pruebas rutinarias que comprueban el hardware y la congruencia entre el hardware real y su imagen el software. Se ocupa además de la gestión del estado de los bloques de seguridad del hardware, como consecuencia de las indicaciones procedentes del análisis de fallos, pruebas o peticiones a través del diálogo hombre-máquina.

**Procesamiento del llamadas**

El software de procesamiento de llamadas consta de 3 paquetes.

- señalización (SE)
- tratamiento de la conmutación de grupo (SG)
- tratamiento de la llamada (TLL) propiamente dicho.

En la figura 6 un diagrama de flujo muestra el procesamiento de las llamadas.

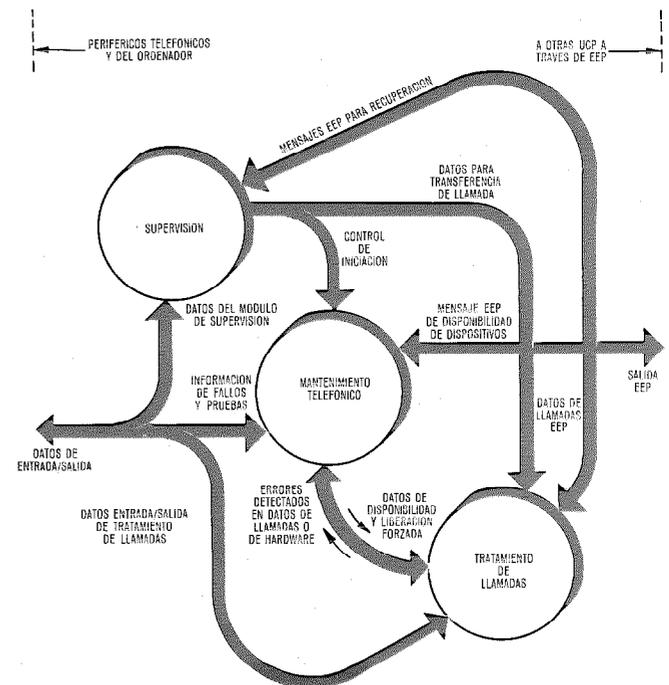


Fig. 5 Estructura del programa en línea.

Señalización

El papel principal del software de señalización es el de actuar como interfaz entre el software TLL, el cual trata solamente con situaciones telefónicas típicas, y el hardware de señalización. Convierte todas las señales externas en sucesos telefónicos representativos para el tratamiento de la llamada; y convierte todas las órdenes del TLL en las señales externas correspondientes.

Los datos sobre los sucesos recibidos o las respuestas a órdenes, se escriben directamente sobre las colas (hopper) de sucesos y resultados por el hardware de señalización, el cual también lee de la cola de órdenes cualquier señal que haya de ser enviada por el ordenador.

Cuando las colas de sucesos y resultados han sido leídas por todo el software de señalización, se efectúa una traducción para combinar el estado actual del dispositivo, el código de la orden previamente recibida y el método de señalización utilizado a fin de determinar cual es el módulo suceso/respuesta que hay que ejecutar.

Las órdenes de procesamiento de llamadas y mantenimiento se ejecutan llamando al módulo de interfaz adecuado.

Tratamiento del elemento de selección de grupo

El software SG (handler) gobierna el hardware como elemento de selección de grupo. Concretamente, busca, toma y repone caminos y circuitos de conferencia en respuesta a peticiones del software TLL o del de mantenimiento, enviando a su vez las respuestas del hardware al software que efectuó la petición.

La cola que contiene las respuestas del hardware del elemento de selección de grupo se lee periódicamente, y se ejecuta un módulo de respuesta SG específico, según cual sea la identidad del programa que pidió la acción del hardware.

Las acciones de procesamiento de llamadas y de mantenimiento que han de ser llevadas a cabo por el software SG, se realizan llamando al módulo interfaz SG adecuado.

Tratamiento de la llamada

Este software se encarga de la gestión de las llamadas en el sistema. Funciona a nivel de eventos telefónicos típicos. Un cuidadoso diseño de los subsistemas de señalización y SG ha permitido independizar este software de las complejidades de los distintos hardware y métodos de señalización. El software TLL mantiene un registro exacto del estado de cada llamada cursada por el sistema, solicitando a la señalización y al SG que lleven a cabo las acciones apropiadas y las respuestas para el suceso telefónico de que se trate.

Cuando el software de señalización detecta un suceso telefónico, dicho suceso se escribe en la cola de sucesos adecuada. Se utilizan a continuación el código del suceso y la fase de la llamada en la rutina de traducción de sucesos, para identificar el módulo de tratamiento de llamada que es ejecutado a continuación.

Cuando el software de señalización o SG detecta respuestas a órdenes de hardware, se sitúa un bitio en la tabla de exploración de respuestas. Cuando está en marcha el proceso adecuado, se utilizan el código de respuesta y el estado actual de la llamada en la rutina de traducción de respuestas, para identificar el módulo de tratamiento de llamada adecuado.

Los módulos de tratamiento de llamadas son una colección de subrutinas que actualizan los estados de la llamada de acuerdo con los datos de las correspondientes memorias (buffers) de estado y de llamada. Hay una subrutina para cada combinación posible de código de sucesos y fase de la llamada. Los módulos de tratamiento de llamadas también piden al software de señalización y SG la emisión de órdenes de hardware y el envío de mensajes entre ordenadores, según se requiera.

Principios de tratamiento de las llamadas

A modo de ejemplo, se considera una llamada de tránsito que entra por un enlace de llegada analógico ELL y ha de salir por otro enlace analógico ES; supóngase que am-

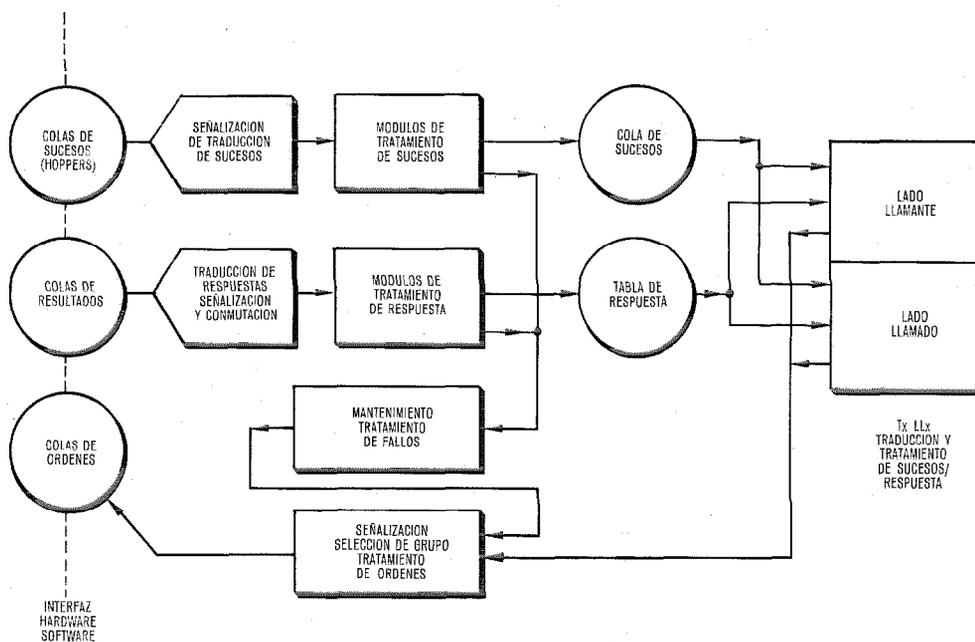


Fig. 6 Diagrama de flujo de tratamiento de llamadas.

bos enlaces utilizan señalización por impulsos fuera de banda, con señalización de selección decimal. Se consideran las siguientes cinco fases: detección de la llamada, conexión del enlace de llegada al receptor de dígitos, fase de conexión del emisor de dígitos de enlace de salida, fase de conversación y fase de reposición.

a) Fase de detección de la llamada (Fig. 7a).

El controlador  $C_{pb}$ , perteneciente al multicontrolador MC y rígidamente asignado al equipo de grupo  $EG_p$  y al múltiplex MIC  $M_b$ , es inicializado por el software a la tarea "exploración cíclica" de forma semipermanente.

El controlador  $C_{pb}$  genera continuamente, a la cadencia adecuada y sin intervención del software, una orden de exploración cíclica, la cual se envía, como mensaje direccionado por etiqueta, a través del canal 16 al explorador-actuador de enlaces  $EAE_b$ . Este explorador-actuador ejecuta la orden recibida, es decir, interroga el estado de los puntos de exploración del grupo de 30 enlaces conectado a  $M_b$ , el cual pertenece ELL; los resultados de la exploración cíclica se envían a través del canal 16 y  $C_{pb}$  a la unidad de proceso de entrada/salida (UPES), la cual realiza la detección de cambios entre los estados actuales y los anteriores. Dichos cambios se envían a la UCP; una vez reconocida la señal de toma, se informa a la otra UCP; en este momento se pone una máscara sobre el enlace ELL en la otra UCP, habiéndose así asignado el proceso completo de tratamiento de esta llamada a la UCP que primero detectó su aparición.

El software obtiene la clase y el tipo de señalización del enlace ELL consultando las tablas adecuadas, y asigna una memoria de llamada a la nueva llamada, para poder almacenar temporalmente toda la información necesaria para el establecimiento de la llamada.

b) Fase de conexión del enlace de llegada al receptor de dígitos (Fig. 7b)

Un programa de búsqueda de caminos elegirá un camino libre (por ejemplo  $t_e-t_w-t_x$ ) entre ELL y el controlador de señalización de registrador  $R_x$ , vacante, el cual se comporta como un receptor de dígitos para señalización impulsiva fuera de banda; la elección se hace buscando en el mapa o tabla de caminos incluido en la memoria del ordenador.

El camino elegido se toma inmediatamente, actualizando a continuación el mapa en ambas UCP y enviando órdenes al marcador central para que establezca la conexión entre  $E_c$  y  $R_x$  a través de la red TET.

A partir de este momento y durante la fase de recepción de dígitos, la supervisión de la señalización de línea de la llamada se hace en el propio receptor de dígitos  $R_x$  (utilizando el bitio 8 del canal  $t_e$ ), en vez de en el controlador de señalización de línea  $C_{pb}$  a través del canal 16, como ocurría antes. El controlador  $C_{pb}$  continúa la exploración cíclica de otros enlaces del grupo, pero al enlace ELL se le pone una máscara en el MC. Tras el envío de la señal de invitación a transmitir por  $R_x$ , tiene lugar la recepción de dígitos; cada dígito completo se envía desde el  $R_x$  a la UCP, para ser almacenado en la memoria de llamada.

Un programa de traducción de rutas analiza cada dígito cuando se recibe, y cuando se han recibido dígitos suficientes, identifica la ruta de salida requerida.

c) Fase de conexión del emisor de dígitos al enlace de salida (Fig. 7c)

Cuando el programa de encaminamiento ha identificado la ruta de salida, se elige un enlace de salida ES dentro de esa ruta y el programa de búsqueda de caminos selecciona un camino libre (es decir,  $t_y-t_z-t_s$ ) entre el enlace de salida ES y un emisor de dígitos  $E_y$  del tipo señalización impulsiva fuera de banda.

Se envían órdenes de marcaje al marcador central y tras el establecimiento de la conexión entre  $E_y$  y ES se envía una señal de "toma" hacia la central distante; los dígitos se transmiten luego a través del mismo camino.

Durante esta fase, los dígitos se reciben de ELL y se envían a ES a través de dos caminos diferentes; la parte de llegada y la de salida funcionan con total independencia; la coordinación telefónica de la llamada existe únicamente en el software.

Si no se encuentra ningún enlace de salida libre, ni en la vía directa ni en la alternativa, se envía una señal de congestión hacia atrás a ELL.

d) Fase de conversación (Fig. 7d)

Transmitido el envío de dígitos, reponen los dos caminos anteriormente usados, y se establece la conversación por el camino que se había reservado previamente (es decir  $t_e-t_v-t_s$ ). El control de la supervisión de la línea por el canal 16, se devuelve a partir de este momento al multicontrolador asociado, tanto hacia el lado que llama como hacia el lado llamado.

El buffer de llamada repone durante la conversación, mientras que la información relativa a la identidad del camino de conversación se almacena en los buffer de estado asignados a las distintas unidades de hardware que intervienen en la llamada.

e) Fase de reposición

El cambio de la condición de la línea, debido a la iniciación de una señal de liberación hacia adelante o hacia atrás, se detecta en la UPES a través de la exploración cíclica indicada por el controlador de señalización de línea. El software identifica el camino usado en la conversación por medio de la información contenida en los buffer de estado. Los datos sobre tal camino se almacenan en un buffer de supervisión, asociado a esta fase de la llamada.

Se envían a continuación órdenes de desconexión a las unidades de hardware que han intervenido, y tras la ejecución efectiva de las órdenes, los mapas y los buffer de estado son liberados en ambos UCP.

## Mantenimiento y administración

### Mantenimiento

El objetivo de mantenimiento es proporcionar continuamente un alto nivel de calidad de servicio con un coste de mantenimiento mínimo. Las conocidas posibilidades de los sistemas SPC (para detección, análisis, identificación, aislamiento, alarmas, registro de averías, etc.) se han usado aquí ampliamente para minimizar y simplificar la intervención humana necesaria. Con este fin, el hardware del sistema se subdivide en los llamados "bloques de seguridad",

## Commutación MIC

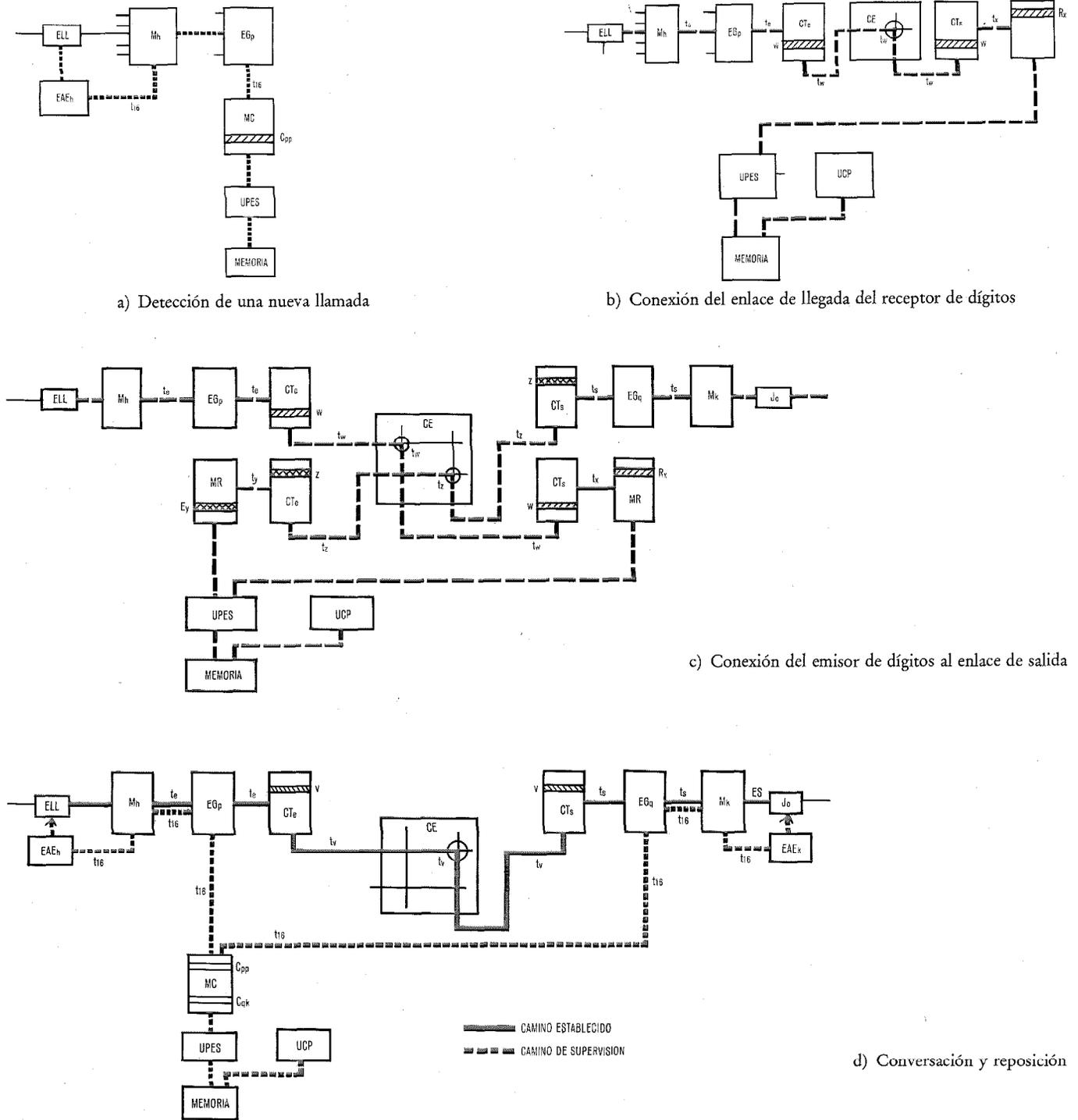


Fig. 7 Principio de tratamiento de llamada.

los cuales corresponden a una serie de equipos hardware, pertenecientes a uno a más bloques funcionales, de forma que:

- cualquier avería en el bloque de seguridad dé lugar a alteraciones del sistema que sean aproximadamente de la misma gravedad;
- sea sencilla la detección global de los fallos funcionales del bloque de seguridad;
- se pueda aislar el bloque de seguridad del resto del sistema sin que se produzcan problemas de interferencia;

- el aislamiento del bloque de seguridad tenga un impacto limitado y aceptable sobre el comportamiento del sistema.

Las actividades de mantenimiento cubren las siguientes fases: detección de fallos, análisis, aislamiento del fallo, localización, informe del fallo, reparación y quizás una re-qualificación y re-inicialización del bloque de seguridad reparado.

- La detección de fallos se realiza tanto por el programa de tratamiento de llamadas (durante el funcionamiento

normal) como por los programas de pruebas para mantenimiento.

- El estudio de los fallos se basa en el análisis estadístico y en la correlación de errores de fallos transitorios o mediante indicaciones directas.
- El aislamiento del fallo se realiza por medio de los programas de mantenimiento que aíslan el bloque de seguridad que falla, el cual ya no trata más llamadas. Para ello se impide que el bloque de seguridad trate ninguna nueva llamada y se espera hasta que todo el tráfico haya desaparecido del bloque en cuestión. Tras haber aislado el bloque de seguridad presuntamente defectuoso, se puede hacer una prueba de confianza que ratifica la presencia de un fallo.
- La localización del fallo dentro de un bloque de seguridad se basa en la ejecución de programas especiales de prueba sobre la unidad aislada.
- Las secciones de reparación en la central consisten en la sustitución de una tarjeta defectuosa por otra de reserva. La reparación de la tarjeta se realiza en un centro especializado de prueba y reparación.
- La re-qualificación comienza tras haber sustituido la tarjeta, permitiendo la verificación del funcionamiento correcto en la unidad reparada, antes de introducirla de nuevo en servicio.
- El informe de fallo se hace tras la localización del fallo para hacer saber al personal de mantenimiento la naturaleza del fallo y las acciones tomadas por el control central de sistema. Se utilizan con este fin alarmas (sonoras o visuales) y mensajes del teleimpresor.

#### Administración

La administración del sistema se refiere a las actividades que se llevan a cabo en una central en servicio, relativa a:

- observaciones de tráfico
- adaptaciones del sistema para mejorar su prestación
- adaptaciones del sistema impuestas por cambios en las condiciones de la red telefónica
- ampliaciones.

Todas estas actividades se llevan a cabo fundamentalmente mediante operaciones hombre-máquina, tal y como se hace usualmente en los sistemas controlados por programa almacenado. Dado el pequeñísimo bloqueo interno que se consigue en la central digital, no se necesita una igualación de la distribución del tráfico entre los conmutadores temporales. Se elimina así la necesidad de la medida de tráfico en cada conmutador temporal, y la correspondiente redistribución en caso de desequilibrio.

#### Práctica de equipo

Un sistema de conmutación electrónico que use multiplexación MIC por división en el tiempo (MIC-MDT) presenta un cierto número de nuevas características, en comparación con los sistemas de conmutación espacial, las cuales afectan sustancialmente a la elección de la práctica de equipo adecuada.

#### Consideraciones técnicas

Una central MIC-MDT funciona en todas sus partes a la velocidad del ordenador, y de hecho se comporta como un

gran centro de proceso de datos. En un sistema de este tipo, la transmisión de señales entre sus diferentes partes puede constituir una parte sustancial del coste total. Más aún, una distancia larga puede causar dispersión en el tiempo que, en el caso de algunas señales críticas, puede requerir hardware adicional para garantizar un funcionamiento correcto. Por último, se necesita un sistema eficaz de distribución del potencial de tierra por toda la central, para así minimizar el ruido y las diferencias de potencial que puedan afectar a la transmisión de señales.

La tecnología de hoy día nos permite la miniaturización del hardware de una central MIC-MDT. Sin embargo, tal miniaturización implica un aumento sustancial de la disipación de calor por unidad de volumen, de forma que la práctica de equipo elegida debe tener en cuenta el problema de la refrigeración.

La utilización de MDT en el sistema de conmutación reduce espectacularmente el cableado de la central, lo cual representa una ventaja importante, tanto desde el punto de vista de práctica de equipo como del de tiempo necesario para la instalación.

#### Aspectos generales

Las consideraciones enumeradas anteriormente han conducido al diseño de una práctica en equipo que tiene las siguientes características:

- Alta densidad de componentes para reducir el espacio ocupado.
- Falso suelo para la distribución del potencial de tierra (rejilla de tierra), cableado de la central y suministro de aire forzado.
- Armarios autoportantes que pueden enviarse a la instalación totalmente equipados.
- Altura mínima del techo de 2,5 m (incluyendo el falso suelo) para satisfacer las preferencias de algunas Administraciones que piensan instalar los futuros sistemas de conmutación electrónicos en edificios de oficinas normales, como ya se hace hoy día con los centros de tratamiento de información.

#### Centrales para pruebas de campo

##### Prueba de campo de Charleroi

Se ha instalado en Charleroi (Bélgica) una central digital de tránsito local, la cual está ahora (octubre 1976) en la etapa de pruebas finales. La central está integrada en la red pública y por tanto dará servicio en dicha red.

En la figura 8 se da el diagrama de enlaces de la central para la prueba de campo (excluyendo la unidad central de control). Se puede apreciar que la interconexión con las otras dos centrales Nalines y Tamines que participan en la prueba de campo, se hace mediante enlaces digitales y analógicos. Para la señalización de línea se usa señalización por bucle en los enlaces analógicos y señalización E y M en los enlaces digitales. Para señalización de selección se utiliza señalización MFC y por impulsos en ambos tipos de enlaces, digital y analógico.

La central tiene una capacidad inicial de 120 terminaciones de enlaces, repartidas en dos equipos de grupo EG. El conmutador digital que aparece a la derecha del repartidor

# Commutacion MIC

intermedio tiene una capacidad inicial de 480 terminaciones.

La figura 9 representa el plano de planta de la central. Los armarios para el control central y los periféricos de

mantenimiento se hallan a la izquierda, mientras que el equipo propiamente dicho, se encuentra a la derecha (12 armarios).

En realidad, los armarios de conmutación están muy

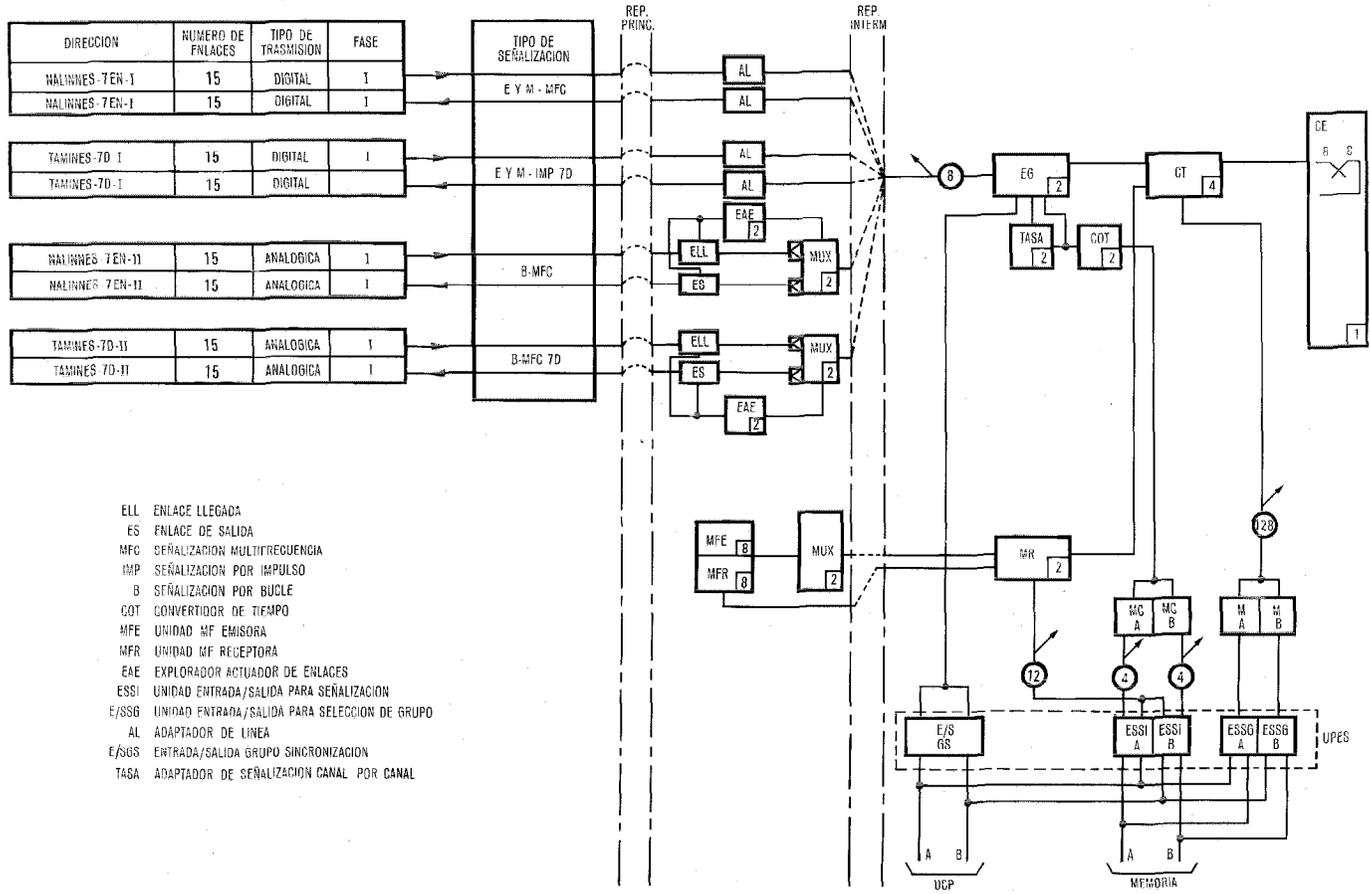


Fig. 8 Diagrama de enlaces de la prueba de campo de la central MIC de Charleroi.

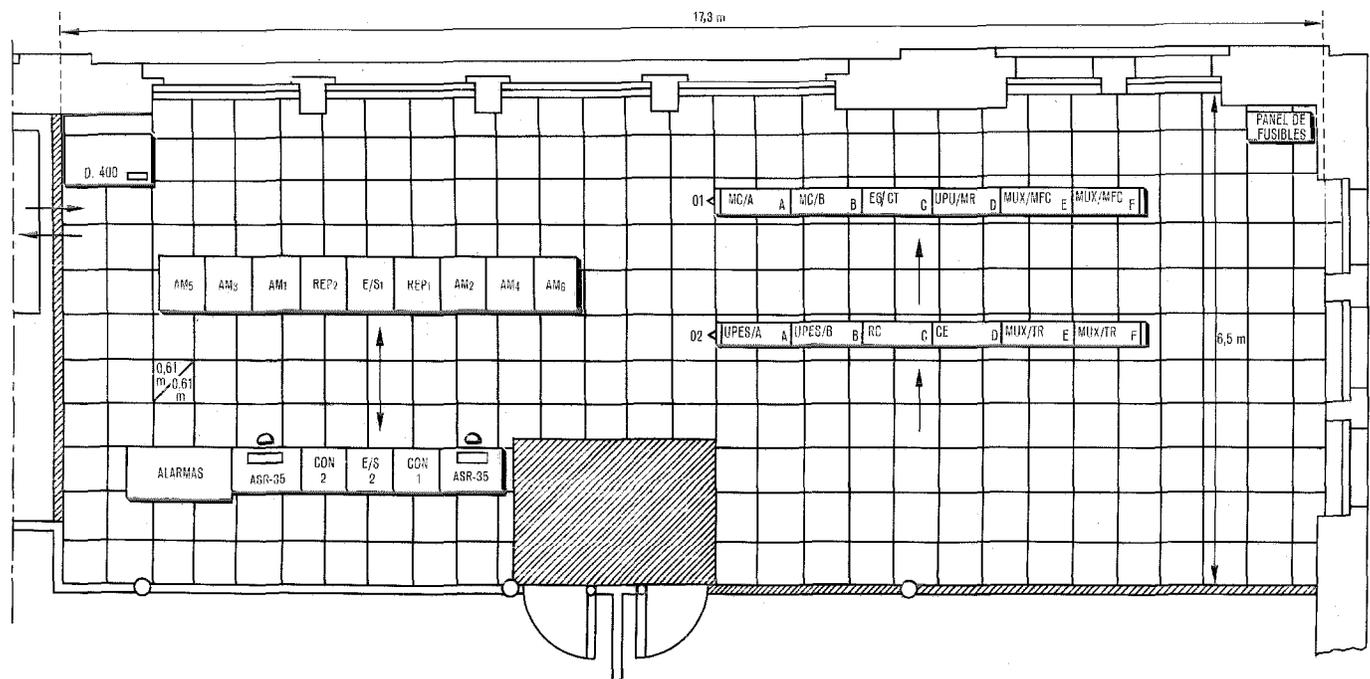


Fig. 9 Prueba de campo de Charleroi. Distribución en planta.

- |     |                        |     |   |      |                                     |
|-----|------------------------|-----|---|------|-------------------------------------|
| AM  | armario de memoria     | E/S | armario de entrada/salida                 | RC   | reloj central                       |
| CE  | conmutador espacial    | MC  | multicontrolador de señalización de línea | REP  | armario de repartidor principal     |
| CON | armario de controlador | MFC | señaladores multifrecuencia               | TR   | terminales de red (por ej. enlaces) |
| CT  | conmutador temporal    | MR  | multirregistrador                         | UPES | unidad de proceso de entrada/salida |
| EG  | equipo de grupo        | MUX | múltiplex MIC 30                          | UPV  | unidad de presentación visual       |

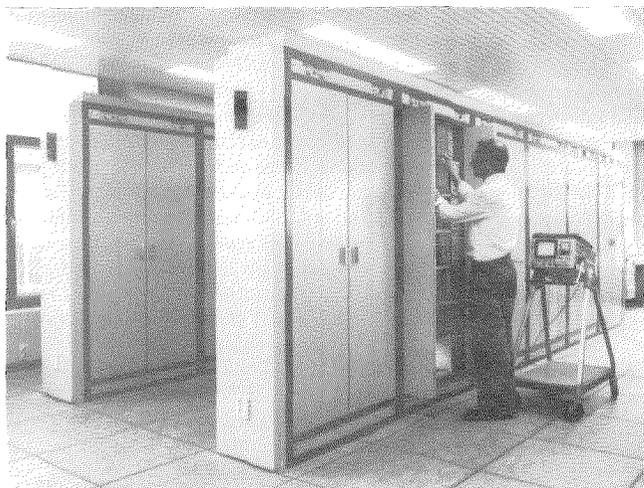


Fig. 10 Vista general de la central de Charleroi para la prueba de campo.

sub-equipados dado el pequeño tamaño de la central. La figura 10 muestra el equipo instalado en Charleroi.

Prueba de campo de Roma

En Roma (Italia) se instalará una central digital de tránsito interurbano, la cual quedará integrada en la red telefónica interurbana de la ASST (Azienda di Stato dei Servizi Telefonici). Inicialmente, esta central se conectará con la central PENTACONTA\* nacional e internacional de Roma, mediante un código de señalización impulsivo

\* Marca registrada del sistema ITT

fuera de banda, mientras que la interconexión con la red local de Roma se hará con un código de señalización CC para centrales paso a paso; más tarde, la central de prueba de Roma se conectará a otras centrales MIC en pruebas de campo, previstas por la ASST en Milán, Verona y Nápoles. El diagrama de enlaces correspondiente aparece en la figura 11; por razones de seguridad, cada ruta se divide en dos haces de circuitos, conectados a diferentes multiplex y equipos de grupo.

Prueba de campo de Madrid

Otra prueba de campo con un modelo de central de tránsito se instalará en Madrid a finales de 1977.

Conclusiones

- Los aspectos más destacables del sistema MIC para pruebas de campo, en comparación con los anteriores sistemas experimentales [1, 2] de ITT, incluyen:
- Red de conmutación TET ampliable hasta 10.000 erlangs.
- Concepto de subsistema.
- Avanzadas técnicas de software.

La espectacular reducción en tamaño facilitada por la utilización de técnicas digitales de multiplexación en el tiempo, puede hacer cambiar radicalmente los procedimientos actualmente usados para fabricación, prueba, transporte e instalación de las centrales telefónicas.

Con independencia del objetivo primordial de observar el comportamiento del sistema y adquirir experiencia de funcionamiento real, se intenta que las pruebas de campo sirvan también para investigar nuevos procedimientos en las áreas mencionadas y comprobar su viabilidad.

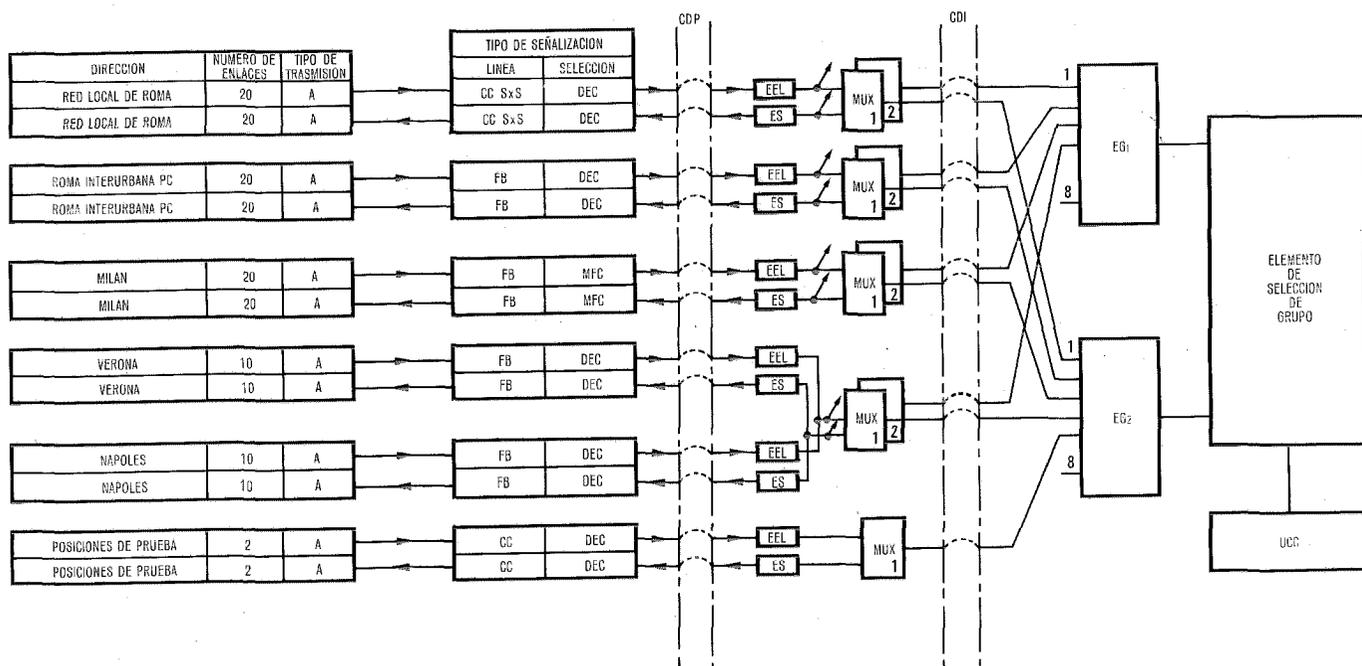


Fig. 11 Diagrama de enlaces de la prueba de campo de la central MIC de tránsito instalada en Roma.

- CC corriente continua
- CDI cuadro de distribución intermedia
- CDP cuadro de distribución principal
- DEC decimal
- E<sub>e</sub> enlace de entrada
- E<sub>s</sub> enlace de salida
- F<sub>B</sub> impulso fuera de banda
- MFC multifrecuencia
- MUX múltiplex
- SxS paso a paso

La prueba de campo de Charleroi se encuentra ahora en la fase de pruebas finales.

A partir de la experiencia de las primeras fases, se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- El reducido espacio requerido permite la realización de pruebas funcionales del sistema en la propia fábrica.
- La utilización de componentes exclusivamente electrónicos da lugar a las tarjetas de poco peso que pueden dejarse en su lugar durante el transporte.
- La cantidad de cableado entre bastidores se reduce drásticamente y puede colocarse cómodamente bajo el falso suelo sin obstruir la circulación del aire frío.
- La disminución del cableado y el reducido número de armarios reduce notablemente el tiempo de instalación. Otra reducción importante se obtiene con el uso de armarios autoportantes y cableado enchufable.

El modelo de Charleroi se probó por completo en la fábrica antes de proceder a su transporte. El desmontaje, transporte y re-instalación requirió tan sólo dos semanas.

La experiencia obtenida con estas pruebas de campo permitirá la optimización del diseño del sistema para aplicaciones comerciales.

### Referencias

- [1] G. W. Wells, J. R. Mumford y J. G. Dupieu: Una central tandem PCM experimental; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 44, n° 2 (1969), págs. 100-107.
- [2] S. R. Treves y J. G. Dupieux: A PCM Hybrid Terminal Switching Development; International Switching Symposium Record 1972, págs. 89-95.
- [3] R. Bernard, J. H. Dejean y G. Robin: Analytical Cost Studies of PCM-IST Networks; Seminar on Digital Communications, Zurich, 1976.
- [4] G. Robin, J. H. Dejean, L. Mack, A. Termote y G. Toluoso: Introduction of PCM Integrated Switching and Transmission into Existing Networks; International Switching Symposium, Kyoto 1976, Contribución n° 142-2.
- [5] M. A. Henrion y S. R. Treves: Experience from Functional Subsystem Partitioning in the Design of PCM Exchanges Seminar on Digital Communications, Zurich 1976.
- [6] D. Cohen: ESPL-1 - A programming Language for Switching Systems; Software Engineering for Telecommunication Switching Systems, IEE Conference Publication n° 97.
- [7] D. Combelic: Experiences in Development and Acceptance of ESPL-1; International Switching Symposium, Kyoto, 1976, Contribución n° 222-4.

**S. M. Schreiner** se graduó (BSEE) en 1948 en el Instituto Politécnico de Brooklyn, en donde también siguió una serie de cursos para graduados. Ingresó en ITT Federal Laboratories en 1948, participando en el diseño del primer sistema MIC militar de 48 canales, en varios sistemas PPM militares y en el DIGICOM - un sistema experimental de transmisión y conmutación integradas por división en el tiempo. Fue jefe adjunto de ingeniería en el sistema de conmutación de mensajes de órdenes y control de la Air Force y más tarde jefe de ingeniería en el desarrollo de sistemas de conmutación telex con relés reed, sistemas militares de comunicación de órdenes y control, estudios de codificación de voz canal por canal y desarrollos de equipos militares avanzados de comunicación digital. Más adelante participó en el desarrollo de la prueba de campo de conmutación en Moorgate, para pasar en 1972 a LCT en donde se encargó del diseño de sistemas en el sistema MIC para pruebas de campo. En la actualidad pertenece al ITC, siendo su responsabilidad el diseño de sistemas en los desarrollos de conmutación digital de ITT. Es miembro senior del IEEE y miembro del Comité de Comunicaciones de Datos de la IEEE Communication Society.

**Sergio R. Treves** nació en Turin (Italia), en 1936, graduándose en el Politécnico de Turin en 1960. Ingresó, en el mismo año, en ITT Federal Laboratories, Nutley (USA), trabajando en proyectos de conmutación militar.

Desde 1962 a 1963, trabajó en la Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques (París), en equipos de tarificación automática, para pasar después a Face Standard (Milán), en donde su actividad se centró en transmisión MIC, conmutación electrónica y sistema CCITT N° 6.

Durante el período 1969 a 1971, fue jefe de un proyecto ITT de transmisión y conmutación MIC integradas, para redes locales. En 1973 fue nombrado director científico de electrónica de Face Standard.

Desde 1967 ha enseñado redes integradas de telecomunicación en el Instituto Superior PT de Roma. En 1968 fue nombrado Profesor de Comunicación Eléctrica y desde 1969 ha enseñado "Conmutación y tráfico" en el Politécnico de Turin.

El Profesor Treves es Miembro del IEEE y autor del libro "Digital Techniques in Electrical Communication".

**J. Van Goethem** nació en Amberes (Bélgica) en 1925, graduándose en Ingeniería civil en la Universidad de Gante (Bélgica) en 1949. En 1950 ingresó en Bell Telephone Mfg. Co., colaborando en la introducción de la electrónica en la conmutación telefónica. Más tarde trabajó en el desarrollo del sistema MC 10 C, siendo en la actualidad jefe del departamento de Nuevos Sistemas, participando en el desarrollo de sistemas de conmutación temporal.

# Cables de fibra óptica

El diseño y fabricación de cables de fibras ópticas deben evitar la fragilidad característica de las fibras asegurando que no aumenten significativamente las pérdidas de transmisión. Estos cables deben ser capaces de soportar manipulaciones semejantes a las que soportan los cables normales.

R. E. J. BASKETT

Standard Telephones and Cables Limited, Londres, Reino Unido

S. G. FOORD

Standard Telecommunication Laboratories, Harlow, Reino Unido

## Introducción

Las características básicas de los sistemas de comunicaciones por fibra óptica se discutieron en los primeros artículos de esta serie [1], en los que se clasificaron dentro de tres categorías:

- el convertidor de señales eléctricas en un rayo de luz modulada,
- el enlace de transmisión por fibra óptica,
- el detector óptico y reconvertidor.

La última de estas categorías ha presentado pocos problemas, pero el desarrollo intensivo de las dos primeras se ha venido realizando durante los 2 ó 3 últimos años, con un notable grado de progreso. Otros artículos de esta publicación sobre la fuente de luz modulada [2], los principios fundamentales de transmisión a través de guíaondas ópticas [3], y los procedimientos prácticos para la fabricación de fibras ópticas [4]. En el artículo presente se estudia la transformación de las fibras ópticas en cables prácticos de unas cuantas de ellas que se pueden manejar de una forma similar a los cables convencionales de transmisión eléctrica. El importante tema de los empalmes de estos cables se desarrolló en otro de los artículos de esta serie [5].

Se ha realizado una comparación visual [1] entre un cable coaxial multinúcleo para enlaces interurbanos, una guíaonda de gran longitud, y un cable óptico experimental, todos ellos con aproximadamente una capacidad de transmisión equivalente. Esto proporciona una visión general de la pequeña dimensión física y el alto grado de flexibilidad del cable óptico. Sin embargo los materiales de vidrio con los que está construido son frágiles, y a causa de la pequeña superficie transversal de las fibras, que es necesaria para conseguir una buena flexibilidad, son particularmente susceptibles de sufrir un daño catastrófico durante los procesos de manipulación normales. Esta circunstancia es conocida desde las primeras etapas del desarrollo, y se tomaron medidas para elevar su bastante pobre resistencia a la tracción, así como para mejorar la protección contra influencias ambientales mediante la aplicación de un recubrimiento de plástico con un alto módulo de elasticidad [6]. Esta regla se extendió a las estructuras compuestas que contienen una gran cantidad de fibras recubiertas. Más recientemente [7, 8] con las pérdidas ópticas tan bajas que se han alcanzado en las fibras básicas, se ha prestado mucha atención a la eliminación de las pérdidas adicionales que puedan producirse durante las diferentes operaciones de fabricación del cable debido a factores tanto mecánicos como ambientales. También se han conseguido considerables mejoras en la fortaleza de las fibras mediante tratamientos especiales de su superficie que se aplican durante el proceso de estirado de la fibra.

Las fibras recubiertas de plástico pueden considerarse como las unidades básicas de construcción en el diseño de cables prácticos, de la misma forma que se emplean los hilos metálicos aislados en los cables de conductores eléctricos. De hecho todas las operaciones subsiguientes en la construcción de cables de fibras ópticas son similares a las utilizadas habitualmente en la fabricación de cables, aunque ciertas modificaciones de detalle vienen impuestas por las limitaciones físicas inherentes a las fibras.

## Características necesarias

La especificación de las características es el punto de arranque de cualquier diseño de cables y deberá cubrir tanto el producto terminado como sus partes componentes, con objeto de asegurar la viabilidad del proceso de fabricación. La especificación deberá variar de acuerdo con el propósito perseguido y con las condiciones de utilización, pudiendo recopilarse mediante una selección entre las características principales de la tabla 1.

## Componentes del cable

En la literatura sobre el tema se han producido muchos diseños diferentes de cables, pero todas las partes constitutivas más importantes están recogidas en la siguiente lista abreviada:

- fibras ópticas recubiertas
- refuerzo de la tracción
- refuerzo radial o amortiguamiento
- cubiertas del cable y barreras contra la humedad

Tabla 1 - Principales factores en el diseño de cables de fibra óptica

Ópticas	<ul style="list-style-type: none"><li>- número de fibras para la capacidad de transmisión necesaria</li><li>- atenuación a la longitud de onda especificada (generalmente 850 nm)</li><li>- dispersión de impulsos</li><li>- apertura numérica</li></ul>
Mecánicas	<ul style="list-style-type: none"><li>- propiedades de tracción</li><li>- resistencia a la compresión radial</li><li>- resistencia a la flexión</li><li>- resistencia al doblado en frío</li><li>- resistencia a la abrasión</li><li>- resistencia a la vibración</li><li>- protección ambiental</li></ul>
De construcción	<ul style="list-style-type: none"><li>- material y dimensiones del núcleo, cubierta y recubrimientos de protección de las fibras</li><li>- material y dimensiones de la envoltura del cable</li></ul>

## Cables ópticos

- conductores metálicos aislados y pantallas
- arrollamientos centrales
- rellenos.

La estructura básica más simple es la constituida por una fibra única protegida por una cubierta, con o sin la envoltura del cable, de forma que pueda tener la entidad suficiente como para que no sean necesarios componentes complementarios. Características mejoradas se consiguen mediante componentes adicionales que proporcionan un refuerzo radial y a la tracción, y por inclusión de material de relleno sobre, bajo, o entre las fibras recubiertas. Se obtiene un aumento de la capacidad de transmisión de señales empleando grupos de fibras, así como alimentación de potencia o control incluyendo conductores metálicos. Se utilizan arrollamientos centrales para mantener uniformidad geométrica en los grupos de fibras y conductores, al mismo tiempo que actúan como barreras contra el calor durante el proceso de aplicación de componentes plásticos (por ejemplo cubierta exterior del cable) en la extrusión del termoplástico. En la práctica, los componentes más críticos son las fibras recubiertas y el refuerzo a la tracción o elementos de resistencia mecánica, que serán estudiados con mayor detalle en las secciones siguientes de este artículo.

### Características de las fibras recubiertas

El material básico empleado en la fabricación de fibras puede ser vidrio multicompuesto o bien sílice, cuyos detalles se han establecido en artículos anteriores. Desde el punto de vista de construcción del cable interesan en primer lugar dos propiedades:

- un grado adecuado de resistencia a la tracción y flexibilidad que le preserve sin fallos a lo largo de las duras etapas de fabricación del cable, instalación y uso;
- la preservación de la dispersión y atenuación en la fibra a todo lo largo de estos procesos, el más crítico de los cuales es la aplicación de cubiertas plásticas.

Inmediatamente después de extruidas, las fibras descubiertas, particularmente las de sílice, tienen una resistencia a la tracción extremadamente alta, pero ésta se deteriora rápidamente, en condiciones atmosféricas normales, en aproximadamente dos órdenes de magnitud [4], y así una fibra de sílice descubierta típica de 125  $\mu\text{m}$  (el tamaño empleado normalmente para transmisiones ópticas) se romperá con una tensión media de cerca de 5 N (0,5 kg) con un alargamiento a la rotura de 0,5–0,6% (véase la Fig. 1, curva a). Sin embargo, se obtiene un importante incremento tanto en la carga como en la elongación de rotura, mediante la aplicación de un fino recubrimiento de plástico en el momento del estirado de la fibra y con un equipo común. Por ejemplo se han alcanzado valores de hasta por lo menos 100 N y un alargamiento del 0,8% por medio de este proceso. Estos recubrimientos primarios o en la propia línea de fabricación de las fibras pueden utilizarse directamente en las posteriores operaciones de fabricación de los cables; sin embargo, generalmente se aplica por extrusión un recubrimiento adicional o secundario con paredes de mayor espesor, que proporciona un refuerzo mecánico complementario.

Se considera que la rotura de las fibras sometidas a ten-

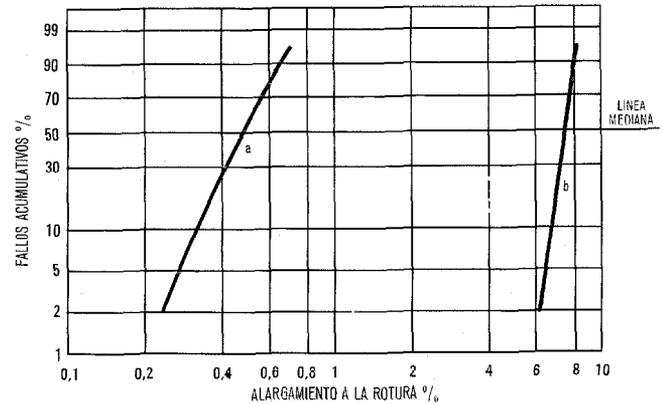


Fig. 1 Diagramas acumulativos de alargamiento a la rotura para fibras ópticas.

- a - fibra sin cubrir
- b - fibra cubierta primariamente.

sión se produce a consecuencia de una propagación a través de la sección transversal de la fibra, de las microhendiduras existentes en su superficie. Estas microhendiduras varían de tamaño, produciendo variaciones considerables de la resistencia a lo largo de la fibra. En la práctica, la resistencia a la rotura de mayor significación es la que se produce en el punto más débil y no su valor medio, y de acuerdo con consideraciones estadísticas es probable que sea más pequeño para mayor longitud de fibra. Se han analizado varias series de medidas realizadas sobre muestras de pequeña longitud (30–80 cm) de fibra sin proteger [9] y se ha extrapolado utilizando las estadísticas de Weibull sobre probabilidad de fallos para determinar el mínimo alargamiento a la rotura en una longitud de 1 kilómetro, como suele emplearse en la construcción de cable. Con un alargamiento a la rotura media de 0,5%, el valor extrapolado para 1 km sólo fue aproximadamente 0,1%, lo que sería inaceptablemente bajo en un cable práctico. En STL se han obtenido resultados similares en fibras sin protección, pero se ha determinado que la ecuación de Weibull no es una representación suficientemente segura para una extrapolación de esta magnitud [10]. En cualquier caso, los diagramas acumulativos de fallos sobre papel probabilístico de Weibull constituyen una útil indicación de la factibilidad de una fibra.

Esto se puede observar en la figura 1 donde se muestran los diagramas típicos de los datos experimentales de una fibra no recubierta y de una buena fibra con su recubrimiento primario. Se comprueba que un diagrama favorable es casi vertical por debajo de un valor mediano alto. Los valores de resistencia a la tracción siguen un diagrama similar, pero se puede mejorar mediante el efecto aditivo de un recubrimiento secundario, particularmente en el importante extremo inferior del diagrama.

### Recubrimientos secundarios

Los recubrimientos secundarios son capas de plástico relativamente grueso aplicables sobre las fibras recubiertas primariamente, cuyos principales objetivos son elevar la resistencia a la tracción y proporcionar una protección radial.

El efecto de tracción se basa en el principio del reparto de cargas entre la fibra y el plástico. Con este propósito la sección transversal del plástico puede hacerse hasta 200 veces la de la fibra para permitir que el módulo de elasticidad de ésta sea más bajo, el cual en una forma simple extruida es de al menos un orden de magnitud más pequeño que el de la fibra. Una protección mecánica adecuada se puede obtener con diámetros de recubrimientos nominales dentro del margen de 0,8–1,0 mm.

Se han utilizado algunos plásticos de elevado módulo para el recubrimiento secundario, incluyendo tereftalato de polietileno amorfo (poliester), polipropileno y nylons. Todos ellos pueden ser aplicados a las fibras por extrusión del termoplástico, utilizando una pequeña línea convencional para aislamiento de hilos metálicos. El equipo empleado por Standard Telephones Laboratories y Standard Telephones and Cables comprende una extrusión de plástico de 38 mm (1 1/2 pulgadas) además de un equipo especial de arrollado y desenrollado capaz de procesar fibras de baja resistencia a la tracción. Las técnicas de extrusión y enfriamiento del producto extruido han de ser controladas muy cuidadosamente para evitar la degradación de las características de transmisión óptica de la fibra, a consecuencia de las tensiones producidas en la fibra por la contracción térmica o los cambios morfológicos en el recubrimiento plástico. Estas tensiones tienden a originar un aplastamiento columnar de la fibra conforme el plástico se va enfriando a su vez, después de la extrusión o conforme se va calentando durante la aplicación de la cubierta, produciéndose muchas regiones de pequeño radio que radian luz del interior de la fibra.

Generalmente las tensiones son el resultado de un alineamiento longitudinal de las moléculas del plástico, lo cual en algunos métodos de aplicación puede ser introducido deliberadamente para elevar el módulo de elasticidad y mejorar las propiedades de tracción del compuesto fibra/plástico [11].

Sin embargo, aparece el riesgo de que se pueda producir una contracción durante los procesos siguientes de fabricación del cable, e incluso después de la instalación, con efectos adversos sobre las características de transmisión de la fibra que contiene.

Con cualquiera de las técnicas de aplicación es posible conseguir que el recubrimiento sea en todo caso una cubierta bien adaptada a la fibra o un tubo con holgura alrededor de ella. El último procedimiento de construcción ha sido propuesto como medio de aislamiento de la fibra contra los efectos de las tensiones en la cubierta, pero los experimentos realizados demuestran que una contracción relativamente pequeña de la cubierta hace que la fibra adopte una configuración helicoidal de pequeño paso dentro de ella, con el consecuente aumento de las pérdidas ópticas. En general se cree que la forma preferida es una cubierta que se ajuste a la fibra sin ejercer mucha presión sobre ella.

#### Elementos de resistencia mecánica

En principio todos los componentes de los cables contribuyen a su resistencia a la tracción, pero con las limitaciones impuestas a la tensión por las fibras ópticas, normalmente es más ventajoso incluir un componente cuyo

fin específico consiste en incrementar el módulo de tracción efectivo sin un endurecimiento exagerado del cable.

La capacidad de resistencia a la tracción es de especial importancia en los cables destinados a ser instalados en grandes longitudes, por ejemplo en canalizaciones, donde la tensión mecánica para su introducción aumenta en función del coeficiente de fricción entre la cubierta del cable y las superficies adyacentes, con la longitud del tendido. En conductos rectos la tensión aumenta linealmente con la longitud, pero en las curvas de los conductos se produce un incremento exponencial adicional que puede elevar significativamente la tensión necesaria para el tendido [12]. Una cifra de mérito de las características de tracción viene dada por la relación entre la tensión para un alargamiento por unidad de longitud normalizado y el peso por unidad de longitud, y esto se aplica tanto a los componentes individuales como al cable completo. Por consiguiente las características preferidas de un elemento de resistencia mecánica son:

- módulo de Young alto
- alargamiento en el límite de elasticidad mayor que el previsto en el diseño del cable
- bajo peso por unidad de longitud
- flexibilidad, para mejorar la capacidad de curvado del cable.

Otras características que pueden ser importantes incluyen la fricción contra los componentes adyacentes, dureza transversal, y estabilidad de las características en una gama de temperaturas que incluyen las que tienen lugar durante la fabricación del cable.

Los materiales con módulo elevado son rígidos en la forma sólida, pero se puede mejorar la flexibilidad mediante el empleo de un ensamble en haces o en torones de las unidades de sección transversal más pequeña, que preferiblemente estarán confinadas dentro de una cubierta exterior que contenga el plástico extruido, la cinta montada helicoidalmente, o una trencilla. Esta cubierta es particularmente necesaria si el elemento de resistencia mecánica se pone en contacto con las fibras con recubrimiento de protección, puesto que se necesita una superficie de contacto elástica o suave para evitar pérdidas ópticas debidas a microcurvaturas, fenómeno que se observa habitualmente en fibras sometidas a esfuerzos mecánicos localizados [7].

En la construcción de elementos de resistencia mecánica se han propuesto o empleado cinco tipos principales de materiales, en función de su módulo de Young particularmente elevado:

- hilos de acero
- monofilamentos de plástico
- fibras textiles múltiple
- fibras de vidrio
- fibras de carbón.

Algunas de las características más importantes de estos materiales se resumen a continuación:

- Hilos de acero: Estos se han utilizado ampliamente en los cables convencionales, cumpliendo las funciones de armado y de refuerzo longitudinal. Se dispone de varios grados de resistencia a la tracción (hasta la rotura) en el margen desde 540 hasta aproximadamente  $3100 \text{ MNm}^{-2}$ . Todos tienen el mismo módulo de Young ( $20 \times 10^4 \text{ MNm}^{-2}$ ), y la elección se realiza de acuerdo

## Cables ópticos

con la preferencia por un alargamiento grande producido por una deformación compatible con la de las fibras ópticas. El principal inconveniente del acero radica en su alto peso específico, que aumenta sensiblemente el peso del cable.

- Monofilamentos de plástico: Aunque se dispone comercialmente de varios materiales básicos, STL ha desarrollado un filamento de poliéster especialmente elaborado que combina un alto módulo de elasticidad (hasta  $1,4 \times 10^4 \text{ MNm}^{-2}$ ) con buena estabilidad dimensional a temperaturas elevadas, y una superficie cilíndrica lisa. Este tipo de elementos de resistencia mecánica es particularmente interesante en aquellos casos en que las principales necesidades de los cables son bajo peso o ausencia de metales, pero técnicamente no puede competir con el acero en aquellos cables que van a ser instalados en canalizaciones de grandes longitudes (por ejemplo 500–1000 m).
- Fibras textiles: Normalmente las formas comerciales comprenden ensambles de muchas fibras de pequeño diámetro, dispuestas en configuraciones paralelas o retorcidas. Ejemplos típicos empleados en cables convencionales son las poliamidas (nylon) y tereftalato de polietileno (Terilene, Dacron, etc.), con módulos de elasticidad que también pueden llegar a hacerse tan altos como  $1,4 \times 10^4 \text{ MNm}^{-2}$  para las fibras individuales. Debido al gran número de fibras individuales, son elásticas en la dirección transversal y se utilizan como relleños y refuerzos de cables, así como para proporcionar una mejora de las características de tracción en los cables de fibras ópticas, pero son más voluminosos que los monofilamentos de resistencia mecánica equivalente.

Un elemento excepcional de este tipo que ha sido ampliamente utilizado en cables ópticos es el Kevlar, poliéster aromático. Las fibras individuales tienen un módulo excepcionalmente alto (para un material orgánico) de hasta  $13 \times 10^4 \text{ MNm}^{-2}$  lo cual, acompañado de su gravedad específica de 1,45, se traduce en una relación efectiva de la resistencia mecánica al peso de aproximadamente cuatro veces la del acero. Las presentaciones comerciales de Kevlar adecuadas para refuerzo de cables constan de un compuesto con un gran número de filamentos simples ensamblados por torsión, trenzado, entretejido, etc., y/o aglomerado con resina, que conservan una elevada proporción del módulo de las fibras simples.

- Fibras de vidrio: En algunas aplicaciones las fibras ópticas son capaces de ofrecer una resistencia a la tracción suficiente, pero no obstante se pueden utilizar fibras

adicionales no activas, generalmente de una forma similar a las fibras textiles, si se requiere una resistencia mecánica más alta. El módulo de elasticidad es elevado, típicamente  $9 \times 10^4 \text{ MNm}^{-2}$ , pero puede deteriorarse con un valor inaceptablemente bajo del alargamiento de rotura.

- Fibras de carbón: Este material ha sido empleado con éxito en compuestos metálicos o de plástico rígido o semirrígido, y tiene un módulo de hasta  $20 \times 10^4 \text{ MNm}^{-2}$  en filamentos simples; sin embargo la experiencia STL como elemento flexible de resistencia mecánica en forma encapsulada con plástico, no es satisfactoria.

En la tabla 2 se detallan las características de los materiales anteriores (omitiendo la fibra de carbón).

En los cables prácticos el resto de los componentes pueden aumentar considerablemente el peso, pero relativamente poco la resistencia mecánica, y esto afecta muy fuertemente a la relación del módulo al peso cuando el elemento de resistencia mecánica tiene poca gravedad específica. El efecto neto es que la relación óptima de módulo a peso se consigue generalmente con hilos de acero y Kevlar 49, seguido a cierta distancia por el vidrio y el Kevlar 29; el resto constituye una tercera solución pobre. La selección final del material para el elemento de resistencia mecánica depende de la importancia relativa de coste, característica mecánica y aceptabilidad de un componente metálico.

### Diseño del cable

En lo expuesto anteriormente se han dado suficientes detalles para definir las características fundamentales para el diseño de un cable práctico, que son las siguientes:

- Un elemento de resistencia mecánica, el cual facilita que el cable bajo condiciones de fuerte tensión tenga un pequeño alargamiento (por ejemplo 0,5–1,0%), al mismo tiempo que tiene flexibilidad suficiente para permitir su arrollamiento alrededor de un radio pequeño.
- Las fibras ópticas recubiertas de plástico con alta resistencia mecánica intrínseca, se disponen dentro del cable, para que cuando éste se curve o se tense, el alargamiento por unidad de longitud de la fibra permanezca dentro del límite establecido para el cable.
- Otros componentes cuya función radica en proteger las fibras recubiertas contra las influencias ambientales que pueden dar origen a deterioros de sus características ópticas.

La posición ideal de cualquiera de los dos primeros componentes para que admitan una máxima flexibilidad con un alargamiento longitudinal mínima es en el eje neu-

Tabla 2 – Características de los materiales para elementos de refuerzo mecánico

Material	Gravedad específica	Módulo de Young $\text{MNm}^{-2}$	Resistencia a la tracción $\text{MNm}^{-2}$	Alargamiento de rotura %	Módulo/peso normalizado
Hilo de acero	7,86	$20 \times 10^4$	5 a $30 \times 10^{+2}$	25 a 2	1,0
Monofilamento poliéster	1,38	$1,4$ a $1,6 \times 10^4$	7 a $9 \times 10^{+2}$	15 a 6	0,3
Hilo de nylon	1,14	0,4 a $0,8 \times 10^4$	5 a $7 \times 10^{+2}$	50 a 20	0,3
Hilo de terilene	1,38	1,2 a $1,5 \times 10^4$	5 a $7 \times 10^{+2}$	30 a 15	0,3
Fibra Kevlar 49	1,45	$13 \times 10^4$	$30 \times 10^{+2}$	2	3,5
Fibra Kevlar 29	1,44	$6 \times 10^4$	$30 \times 10^{+2}$	4	1,6
Fibra de vidrio-S	2,48	$9 \times 10^4$	$30 \times 10^{+2}$	3	1,4

tro del cable, y en consecuencia son posibles dos tipos de construcción, con un componente colocado alrededor del otro. Los dos sistemas tienen ventajas específicas. Un elemento de resistencia mecánica colocado centralmente proporciona una flexibilidad máxima, pero si se coloca alrededor de las fibras puede protegerlas contra fuerzas de compresión radial. En la figura 2 se muestran ejemplos de ambos tipos de construcción; fabricantes de Estados Unidos, Reino Unido y Japón han presentado otras numerosas variantes.

Se considera que es importante que las fibras se mantengan en una configuración geométrica fija dentro del cable bajo cualquier condición de esfuerzo, y que además estas fibras se mantengan en contacto lineal con los componentes adyacentes para evitar efectos de microcurvaturas. El caso de un cable con una fibra sola es el mejor conseguido debido a la colocación de la fibra en el eje del cable, y la disposición del resto de los componentes alrededor de ella, con o sin una capa de amortiguamiento entre ellos, pero en un cable multinúcleo una configuración óptima para la fibra consiste en una larga hélice arrollada en contacto apretado con un elemento soporte central, que al mismo tiempo puede ser el elemento de resistencia mecánica o bien otra fibra recubierta. El paso de la hélice debe de ser largo en relación con su diámetro, con objeto de minimizar la curvatura de la fibra que la hace propensa a las pérdidas ópticas. Las fibras se asegurarían entonces en posición mediante capas adicionales de fibras, cintas para atado, etc. Sin embargo, se han propuesto numerosos diseños en los cuales se ha conseguido liberarse de las fuerzas radiales de compresión permitiendo el movimiento radial dentro de la estructura del cable, por ejemplo tal como se muestra en la figura 2 b).

La construcción representada en la figura 2 a) es un diseño multifibra desarrollado por Standard Telecommunication Laboratories, Inglaterra, a principios de 1972, y desde aquel momento se ha venido utilizando con modificaciones solamente de detalles. Es simple, pequeña y de peso ligero, particularmente si se emplea un elemento de resistencia mecánica no metálico, y ha sido construido en longitudes superiores a 1300 metros sin modificación apreciable de las características ópticas de las fibras. Si es necesario se le puede aplicar una protección mecánica adicional o un refuerzo contra la tracción. Otra opción más consiste en la incorporación de capas amortiguadoras en la proximidad de las fibras recubiertas para minimizar los efectos de las tensiones mecánicas concentradas, importante característica de numerosos cables de fibras ópticas producidos por la División de Productos Electro-ópticos de ITT en Estados Unidos. En la figura 3 se observa una estructura generalizada que incorpora todas estas características.

La capacidad de transmisión de las fibras ópticas es tal que la mayor parte de las necesidades actuales se pueden satisfacer mediante cables que contienen un número relativamente pequeño de fibras, y la construcción vista anteriormente en la que éstas se disponen en una sola capa, es eminentemente adecuada hasta 8 a 10 fibras. Sin embargo en un futuro próximo es probable que se produzca una demanda de cables con muchas más fibras, lo que requerirá modificaciones del diseño. Esto puede dar lugar a estruc-

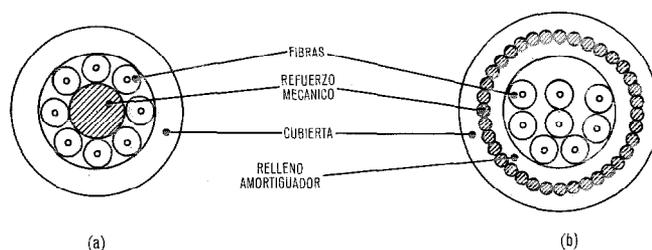


Fig. 2 Ejemplos de construcción de cables ópticos.

- a) Protección mecánica interior
- b) Protección mecánica exterior
- OF - Fibra óptica
- SM - Elemento de resistencia mecánica
- Sh - Cubierta
- rc - Relleno amortiguado.

turas multicapa o construcción por unidades. La necesidad de controlar el alargamiento por unidad de longitud de la fibra es posible que favorezca a estos últimos, utilizándose unidades de 4 a 8 fibras, que entonces se trenzan juntas para constituir cables de alta capacidad. Puesto que estas unidades son intrínsecamente fuertes comparadas con las fibras individuales, se puede emprender su fabricación con el equipo normal de cableado. Sin embargo en la construcción de las unidades es conveniente emplear máquinas cableadoras bien diseñadas construidas para este propósito, si se quiere impedir la rotura de la fibra.

Aunque se ha propugnado el diseño de cable de tipo concéntrico compacto, y numerosas compañías (especialmente en Japón) han adoptado el mismo principio, otras varias compañías han producido con éxito tipos de cables no simétricos [13, 14] en los que las fibras están dispuestas entre, y en línea con, dos elementos de resistencia mecánica.

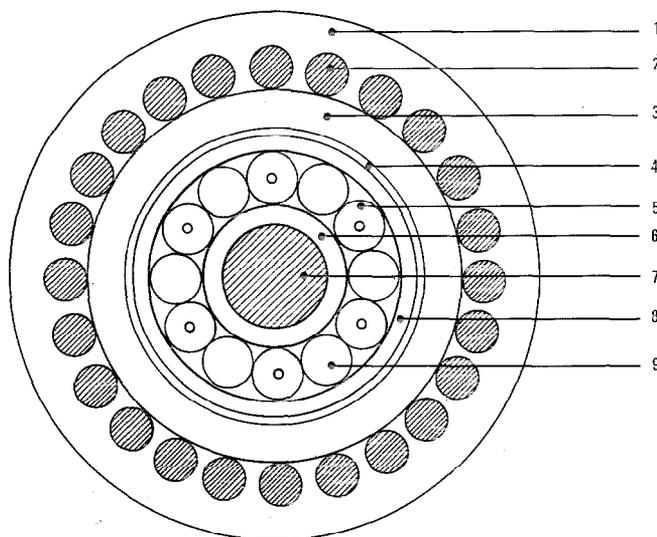


Fig. 3 Estructura generalizada de cable óptico de tipo concéntrico.

- 1 - Cubierta exterior
- 2 - Hilo de armado
- 3 - Cubierta interior (unidad)
- 4 - Cinta
- 5 - Fibra recubierta
- 6 - Amortiguador
- 7 - Elemento de resistencia mecánica
- 8 - Amortiguador
- 9 - Relleno.

También se ha presentado [15] una nueva construcción en la que las fibras van montadas en cintas planas y actúan como su propio elemento de resistencia mecánica. Durante los próximos pocos años se determinarán los méritos relativos de estos diseños como consecuencia de la experiencia práctica.

### Referencias

- [1] C. P. Sandbank: Comunicaciones por fibra óptica; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 50 (1975) N° 1, págs. 21-29.
- [2] W. O. Bourne, A. R. Goodwin, M. Pion y P. R. Selway: Láseres de onda continua para comunicaciones por fibra óptica; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 51 (1976) N° 3, págs. 152-157.
- [3] M. M. Ramsey, G. A. Hockham y K. C. Kao: Propagación en guíaondas de fibra óptica; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 50 (1975) N° 3, págs. 176-183.
- [4] P. W. Black: Fabricación de guíaondas de fibra óptica; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 51 (1976) N° 1, págs. 4-11.
- [5] M. A. Bedgood, J. S. Leach y M. A. Matthews: Conectores desmontables para sistemas de fibra óptica; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 51 (1976) N° 2, págs. 90-96.
- [6] S. G. Foord, W. E. Simpson y A. Cook: Some Design Principles for Fibre Optic Cables; Proceedings of the 23rd International Wire and Cable Symposium, Atlantic City, N.J. diciembre 1974, págs. 276-280.
- [7] D. Gloge: Optical Fiber Packaging and its Influence on Fiber Straightness and Loss; Bell System Technical Journal, febrero 1975, Vol. 54, N° 2, págs. 245-262.  
W. B. Gardner: Microbending Loss in Optical Fibers; Bell System Technical Journal, febrero 1975, Vol. 54, N° 2, págs. 457-465.
- [8] P. W. Black y A. Cook: Properties of Optical Fibre in Cabling; Proceedings of the First European Conference on Optical Fibre Communication, Londres, 16-18 septiembre 1975, Londres, Institution of Electrical Engineers, 1975, Conference Proceedings N° 132, págs. 67-69; así como otros artículos referentes a esta conferencia.
- [9] U. H. P. Oestreich: Application of Weibull Distribution to Mechanical Reliability of Optical Fibers for Cables; Proceedings of the First European Conference on Optical Fibre Communication, Londres, 16-18 septiembre 1975, Londres, Institution of Electrical Engineers, 1975, Conference Proceedings N° 132, págs. 73-75.  
H. M. Lertz: Experimental Determination of Admissible Mechanical Loads of Optical Waveguides; Proceedings of the First European Conference on Optical Fibre Communication, Londres, 16-18 septiembre 1975, Londres, Institution of Electrical Engineers, 1975, Conference Proceedings N° 132, págs. 76-78.
- [10] D. Dibbald: Comunicación privada.
- [11] P. D. Wilbraham y D. A. Nelson: Coating Optical Fibres; UK Patent N° 1371740, 29 marzo 1973.
- [12] F. H. Buller: Pulling Tension during Cable Installation in Ducts or Pipes; General Electric Review, agosto 1949, Vol. 52, págs. 21-23.
- [13] R. A. Miller y M. Pomeratz: Tactical Low Loss Optical Fiber Cable for Army Applications; Proceedings of the 23rd International Wire and Cable Symposium, Atlantic City, 3-5 diciembre 1974, págs. 266-275.
- [14] R. J. Slaughter, A. H. Kent y T. R. Callan: A Duct Installation of 2-Fibre Optical Cable; Proceedings of the First European Conference on Optical Fibre Communication, Londres, 16-18 septiembre 1975, Londres, Institution of Electrical Engineers, 1975, Conference Proceedings N° 132, págs. 84-86.
- [15] M. I. Schwartz: Optical Fiber Cabling and Splicing; Topical Meeting on Optical Fiber Transmission, Williamsburg, Va., 7-9 enero 1975, Washington, D.C., Optical Society of America, 1975, documento WA2 (4 páginas).

**Ralph Baskett** nació en Londres en 1933. Estudió en el Woolwich Polytechnic y obtuvo el HNC en 1958. Trabajó en los Laboratorios de Transmisión de Woolwich durante el período anterior a su ingreso en el Ejército. Regresó a STC en 1956 para trabajar como ingeniero en los sistemas de línea coaxial. Dirigió un equipo de diseño de sistemas de línea coaxial de pequeño diámetro desde 1964 a 1967 y después un grupo de diseño de MIC (PCM) en Basildon desde 1967 a 1972 en que trabajó sobre el sistema de 24 canales para el BPO, el MIC de 30/32 canales para uso en Europa y sistemas de 120 Mbits<sup>-1</sup> para el BPO. A continuación marchó a Australia en 1972 para encargarse de los proyectos de diseño para clientes e instalación en Sidney y en Western Australia, estando involucrado principalmente en sistemas de comunicaciones en minas de hierro. A su regreso al Reino Unido en 1975 comenzó a trabajar en comunicaciones ópticas para la introducción en STC de la nueva tecnología dentro de la compañía de fabricación.

Actualmente es director de la Unidad de Comunicaciones Ópticas de STC, donde es responsable del diseño, fabricación y ventas de los sistemas ópticos.

**Stanley G. Foord** nació en 1910 en Londres, Inglaterra, alcanzó el grado de BSc (Hons) en química en 1930, y el PhD en 1933, ambos por la Universidad de Londres. Después de 3 años de investigador postgraduado en Cambridge, ingresó en el laboratorio de materiales de Standard Telephones and Cables Ltd., North Woolwich. En 1946 fue transferido a Standard Telecommunication Laboratories, donde hasta su jubilación en 1975 fue jefe del departamento de dieléctricos y conductores de la división de materiales. Ha trabajado en una gran variedad de proyectos de materiales y componentes electrónicos, especializándose en plásticos y materiales para cables; es en la actualidad consultor de STL sobre cables de fibras ópticas.

# Simulación del control de los sistemas de conmutación SPC mediante un modelo de tipo subllamada

La capacidad de tratamiento de tráfico de los sistemas de conmutación SPC puede determinarse con precisión mediante una simulación en tiempo real utilizando el modelo de tráfico de tipo subllamada. El programa de ordenador es flexible tanto en lo que se refiere a los parámetros de tráfico como al entorno de conmutación. Esta técnica se ha utilizado en ITT para investigar el rendimiento del sistema de conmutación METACONTA\* local bajo condiciones de carga normal y de sobrecarga.

G. DIETRICH

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, República Federal de Alemania

R. SALADE

Bell Telephone Manufacturing Company, Amberes, Bélgica

## Introducción

Predecir el rendimiento de los sistemas de conmutación controlados mediante programa almacenado, bajo diversas condiciones de tráfico y del sistema, es uno de los principales problemas que deben resolverse por la ingeniería de tráfico. Los estudios de tráfico pertinentes tienen una variedad de objetivos:

- Ayudar al diseño de hardware y software del sistema, seleccionando la estrategia de tratamiento de llamadas que sea más efectiva.
- Determinar la capacidad máxima de tratamiento de llamadas teniendo en cuenta los parámetros que describen las condiciones particulares de tráfico en la central.
- Determinar la capacidad nominal de tratamiento de tráfico en relación con las especificaciones de grado de servicio (información para el dimensionado del sistema).
- Investigar el comportamiento del sistema bajo largos períodos de sobrecarga con el fin de establecer las estrategias de control de sobrecarga que sean más efectivas.
- Comprobar la reacción del sistema a picos cortos de tráfico, transiciones y casos similares.

Todos estos estudios deben realizarse durante las fases de desarrollo del hardware y software ya que es esencial saber con antelación como se comportará el sistema bajo todas las posibles condiciones de tráfico incluso en condiciones anormales. Debido a la complejidad de los sistemas SPC y a la variedad de resultados que se pueden anticipar, la mayoría de los estudios de tráfico referentes al control común de un sistema SPC utilizan hoy en día técnicas de simulación en un ordenador. Estas técnicas, tal y como en la actualidad se utilizan en ITT pueden clasificarse de forma aproximada de la siguiente manera:

- Método de cálculo aproximado basado en hipótesis muy simplificadas, que trae como consecuencia el que el margen de aplicación de sus resultados se vea muy limitado. Incluso cuando se utilizan los planteamientos establecidos en teoría de colas para estudiar los sistemas SPC se necesita introducir una gran cantidad de hipótesis que simplifiquen el problema [1].
- Simulación tipo carga: se simula con precisión la carga en los diferentes niveles de prioridad de los procesadores y se supone que la sucesión de peticiones de acción al control generadas por las llamadas, es un proceso independiente del proceso de aparición de las llamadas. De nuevo el tipo de resultados que pueden obtenerse se ve limitado.

- Simulación de tipo subllamadas: los intentos de llamadas se subdividen en subllamadas separadas, tales como preselección, selección, contestación, y reposición. Estas subllamadas que llegan de acuerdo con un proceso de entrada aleatorio se simulan en detalle. Este método se limita a condiciones estacionarias de tráfico.
- Simulación de tipo llamadas: implica una modelación detallada de los intentos de llamada en todas las fases, incluyendo la de discado y señalización y es aplicable a cualesquiera condiciones de tráfico.
- Simulación del entorno de tráfico [2, 3]: El procesador del sistema trabaja en línea mientras que los órganos periféricos de control, la red de conexión y sus terminales, así como el tráfico, (es decir el entorno de los procesadores), se simulan utilizando un procesador adicional.

Naturalmente la aplicación de estas técnicas depende del estado del desarrollo del sistema así como de los objetivos que se pretendan alcanzar en el estudio de control. El grado de detalle y de fidelidad de los modelos de tráfico y del sistema es en todo caso un compromiso entre los esfuerzos que se requieren (modelación, programación, tiempo de ordenador, etc.) y la precisión que se desea obtener en los resultados, así como del margen de aplicación de la técnica (por ejemplo, el programa de simulación).

La simulación mediante subllamadas ha demostrado ser una técnica conveniente y adecuada para cierto tipo de problemas. El método se desarrolló durante los estudios del procesador para una versión local del sistema METACONTA y se llegó a escribir un programa de ordenador que se ha venido utilizando durante algunos años y que ha producido muchos resultados útiles.

## Modelo simplificado de tráfico

Las investigaciones del control común precisan de un modelo de tráfico detallado que tenga en cuenta tanto el comportamiento del abonado como las características de aquellas partes del sistema de conmutación que no se encuentran representadas en el modelo del sistema. Los detalles de un modelo adecuado de tráfico así como la justificación para algunas de sus hipótesis básicas se dan en [4].

Suponiendo condiciones estacionarias de tráfico en la central, así como en los grupos de enlaces, se pueden establecer las siguientes hipótesis básicas:

\* Marca registrada del sistema ITT

## Simulación por subllamadas

- Proceso de entrada de Poisson para las llegadas de los intentos de llamadas originados y entrantes.
- La situación del tráfico en la central y en su entorno puede describirse mediante el número de intentos de llamadas y sus correspondientes distribuciones para los tráficos interno, saliente, entrante y (en el caso en que sea aplicable), de tránsito. La tabla 1 muestra algunas distribuciones típicas de llamadas.
- Las situaciones de sobrecarga de tráfico se pueden describir también mediante distribuciones de llamadas en tanto en cuanto se pueda aplicar las condiciones de estado estacionario. Se supone también en este caso que las llegadas de los intentos de llamadas siguen una ley que corresponde aproximadamente al proceso de entrada de Poisson [4].

Cada intento de llamada inicia una sucesión de eventos que dependen del abonado, como se muestra en la figura 1 para el caso de una llamada interna con éxito (en conversación). Sin tener en cuenta por el momento la fase de discado, se pueden hacer las siguientes consideraciones:

- La preselección comienza después de que se haya detectado la condición de descuelgue: consta de una sucesión de peticiones de acción al control que depende del sistema y que tiene como fin conectar un receptor y enviar el tono de invitación a marcar (tiempo de respuesta de 200ms, por ejemplo).
- La selección tiene lugar después del discado (dependiente del abonado): se produce una sucesión de peticiones de acción dependientes del sistema con el fin de establecer una conexión hacia el abonado llamado y enviar el tono de llamada (por ejemplo 500ms de tiempo de respuesta para la temporización, tratamiento del último dígito, y establecimiento de la conexión).
- El descuelgue del abonado llamado produce el evento de contestación dependiente del abonado que consiste en una sucesión de peticiones con el fin de comenzar la fase de conversación (por ejemplo 70ms de tiempo de respuesta).
- El cuelgan de ambos abonados al final de la conversación conduce a la reposición que consiste en una sucesión de

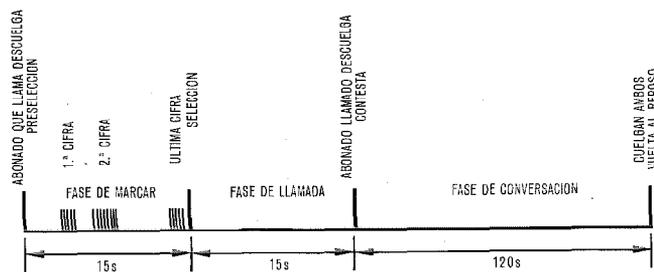


Fig. 1 Diagrama de tiempos para una llamada interna con éxito en conversación.

peticiones de acción que dependen del sistema para reponer la conexión y actualizar el estado de los abonados implicados (por ejemplo 300ms de tiempo de respuesta).

Resumiendo, puede decirse que los 4 eventos dependientes del abonado denominados subllamadas están separados por intervalos variables que tienen unas duraciones medias bastante grandes en comparación con los tiempos de respuesta para el tratamiento de estos eventos, lo que conduce a la primera de las dos hipótesis simplificadas básicas para el modelo de simulación de tipos de subllamadas: la correlación en el tiempo entre las subllamadas correspondientes a cada intento de llamada puede desprejarse, lo que quiere decir que la aparición de intentos de llamadas independientes descrito mediante un proceso de Poisson, se reemplaza por un proceso de entrada de Poisson de subllamadas independientes. Con el fin de representar con cierta precisión todos los tipos de intentos de llamadas se necesita considerar un número relativamente grande de diferentes tipos de subllamadas.

La segunda hipótesis básica simplificada para el método de simulación mediante subllamadas (parcialmente cubierta por la primera) se refiere a las fases de discado y señalización de los intentos de llamadas. Las peticiones al control producidas por el tratamiento de los impulsos de

Tabla 1 - Distribuciones típicas da llamadas para carga normal y selección por disco

Tipos de intentos de llamada	Llamadas internas en circuitos de línea		Llamadas salientes en circuitos de línea		Llamadas entrantes en los enlaces entrantes	
	%	h(s)	%	h(s)	%	h(s)
Llamadas sin discado	10	3,5	10	3,5	-	-
Llamadas con discado incompleto	5	8,0	5	8,0	3	2,0
Bloqueo en la propia central	5	19,0	2	19,0	2	9,0
Bloqueo en la central distante	-	-	3	19,0	-	-
Abonado llamado ocupado	15	19,0	15	19,0	19	9,0
Abonado llamado no contesta	5	55,0	5	55,0	6	49,0
Llamadas en conversación	60	150,0	60	150,0	70	144,0
Total y media	100	97,3	100	97,3	100	105,7

h - Tiempo medio de ocupación de un intento de llamada

discado (o por señales de teclado), así como el intercambio de mensajes de señalización entre las centrales, se consideran como procesos estocásticos independientes. En este caso la independencia significa que el número de peticiones a los procesadores no está en correlación con el número de subllamadas precedentes de preselección; sin embargo varía independientemente, de acuerdo con una función de distribución con un número medio preciso y predeterminado de peticiones de ejecución del programa.

La simulación de tipo subllamada, que está basada en simplificaciones drásticas en el modelo de tráfico, debe considerarse como un método simplificado que ofrece muchas ventajas pero que también conlleva algunos inconvenientes. La justificación para este modelo es que resuelve muchos de los problemas importantes ya que la mayoría de los resultados que se necesitan se refieren a subllamadas (por ejemplo, espera de invitación a marcar, espera de selección) y no a llamadas completas; por ejemplo, el importante problema de establecer la capacidad nominal o máxima de tratamiento de llamadas de un sistema SPC bajo condiciones de carga normal o de sobrecarga (condición estacionaria, sin acciones drásticas de control de sobrecarga) es, en aplicaciones particulares, un problema típico que puede resolverse mediante la simulación de tipo subllamada.

Las ventajas de simulación de tipo subllamada comparadas con técnicas más complejas son de naturaleza práctica e incluyen la simplificación del programa de simulación (menor número de instrucciones y menores requisitos de memoria), reducción del coste de las ejecuciones del programa, así como flexibilidad del programa para introducir cambios. Las principales razones para estas ventajas son:

- Los intentos de llamada no necesitan mantenerse en el simulador durante el tiempo medio real de duración de 100s. En realidad, aparecen 4 veces como subllamadas pero solamente por unos períodos de tiempo muy breves.
- El discado y la señalización dan lugar a un gran número de peticiones a los procesadores. Sin embargo en la simulación de subllamadas sólo se generan los tiempos de procesamiento para programas operacionales particulares de acuerdo con la función de distribución mencionada antes, lo que ahorra de forma considerable el tiempo de ordenador y simplifica el programa de simulación.

- El período transitorio al comienzo de una simulación es breve ya que todos los tipos de subllamadas, así como los tiempos de proceso del discado y señalización, se generan desde el comienzo. El período transitorio dura unos 10s de tiempo real y por consiguiente puede despreciarse. La tabla 2 muestra la evolución de los valores de ocupación y del tiempo medio de espera cuando se miden durante una ejecución de la simulación de acuerdo con el tiempo real transcurrido.

Cada simplificación entraña algunos inconvenientes que limitan la aplicación del método. Los inconvenientes de la simulación del tipo subllamada comparado con los del modelo de llamadas radican en dos áreas distintas:

- Como las fases de discado y señalización no están representadas por sus intervalos de tiempo, la cantidad de la memoria que depende del tráfico no puede simularse de forma realista y por consiguiente no se toma en cuenta, por lo que el dimensionado de memoria no puede realizarse mediante resultados de simulación.
- Desde el punto de vista de tráfico el concepto de subllamada se aplica mientras el sistema trabaja en estado estacionario y el proceso aleatorio de llegadas de llamadas no se vea influenciado por acciones provenientes de un control de sobrecarga tales como la limitación del número de nuevas llamadas que son aceptadas durante intervalos de tiempo predeterminados. En este caso o como resultado de otros cambios dependientes del tiempo en la intensidad de llegada de llamadas, la hipótesis de independencia de las subllamadas no es válida y como consecuencia el tratamiento del discado y de la señalización a través de procesos independientes no es adecuado. Por consiguiente, y este es el inconveniente, los estudios referentes a la resistencia del sistema a breves picos de tráfico o al comportamiento del sistema durante transiciones, así como la investigación de algunas estrategias de control de sobrecarga, no pueden llevarse a cabo con el modelo de tráfico de subllamadas.

### Modelación del control por programa almacenado

En esta sección se describen los principios generales que son aplicables a la modelación de los sistemas SPC para la simulación de tipo de subllamadas; con el fin de lograr una mejor comprensión nos referiremos a un sistema en particular que es la versión del sistema METACONTA local

Tabla 2 - Evolución de la ocupación y del tiempo medio de espera frente a un MDC comenzando en el tiempo cero y con el sistema vacío

Tiempo real (s)→		3,5	7,0	10,5	21,0	70,0	350,0
Ocupación del procesador (erlangs)	Total	0,720	0,731	0,742	0,748	0,744	0,745
	Nivel reloj	0,403	0,403	0,404	0,403	0,403	0,402
	Nivel TDM	0,169	0,179	0,190	0,196	0,194	0,196
	Nivel básico	0,147	0,148	0,148	0,149	0,147	0,147
MDC (media de 10 MDCs)	Ocupación total	0,221	0,237	0,251	0,256	0,249	0,248
	Ocupación ficticia	0,035	0,037	0,040	0,040	0,039	0,040
	Tiempo de esperal	12,3	10,4	12,0	11,3	13,4	14,0

## Simulación por subllamadas

[5] ya que este sistema ha sido investigado mediante simulaciones de tipo de subllamadas; los resultados que se presentan en la siguiente sección se refieren por lo tanto a este sistema. Sin embargo los principios del modelo son aplicables a cualquier sistema SPC.

El sistema de conmutación local METACONTA se caracteriza por tener hasta 15 módulos de red cada uno de ellos con 2000 líneas y con el número correspondiente de alimentadores, enlaces envidadores y receptores y grupos de mallas que se necesitan para interconectar los módulos de la red. Cada módulo de red tiene su circuito marcador excitador duplicado, para la búsqueda de caminos, marcaje y excitación. Para establecer las conexiones entre módulos se necesita la cooperación de los MDC. El control central de los procesadores consta de dos procesadores ITT 1600 que trabajan en modo duplex compartiendo su carga. En esta modalidad de operación, los procesadores exploran la periferia, desfasados en tiempo, para detectar nuevas llamadas de forma tal que estadísticamente cada uno de ellos detecta alrededor de la mitad de las llamadas que posteriormente trata, informando al otro procesador a través del bus de comunicación del estado del establecimiento de la llamada y de otros datos importantes. Debido al principio de reparto de carga hay que investigar tanto la operación en simplex como en duplex. La diferencia en capacidad y ocupación se discuten en la siguiente sección.

La figura 2 muestra el modelo de simulación de llamadas para una central METACONTA. Los procesadores y los órganos de control periféricos deben representarse en detalle y se debe incluir la forma de cooperación entre ellos. El establecer un modelo detallado de la red de conmutación es esencial debido al tiempo de recepción de una llamada (por ejemplo, se explora una línea cada 224 ms), al tiempo de búsqueda de caminos, a las llamadas bloqueadas, y finalmente al tiempo de procesamiento empleado para explorar la periferia. En el modelo de subllamadas la representación detallada de la red de conmutación puede evitarse representándolo en su lugar por:

- Un procedimiento matemático mediante el que se determina de forma aleatoria el tiempo de recepción de la llamada.

- Unas tablas que contienen las distribuciones del tiempo de búsqueda de camino (que por ejemplo pueden deducirse a través de las simulaciones de entorno [3]).
- Adjudicando de forma aleatoria a las llamadas en preselección tiempos de espera predeterminados.
- Estableciendo mediante probabilidades predeterminadas qué llamadas, de entre las que llegan aleatoriamente, son bloqueadas de acuerdo con las distribuciones de llamadas.
- Calculando de acuerdo con el tamaño de la red y el número de órganos, el tiempo de procesamiento para cada programa de exploración.

Como muestra la figura 2, se representan individualmente tanto los procesadores como el número real de MDCs. Los tiempos de ejecución de los programas en los procesadores y los tiempos de ejecución de los MDCs se simulan en tiempo real, mientras que la cooperación de los procesadores y MDCs se establecen como en el sistema real.

Todo lo que resta entonces para modelarse es la estructura del software, así como el paquete del software. Con algunas simplificaciones sin importancia la estructura software se caracteriza por 4 niveles de prioridad que, comenzando por el de mayor prioridad, son los siguientes:

- Nivel IPC (bus de comunicación entre los procesadores): el procesador que tiene que tratar una señal de salida IPC interrumpe al otro procesador a través de un canal entre los procesadores, con lo que lo fuerza a cursar con la mayor prioridad el mensaje IPC como una señal de entrada IPC.
- Nivel de reloj: la ejecución del nivel del reloj comienza cada 14 ms en cada procesador, pero desplazando 7 ms con respecto al otro (Fig. 3); la exploración y otras importantes operaciones se llevan a cabo fuera de este nivel.
- Nivel TDM (probador, marcador, excitador): la búsqueda de caminos, el marcaje y la excitación se llevan en cooperación con los MDCs que realizan su trabajo en la periferia de forma asíncrona, habiendo recibido sus instrucciones durante un período de operación síncrona con el procesador. De esta forma los procesadores no se

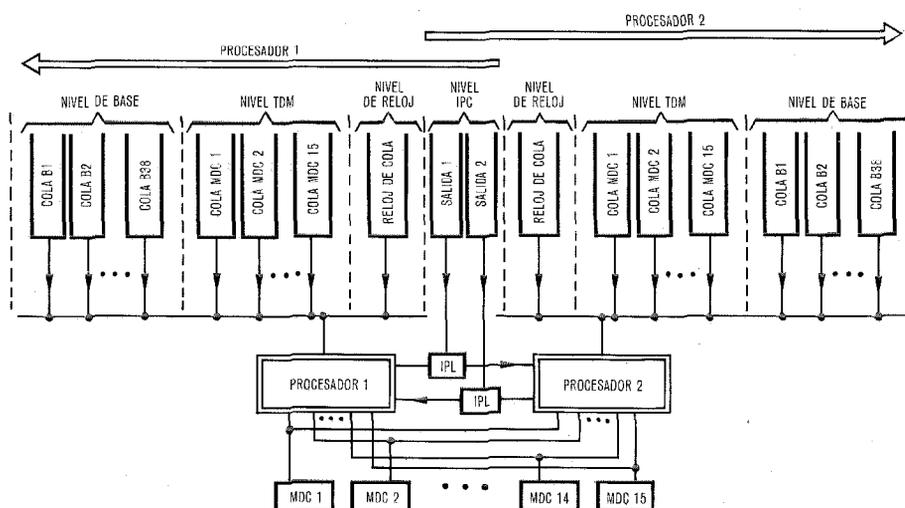


Fig. 2 Estructura básica del modelo de simulación de subllamadas para un sistema de conmutación local METACONTA trabajando en duplex.  
 IPC - comunicación interprocesador  
 MDC - circuito marcador/excitador  
 IPL - enlace directo interprocesador  
 TMD - probador marcador/excitador

interfieren entre ellos, ya que solamente se les permite comenzar nuevos trabajos de TMD durante intervalos de tiempo alternados de 7 ms (Fig. 3).

- Nivel básico: en este nivel se encuentran programas de muy diferentes tipos. Con el fin de simplificar esta situación, en el modelo de simulación se hace distinción solamente entre los programas de procesamiento de llamadas y los programas de prueba en tiempo real. Un regulador del nivel básico establece los tiempos en los que deben ejecutarse los programas del nivel básico una vez que se ha producido la interrupción del reloj. Si, debido a falta de tiempo de proceso, no se puede ejecutar alguno o ninguno de los programas del nivel básico, se pospone su tratamiento hasta la siguiente interrupción de reloj. El nivel básico se modela con un detalle minucioso, ya que su rendimiento al estar en el menor nivel de prioridad es del mayor interés, en especial cuando el procesador está trabajando con una alta ocupación.

Los tiempos de procesamiento para tratar las peticiones de acción a los procesadores se determinan mediante el paquete de software y las peticiones de acción se inician por las subllamadas, las cuales a su vez se generan por los abonados y se modelan como un proceso de entrada de Poisson en estado estacionario. En el caso de una simulación de tipo de subllamadas, el trabajo del procesador puede dividirse en 4 categorías básicas:

- Independiente del tráfico: Exploración de los órganos periféricos y de algunas partes de la memoria (por ejemplo memorias de llamadas) de acuerdo con tiempos predeterminados e independiente del tráfico. El tamaño de la central (tamaño de los grupos de órganos) determina los tiempos de procesamiento constantes para los programas operacionales implicados.
- Discado y señalización: En el modelo tipo subllamadas el discado y la señalización se simulan como procesos estocásticos independientes. La cantidad de trabajo medio que tienen que realizar los programas operacionales se obtiene a partir de los parámetros de tráfico (número de intentos de llamadas, número de dígitos), así como de las técnicas de señalización utilizadas. La variación del número de peticiones de acción por interrupción de reloj se ha estudiado separadamente y se ha incorporado a

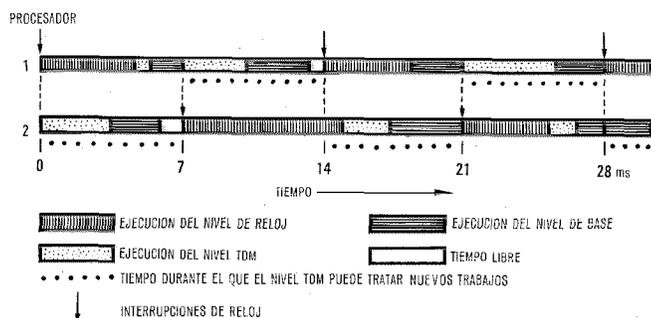


Fig. 3 Ejecución de los niveles de prioridad en ambos procesadores incluyendo interrupciones en los niveles de reloj desfasadas. No se muestra el nivel IPC.

la simulación a través de una selección predeterminada de distribución.

- Progreso de la llamada y comunicación entre procesadores: Los parámetros de tráfico (números de intentos de llamada, las distribuciones de llamadas correspondientes, etc) determinan el número de subllamadas de cada tipo. El proceso de entrada de las subllamadas se genera mediante números pseudoaleatorios estableciéndose su identificación con las subllamadas (alrededor de 40) mediante una ruleta especial. Las peticiones de acción para cada tipo de subllamadas se especifican en la lista de eventos de cada subllamada, en donde se encuentra toda la información necesaria para el tratamiento de las subllamadas (tabla 3). La primera petición de acción de la lista de eventos de la subllamada se pone en la cola del programa operacional correspondiente (vease Fig. 2) inmediatamente después de la llegada de la subllamada; después de que haya sido tratada, se obtiene de la lista la siguiente petición de acción y se pone en la cola correspondiente y así sucesivamente. De esta forma las subllamadas se tratan automáticamente de acuerdo con el estado de ocupación de los procesadores y de los órganos de control periféricos. La mayoría de los mensajes IPC se inician por las subllamadas y solamente unos pocos durante el tratamiento de las pruebas en línea; por lo

Tabla 3 - Lista de eventos de la subllamada correspondiente a un intento de llamada originado en preselección sin espera

Nivel de prioridad	Número del programa	Tiempo de proceso (μs)	Tratamiento IPC		Tiempo MDC (ms)	Notas
			Salida (μs)	Entrada (μs)		
C	4	411	248	293	-	Detección de la llamada
B	11	TSI	-	-	-	Tratamiento de nueva llamada
T	50	PSI	-	-	X	Búsqueda de camino
T		663	248	204	X 21	Marcaje
T		667	248	263	X 16	Marcaje
T			248	189	X	2º mensaje IPC
T		630	248	202	X	Fin de trabajo; prueba
C	5	424	-	-	-	Comprobación circuito de línea, alimentación, tono de invitación a marcar

TSI - Tiempo variable de búsqueda en la tabla de líneas anormales  
 PSI - Tiempo variable de búsqueda de camino desde la línea al receptor (TSI y PSI se obtienen aleatoriamente de las tablas)  
 X - Procesador y MDC trabajan sincronamente  
 X 21 - Después de la operación síncrona, el MDC trata el trabajo asíncronamente durante 21 ms

## Simulación por subllamadas

tanto se considera que todos ellos pertenecen a esta categoría del trabajo del procesador.

- Pruebas en línea: Se inician en el nivel de reloj o en el nivel básico de acuerdo con tiempos predeterminados y se tratan de acuerdo con listas de eventos de prueba en línea siendo su tratamiento en principio análogo al de las subllamadas.

Parte del flujo de tráfico en los procesadores es estático (parte independiente del tráfico y prueba en línea) estando el trabajo predeterminado por el paquete de software y llevándose a cabo según ciertas reglas de interrupción y prioridad mientras existan tiempos de procesamiento disponibles. La otra parte del flujo de tráfico es dinámico (progreso de la llamada, discado, señalización) y se inicia por procesos aleatorios que representan a las acciones de los abonados.

Muchas características detalladas del sistema han de tenerse en cuenta para ver si influyen en el comportamiento del control, pero esto no necesita discutirse aquí dado que solamente los principios generales del modelo son de interés.

## Resultados de la simulación del control del METACONTA

Con el fin de investigar la capacidad de tratamiento de las llamadas, del sistema de conmutación METACONTA local de tamaño medio, en función de las especificaciones de grado de servicio, se escogió la simulación de subllamadas como técnica apropiada, lo que permite adaptar de forma sencilla el programa de la simulación a las condiciones específicas de la central en estudio.

El programa de simulación, que abarca los casos de operación simplex y duplex, se desarrolló a través de una estrecha cooperación con los expertos de software del sistema. Se necesitaba considerar ambos tipos de operación debido a que el caso de duplex se basa en el principio de carga compartida. Durante las distintas ejecuciones del programa se recogieron numerosas estadísticas con el fin de verificar el rendimiento del sistema desde diferentes puntos de vista. El programa está escrito en FORTRAN IV y las simulaciones se han realizado en un ordenador IBM-370/155. El tiempo de ejecución (tiempo de UCP) para las simulaciones referentes al caso de simplex y en condiciones de máxima carga de tráfico, es aproximadamente igual al tiempo real simulado; sin embargo, en el caso de operación duplex, es del orden de 2,5 veces mayor.

Dado que para cada ejecución de la simulación los datos de entrada deben establecerse de forma que satisfagan al conjunto total de los datos de tráfico, así como al entorno de la central en estudio (técnicas de señalización, número de dígitos enviados y recibidos, etc.) se ha establecido un procedimiento específico para llevar a cabo esta tarea. Los parámetros más importantes son el número de intentos de llamada en la hora cargada (BHCA) por categoría de tráfico, así como las distribuciones de llamadas que describen la situación de tráfico en la central [4].

De entre los muchos resultados de que se dispone, solamente se presentarán en este artículo algunos de ellos, que se refieren a una central de 20.000 líneas con un tráfico de

0,115 erlangs por línea y un 20% de tráfico interno, con señalización de tipo multifrecuencia desde y hacia otras centrales. El correspondiente número de BHCA es de 77.700 supuesto que las distribuciones de llamadas corresponden a las mostradas en la tabla 1 y referentes a condiciones normales. Comenzando con este caso de carga normal, se especificaron dos condiciones de sobrecarga para la misma central.

- Un 10% de aumento en el tráfico "fresco", produce una situación de tráfico que se describe mediante las distribuciones de llamadas que se muestran en la tabla 4 y que conduce a un total de 100.455 BHCA (un aumento del 29,3% debido a las numerosas repeticiones de llamadas).

- Un 20% de aumento en el tráfico "fresco", descrito mediante las distribuciones de llamadas que se muestran en la tabla 5, produce un total de 124.170 BHCA (un aumento del 59,8%).

La figura 4 muestra la distribución de las ocupaciones del procesador durante cuatro ejecuciones del programa:

- Operación en simplex con 77.700 BHCA (carga normal). El procesador trabaja sin problemas a un nivel de ocupación del 90% y no existen dificultades en lo referente al tratamiento de llamadas. Este caso puede considerarse representativo del límite superior de la capacidad, aunque también una simulación realizada para un nivel de ocupación del 95% resultó en una situación sin problemas prácticamente.
- Operación en duplex con 77.700 BHCA (carga normal). La carga independiente del tráfico es aproximadamente la misma en cada uno de los procesadores (la tasa de exploración de líneas se reduce); el procesamiento de las llamadas se lleva a cabo por los dos procesadores utilizando el principio de carga compartida. La comunicación entre los procesadores es una tarea adicional en el

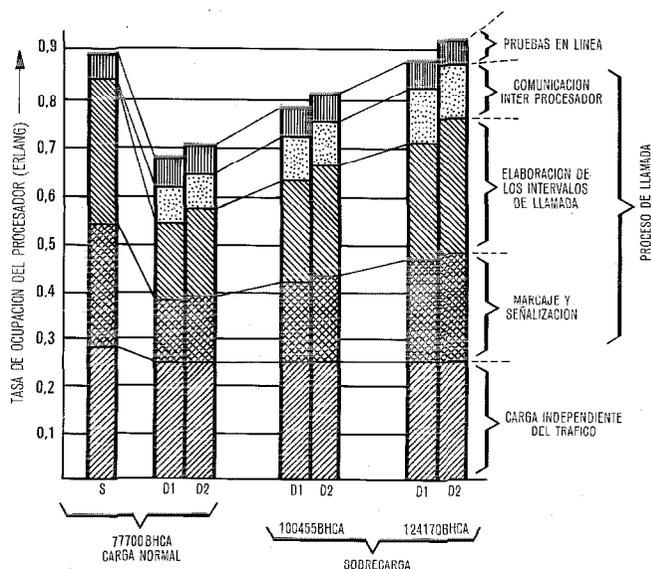


Fig. 4 Distribución de las ocupaciones del procesador para carga normal y dos casos de sobrecarga. Las cifras se refieren a una central de 20.000 líneas con un tráfico de 0,115 erlangs por línea en el caso de carga normal.

- S - operación en simplex
- D1 - procesador 1 en duplex
- D2 - procesador 2 en duplex

Tabla 4 – Distribuciones típicas de llamadas para un 10% de sobrecarga y selección por disco (10% más de tráfico fresco, 30% más de intentos de llamadas)

Tipos de intentos de llamada	Llamadas internas en circuitos de línea		Llamadas salientes en circuitos de línea		Llamadas entrantes en los enlaces entrantes	
	%	h(s)	%	h(s)	%	h(s)
Llamadas sin discado	7	3,5	7	3,5	–	–
Llamadas con discado incompleto	4	8,0	4	8,0	3	2,0
Bloqueo en la propia central	24	19,0	10	19,0	10	9,0
Bloqueo en la central distante	–	–	16	19,0	–	–
Abonado llamado ocupado	12	19,0	12	19,0	17	9,0
Abonado llamado no contesta	3	55,0	3	55,0	5	49,0
Llamadas en conversación	50	150,0	48	150,0	65	144,0
Total y media	100	84,1	100	81,4	100	98,5

h – Tiempo medio de ocupación de un intento de llamada.

Tabla 5 – Distribuciones típicas de llamadas para un 20% de sobrecarga (20% más de tráfico fresco y 60% más de intentos de llamadas)

Tipos de intentos de llamada	Llamadas internas en circuitos de línea		Llamadas salientes en circuitos de línea		Llamadas entrantes en los enlaces entrantes	
	%	h(s)	%	h(s)	%	h(s)
Llamadas sin discado	6	3,5	6	3,5	–	–
Llamadas con discado incompleto	3	8,0	4	8,0	3	2,0
Bloqueo en la propia central	33	19,0	13	19,0	18	9,0
Bloqueo en la central distante	–	–	20	19,0	–	–
Abonado llamado ocupado	11	19,0	10	19,0	15	9,0
Abonado llamado no contesta	3	55,0	3	55,0	4	49,0
Llamadas en conversación	44	150,0	44	150,0	60	144,0
Total y media	100	76,5	100	76,4	100	91,4

h – Tiempo medio de ocupación de un intento de llamada

caso de operación duplex y las pruebas en línea (prioridad baja) se realizan con mayor frecuencia que en el caso de operación en simplex.

- Operación en duplex con 100.455 BHCA (10% de sobrecarga, 30% de aumento en el número de intentos de llamadas). La carga independiente del tráfico es exactamente la misma que en el caso anterior (no existen cambios en el hardware de la central). Como puede observarse existe todavía capacidad disponible.
- Operación en duplex con 124.170 BHCA (20% de sobrecarga, 60% de aumento en el número de intentos de llamadas). En este caso, se alcanza el mismo nivel de ocupación que en el primer caso y de nuevo ambos procesadores trabajan correctamente.

La figura 5 muestra como ejemplo de los diferentes tipos de resultados que la simulación suministra la distribución

del ciclo de aparición del programa del nivel básico B6, el cual es responsable de algunas de las medidas referentes a tiempos. En el monitor del nivel base, el programa B6 tiene prevista su aparición cada sexto período correspondiente a la aparición del nivel de reloj; si el programa B6 se demora en más de 4 períodos correspondientes al nivel de reloj, se necesita tomar acciones especiales que eviten el mal tratamiento de los dígitos. La figura 5 demuestra el buen rendimiento del sistema operando en simplex y con un nivel de ocupación del 90%.

Desde el punto de vista de la ingeniería de tráfico, la capacidad de los MCDs es de mayor importancia, así como las ocupaciones reales y “ciegas” y el comportamiento de las colas. La expresión ocupación “ciega” representa la proporción de tiempo durante la que un MDC libre, no puede comenzar su trabajo debido a que ha de esperar por

## Simulación por subllamadas

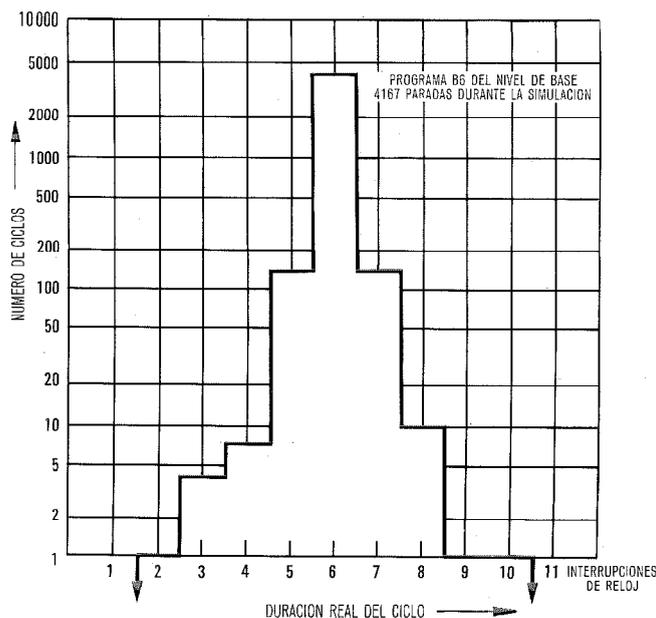


Fig. 5 Distribución de las duraciones reales del programa B6 del nivel base medido en interrupciones de reloj (cada 14 ms). Resultados de simulación para 77.700 BHCA en operación en simplex.

el procesador o por otro MDC. La tabla 6 suministra algunos resultados de este tiempo, para los cuatro simulados. El tiempo medio de espera aumenta notablemente en el caso de sobrecargas extremas lo que conlleva unas largas esperas para el tono de invitación a marcar, así como también unas largas esperas después del marcaje, (véase tablas 7 y 8), pero sin embargo los niveles de degradación son aceptables si se tiene en cuenta la especificación de grado de servicio en sobrecarga. Tanto los procesadores como los MDCs se aproximan a su máxima capacidad.

Las tablas 7 y 8 presentan algunos resultados interesantes en relación al grado de servicio suministrado por el control del sistema, como son las esperas medias y tres valores de las funciones de distribución de la espera por recepción del tono de invitación a marcar y de la espera posterior al marcaje. Si se pasa de la operación simplex a la operación en duplex, las esperas mejoran sólo ligeramente ya que en ambos casos de operación se encuentran los MDCs que son los que en su mayor parte contribuyen al valor de la espera.

Como demuestran los resultados de simulación, el principio de carga compartida utilizado por el sistema METACONTA suministra una considerable reserva de capacidad suplementaria en el caso de operación en duplex, lo que puede ser de gran utilidad en situaciones de sobrecarga, antes de tomar drásticas acciones de su control. Resumiendo puede concluirse diciendo que en el caso investigado (entorno de conmutación y tráfico) el control del METACONTA de tamaño medio suministra:

- Capacidad nominal de 75.000 BHCA (capacidad en operación simplex de acuerdo con cierta especificación de grado de servicio).
- Capacidad máxima de 120.000 BHCA, lo que representa una capacidad suplementaria del 60%. Corres-

Tabla 6 - Resultados de simulación para MDCs

MDC	Carga normal 77700 BHCA		Sobrecarga, duplex	
	Simplex	Duplex	100455 BHCA	124170 BHCA
Ocupación media (erlang)				
Real	0,343	0,342	0,425	0,514
Ficticia	0,089	0,095	0,125	0,199
Total	0,432	0,437	0,550	0,713
Tiempo medio de espera en la cola del MDC (ms)	29,3	21,9	37,2	83,6

Tabla 7 - Esperas por tono de marcar causadas por el control central

Espera por tono de marcar	Carga normal 77700 BHCA		Sobrecarga, duplex	
	Simplex	Duplex	100455 BHCA	124170 BHCA
Media	234 ms	204 ms	229 ms	299 ms
P (> 0,25 s)	0,350	0,276	0,366	0,551
P (> 0,50 s)	0,029	0,010	0,025	0,105
P (> 0,75 s)	0,010	0,001	0,002	0,024

Tabla 8 - Espera después de marcar para llamadas internas

Espera después de marcar	Carga normal 77700 BHCA		Sobrecarga duplex	
	Simplex	Duplex	100455 BHCA	124170 BHCA
Media	549 ms	518 ms	583 ms	754 ms
P (> 0,4 s)	0,931	0,928	0,936	0,942
P (> 0,7 s)	0,122	0,065	0,184	0,442
P (> 1,0 s)	0,011	0,004	0,023	0,188

ponde a la capacidad duplex en situación de sobrecarga, que cumple cierta especificación de grado de servicio en sobrecarga, en tanto las llamadas se tratan correctamente sin activación de los controles de sobrecarga.

Serían de interés muchos otros resultados de simulación pero se encuentran fuera del propósito del artículo que en esencia consistía en establecer las líneas generales del modelo de simulación de subllamadas.

## Conclusiones

La experiencia que se ha logrado durante los muchos años en los que se ha venido utilizando la simulación de subllamadas, ha puesto de manifiesto la utilidad de esta técnica para investigar los complejos problemas que encierra el control de los sistemas SPC, al tiempo que se tiene en cuenta una variedad de parámetros de tráfico que describen de forma realista todas las condiciones de tráfico en estado estacionario de la central. El margen de aplicación restringido del modelo de subllamadas, como se ha indi-

cado en el artículo, es el precio que hay que pagar por utilizar una técnica de simulación que es sencilla de utilizar, que suministra rápidamente muchos resultados útiles y que no requiere mucho tiempo de CPU. El programa de simulación es lo bastante flexible como para aplicarse en la verificación del comportamiento del sistema bajo condiciones particulares de la central, caso de que el cliente esté interesado en ello.

Las listas de eventos de subllamadas han demostrado ser un medio efectivo para la modelación del paquete de software mediante la verificación del modelo por los ingenieros de software e incorporación de cambios en estas listas (datos de entrada semipermanentes).

El tratamiento mediante procesos independientes del marcaje de dígitos y de la señalización, tiene la ventaja de simplificar cualquier técnica de señalización, o incluso mezclas de diversas técnicas, si se conocen los tiempos de proceso que requieren los programas implicados en su tratamiento.

Muchos otros problemas, particularmente los del control en sistemas SPC en condiciones no estacionarias, pueden necesitar de una modelación más detallada, la cual a su vez necesita de unas técnicas más elaboradas, tales como el modelo de llamadas o la simulación de entorno que ya se mencionaron [3]. Dependiendo de qué objetivo se persiga, debe elegirse la técnica más apropiada.

### Agradecimiento

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Srta. Brigitte Schulze que diseñó, escribió y puso a punto el programa de simulación, habiendo llevado a cabo las ejecuciones necesarias y analizando sus resultados.

### Referencias

- [1] E. Jensen: Analytical Study of Feedback Effects on Processor Traffic in SPC Systems; 8th International Teletraffic Congress, Melbourne, 1976.
- [2] B. Fontaine: Simulación en tiempo real del mundo exterior; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 46 (1971), N° 3, págs. 190-192.
- [3] M. Gruszecki: ENTRASIM: Real Time Traffic Environment Simulation for SPC Switching Systems; 8th International Teletraffic Congress, Melbourne, 1976.
- [4] G. Dietrich: Modelo de tráfico para los sistemas telefónicos de control centralizado; 7th International Teletraffic Congress, Estocolmo, 13-20 septiembre 1973. También en Comunicaciones Eléctricas, Vol. 50 (1975), N° 1, págs. 55-61.
- [5] H. H. Adelaar: The 10C System, a Stored-Program Controlled Reed Switching System; Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on Communication Technology, 1969, volumen COM-17, N° 3, págs. 333-339.

**Günter Dietrich** obtuvo su diploma en Matemáticas en el año 1955 en la Universidad de Rostock; hasta el año 1957, permaneció en la Oficina Científica-Técnica de Berlín, trabajando en el desarrollo de un equipo magnético especial.

El Sr. Dietrich ingresó en SEL, Stuttgart, en 1958, donde en la actualidad es jefe del Departamento de Teoría de Tráfico. Además es responsable de la coordinación de todas las actividades de la teoría de tráfico en ITTE. Es miembro de la Sociedad de Telecomunicaciones (NTG) dentro de la Asociación alemana de Ingeniería Eléctrica (VDE).

**Robert Salade** nació en Ceroux-Mousty, Bélgica, en junio de 1933. Obtuvo el título de ingeniería eléctrica de la Universidad de Bruselas en 1955.

Después de cumplir su servicio militar ingresó en el año 1957 en la Compañía Bell Telephone Manufacturing Company, Amberes, en donde trabajó como ingeniero de desarrollo en el departamento de telegrafía y transmisión de datos. Desde 1962 hasta 1964, trabajó en el desarrollo de un sistema de conmutación TDM-PAM en el departamento de conmutación electrónica, y desde 1965 participó en el desarrollo del software para el sistema METACONTA 10C. Al comienzo del año 1972 se hizo responsable de la aplicación de ingeniería software del sistema 10C.

# TV-PCM6 – Un sistema para la transmisión integrada de señales video y audio

Los métodos integrados para la transmisión del sonido asociado a una señal TV, que transmiten las señales de audio en los intervalos de tiempo no ocupados por la señal video, ofrecen una serie de ventajas técnicas y de explotación en comparación con los métodos que utilizan una subportadora o la transmisión por una vía separada. Se expone en este artículo un sistema para la transmisión integrada video-audio, incluyendo las medidas y pruebas efectuadas.

H. DIRKS  
G. STEUDEL  
W. ZSCHUNKE

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, República Federal de Alemania

## Introducción

Hasta ahora, se ha venido usando un canal separado para la transmisión de sonido asociado a una señal de TV. Dicho canal puede ser una vía de transmisión físicamente distinta (múltiplex espacial) o un canal cuya frecuencia portadora se halla por encima de la banda de video (múltiplex de frecuencia). Este último procedimiento se aplica en los radioenlaces, con una portadora de sonido en 7,5 MHz; y en los sistemas de radiodifusión, con una portadora de sonido en 5,5 MHz. Además de estos métodos clásicos, últimamente han ido creciendo en importancia los llamados "métodos de integración", en los que la señal de sonido se inserta en los intervalos de tiempo de la señal de TV no ocupados por información de video (múltiplex en el tiempo).

La utilización de vías de transmisión independientes para el sonido puede dar lugar a dificultades de explotación en lo que se refiere a encaminamientos erróneos y a interrupciones, y además normalmente hay que satisfacer ciertas tasas al propietario del medio de transmisión (que suele ser una Administración Telefónica). La transmisión mediante subportadora requiere una mayor anchura de banda, y por lo tanto una mayor potencia o una disminución de la relación señal/ruido de video, tal y como se explicará en el apartado siguiente. Los métodos basados en subportadora pueden producir además distorsiones por intermodulación, causadas por defectos de linealidad en la vía de transmisión. Todos estos inconvenientes son superados por los métodos de integración de sonido. La Compañía Standard Elektrik Lorenz ha desarrollado un método de este tipo, dentro del marco del proyecto "Satélite para radiodifusión de TV" [1]. Este método ya fue descrito en un artículo anterior [2]. La figura 1 muestra cómo dos señales audio de alta calidad son transmitidas, tras una codificación MIC (PCM), durante el ligeramente modificado intervalo de borrado horizontal de la señal de TV.

Este artículo describe los desarrollos posteriores y la ampliación del método hasta llegar a un sistema comercial. Entre las mejoras introducidas cabe destacar la posibilidad de dividir los dos canales de 15 kHz en 6 canales digitales de 5 kHz. Esta propiedad del sistema quiere ser de algún modo expresada por su denominación TV-PCM6. En principio, la aplicación del sistema era en enlaces con satélites, pero es igualmente aplicable a la transmisión terrena sobre radioenlaces o enlaces de corrientes portadoras. Una aplicación todavía más amplia sería la transmisión del sonido al receptor doméstico.

## Comparación de los métodos integrados y de subportadora

Los métodos de subportadora desplazan la banda de sonido, mediante una o más portadoras, por encima de la banda de video de la señal  $f_v$  (Fig. 2). El incremento de banda de  $f_v$  a  $f_{v+s}$ , compara negativamente con los métodos integrados, en los que es suficiente una anchura de banda  $f_v$ . La anchura de banda  $B$  necesaria en un sistema de modulación de frecuencia, tal y como se usa en radioenlaces y satélites, es

$$B_s = 2(\Delta f_s + f_{v+s}) \quad (1a)$$

para los métodos con subportadora, y

$$B_i = 2(\Delta f_i + f_v) \quad (1b)$$

para la transmisión integrada. La desviación máxima de frecuencia es  $\Delta f$  con el subíndice correspondiente a cada caso. De las ecuaciones (1a, b) se deduce que para una anchura de banda  $B$  idéntica para transmisión integrada y por subportadora, la desviación de frecuencia  $\Delta f_s$  ha de disminuirse respecto a  $\Delta f_i$  en una cantidad equivalente a  $(f_{v+s} - f_v)$ .

Esto significa una pérdida en la relación señal/ruido para la transmisión por subportadora dada por

$$\Delta \frac{S}{R} = 20 \log \frac{\frac{B}{2} - f_v}{\frac{B}{2} - f_{v+s}} \quad (2)$$

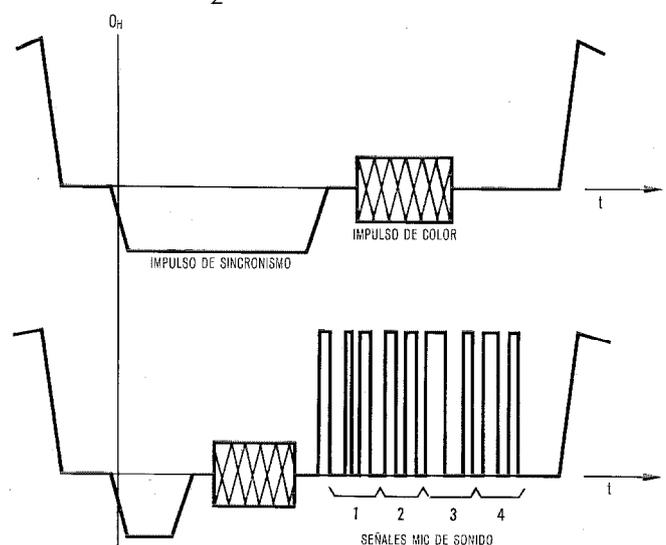


Fig. 1 Intervalos de borrado horizontal, normalizado y modificado.  $O_H$  es el origen de tiempos de la señal de sincronismo de las líneas.

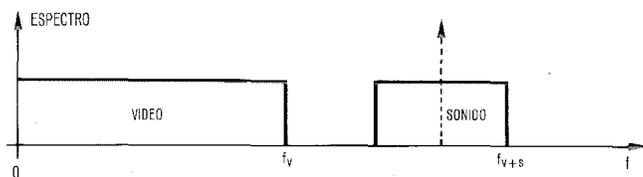


Fig. 2 Ancho de banda necesario en la transmisión de sonido por subportadora o por integración.

o bien el incremento equivalente de la potencia transmitida [3]. Para el ejemplo de una transmisión por un enlace INTELSAT IV con semianchura de banda del transpondedor de  $B = 17,5$  MHz, la disminución de la relación señal/ruido es típicamente 4 a 6 dB (véase también la tabla 1). Degradaciones similares aparecen en los radioenlaces.

Para las técnicas integradas es suficiente la anchura de banda de la señal de video. Por lo tanto no se introduce ninguna degradación de la relación señal/ruido. Un ejemplo típico de sistema de transmisión integrada de sonido es el sistema "sonido en sincronismo", en el que la señal codificada en MIC se inserta en el impulso de sincronismo. Su ventaja radica en que se modifica muy ligeramente la estructura de la señal de video, con lo cual se simplifica la reconstitución de la señal de TV típica. Sin embargo, surgen dificultades con los circuitos de enclavamiento que se actúan con el pico del impulso de sincronismo. Por otra parte, la calidad del canal de sonido de 14 kHz no está de acuerdo con los requisitos establecidos en las recomendaciones del CCIR [4]. El nuevo sistema TV-PCM6 de transmisión integrada de sonido se ha diseñado de acuerdo con las especificaciones del CCIR [4, 5].

La tabla 1 resume las propiedades de algunos sistemas de transmisión de sonido (métodos integrados y por subportadora). La principal ventaja de los métodos con subportadora es que la reconstitución de la señal de video se obtiene

mediante un simple filtrado. Las principales ventajas de los métodos integrados son una mejor relación señal/ruido, la eliminación de las distorsiones de intermodulación y la transmisión simultánea de las señales audio y video sobre un canal de video.

### Fundamento del sistema SEL de transmisión integrada de sonido

#### Características especiales, requisitos y opciones

El sistema de transmisión de sonido TV-PCM6 permite la transmisión de dos canales de sonido de alta calidad con una anchura de banda de 15 kHz. Cada canal de 15 kHz puede sustituirse por tres canales de sonido de 5 kHz. Puede funcionar con cualquiera de las tres disposiciones siguientes:

2 canales de 15 kHz.

1 canal de 15 kHz y 3 de 5 kHz.

6 canales de 5 kHz.

La calidad de los canales de sonido está de acuerdo con las recomendaciones del CCIR [4], [5]. Se limita la anchura de banda de las señales de audio, para pasar luego a una codificación digital antes de efectuar la integración de las señales de sonido. Se necesita una cuantificación lineal con 14 bits para lograr la calidad exigida dentro del margen dinámico deseado. El número de bits se puede reducir a diez por muestra mediante la utilización de compansores instantáneos y redes de pre-accentuación.

La parte superior de la figura 1 muestra el intervalo de borrado horizontal normalizado (Norma B o G, PAL), mientras que en la parte inferior aparece el intervalo modificado de borrado horizontal. Lo más característico de esta modificación es que se acorta el impulso de sincronismo y que se desplaza el impulso de color. La pendiente en  $O_H$  no queda modificada. El tren de impulsos correspondiente a las señales de sonido y a los bits de control se inserta en la parte posterior del impulso de borrado, que ha quedado

Tabla 1 - Propiedades de los diferentes sistemas de transmisión de sonido

	Métodos con subportadora		Métodos integrados	
	Ref. [7]	Ref. [8]	SEL/TV-PCM6	SES
Canales de sonido	4 × 15 kHz	2 × 15 kHz + 1 × 4 kHz	2 × 15 kHz ó 1 × 15 kHz + 3 × 5 kHz ó 6 × 5 kHz	1 × 14 kHz
Modulación	4 fases PSK con subportadora	FM con subportadora	MIC, integrado	MIC, integrado
Subportadora	5,5 MHz para NTSC con 4,2 MHz de anchura de banda	seleccionable 5,8 MHz y 6,5 MHz (NTSC o PAL)	—	—
Reconstitución de la señal de video	Simple (filtrado)	Simple (filtrado)	Compleja (restauración del borrado H y V)	Compleja (restauración del borrado H y V) Borrador de dígitos para enclavamiento
Disminución de la relación señal ruido (video) S/N	aprox. 4 a 6 dB	aprox. 5 a 8 dB	0	0

FM - Modulación de frecuencia

Borrado H y V - borrado horizontal y vertical

PSK - modulación por desplazamiento de fase

SES - "Sonido en el impulso de sincronismo"

ampliado tras las modificaciones expuestas. De esta forma se evita la interacción entre el impulso de color y las señales de sonido. Las señales de sonido se muestrean a una frecuencia doble de la frecuencia de línea de la señal video. Se transmiten 40 bits de señal y 3 de control en cada línea con un código NRZ\*. La frecuencia máxima de repetición de impulsos de sonido es 4,43 MHz.

El intervalo de borrado horizontal se modifica solo ligeramente con la inserción de los impulsos de sonido, para así simplificar la reconstitución de la señal normalizada de video en el receptor. Con este método se consigue también en la mayoría de los casos, la compatibilidad con los instrumentos y equipos de pruebas normales. El equipo de codificación y decodificación típico funciona con la norma de video PAL/625 líneas; pero también puede funcionar, cambiando algunas unidades, con las normas NTSC, SECAM/525 y SECAM/625.

Funcionamiento del sistema

La figura 3 muestra un diagrama de bloques del transmisor y del receptor del sistema TV-PCM6. El diagrama del transmisor se puede subdividir en tres bloques funcionales. El primer bloque es la parte de video, incluyendo el circuito de enclavamiento, separador de sincronismo y multiplexador audio-video. El segundo bloque es el de audio, el cual incluye varios filtros (filtros para limitación de banda y red de pre-acentuación), amplificadores, atenuadores, multiplexador de canales de audio, circuitos de muestreo, convertidor analógico-digital y compansor. El tercer bloque lleva los generadores de reloj y la lógica de control.

La señal de video de entrada se aplica a un circuito de enclavamiento y a un separador de sincronismo. El circuito de enclavamiento se enclava con el pico de sincronismo mediante impulsos de enclavamiento generados por el separador de sincronismo. Un bucle con enclavamiento de fase utiliza el impulso de la señal de video para generar una portadora de color continua, la cual sirve como reloj para la generación interna de reloj y también para retardar y acortar el impulso de color (véase la Fig. 1). La amplitud del impulso se controla por la señal de video de entrada. En el caso de televisión monocroma, el generador de portadora de color funciona sin enclavamiento y solo sirve como generador de reloj para los impulsos de la señal de sonido.

Ya se expuso anteriormente que el sistema TV-PCM6 puede trabajar en tres modos de funcionamiento distintos. Mediante los bits de control se indica al receptor cual es el modo de funcionamiento del transmisor, incluyendo el número de canales de sonido de 15 kHz y de 5 kHz.

La versión que aparece en el diagrama de bloques transmite un canal de sonido de alta calidad (15 kHz) y tres canales de sonido para comentarios (5 kHz cada uno). Cada etapa de entrada de los canales de sonido lleva un amplificador con una entrada simétrica, una red de pre-acentuación y un filtro paso bajo. Controladas por un generador de reloj, las señales de los cuatro canales de sonido, cuya banda ya ha sido limitada, se aplican a un convertidor analógico-digital de 14 bits, a través de un multiplexador

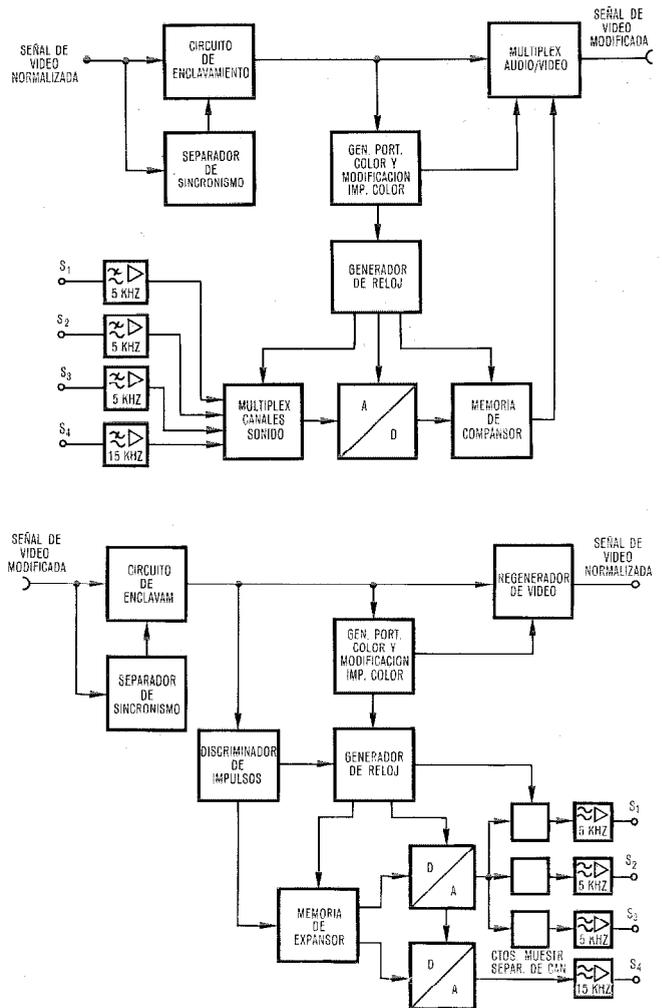


Fig. 3 Diagrama de bloques del sistema TV-PCM6. a) transmisor b) receptor

analógico. Las muestras de 14 bits se reducen a 10 bits en el compresor, de acuerdo con una característica de 13 segmentos [8], siendo almacenadas a continuación. Durante el borrado horizontal, la memoria se lee a una frecuencia doble de la frecuencia portadora de color. Los impulsos de la señal de audio se transmiten al multiplexador video-audio junto con los bits de control, los cuales llevan la información de modo de funcionamiento, alarmas y la identificación de TV color o monocroma. En el multiplexador video-audio se acorta la señal de sincronismo y se insertan los impulsos de la señal de sonido y el impulso de color desplazado. La pendiente en el frente anterior  $O_H$  del impulso de sincronismo no cambia, lo cual presenta ventajas para la sincronización, enclavamiento y reconstitución de la señal de video normalizada. La señal de TV modificada a la salida del multiplexador video-audio se puede ya transmitir.

En el lado de recepción, hay que reconstituir la señal de video y decodificar las señales de audio. El circuito de enclavamiento y el separador de sincronismo del transmisor y del receptor son idénticos. El regenerador de video reconstruye la parte posterior del impulso de borrado. Para ello hay que eliminar el impulso de color y los impulsos de sonido de la parte posterior del impulso de borrado, acor-

\* Non Return to Zero (sin vuelta a cero).

tar este último e insertar un nuevo impulso de color. Con ello se obtiene una señal de video normalizada a la salida del receptor de video.

Para decodificar el sonido se muestrean los impulsos en el discriminador de amplitud de impulsos. A continuación se almacenan y se separan los de control de los de sonido. Tras la etapa de expansión las señales digitales de sonido se convierten en analógicas por medio de convertidores digital/analógico. En el caso de un canal de sonido de 15 kHz, la salida del convertidor se aplica directamente a un filtro paso bajo, una red de de-acentuación, una red sen  $x/x$  y un amplificador de salida. Si el convertidor D/A sirve a tres canales de 5 kHz, su señal de salida se muestrea alternativamente por medio de circuitos de muestreo.

### Resultados de las medidas y de las pruebas

El sistema integrado de transmisión de sonido ha sido probado en varios pasos en distintos medios de transmisión. En primer lugar, se midieron todos los parámetros del sistema en el laboratorio y en el campo. Se investigó especialmente sobre los valores de los parámetros para los que es posible una transmisión del sonido sin fallos.

Tras haber completado estas medidas, se llevaron a cabo pruebas sobre radioenlaces. Tanto en este caso como en el resto de las pruebas de campo, los parámetros más importantes son la calidad del canal de video y la tasa de errores en los canales de sonido, la cual indica la calidad de la transmisión de sonido MIC. El resto de los parámetros del canal de sonido no dependen de la calidad del canal de video. Dado que las mayores ventajas se obtienen para la transmisión en enlaces vía satélite, las medidas se realizaron en este tipo de aplicaciones. Se pudo probar el sistema con los siguientes tipos de satélites:

- modelo de laboratorio del repetidor del OTS (satélite orbital de prueba) de la ESA (Agencia Espacial Europea)
- modelo de laboratorio del repetidor del satélite SYMPHONIE
- enlace vía el satélite SYMPHONIE
- enlaces vía el satélite INTELSAT IV

Para poder realizar medidas rápidas y seguras se utilizó un equipo de prueba automático [9, 10].

### Medidas de laboratorio y pruebas de campo

Se midieron en el laboratorio todos los parámetros especificados en las recomendaciones del CCIR, [4, 5]. La tabla 2 muestra algunos de los parámetros más importantes de los canales de sonido. Además de los valores de anchura de banda, relación  $S/R$  y distorsión armónica de cada canal, son también importantes la uniformidad de los distintos canales y la diafonía mútua, ya que también se transmiten señales estéreo. En la tabla 2 se puede ver que se cumplen las especificaciones del CCIR. La tabla 3 muestra los parámetros de video más importantes. Estos valores se vigilan cuidadosamente, ya que la inserción de las señales de sonido en el borrado horizontal no debe producir distorsiones en el canal de video.

Un parámetro importante de la transmisión de sonido es la correspondencia entre la tasa de errores y la relación señal/ruido de video. La figura 4 muestra la curva medida para una anchura de banda de video de 5 MHz. La relación

Tabla 2 - Parámetros del canal de sonido del sistema TV-PCM6

Anchura de banda nominal	0,04 ... 15 kHz
	0,1 ... 5 kHz
Ganancia de inserción	$0 \pm 0,5$ dB
Relación señal/ruido ponderada	70 dB
no ponderada	60 dB
Distorsión no lineal	
distorsión armónica total	0,3%
segundo armónico	60 dB
tercer armónico	60 dB
Diferencia de ganancia entre canales de sonido	$< 0,5$ dB
Diferencia de fase entre canales de sonido	$< 10^\circ$
Atenuación de diafonía entre canales de sonido	$> 75$ dB

Tabla 3 - Parámetros del canal de video del sistema TV-PCM6

Anchura de banda	6 MHz
Ganancia de inserción	$0 \pm 0,1$ dB
Relación señal/ruido (ponderada)	70 dB
Distorsión del impulso 20T	
ganancia	0,05 dB
retardo	$\pm 5$ ns
Sobretensión de impulso 2T	0,5%
Distorsión de tiempo de la forma de onda de cuadro	0,25%
Distorsión de tiempo de la forma de onda de línea	0,25%
Ganancia diferencial	0,2%
Fase diferencial	0,15°

señal/ruido de video se midió sin realizar la ponderación de la imagen, ya que la distorsión de los impulsos MIC de sonido no depende de la ponderación del ruido. El límite obtenido para una transmisión de sonido sin fallos es del orden de 30 dB, el cual corresponde a una calidad de imagen bastante deficiente.

No se midió ninguna diafonía entre los canales de audio y de video. La figura 5 muestra el espectro de videofrecuencia de la señal de video normalizada y de la señal de video modificada con la integración del sonido. Se puede apreciar que esta última no requiere una mayor anchura de banda.

### Medidas en radioenlaces

Estas medidas se llevaron a cabo en una instalación de pruebas, variando la atenuación de la señal de radiofrecuencia. La comparación entre los métodos propuestos arrojó los siguientes resultados: el canal de video se desconecta automáticamente si se sobrepasa una atenuación de 116 dB. Si se deja fuera de servicio la desconexión automática, el canal con sonido integrado se puede usar con atenuaciones de hasta 119 dB. Con el método de subportadora, comienza a aparecer ruido perceptible en el canal de sonido a 116 dB, creciendo lentamente a medida que aumenta la atenuación. El funcionamiento del canal integrado es satisfactorio hasta 119 dB, decreciendo rápidamente para valores superiores. Hay por tanto margen suficiente entre el valor nominal y el máximo de atenuación.

Estas medidas fueron posteriormente verificadas mediante pruebas en radioenlaces. El enlace más largo fué el

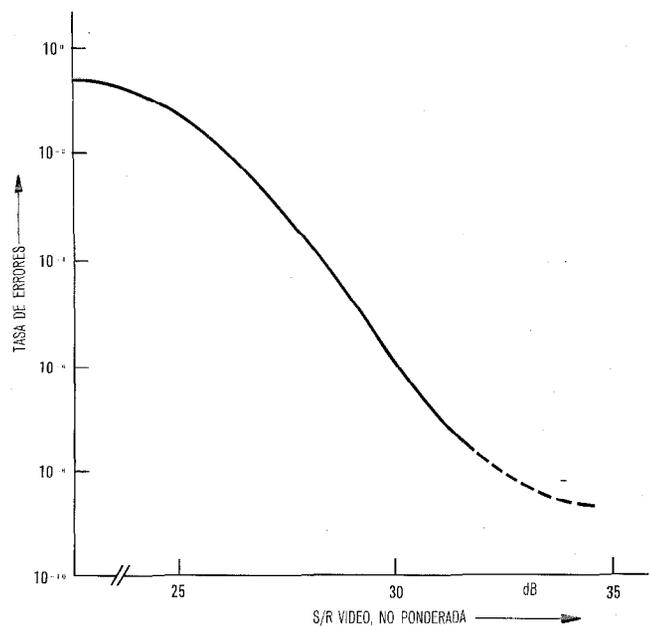


Fig. 4 Tasa de errores en función de la relación señal/ruido de video.

Francfort – Stuttgart – Munich – Nuremberg – Francfort – Colonia – Francfort, con una longitud de 1074 km y 23 secciones. Después de la sexta demodulación a banda base se alcanzó el límite de transmisión de sonido sin degradación observable. Regenerando los impulsos MIC tras tres pasos de modulación se pudo obtener un funcionamiento sin errores.

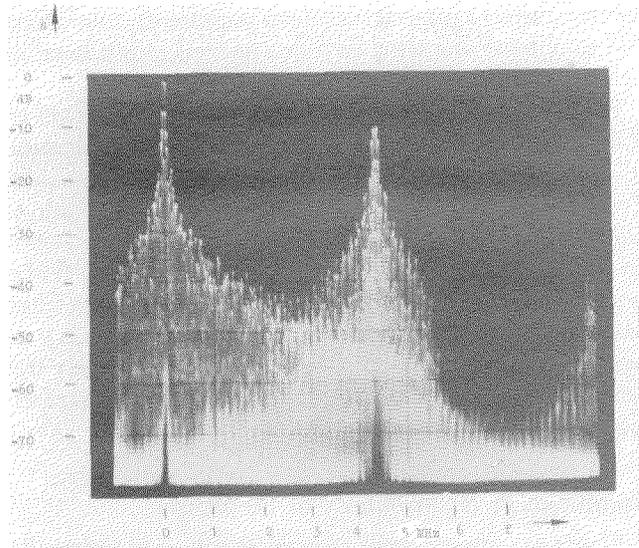
Medidas en enlaces vía satélite

Se disponía de los satélites INTELSAT IV y SYMPHONIE para las medidas, pero como el OTS todavía no había sido lanzado, sólo se pudieron efectuar medidas con un modelo de laboratorio del repetidor. Los resultados son comparables, ya que el OTS se ha diseñado de acuerdo con las especificaciones INTELSAT.

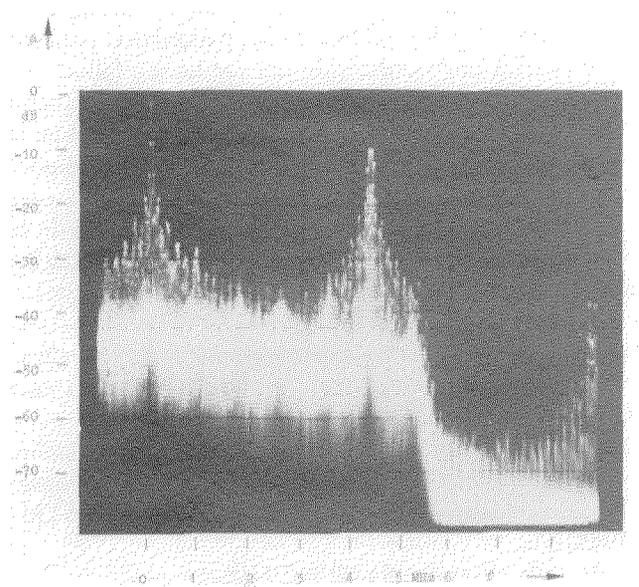
- En el INTELSAT IV hay tres tipos de canales de video:
  - 1 canal de video por transpondedor con  $B = 30$  MHz.
  - 1 canal de video por transpondedor con  $B = 15,5$  MHz.
  - 2 canales de video por transpondedor con  $B = 17,5$  MHz.

El modo de funcionamiento más importante es de transmisión de dos canales por transpondedor. En este caso es muy ventajosa la transmisión integrada del sonido, pues permite aprovechar la anchura de banda total del transpondedor para los canales de video. La tabla 4 muestra los resultados de las medidas efectuadas en la estación terrena de Raisting (Alemania). La transmisión de sonido funcionó sin fallos. Una medida de 30 minutos de duración no mostró ningún error.

Durante las medidas vía SYMPHONIE se transmitieron una y dos portadoras por transpondedor con anchos de banda de 30 MHz y 15 MHz. Cuando se reduce la potencia radiada, disminuye la calidad del enlace vía satélite. Las columnas 1 y 2 de la tabla 5 muestran los valores nominales y extremos para una transmisión de sonido sin errores, tal como se midió en Raisting. Hay un gran margen



a) señal de video



b) señal de video y audio.

Fig. 5 Espectro, en banda base, del contenido de imagen de la señal de video: 75% barras de color.

entre los valores nominales y extremos. El diámetro de la antena de la estación terrena es de 15 m.

En el caso de aplicaciones móviles, se utilizan también estaciones terrenas pequeñas con antenas de 8,8 m. Los resultados de las pruebas con antenas pequeñas, simuladas a base de reducir la potencia transmitida en Raisting y recibir con una antena pequeña en Toulouse (Francia) aparecen en la tercera columna de la tabla 5. También en este caso hay un margen suficiente para transmitir el sonido sin fallos.

Conclusiones y perspectivas futuras

El sistema TV-PCM6 ha demostrado un comportamiento perfecto en la transmisión de TV y señales de sonido durante numerosas pruebas y medidas. Es aplicable no solo a la transmisión vía satélite, sino también a los ra-

Tabla 4 - Parámetros de video, medidos en un bucle Raisting - Intelsat IV - Raisting

Anchura de banda	5 MHz
Ganancia de inserción	+2,5%
Relación señal/ruido (ponderada)	49,2 dB
Amplitud de impulso 2T	-6,3%
Distorsión de tiempo de la forma de onda de línea	+1,4%
Ganancia diferencial	17,1%
Fase diferencial	7°

Tabla 5 - Resultados de las medidas con el satélite Symphonie

	Valores nominales	Valores extremos	"Antena pequeña"	Unidad	
Anchura de banda - FI	30	15	30	MHz	
Relación señal/ruido de video	no ponderada	46,2	34,6	45,2	dB
	ponderada	59,2	47,2	56,4	
Relación portadora/ruido	20,3	14,5	19,0	dB	
Gama de amplitudes del sonido MIC	250-700	450	250-700	mV	

dioenlaces. Está prevista una amplia serie de pruebas funcionales por parte de la Administración alemana. También se puede transmitir por enlaces de corrientes portadoras. Por todo ello, el sistema presenta ventajas en las aplicaciones de larga distancia. En comparación con los sistemas que utilizan una subportadora, el sistema de transmisión integrada de sonido presenta notables ventajas en lo que se refiere a relación señal/ruido de video, eliminación de distorsiones de intermodulación y no necesidad de un canal adicional para la transmisión de sonido. Al revés que en el sistema "sonido en sincronismo", la calidad del sonido está de acuerdo con lo especificado por el CCIR. Además se pueden transmitir hasta seis señales de sonido, en vez de solo una.

En un principio se consideró la posibilidad de transmitir una segunda subportadora a 5,75 MHz para enviar a TV con sonido estéreo o sonido adicional (por ejemplo, el idioma extranjero original en una transmisión) al receptor doméstico [11]. Las pruebas demostraron, sin embargo, que tal método resulta inaceptable a causa de las distorsiones de intermodulación originadas por faltas de linealidad en los convertidores de frecuencia de TV. El método integrado utilizado en el sistema TV-PCM6 puede sin embargo aplicarse en principio a la transmisión a receptores domésticos, como ha quedado demostrado en las pruebas de campo. Para lograr una aplicación definitiva a este

campo hay que resolver los problemas de compatibilidad con los receptores existentes. Se trabaja actualmente en la resolución de estos problemas.

#### Referencias

- [1] Siemens, SEL, MBB: Durchführbarkeitsanalyse für einen Fernseh-rundfunksatelliten. Phase A. Schlußbericht. GfW-Antragsnummer RV II/1 - V14/72-GH-01-00.
- [2] E. Adler, H. Häberle y G. Steudel: Integración de las señales de sonido en la señal de video para la transmisión de TV; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 49 (1974) N° 3, págs. 354-357.
- [3] H. Carl: Richtfunkverbindungen, Berliner Union, Stuttgart 1976.
- [4] CCIR - Recomendación 505. Libro Verde, Ginebra 1974.
- [5] CCIR - Informe 641, Libro Verde, Ginebra 1974.
- [6] CCIR - Informe 647, Libro Verde, Ginebra 1974.
- [7] Date: A Digital Audio System for Television; Journal SMPTE, Vol. 83, N° 3, marzo 1975, págs. 180-185.
- [8] J. W. Johnson: Conserving Microwave System with Voice-Over-Video System. Communications News, abril 1974.
- [9] P. Dambacher: Realisierung der automatischen Fernsehüberwachungstechnik mit dem Prüfzeichen-Meßwertgeber UPP. Fernmeldepraxis Bd. 53/1976, N° 14.
- [10] P. Epha, A. Reitan: Meßautomat K 1060 für Mono- und Stereo-Tonleitung. Siemens-Zeitschrift 48, pag. 6, junio 1974.
- [11] S. Dinsel: Ein zweiter Tonträger - Eine Möglichkeit zur Übertragung eines weiteren Tonkanals beim Fernsehen. Rundfunktechnische Mitteilung 14 (1970) 6.

**Hinrich Dirks** nació en Falkenstein, Alemania, en 1945. Estudió ingeniería de comunicaciones en la Universidad de Stuttgart, en donde obtuvo su título de Ingeniero Diplomado. Ingresó en Standard Elektrik Lorenz en 1973, dedicándose al diseño y desarrollo de equipos de comunicaciones, especializándose en técnicas AMDT (Acceso Múltiple por División en el Tiempo). Desde 1975 participa en el desarrollo del equipo de transmisión integrada sonido-TV.

**Günther Steudel** nació en Zeulenroda, Alemania. Estudió en la Escuela Técnica Superior de Darmstadt, donde se graduó como ingeniero diplomado en 1967. Se colocó en Standard Elektrik Lorenz en 1969, trabajando en el laboratorio central como ingeniero de diseño. Se ha ocupado en la investigación de circuitos integrados bipolares y en el desarrollo de diseño para clientes de circuitos MOS-LSI. De 1971 a 1975 fue jefe de proyecto en diversos estudios de transmisión integrada de sonido-TV. Desde 1975, trabaja en el Laboratorio de Desarrollo Avanzado, en donde está dirigiendo el desarrollo del prototipo TV-PCM6.

**Willmut Zschunke** nació en Wuppertal, Alemania, en 1940. Estudió ingeniería eléctrica en la Universidad de Stuttgart y se graduó como Ingeniero Diplomado en 1964. Desde 1964 hasta 1968 fue profesor ayudante en la Universidad de Stuttgart, obteniendo el grado de Dr. Ingeniero en 1968. De 1965 a 1972, como profesor ayudante, fue director de un grupo de investigación encargado de la simulación de transmisión de datos en ordenador. En 1972 le fue concedido el grado superior de Dr. Ing. y una designación como profesor de comunicaciones (venia legendi).

Desde marzo de 1972 ha estado trabajando en Standard Elektrik Lorenz AG en transmisión analógica y digital de TV, incluyendo métodos de reducción de redundancia. En 1975 es nombrado Jefe del Departamento de Desarrollo Avanzado, y en 1976, Director de Desarrollos Básicos, que incluyen desarrollo avanzado, redes eléctricas y comunicaciones por satélites.

El Dr. Zschunke es miembro de Nachrichtentechnische Gesellschaft (NTG).

# El contacto TIP – Un nuevo componente para circuitos de conversación

El contacto TIP es un componente sellado y hermético al gas, de nuevo desarrollo, que puede utilizarse como elemento de punto de cruce.

El relé TIP es el más pequeño de los elementos de punto de cruce sellados existentes a dos hilos que tiene independientes los circuitos eléctrico y magnético.

El relé TIP ha pasado satisfactoriamente las pruebas de aceptación exigidas por la especificación del PTT alemán (Deutsche Bundespost). SEL utilizará puntos de cruce TIP en las matrices del sistema de conmutación electrónico EWS.

G. ZEIDLER

J. POTINECKE

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, República Federal de Alemania

## Introducción

Aun en los sistemas telefónicos desarrollados recientemente, los caminos de conversación se conmutan predominantemente según el principio de multiplex por división de espacio. Los elementos de punto de cruce utilizados para este propósito adquieren una gran importancia ya que:

- debido a la larga vida de servicio del equipo de conmutación (aproximadamente 30 años), todos los componentes, y por consiguiente también los puntos de cruce, deben cumplir rigurosas especificaciones de calidad;
- los puntos de cruce, por ser utilizados en cantidades muy grandes en los centros de conmutación (alrededor de 20 puntos de cruce, es decir 40 contactos, por línea servida), son componentes claves que tienen un impacto muy grande en la fiabilidad del sistema.

En principio tanto los contactos metálicos como electrónicos son capaces de realizar las funciones de los puntos de cruce. No obstante, y aunque últimamente ha habido importantes nuevos desarrollos en el área de los contactos electrónicos, los contactos metálicos, y en particular los protegidos con gas, presentan aún una serie de ventajas:

- Ningún componente electrónico ha sido capaz hasta ahora de conseguir, al mismo precio, la relación de resistencias de sentido inverso a sentido directo de los contactos metálicos, ni su tensión de ruptura.
- Además, la fiabilidad de los contactos sellados (por ejemplo de los contactos reed [1]) es comparable a la de los componentes semiconductores.

En el futuro previsible, los contactos sellados mantendrán, por consiguiente, su importancia. Por ello, pareció conveniente estudiar el perfeccionamiento de los componentes existentes para detectar sus puntos débiles y eliminarlos cuando fuera posible.

Los resultados del análisis de los productos existentes, estimularon el desarrollo de un nuevo contacto. Los esfuerzos de desarrollo estuvieron regidos por las siguientes directrices:

- Aplicación del contacto exclusivamente como elemento de punto de cruce para circuitos de conversación.
- Utilización de técnicas de fabricación en serie; todas las operaciones de fabricación debían ser bien conocidas y estar probadas en otros productos (por ejemplo en dispositivos semiconductores).
- Encapsulado hermético al gas, en una atmósfera protectora.

- Aplicación del principio del "acompañamiento"\*, y además separación de los circuitos eléctrico y magnético, es decir, el flujo magnético no atraviesa los puntos de contacto.

- Tamaño mínimo.

- Corriente de actuación mínima.

El desarrollo de tal contacto y del correspondiente dispositivo de punto de cruce ha finalizado. El producto se conoce con la denominación TIP (Tiny and Protected = Miniaturizado y protegido).

## El contacto TIP

### Principio

La figura 1 muestra el principio de funcionamiento del contacto, mientras que la figura 2 presenta una vista de una sección del contacto TIP [2].

Similar a un transistor, el contacto TIP tiene un encapsulado metálico soldado y hermético al gas, en cuya placa base se suelda un disco ferromagnético perforado (feed-through) que está aislado mediante un anillo de vidrio de presión. Un muelle de lámina, que se sujeta a la tapa dentro del encapsulado, se divide en tres partes en su extremo libre. Las dos partes exteriores llevan una armadura ferro-

\* Nota del Editor: Se ha traducido por "acompañamiento" la palabra "overtravel" del original, por ser un efecto muy semejante al conocido por esa palabra en español.

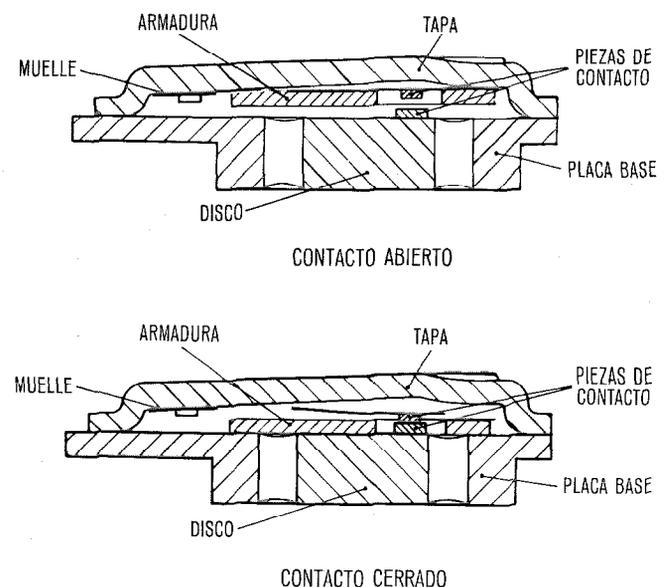


Fig. 1 Principio de funcionamiento del contacto TIP

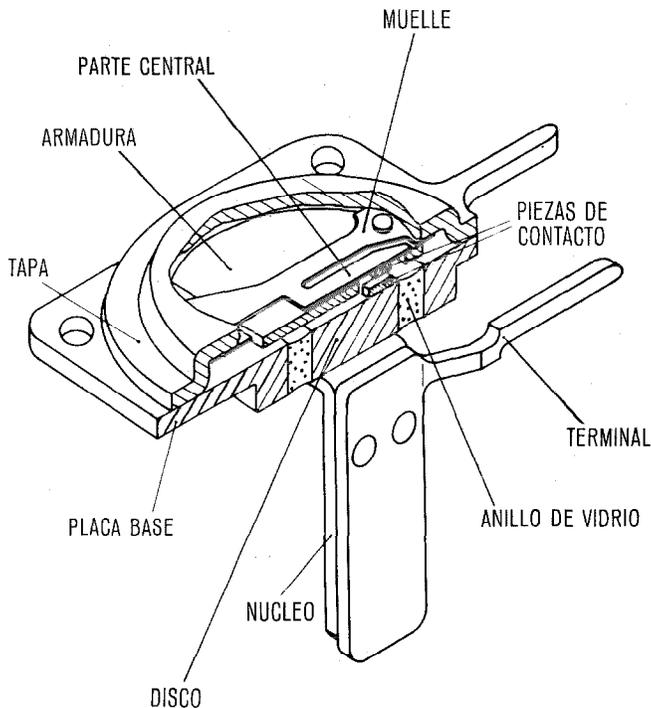


Fig. 2 Contacto TIP, vista de una sección .

magnética, mientras que la parte central lleva una pieza de contacto. Esta pieza de contacto se introduce en una abertura de la armadura y se coloca frente a otra pieza de contacto que está soldada al disco perforado.

Los terminales eléctricos del contacto están fijos a la tapa y a un núcleo que está soldado al disco.

Funcionamiento

Un flujo magnético que atraviesa el núcleo, el disco perforado y la armadura, hace que esta se mueva hacia la placa base. Poco antes de que la armadura alcance la placa base, las dos piezas de contacto se unen y cierran, por tanto, el contacto eléctrico. La distancia que la armadura continúa moviéndose hasta que alcanza la placa base se conoce como acompañamiento [3].

Cuando se quita el flujo magnético, el muelle metálico inicia la apertura del contacto y tiene lugar el mismo proceso pero en sentido inverso.

Propiedades

Principio del acompañamiento: Este principio, bien conocido en los relés con contactos no sellados, es la primera vez que se emplea en un contacto sellado de punto de cruce que se va a utilizar para circuitos de conversión. Ofrece las siguientes ventajas:

- Puesto que la armadura está ya en movimiento en el instante de la apertura del contacto, tiene una gran energía cinética, de forma que los puntos de contacto se separan con fuerza y a gran velocidad [4], lo que evita la soldadura de los contactos que puede producirse por las descargas de los cables del sistema.
- Como los circuitos eléctricos y magnéticos están separados, el flujo magnético no pasa a través de los puntos

de contacto, lo que permite seleccionar el material y el espesor del contacto atendiendo exclusivamente a las condiciones eléctricas. Cuando se utiliza como material del contacto, por ejemplo PdCu 85/15, los cables del sistema de hasta 100 m de longitud, cargados a 60 V, pueden descargarse más de  $10^7$  veces sin que ocurra un fallo por soldadura de los contactos.

- Las corrientes de actuación no cambian durante toda la vida útil. La figura 3 muestra las corrientes de actuación en un período de  $10^7$  operaciones. Los contactos tenían que conmutar un cable del sistema de 100 m de longitud cargado a 60 V. Las variaciones en las corrientes de actuación fueron inferiores al 3%.

Comportamiento ante sobretensiones impulsivas

Con la progresiva miniaturización de los equipos de conmutación, las exigencias de protección contra sobretensiones (rayos, cortocircuitos en cables) adquieren una creciente importancia [5]. Si se utilizan supresores, los puntos de cruce están protegidos solamente hasta 1 kV debido al retardo en la respuesta de los supresores. Para los contactos TIP, las tensiones impulsivas admisibles son superiores a 1,5 kV medidas con impulsos de  $10\mu s/1000\mu s$  [6]. Por consiguiente, el contacto es adecuadamente seguro para esta aplicación.

Producción

El contacto TIP se produce en forma completamente automática. Las etapas individuales de fabricación y las operaciones de unión son técnicas muy conocidas y probadas durante mucho tiempo, que han sido utilizadas para muchas otras fabricaciones en serie.

Las piezas componentes (tales como tapa, muelle, armadura) se estampan y las piezas prensadas se suministran en forma de banda alimentadora. La placa base con el disco

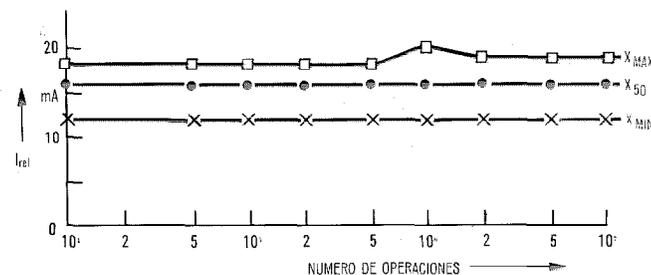
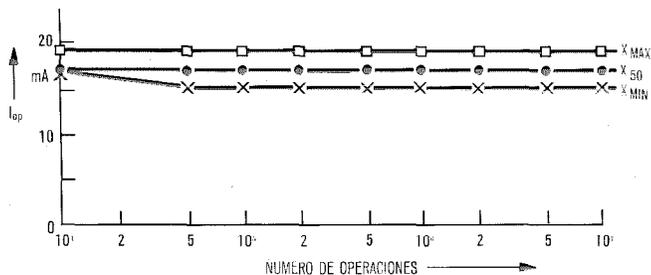


Fig. 3 Variación de la corriente de actuación en función del número de operaciones.

## Contacto TIP

perforado es del tipo utilizado en cantidades de muchos millones en la tecnología de transistores.

La figura 4 ilustra el proceso de fabricación. La línea de montaje está dispuesta de forma que las bandas alimentadoras con las piezas componentes se crucen en posiciones definidas. En estas posiciones una pieza se separa de una de las bandas y se une a otra banda (muelle + armadura + tapa). Las bandas están provistas de agujeros para el posicionado preciso. Como última pieza componente, la placa base se suelda al conjunto de la tapa.

La etapa final de la fabricación del contacto TIP es una prueba automática.

### El punto de cruce TIP

#### Diseño

El punto de cruce TIP es un relé biestable, a dos hilos, cuyas operaciones están controladas por el sentido de la corriente. Consiste en dos contactos TIP, un imán permanente, un devanado, un shunt y una envoltura de plástico que une todas las piezas en una unidad (Fig. 5).

Es conveniente adaptar las características de funcionamiento de un punto de cruce (como por ejemplo la resistencia de su devanado, amplitud del impulso de corriente, etc.) al sistema de conmutación particular. Por ello, se han desarrollado, para diversas aplicaciones, puntos de cruce de diseños diferentes pero utilizando los mismos contactos y funcionando según el mismo principio. La figura 6 muestra dos realizaciones de puntos de cruce TIP, el más pequeño para corrientes de actuación de alrededor de 80mA y el otro para corrientes de actuación de alrededor de 20mA.

Los puntos de cruce TIP, que tienen un volumen menor de 2,5cm<sup>3</sup> y una altura inferior a 14mm, son adecuados para su montaje en placas de circuito impreso. Se insertan en forma similar a los circuitos integrados "dual-in-line" y se unen eléctricamente a los conductores por medio de soldaduras. Como resultado de ello, es fácil cambiar un elemento de punto de cruce, en caso de defecto.

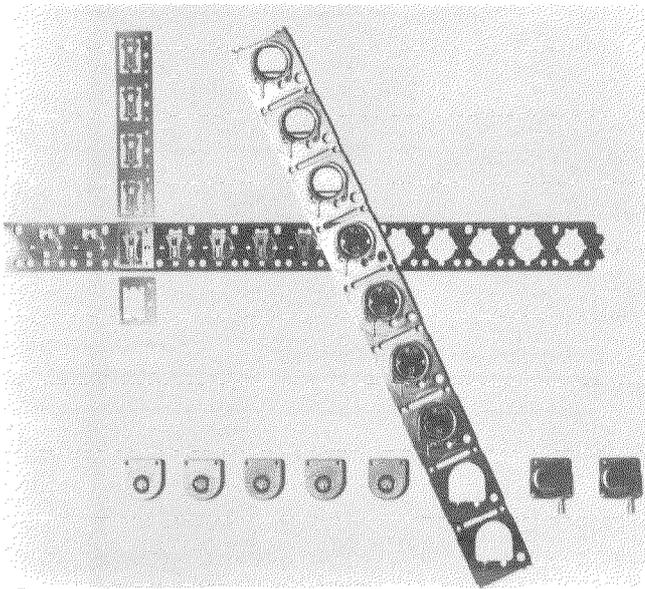


Fig. 4 Principio de fabricación del contacto TIP.

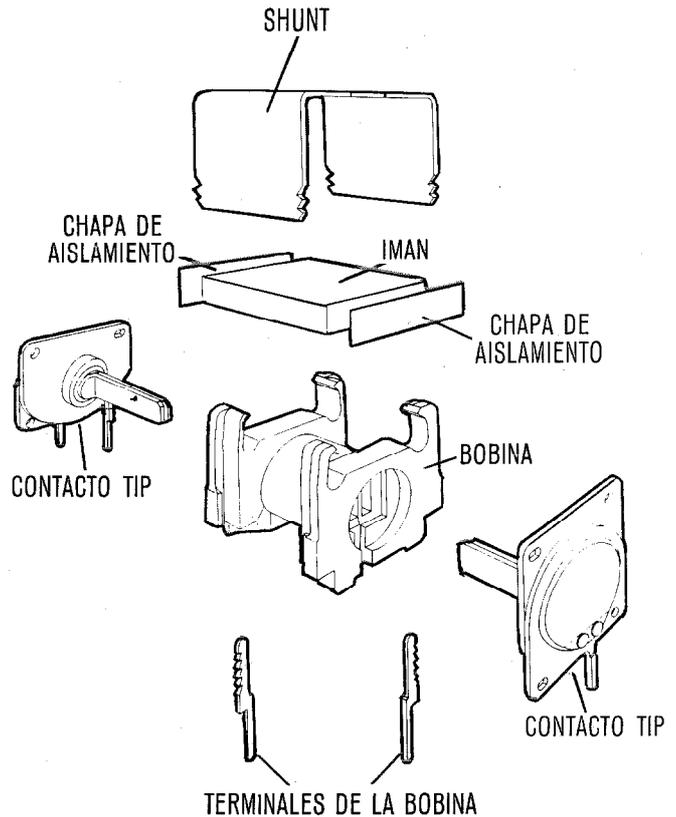


Fig. 5 Relé TIP, vista de sus piezas componentes.

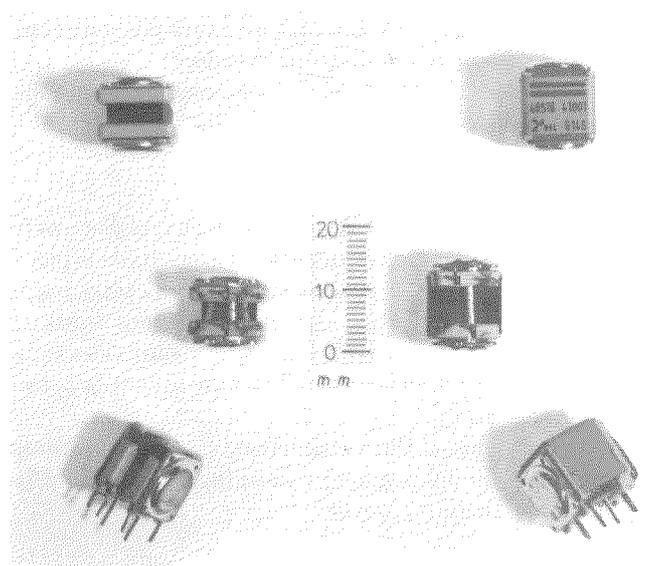


Fig. 6 Puntos de cruce TIP.

#### Funcionamiento y control

El circuito magnético (Fig. 7) está dimensionado de forma que la mayor parte del flujo magnético del imán se cierra:

- en caso de contactos abiertos a través del shunt y, por consiguiente, es demasiado débil para cerrar los contactos;
- en caso de contactos cerrados a través de las armaduras, con lo que los contactos se mantienen cerrados.

Los contactos pueden conmutarse de una condición a la otra en una de las dos formas siguientes:

- a) Actuación y liberación por impulsos de corriente positivos aplicados a dos devanados arrollados en sentido contrario independientes.
- b) Actuación y liberación por impulsos positivos y negativos, respectivamente, aplicados al mismo devanado.

La segunda solución es más ventajosa. Al no tener que utilizar el segundo devanado, el coste de fabricación puede reducirse y, adicionalmente, existe doble espacio disponible para el devanado único, de forma que los valores de las corrientes de actuación y de liberación pueden reducirse a la mitad.

Con el fin de evitar las interferencias mútuas, los puntos de cruce de la misma matriz deben actuarse por medio de contactos o desacoplarse por medio de diodos (Fig. 8).

**Propiedades**

Los relés de puntos de cruce para conmutar circuitos de caminos de conversación en los sistemas de conmutación del Deutsche Bundespost (Administración alemana) han de cumplir las especificaciones de la norma 211 AN1 del Bundespost. Esto significa, por ejemplo, que los valores característicos de las corrientes de actuación y de los tiempos de conmutación durante las pruebas de vida, no pueden excederse en ningún caso. Además, la tasa de fallos de los contactos durante la apertura y el cierre ha de ser menor que  $10^{-6}$  cuando los cables del sistema de conmutación tienen una longitud hasta 100m y están cargados a 60V.

El relé TIP ha sufrido la prueba de funcionamiento en el Deutsche Bundespost. Los resultados muestran que el relé TIP cumple todas las especificaciones de la norma del Bundespost. Especialmente, las pruebas de vida muestran que el número necesario de operaciones fue mucho mejor que el valor especificado de  $5 \times 10^6$ . Así, para  $18 \times 10^6$  operaciones, la tasa de fallo es aún menor de  $10^{-7}$ .

Los datos más importantes del relé de puntos de cruce TIP se muestran en la tabla 1.

**Matriz de puntos de cruce TIP**

Cuando se utilizan los dispositivos de puntos de cruce sobre placas de circuito impreso, se debe prestar una especial atención a la disposición de los conductores con el fin de aprovechar al máximo la elevada tensión de descarga disruptiva de los puntos de cruce TIP.

Dependiendo del tamaño de la placa de circuito impreso, del número de terminales del conector y del tamaño

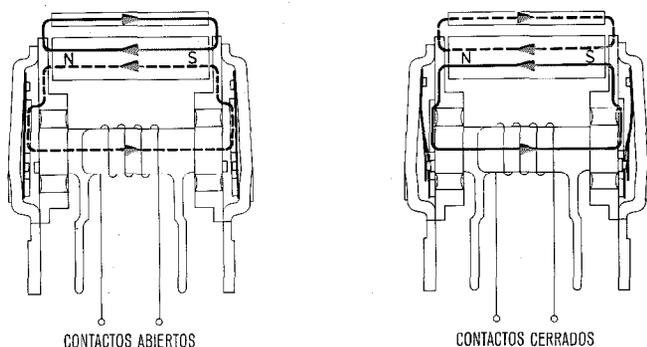


Fig. 7 Circuito magnético.

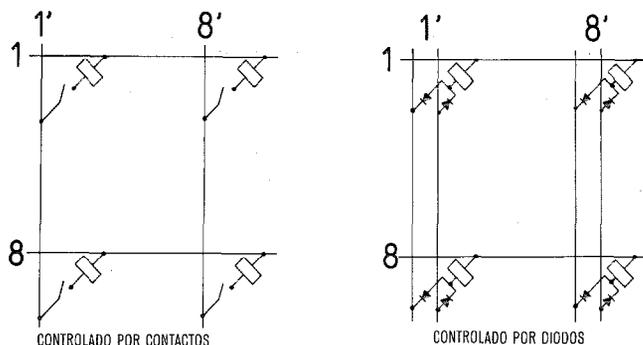


Fig. 8 Control de los puntos de cruce TIP.

de los elementos de los puntos de cruce, pueden montarse diversos tipos de matrices en una placa.

Por ejemplo, si se utilizan los puntos de cruce de menor tamaño, mostrados en la figura 6, en una placa de circuito impreso de  $220 \times 250$  mm pueden montarse:

- 1 matriz compuesta de  $16 \times 16$  puntos de cruce
- 2 matrices compuestas de  $8 \times 16$  puntos de cruce
- 4 matrices compuestas de  $8 \times 8$  puntos de cruce.

La figura 9 muestra la disposición de las matrices arriba indicadas.

**Comparación de la matriz TIP con otras matrices**

Las matrices de puntos de cruce conocidas que utilizan relés biestables de contactos sellados, a dos hilos, pueden clasificarse en tres grupos:

Tabla 1 - Datos del relé de puntos de cruce TIP

<b>Dimensiones</b>	
Longitud	15 mm
Anchura	12,3 mm
Altura	13,5 mm
<b>Características mecánicas</b>	
Masa	8 g
Resistencia al choque	20 g, para una señal semisenoidal de 11 ms
Vibración	10 g, 10 Hz a 150 Hz
<b>Características eléctricas</b>	
<i>Valores electromagnéticos característicos</i>	
corriente de actuación	21,4 mA
corriente de reposición	21,1 mA
corriente de no actuación	1,5 mA
corriente de no reposición	2,1 mA
corriente de reposición sin rebote del relé	63 mA
<i>Tiempos de conmutación (factor de seguridad de corriente = 1,4)</i>	
tiempo de actuación	2,2 ms
tiempo de liberación	2,0 ms
<i>Prueba de tensión</i>	
tensión de ruptura	$\geq 900 V_{ef}/50$ Hz
sobretenión impulsiva	$\geq 1500$ V, 10/700 $\mu$ s
<b>Vida</b>	
Vida en el caso de descarga de los cables del sistema, de hasta 100m de longitud	$\geq 5,10^6$ operaciones
Tensión	60V
Tasa de fallos esporádicos por contacto y operación	$1 \cdot 10^{-6}$
Criterio: resistencia de contacto $> 1\Omega$ o soldadura	

## Contacto TIP

- Matrices "reed" biestables [7, 8]
- Matrices "reed" remanentes [9, 10, 11]
- Matrices que utilizan contactos metálicos sellados [12-15].

La comparación se basa en los siguientes criterios:

- Volumen de las matrices de puntos de cruce y volumen medio resultante por punto de cruce en placas de circuito impreso completamente equipadas.
- Altura de la matriz, es decir, separación entre placas de circuito impreso.
- Amplitud de los impulsos de control.

La tabla 2 muestra los resultados de esta comparación, siendo aproximados los valores que se dan.

- Una comparación del volumen de los puntos de cruce indica que los que utilizan "reed" remanentes o contactos metálicos sellados son más pequeños que los que utilizan "reed", en un factor 3. Dependiendo de su diseño, los puntos de cruce con contactos metálicos sellados (en particular el más pequeño de los TIP, de acuerdo con la figura 6), permiten una reducción adicional de volumen de factor 1,5 en comparación con los puntos de cruce "reed" remanentes. El más pequeño de los puntos de cruce TIP, mostrado en la figura 6, es actualmente el punto de cruce más pequeño existente en el mercado para conmutación de caminos de conversación.
- Considerando además la altura de las matrices de puntos de cruce, es decir la separación necesaria entre placas montadas, puede verse que las matrices con contactos metálicos sellados necesitan sólo la mitad de separación que los "reed" biestables y remanentes [7 a 11].
- Otra ventaja esencial de los contactos metálicos sellados sobre los relés "reed" biestables y remanentes [7 a 11] es la pequeña amplitud de los impulsos de control. Dependiendo del punto de cruce, varía entre 20 y 100mA, mientras que los relés "reed" necesitan corrientes comprendidas entre 0,8 y 9 A. Esta pequeña amplitud de los

impulsos permite utilizar dispositivos semiconductores más baratos en las necesarias redes de control de las matrices.

## Conclusión

Se ha completado el desarrollo del contacto TIP y del punto de cruce TIP. Los contactos se producen en grandes cantidades en SEL, Stuttgart, República Federal alemana, de forma completamente automática.

El contacto TIP es especialmente adecuado para conmutación de caminos de conversación. Gracias a la aplicación del principio de acompañamiento, dispone de la libre selección del material de contacto y alcanza una elevada fiabilidad.

Matrices de puntos de cruce con contactos TIP, como la mostrada en la figura 10, han pasado satisfactoriamente las pruebas de campo en un centro de conmutación META-CONTA\* en Roissy, Francia.

Los resultados de las pruebas realizadas por el Deutsche Bundespost de acuerdo con la norma 211 AN1 muestran que el contacto TIP cumple la norma en todos sus puntos.

SEL utilizará puntos de cruce TIP para las matrices del sistema de conmutación electrónica EWS. La figura 11 muestra la matriz correspondiente.

## Referencias

- [1] Takenobu, Tanno; Shinji, Takamura; Koh, Jahii: Operating Experience gained from the D-10 Electronic Switching System; Proceeding of International Switching Symposium, Munich 1974.
- [2] W. A. Mecklenburg: TIP - ein neuer Schutzgaskontakt für moderne Relais; Proceedings of REKO 75, Budapest, noviembre 1975.
- [3] W. A. Mecklenburg: Das Überfederprinzip im gasgeschützten Kontakt; Proceedings of the 7th International Conference on Electrical Contact Phenomena, Paris, junio 1974.
- [4] W. A. Mecklenburg, J. Potinecke: Behaviour of the TIP Contact; Proceedings of the 8th International Conference on Electrical Contact Phenomena, Tokio, agosto 1976.

\* Marca registrada del sistema ITT

Tabla 2 - Comparación de diferentes matrices de puntos de cruce

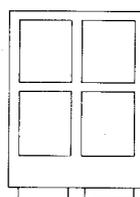
Matriz de puntos de cruce	Volumen medio por punto de cruce cm <sup>3</sup>	Altura de la matriz mm	Corriente de control A
Reed biestable	22 a 30	50	8 a 9
Reed remanentes	6,5 a 11	37 a 50	0,8 a 3,0
Contactos metálicos sellados	4 a 11	20 a 25	0,02 a 0,1



MATRIZ 16x16



MATRIZ 2x8x16



MATRIZ 4x8x8

Fig. 9 Matrices TIP sobre placas de circuito impreso de 220 x 250 mm (principio).

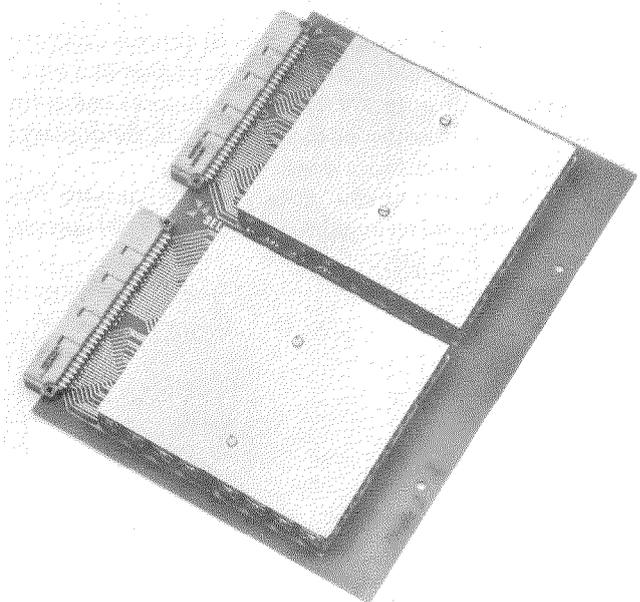


Fig. 10 Matriz TIP con 2 x 8 x 8 puntos de cruce.

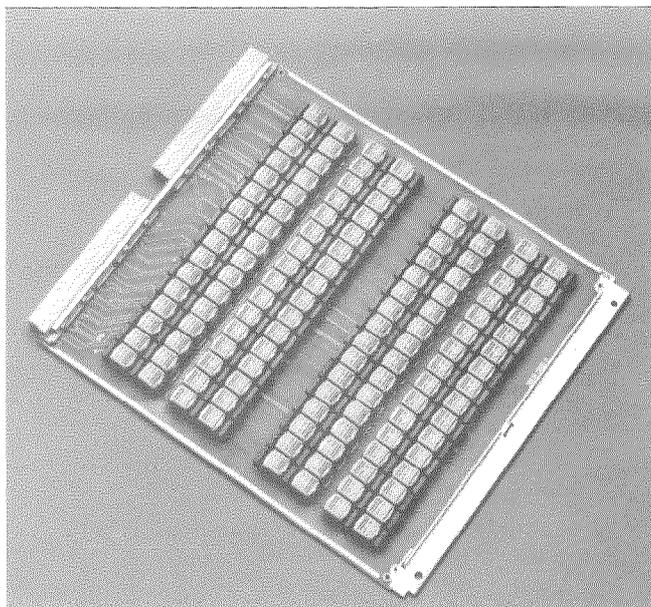


Fig. 11 Matriz TIP para el sistema EWS con  $2 \times 8 \times 8$  puntos de cruce.

- [5] R. Mosch: Protección contra sobretensiones en los equipos de conmutación que utilizan componentes electrónicos; *Comunicaciones Eléctricas*, Vol. 49 (1974), N° 2, págs. 157-167.
- [6] I. R. Isert: Spannungsfestigkeit von Schutzgaskontakten; *Proceedings of REKO 75*, Budapest, noviembre 1975.
- [7] A. Feiner: The Ferreed; *The Bell System Technical Journal*, Vol. XLIII, N° 1, enero 1964, págs. 1-14.
- [8] A. Regnier, J. Payer: Matrice de points de croisement á contacts scellés et maintien magnétique; *Commutation & Electronique*, N° 36, enero 1972.
- [9] E. G. Walsh, G. Haugk: The Development of Remanent Reed Contact in Electronic Switching Systems; *ISS 72*, págs. 343-347.

- [10] Kikuchi, Hisaei; Sekiya, Takuo; Mutsuhashi, Sadayuki; Umemoto, Tomomi; Nago, Kazuyoshi: A New Mini-reed Array Using Remanent Reed Contacts for ESS, *NEC Research & Development*, N° 39, octubre 1975.
- [11] Sudo, Yozo; Hamada, Michihiro; Ogita, Teisuke; Kitazawa, Takeo: Crosspoint Switch Matrix Using Semi-Hard Magnetic Reed Switches, *Fujitsu Scientific & Technical Journal*, marzo 1972, págs. 117-134.
- [12] K. Fischer, R. Nitsch: Bistabile Koppelrelais für Crosspoint-Anordnungen in der Vermittlungstechnik, *Informationen Fernsprech-Vermittlungstechnik* 5 (1969), N° 4, págs. 176-186.
- [13] K. Karrer, M. Sauer: Bistabile Relais mit Schutzgaskontakten in Metallgehäuse für Koppelfelder; *Der Ingenieur der Deutschen Bundespost* 19 (1970), N° 5, págs. 164-171.
- [14] W. Langsdorff, J. F. Swozil: Metal-Sealed Gas-Protected Contacts, *IEEE Transactions on Communications*, Vol. Com. 22, N° 9, septiembre 1971.
- [15] W. A. Mecklenburg: Bistable Crosspoint Devices for Switching Systems in ITT; *Proceedings of ITT Contact Phenomena Symposium*, Londres, noviembre 1973.

**Gerhard Zeidler** nació en Breslau, Alemania. Estudió ingeniería de comunicaciones en el Instituto Tecnológico de Darmstadt, graduándose en 1961 como ingeniero diplomado. En 1964 fue recompensado con el grado de Doctor Ingeniero en reconocimiento a sus méritos.

El Dr. Zeidler entró en Standard Elektrik Lorenz, compañía alemana de ITT en 1965, donde actualmente es director técnico de telecomunicaciones.

**Jürgen Potinecke** nació en Stuttgart en 1936. Estudió en la Universidad de Stuttgart de Ciencia de las Comunicaciones y obtuvo el diploma en 1960. En 1966 se graduó con el grado de doctor en Ciencias Naturales en el Instituto Max Planck de Metalurgia. En 1967 ingresó en Standard Elektrik Lorenz AG en Stuttgart.

Durante los últimos años dirigió una división para el desarrollo e investigación de componentes electrónicos. Desde 1975 es adjunto al Jefe de Ingeniería del departamento de desarrollo de componentes electromecánicos y práctica de equipos.

Jürgen Potinecke es miembro del Nachrichtentechnische Gesellschaft de la VDE (Asociación Electrotécnica alemana).

# Opciones en el diseño de multiplexores digitales para transmisión de datos

Cada vez se usan más las técnicas de multiplexación en el campo de la transmisión de datos, en lugar de las técnicas FDM convencionales. Se pueden pensar distintos tipos de multiplexación digital, según el tipo especial de aplicación a que se destinen. El CCITT recomienda actualmente cuatro versiones de multiplexación digital para transmisión de datos.

H. CH. DINGLINGER

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, Republica Federal de Alemania

## Introducción

La multiplexación digital para transmisión de datos se obtiene intercalando en el tiempo un cierto número de señales digitales, las cuales, o son directamente señales de datos, o se deducen de estos tras haber llevado a cabo un proceso de adaptación de velocidades, necesaria para poder realizar la multiplexación. La transmisión de la señal multiplexada, la cual es demultiplexada en el extremo receptor, permite así un aprovechamiento mucho más eficaz del canal de transmisión.

La velocidad binaria máxima de la señal múltiplex viene limitada por las características del canal de transmisión utilizado (por ejemplo: canal telefónico, grupo primario FDM, canal digital MIC). Por tal razón, han de preferirse aquellos métodos de adaptación de velocidad de las señales de datos, previa a la multiplexación, que den lugar a las menores velocidades binarias.

Sin embargo, en la práctica se usan también otros métodos, por dos razones fundamentales. En primer lugar, porque a menudo se requiere un canal de transmisión transparente, a costa de utilizar una velocidad binaria de transmisión superior. En segundo lugar, cuando ya se dispone de un canal de transmisión de capacidad más que suficiente, se puede recurrir a dispositivos adaptadores de velocidad de inferior coste.

Este artículo pasa revista a los métodos de adaptación de velocidades especialmente orientados hacia los distintos tipos de equipos multiplexadores de datos digitales. Los métodos de adaptación de velocidades se aplican individualmente a cada señal de datos, a la entrada del equipo de multiplexación. Por lo tanto basta con relatar el principio de estos métodos para sólo una señal de datos.

El proceso de adaptación de velocidades cambia la señal de datos en una señal digital isócrona (es decir, con longitudes de impulso uniformes), cuya base de tiempos es sincrónica con el reloj del multiplexador que realiza el entrelazado de señales de datos. La generación de la señal múltiplex se ilustra en las figuras 1 y 2. Se supone que la señal múltiplex ofrece la misma velocidad binaria de transmisión a cada una de las señales de datos que se transmiten, lo cual no supone ninguna restricción, ya que a las señales de datos que necesiten una velocidad binaria superior se les puede asignar una velocidad que sea un múltiplo de las velocidades de transmisión más bajas.

Se describirán, por último, las cuatro estructuras de señales multiplexadas de datos actualmente recomendadas por el CCITT.

Tabla de abreviaturas

AV	- Adaptador de velocidad
CCITT	- Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico
FDM	- Múltiplex por división de frecuencias
MIC(PCM)	- Modulación por impulsos codificados
ST	- Sincronismo de trama

## Equipo de multiplexación síncrona

El equipo de multiplexación síncrona sólo se puede usar en el caso de señales de datos isócronas que tengan frecuencias de reloj síncronas. Este caso tan sencillo de multiplexación de datos por división del tiempo requiere todavía el mismo generador de reloj para las fuentes de datos y el equipo múltiplex. Sin embargo irán surgiendo nuevas aplicaciones con la introducción de las redes síncronas de datos (o quasisíncronas con diferentes generadores de reloj con desviaciones de la frecuencia de reloj de  $10^{-9}$  a  $10^{-11}$ , en las que las pérdidas o repeticiones de bits ocurren tan raramente que pueden ser toleradas). El multiplexador

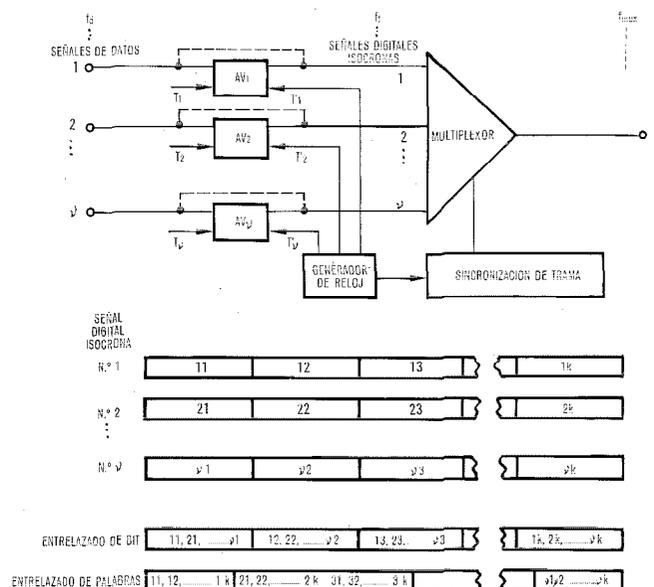


Fig. 1 Principio de la formación de una señal múltiplex por división de tiempo.

- $f_d$  - velocidad binaria de las señales de datos
- $f_{mux}$  - velocidad binaria de la señal múltiplex
- $f_t$  - velocidad binaria de transmisión
- $T_1 \dots T_v$  - relojes de las señales de datos 1 ... v
- $T'_1 \dots T'_v$  - relojes de las señales digitales isócronas 1 ... v
- $AV_1 \dots AV_v$  - adaptadores de velocidad 1 ... v

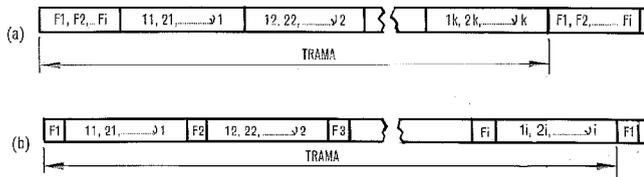


Fig. 2 Estructura de las señales múltiplex por división de tiempo con entrelazado de bitios.

- a) Inserción en bloque del código de sincronismo de trama
- b) Inserción distribuida del código de sincronismo de trama.
- $F_1 \dots F_i$  - código de sincronismo de trama
- $1_1 \dots v_1$  - bitio número 1 de las señales digitales isócronas 1 ...  $v$
- $1_k \dots v_k$  - bitio número  $k$  de las señales digitales isócronas 1 ...  $v$ .

síncrono se utiliza como parte funcional del equipo de multiplexación asíncrono (Fig. 1), por lo cual se explicará en primer lugar.

Como las señales de datos que se han de transmitir ya son señales isócronas con frecuencias de reloj síncronas, se pueden entrelazar cíclicamente por bitios o por palabras sin necesidad de adaptadores de velocidad (cortocircuitados en la figura 1). El entrelazado de palabras puede resultar ventajoso allí donde las señales isócronas de datos ya están estructuradas en palabras, y cuando se conmutan en las centrales por bloques de una palabra cada uno. Por otra parte, el entrelazado de bitios requiere una capacidad de almacenamiento inferior y da lugar a un retardo menor de la señal.

Para poder identificar los intervalos de tiempo elementales asignados a cada una de las entradas de datos, hay que insertar regularmente un código de sincronismo de trama (ST) dentro del tren de bitios entrelazados. El código ST se puede insertar de una sola vez (Fig. 2 a), o distribuido a lo largo de toda la trama (Fig. 2 b). La señal multiplexada queda así dividida en una serie de tramas, cada una de las cuales tiene la misma estructura, es decir, los intervalos de tiempo que ocupan la misma posición en las sucesivas tramas llevan los sucesivos bitios (o palabras, en el caso de entrelazado de palabras) de la misma señal isócrona de datos. En el lado de recepción de la línea de transmisión, se identifica el código ST y se asignan en distintos intervalos de tiempo de una trama a las correspondientes salidas de datos del demultiplexador. La longitud del código ST y su espaciamiento a lo largo de la señal múltiplex determinan el tiempo necesario para conseguir la sincronización de trama. Se consignan tiempos bastante cortos cuando el código ST se transmite de una sola vez en la señal múltiplex [1].

### Equipo de multiplexación asíncrona

Este tipo de equipo es necesario cuando las señales de datos:

- requieren una transparencia completa del sistema de transmisión,
- son del tipo arranque-parada, cuyo código y velocidad binaria (incluida la señalización) son conocidos por el equipo de multiplexación,
- son señales isócronas, cuya frecuencia de reloj se separa del sincronismo correspondiente a las tolerancias de los

distintos generadores de reloj de las fuentes de datos y del equipo de multiplexación. En este caso se dice que el funcionamiento es plesiócrono.

La única diferencia entre los equipos de multiplexación asíncrona y síncrona radica en que, en los primeros, antes de la multiplexación hay que transformar las señales de datos en señales isócronas cuyas frecuencias de reloj sean síncronas con la del multiplexador. Esta función se realiza mediante los adaptadores de velocidad ( $AV_1$  a  $AV_v$  en la figura 1). Más adelante se describen brevemente las características fundamentales de los métodos de adaptación de velocidad para las distintas aplicaciones mencionadas anteriormente.

Por esta razón, las figuras 3, 5 y 6 se limitan al caso de señales isócronas con reloj sincronizado. Varias de estas señales se pueden entrelazar síncronamente para así formar una señal multiplexada como la que aparece en la figura 2.

Tras la transmisión, las señales isócronas se separan en el proceso de demultiplexación, recuperándose a continuación la señal de datos original mediante la compensación del proceso de adaptación de velocidad. En las referencias [2, 3, 4, 5, 6, 8 y 9] se puede encontrar una descripción más detallada de los métodos de adaptación de velocidad.

Señales de datos que necesitan una transmisión transparente al código y a la velocidad

Cuando a la entrada de datos en el múltiplex (por ejemplo, entrada 1 de la figura 1) pueden aparecer señales del tipo arranque-parada de diferentes códigos y velocidades, hay que utilizar métodos de adaptación de velocidad que garanticen la transparencia a los códigos y a las velocidades. Existen dos métodos, el de "muestreo masivo" y el de "muestreo codificado", que resultan adecuados si la velocidad de la señal de datos no supera un cierto valor y si es

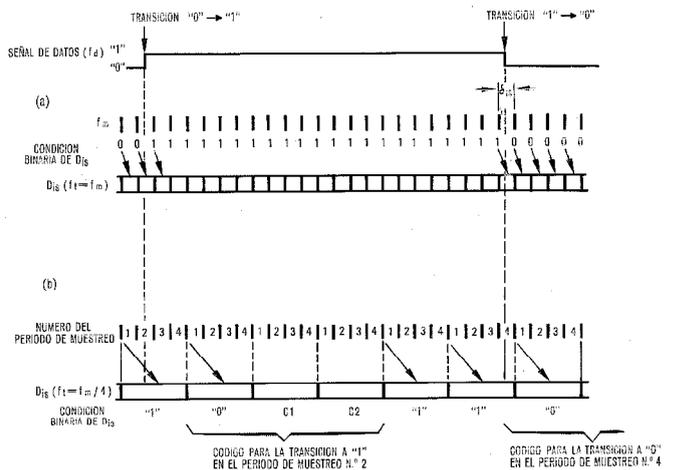


Fig. 3 Métodos de adaptación de velocidad para transmisión transparente de datos.

- a) Muestreo masivo
- b) Método del índice móvil
- $C_1, C_2$  - código binario del número de períodos de muestreo, en el que tiene lugar la transición de la condición binaria de la señal de datos
- $D_{is}$  - señal digital isócrona
- $\delta_{is}$  - distorsión isócrona originada por el proceso de muestreo.
- $f_d$  - velocidad binaria de la señal de datos
- $f_m$  - frecuencia de muestreo
- $f_t$  - velocidad binaria de transmisión.

## Multiplexores digitales

admisible una pequeña cantidad de distorsión isócrona resultante del proceso de muestreo.

### Muestreo masivo

La señal de datos de velocidad binaria  $f_d$  se muestrea a una velocidad mucho más alta  $f_m$ , obteniéndose una señal isócrona de velocidad binaria  $f_m$ . La velocidad de muestreo ha de elegirse de forma tal que la distorsión isócrona ( $\delta_{is} = 100 f_d / f_m \%$ ), originada por el proceso de muestreo, sea tolerable. En la mayoría de los casos resulta aceptable una distorsión isócrona del 5%, correspondiente a una velocidad de muestreo  $f_m = 20 f_d$ . La señal isócrona se transmite a una velocidad binaria  $f_t = f_m$ , siendo la condición binaria de cada bitio, la correspondiente a la de la señal de datos en el momento del muestreo.

Debido a la gran redundancia resultante de la transmisión de una gran cantidad de bitios de idéntica condición binaria, por cada bitio de la señal de datos, los errores en la línea de transmisión tienen muy poca influencia sobre la señal de datos, cuya distorsión es mínima en la mayoría de los casos. La cantidad de equipos necesaria es pequeña, pero la gran anchura de banda requerida hace que el método de muestreo masivo sólo sea de utilidad en los casos en que ya se dispone de dicho medio de gran anchura de banda, es decir, cuando son pocos los canales de datos y no se podría pensar, por tanto, en un uso más eficaz del canal de transmisión existente.

### Muestreo codificado

Este método se basa asimismo en un muestreo, efectuándose además una codificación de las transiciones de una condición binaria a otra, con el fin de reducir la velocidad binaria de transmisión [2, 3, 4]. La codificación se puede hacer de muchas maneras. Uno de los métodos preferidos es el llamado de "índice móvil", mostrado en la figura 3b y recomendado por el CCITT en la Recomendación R.111.

En el método de índice móvil, los intervalos de muestreo se agrupan en grupos de  $2^{n-1}$ , transmitiéndose sólo la primera muestra del grupo cuando no hay ninguna transición en la condición binaria de la señal de datos. La figura 3b muestra un ejemplo en el cual  $n = 3$ , con lo que se reduce la velocidad binaria de transmisión a un cuarto de la necesaria con el método de muestreo masivo. Si tiene lugar una transición en la condición binaria entre los muestreos transmitidos, se envía un código de 3 bitios. El primer bitio representa la nueva condición binaria, mientras que los dos siguientes ( $C_1, C_2$ ) representan, en código binario, el intervalo de muestreos, dentro del grupo de cuatro en que ha ocurrido la transición.

Con método de índice móvil de la figura 3b, la máxima velocidad binaria de datos es un tercio de la velocidad binaria de transmisión, ya que al alcanzarse tal límite, a cada transición de la señal de datos se le puede asignar justamente un código de 3 bitios en el canal de transmisión. Para velocidades binarias de datos inferiores, las muestras transmitidas entre códigos sirven únicamente para confirmar la condición binaria que ya se transmitió con el primer bitio del último código. En la figura 4 aparece la distorsión isócrona causada por el proceso de muestreo para relacio-

nes de velocidades binarias  $f_d/f_t$  que llegan hasta el valor límite de 1/3 (para  $n = 3$ ). Análogamente se muestran los valores correspondientes para  $n = 3$ .

Los bitios erróneos en el canal de transmisión pueden dar lugar a distorsión, o a uno o más bitios erróneos en la señal de datos. Las medidas realizadas por el Deutsche Bundespost para  $n = 3$ , y  $f_d/f_t \approx 0,1$  a  $0,32$ , han dado una ráfaga media de 2,2 a 2,6 bitios erróneos en la señal de datos, como consecuencia de un bitio erróneo en el canal de transmisión [7].

### Señales arranque-parada, con código y velocidad conocidos

En este caso la adaptación de velocidad se puede conseguir tal como se ilustra en la figura 5. La señal arranque-parada de velocidad binaria  $f_d$  se convierte en una señal isócrona de velocidad  $f_m = f_t$ , en donde  $f_t$  es igual o ligeramente superior al valor nominal  $f_{d0}$  de  $f_d$ . En el caso de señales arranque-parada con elementos de parada 1,5 se puede elegir  $f_t$  igual a  $f_d$  [5].

La adaptación de velocidad se realiza de forma que cada elemento de un carácter, con excepción del elemento de parada, se traslada a la señal isócrona como un bitio único. El elemento de parada se transmite mediante un mismo bitio o dos bitios consecutivos de la señal isócrona, según sea el signo de la desviación de la velocidad de datos respecto de su valor nominal; es decir, una velocidad ligeramente más alta da lugar a un mayor número de elementos de parada de una unidad.

Las señales de arranque-parada con elementos de parada de una unidad requieren cierto margen extra de velocidad en la señal isócrona ( $f_t > f_d$ ) para los casos de desviaciones positivas de la velocidad de la señal de datos. Por esta razón se ha especificado en la Recomendación R.101 del CCITT una subtrama de 47 bitios (en lugar de 48).

En cada caso hay que estudiar además si los impulsos de señalización se pueden transmitir de la misma manera. En caso negativo, hay que adoptar las precauciones necesarias. Asimismo se pueden añadir las modificaciones perti-

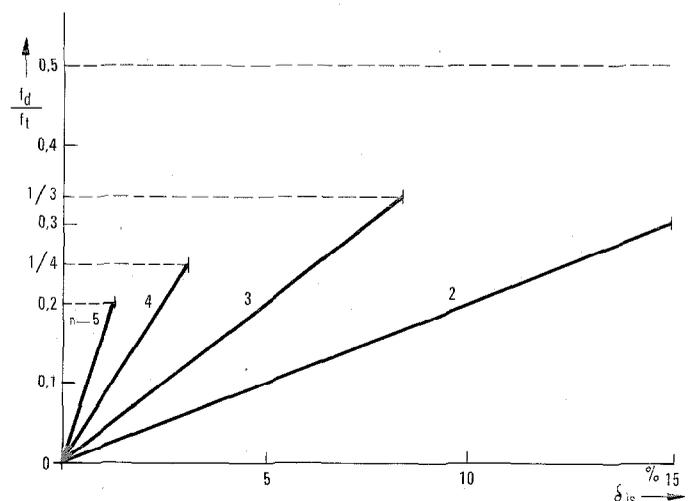


Fig. 4 Método de índice móvil.  
Velocidad binaria relativa  $f_d/f_t$  de la señal de datos en función de la distorsión isócrona  $\delta_{is}$  para código de distintas longitudes  $n$ .  
 $f_d$  - velocidad binaria de la señal de datos  
 $f_t$  - velocidad binaria de transmisión.

nentes para garantizar una longitud mínima del elemento de parada de 1,25 unidades, en el caso de señales telegráficas con elemento de parada de 1,5 unidades.

Este método de adaptación de velocidad, al que podría denominarse "relleno del elemento de parada", constituye una solución óptima en lo que respecta al rendimiento del canal de transmisión ( $f_d/f_t \approx 1$ ). Un bitio erróneo en el canal de transmisión dá lugar a sólo un bitio erróneo en la señal de datos.

Señales isócronas de datos con frecuencias de reloj plesiócronas

Este caso aparece en la figura 6. La frecuencia de reloj  $f_d$  de la señal de datos puede ser distinta, dentro de las tolerancias de la frecuencia de reloj, de la frecuencia del reloj síncrono  $f_m$ , proporcionada por el equipo de multiplexación para la señal digital isócrona  $D_{is}$ . La consecuencia es un aumento o una disminución de la diferencia de fase  $\Delta\varphi = \varphi_m - \varphi_d$  entre las fases  $\varphi_m$  de  $f_m$  y  $\varphi_d$  de  $f_d$ .

El método más adecuado en este caso para la adaptación de velocidad es el método de "relleno" [6]. En este método, una diferencia de fase  $\Delta\varphi$  positiva por encima de  $+2\pi$ , se compensa insertando un "bitio de relleno positivo". Cuando  $\Delta\varphi$  es negativo, por debajo de  $-2\pi$ , se separa un bitio de la señal de datos (bitio de relleno negativo) y se transmite por un intervalo de tiempo especial de la trama múltiplex, normalmente no asignado a la transmisión de información de datos. Los intervalos de tiempo que pueden contener un bitio de relleno positivo o nega-

tivo están perfectamente definidos dentro de la trama de la señal múltiplex. Su contenido ("bitio de relleno" o "ausencia de bitio de relleno") se indica al demultiplexador a través de un canal de control de relleno, que eleva la velocidad binaria  $f_m$  para dar la velocidad binaria  $f_t$  realmente necesaria para la transmisión de la señal de datos [8].

Tras la transmisión, aparecen variaciones de fase en el reloj de la señal de datos recuperada, debidas al proceso inverso del relleno. Estas variaciones de fase (también denominadas "fluctuación de fase") pueden reducirse a valores mínimos, si se elige un valor de  $f_m$  suficientemente alto, de forma que sólo aparezcan rellenos positivos. Siempre que sea posible, se prefiere el método de relleno positivo en lugar de un método de relleno positivo/negativo. Sin embargo, el método de relleno positivo no se puede usar si la frecuencia de reloj de la señal múltiplex se ha de adaptar a la frecuencia de reloj del canal de transmisión adyacente, y si ambas frecuencias tienen el mismo valor nominal. Este caso se contempla en las recomendaciones del CCITT R.111 y X.51, ofreciendo un método para relleno positivo/negativo.

El método de relleno es el que lleva mayor cantidad de equipo entre todos los métodos de adaptación de velocidad. Por lo tanto sólo resulta adecuado para señales de datos de gran velocidad binaria. El canal de transmisión se usa muy eficazmente ( $f_d/f_t \leq 1$ ). Cada bitio erróneo en el canal de transmisión da lugar a un bitio erróneo en la señal de datos.

Recomendaciones del CCITT sobre multiplexadores de datos

Dentro del CCITT, las Comisiones de Estudio VII y IX se ocupan de la multiplexación de señales de datos. Como resultado de sus trabajos existen cuatro recomendaciones. Se trata de las recomendaciones X.50 y X.51 (Comisión de Estudio VII), R.101 y R.111 (Comisión de Estudio IX), las cuales describirán brevemente más adelante. Las recomendaciones R.101 y R.111 recomiendan sistemas de multiplexación por división de tiempo para señales de datos de telegrafía y asíncronas (no isócronas). Las recomendaciones X.50 y X.51 especifican los parámetros para el interfaz entre el múltiplex temporal y las redes de datos síncronas. La tabla 1 da una lista de las velocidades binarias de datos  $f_d$  admitidas y de las correspondientes velocidades "soporte"  $f_t$  utilizadas para no transmisión. También se muestra el factor de eficacia  $f_d/f_t$  del canal de transmisión y el número de canales disponibles en la señal múltiplex.

Estructura de trama según la Recomendación R.101 (Fig. 7)

Se especifica una señal múltiplex con entrelazado de bits con una velocidad binaria total de 2,4kbit/s, para señales de arranque-parada de 50bit/s y 75 bits (alternativa A) ó 50, 75, 100, 110, 134,5, 150, 200 y 300bit/s (alternativa B).

Los caracteres que se pueden manejar a distintas velocidades binarias aparecen en la tabla 2.

Se pueden transmitir además todos los impulsos que aparecen en las señalizaciones A, B, C y D, las cuales están especificadas en las recomendaciones del CCITT, U1, U11 y U12.

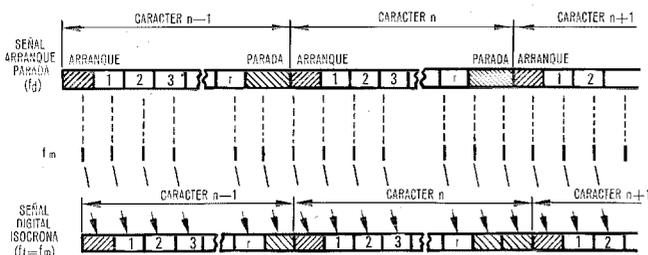


Fig. 5 Relleno del elemento de parada.  
 $f_d$  - velocidad binaria de la señal de datos  
 $f_m$  - frecuencia de muestreo  
 $f_t$  - velocidad binaria de transmisión ( $f_t = f_m$ ).

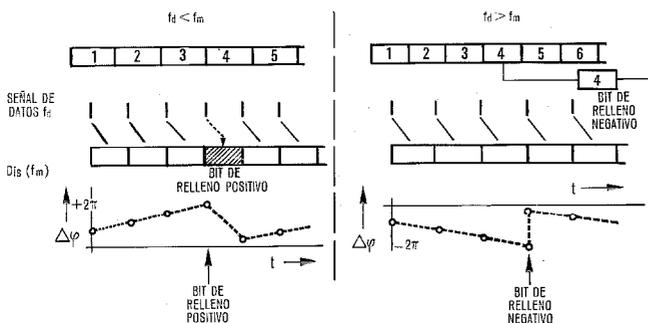


Fig. 6 Principio del método de relleno.  
 $D_{is}$  - señal digital isócrona  
 $f_d$  - velocidad binaria de la señal de datos  
 $f_m$  - frecuencia síncrona de reloj proporcionada por el multiplexor para  $D_{is}$   
 $\Delta\varphi$  - diferencia entre las fases de las frecuencias de reloj de  $D_{is}$  y de la señal de datos.

## Multiplexores digitales

Tabla 1 – Características principales de las señales de datos multiplexados, recomendadas por el CCITT.

Recomendación CCITT	Velocidad binaria de la señal de datos, $f_d$ , bitios/seg	Velocidad binaria del canal soporte, $f_p$ , bitios/seg	Factor de eficacia del canal soporte, $f_d/f_p$	Número máximo de canales soporte
R.101 Alternativa A	50	51,06	0,98	46
	75	102,12	0,73	22
R.101 Alternativa B	50	51,06	0,98	46
	100	102,12	0,98	22
	110	102,12	1,08*	22
	200	204,25	0,98	10
	75	76,60	0,98	30
	134,5	153,19	0,88	15
	150	153,19	0,98	15
300	306,38	0,98	7	
R.111	$\leq 50$	250	$\leq 0,20$	240**
	$\leq 50$	500	$\leq 0,10$	120**
	$\leq 100$	500	$\leq 0,20$	120**
	$\leq 100$	1000	$\leq 0,10$	60**
	$\leq 200$	1000	$\leq 0,20$	60**
	$\leq 300$	1000	$\leq 0,30$	60**
X.50	600	800	0,75	80
	2400	3200	0,75	20
	4800	6400	0,75	10
	9600	12800	0,75	5
X.51	600	750	0,80	80
	2400	3000	0,80	20
	4800	6000	0,80	10
	9600	12800	0,80	5

\* Teniendo en cuenta un elemento de parada acortado

\*\* Los valores se refieren a la señal principal de múltiplex de 64 kbit/seg

La adaptación de velocidad se realiza mediante el método de relleno del elemento de parada (Fig. 5). La señal múltiplex está estructurada en subtramas de 47 bitios, estando constituida una trama por dos subtramas sucesivas. En la figura 7, la segunda subtrama aparece sólo para la alternativa B y 75 bit/s. En el resto de los casos, la asignación de canales en la segunda subtrama es idéntica a la de la primera subtrama, que aparece en la figura 7.

La alternativa A permite una asignación continua o pseudoaleatoria (mostrada para 50 bit/s en la figura 7) de los canales en los intervalos de tiempo de la subtrama. El sincronismo de trama se consigue mediante la transmisión alternada de "0" y "1" en el intervalo de tiempo del bitio F en subtramas sucesivas.

En el caso de la alternativa B se define una trama de sincronización, además de la subtrama y la trama. La trama de sincronización se compone de 6 subtramas consecutivas, en las cuales el intervalo de tiempo del bit F lleva el código de sincronismo de trama "100010". La asignación de canales en los intervalos de tiempo de la subtrama se puede ver en la figura 7.

En ambas alternativas (A y B) se puede transmitir un conjunto homogéneo o heterogéneo de velocidades binarias. Un intervalo de tiempo por subtrama corresponde a un canal de transmisión de 50 bit/s.

### Recomendación R.111

En esta recomendación se especifican dos clases de señales múltiplex para la transmisión de telegrafía y señales de

datos anisócronas, con independencia del código y la velocidad, hasta 300 bit/s. La señal múltiplex principal tiene una velocidad binaria soporte global de 60 kbit/s, mientras que las señales submúltiplex tienen velocidades binarias inferiores a 64 kbit/s (2,4, 4,8 y 9,6 kbit/s). Ambos tipos de señales múltiplex se generan entrelazando los bitios de señales isócronas de soporte de 250 bit/s, 500 bit/s y 1000 bit/s que a su vez se obtienen a partir de las señales de datos aplicando el método del índice móvil de la figura 3b para adaptación de velocidad (véase también la tabla 1).

Las señales de múltiplex principal y del submúltiplex es-

Tabla 2 – Caracteres según la Recomendación R.101

Velocidad binaria (bit/seg)	Longitud del caracter (elementos unitarios)	Longitud del elemento de parada (elementos unitarios)
50 75	7,5	1,5
100	7,5 ó 10 resp.	1,5 ó 1 resp.
110	11	2
134,5	9	1
150	10	1
200	7,5 ó 10 u 11 resp.	1,5 ó 1 ó 2 resp.
300	10 u 11 resp.	1 ó 2 resp.

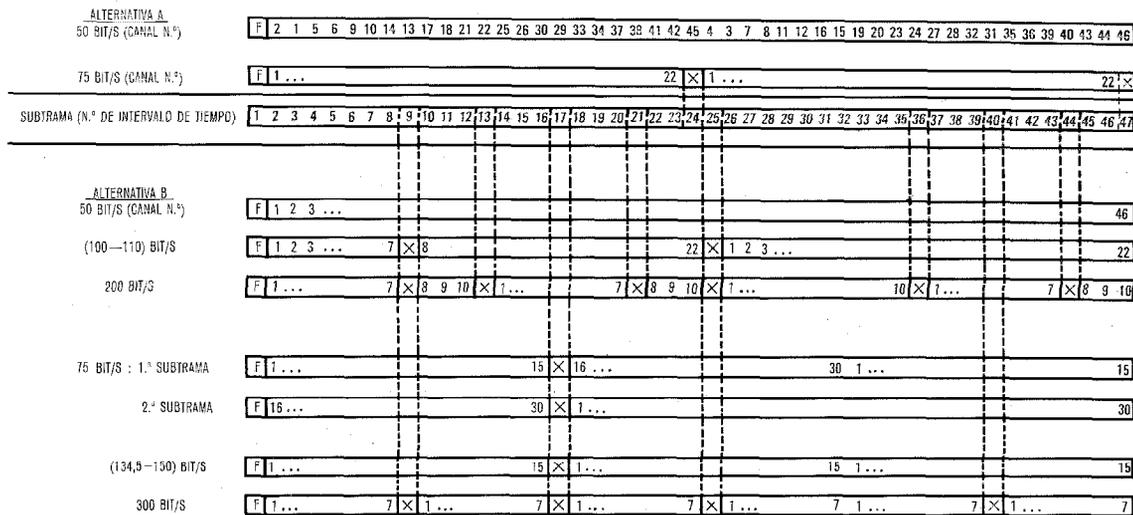


Fig. 7 Estructura de trama según la recomendación CCITT R.101 para una señal múltiplex de datos de velocidad binaria 2,4 kbit/s dependiente del código y la velocidad (se muestran subtramas de 47 intervalos de tiempo, y la asignación de canales a intervalos de tiempo en el caso de un conjunto homogéneo de velocidades binarias).

F - intervalo de tiempo utilizado para sincronización de trama  
 X - intervalos de tiempo no utilizados.

tán, en principio, estructuradas de la misma forma. Los bitios de servicio para sincronismo de trama y otras finalidades se distribuyen simultáneamente en el tren de bitios obtenido entrelazando los bitios de las señales isócronas soporte. La señal múltiplex principal utiliza una trama de 256 bitios con 16 bitios de servicios espaciados cada 16 bitios, de manera que un bitio por trama corresponde a 250 bit/s. Las señales submúltiplex utilizan tramas compuestas de los subtramas, conteniendo cada subtrama 16 bitios de servicio espaciados cada 6 bitios.

Para aplicaciones nacionales, o mediante acuerdo bilateral, la señal múltiplex principal se puede utilizar también para transmitir 20 trenes de bitios de 3 kbit/s. Tal es el caso de señales múltiplex constituidas según la referencia [5]. El último bitio de servicio, bajo las mismas condiciones se puede utilizar también para relleno si la señal múltiplex se transmite por un canal de transmisión de la misma velocidad binaria nominal de 64 kbit/s.

Recomendación X.50

La señal múltiplex de 64 kbit/s, especificada como interfaz internacional entre redes de datos síncronas, puede contener señales de datos síncronas con "velocidades de usuario" de 600, 2400, 4800 y 9600 bit/s. A estas velocidades se les asignan en la señal múltiplex canales soporte de 800, 3200, 6400 y 12.800 bit/s respectivamente, ya que las señales de datos representan con una envoltente de 8 bitios (estructura de palabras de 8 bitios); consistiendo cada envoltente en un bitio de sincronización de trama (F), 6 bitios de información y un bitio de estado, el cual se utiliza, junto con los 6 bitios de información, para llevar información sobre el control de la llamada. La señal múltiplex se forma entrelazando las envoltentes de las "señales soporte". Se utiliza una trama de 80 envoltentes, transmitiéndose un código de sincronización de trama de 80 bitios en los bitios F de las sucesivas envoltentes. Una envol-

vente por trama corresponde a una velocidad binaria de datos de 600 bit/seg.

Cuando haya que realizar una interconexión con una red de datos síncrona que utilice envoltentes de 10 bitios, las señales de datos se pueden agrupar en grupos de 4 envoltentes de 8 bitios, canal por canal. Tal grupo puede transmitir tres caracteres del Alfabeto Internacional N.º 5 (8 bitios por carácter), el cual se debe usar (según la recomendación del CCITT X.1) para las señales de selección y progreso de la llamada. Estos tres caracteres se pueden transmitir luego con tres envoltentes de 10 bitios. En el caso de la velocidad de 600 bit/s, las cuatro envoltentes de 8 bitios se transmite en cuatro tramas consecutivas. Para velocidades superiores no se precisa una correlación entre los grupos de cuatro envoltentes de 8 bitios y el número de tramas.

Recomendación X.51

Se especifica la señal múltiplex de 64 kbit/s como interfaz internacional entre las redes de datos síncronas que utilicen envoltentes de 10 bitios. Puede contener señales de datos síncronas con velocidades de 600, 2400, 4800 y 9600 bit/s, correspondiente a velocidades del canal soporte de 750, 3000, 6000 y 12000 bit/s respectivamente, ya que las señales de datos tienen una envoltente de 10 bitios, con un bitio de estado, un bitio de sincronización y 8 bitios de información. La señal múltiplex se constituye entrelazando las envoltentes de las "señales soporte", e insertando un bitio de servicio adicional cada 15 bitios, siendo el primer bitio de servicio el décimosexto de la trama. Una trama se compone de cuatro subtramas, cada una de las cuales contiene 40 bitios de servicio, pudiendo transmitir 1920 "bitios de datos del usuario" que, de otra forma, necesitarían cuatro tramas de una señal múltiplex según la recomendación X.50. Los 40 bitios de servicio de una subtrama se utilizan para sincronización de subtrama, nume-

## Multiplexores digitales

ración de la subtrama dentro de la trama y otras labores rutinarias. Cuatro envolventes de 10 bits por trama corresponden a una velocidad binaria de usuario de 600 bit/s.

En aplicaciones nacionales, o mediante acuerdo bilateral, se puede usar un relleno positivo/negativo si la señal múltiplex se transmite por un canal de transmisión de la misma velocidad binaria nominal de 64 kbit/s.

### Referencias

- [1] H. Häberle: Theorie der Blocksynchronisation binärer Übertragungssysteme. Nachrichtentechnische Fachberichte 33, Statistische Signaltheorie (1966).
- [2] M. Miyashita e Y. Hidaka: An Efficient Encoding Method of Data Signale on PCM Line. NEC Research 29 (Abril 1973).
- [3] N. Inous e Y. Sato: An Efficient Encoding Method for Data Transmission over PCM Systems; revista de Electrical Communication Laboratories, Vol. 22, números 11/12 (1974), págs. 991-997.
- [4] E. Bader: Code- und geschwindigkeitsunabhängige Telegrafie- und Datensignale in Zeitvielfachsystemen; NTG-Fachtagung „Daten-netze“, Baden-Baden (18.-20. 2. 1976).
- [5] A. Aulhorn, W. Baumann y A. Norz: ZD 1000-C - Un equipo para la transmisión múltiplex por división en tiempo de caracteres telegráficos; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 50, N° 3 (1975), págs. 209-214.
- [6] W. Dietze: Übersicht und Vergleich von Taktanpassungsverfahren; Nachrichtentechnische Fachberichte 42, PCM-Technik (1972).
- [7] CCITT - Contribución COM IX - N° 97, Comisión de Estudio IX (1975).
- [8] W. Dietze y C. Dinglinger: Die Signalisierung von Stopfstellen bei der Taktanpassung von Digitalsignalen; NTZ - Report 11 (1972), págs. 59-63.
- [9] B. Müller: Messung der Langzeit-Phasenschwankungen in Stufing-Multiplexsystemen für PCM- und Datensignale. NTZ 29 (1976), H. 4, págs. 307-313.

**Hans-Christian Dinglinger** nació en Breslau en 1938. Estudió ingeniería de comunicaciones en el Instituto de Tecnología de Stuttgart, en donde obtuvo el grado de Ingeniero-Diplomado en 1965. En este mismo año ingresó en Standard Elektrik Lorenz AG como ingeniero de desarrollo. En la actualidad se ocupa de la planificación de sistemas digitales dentro del departamento de técnicas de transmisión por línea. Durante varios años trabajó en los problemas relacionados con la multiplexación por división del tiempo.

## Nuevas realizaciones

### Línea automática de galvanoplastia para placas impresas.

Un nuevo dispositivo de galvanoplastia, capaz de manejar 20m<sup>2</sup> de placa impresa por hora ha sido instalado en la planta de Selkirk de STC. Es capaz de realizar el depósito electrolítico sobre placas impresas de cobre y estaño-plomo con las elevadas precisiones solicitadas por la industria electrónica. Este dispositivo permitirá a la compañía obtener un aumento estimado del 40% en su facturación durante 1977.

La compañía fabrica placas impresas complejas de calidad, para aplicaciones de alta tecnología. Su capacidad se extiende de las más simples de una sola cara, hasta los tipos más complicados con agujeros plateados, multicapa y flexibles-rígidas.

Standard Telephones and Cables Limited, Reino Unido

### Recepción de un importante pedido.

CGCT acaba de recibir un importante pedido para la ampliación y creación de centrales telefónicas de barras cruzadas PENTACONTA\* para las regiones de Abidjan y San Pedro, en Costa de Marfil.

Este pedido incluye la ampliación de 10 centrales (San Pedro, Plateau II, Koumassi, Abodo, etc.), la creación de 6 centrales (Alepe, Songon Agban, etc.), la creación y ampliación de 9 centrales rurales del tipo HB, la ampliación de las centrales internacionales, nacionales, locales e interurbanas de tránsito, es decir una capacidad total de 20.000 líneas por un importe de 54,5 millones de francos franceses.

Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques, Francia

\* Marca registrada del sistema ITT

# Investigación sobre envejecimiento de cables telefónicos con aislamiento de polietileno

Una selección adecuada del tipo de polietileno y del petrolato para aislamientos de polietileno de media y alta densidad garantiza una buena estabilidad en el envejecimiento tanto para cables rellenos como no rellenos.

K. GRILL

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, República Federal de Alemania

## Introducción

La resistencia al envejecimiento es la capacidad del aislamiento de polietileno (PE) para soportar el deterioro producido por la oxidación térmica. Las características mecánicas de los materiales empleados para aislamientos se deterioran como consecuencia de las variaciones térmicas. Se producen por este motivo grietas y roturas en el aislamiento que pueden dar lugar a fallos de los circuitos [1]. Estos fallos se han producido más frecuentemente, hasta la fecha, en los cajetines de conexión, que son las cajas situadas al aire libre para conexión y derivación de cables de comunicaciones. Los fallos se producen a causa de una oxidación de la fina pared del aislamiento de polietileno catalizada por el cobre.

En el interior de los cables la oxidación debida al oxígeno del aire es despreciable, puesto que la cubierta del cable y en el caso de cables rellenos, el material de relleno, contribuyen a evitar la penetración de gran cantidad de oxígeno. Ahora bien, en los extremos, los conductores aislados con polietileno están sometidos a la acción del oxígeno del aire. Por consiguiente los fallos son más probables en tales condiciones (cajetines de conexión).

Además, la temperatura de funcionamiento es relativamente baja para cables enterrados, pero en los cajetines de conexión las temperaturas son más altas. Por tanto se debe exigir que los conductores aislados estén estabilizados contra la oxidación catalizada por el cobre tanto en el caso de cables rellenos con petrolato como en el de cables no rellenos.

Los fallos mencionados anteriormente se han producido en USA con polietileno de baja densidad (PEBD), y de acuerdo con los primeros informes parece que se debería de conseguir un tiempo de vida más larga mediante el empleo de polietileno de alta densidad (PEAD) [1]. Por este motivo SEL emprendió un programa de pruebas para poder determinar cual es el mejor método para evitar los fallos.

## Métodos de evaluación

En la literatura [2 a 7] se han descrito pruebas de estabilidad a la oxidación, como la determinación del tiempo de inducción por medida de la absorción de oxígeno o el análisis térmico diferencial (ATD), así como el envejecimiento por calor en una estufa. En [6] se comparan varios métodos de pruebas para la determinación de la estabilidad de los conductores aislados con polietileno. Los resultados que se obtienen demuestran que la medida del tiempo de inducción por medio del análisis térmico diferencial ATD es muy útil para el control de calidad, mientras que la absorción de oxígeno está considerada como el criterio más conveniente para la selección de nuevas combinaciones de es-

tabilizantes. Sin embargo, ambos métodos son poco adecuados para predecir el tiempo de vida. Para ello son preferibles los envejecimientos en hornos de calentamiento o en cajetines de conexión simulados. Hay que hacer notar aquí los diferentes valores de "tiempos de vida" dados en otras publicaciones de acuerdo con la absorción de oxígeno o el envejecimiento en un horno [2, 5]. Los tiempos de vida siguientes se han obtenido de las gráficas de Arrhenius mediante una extrapolación a 70 °C (tabla 1). La tabla 1 muestra que la determinación del tiempo de inducción por medio de la absorción de oxígeno y del análisis térmico diferencial ATD conduce por extrapolación a tiempos de vida irrealmente altos. Por consiguiente la determinación del tiempo de inducción mediante el ATD no se considera conveniente para la evaluación de los agentes estabilizadores.

Tabla 1 - Vida de los cables determinada por el método de Arrhenius

Método de prueba	Material 1	Material 2
Tiempo de inducción - ATD	204 años	189 años
Absorción de oxígeno	193 años	—
Envejecimiento en horno	90 días	12 años

Puesto que los fallos fueron causados por una oxidación catalizada por el cobre, se utiliza un método de prueba que tiene en cuenta la presencia del cobre. Por lo tanto se hizo adecuadamente la prueba en conductores con aislamiento. De esta forma se puede incluir la influencia del espesor de las paredes y su procesamiento. Por todas estas razones se utilizó en SEL el método de la resistencia al doblado, tras envejecimiento en horno, para evaluar las características de envejecimiento de los conductores aislados con polietileno.

En este procedimiento de prueba se colocan verticalmente muestras de conductores aislados de aproximadamente 15 cm de longitud, en un horno de calentamiento con circulación natural de aire a una temperatura de 100 °C, retirando las muestras una vez transcurrido un tiempo predeterminado. Después del enfriamiento (24 horas) se arrollan sobre un mandril de 1 a 1,5 veces el diámetro del conductor aislado correspondiendo a un alargamiento del 50 al 40%. Después de un posterior almacenamiento durante 24 horas en un horno a una temperatura de 70 °C, se inspeccionan las muestras para detectar roturas.

A causa de la relativamente baja temperatura de prueba, el examen de acuerdo con esta prueba de resistencia al doblado requiere largos periodos. Por consiguiente ésta es adecuada para la selección del material pero no para una prueba rutinaria.

Para comprobar la influencia del petrolato, antes del envejecimiento por calentamiento se realiza un acondicio-

## Ensayos de envejecimiento

namiento previo de los conductores aislados dejándolos en petrolato a 70 °C durante 10 a 14 días. Las muestras se limpian antes de proceder a su posterior envejecimiento al aire.

### Investigaciones de envejecimiento mediante la prueba de resistencia al doblado

En la tabla 2 se resumen los resultados de la investigación de envejecimiento mediante la prueba de resistencia al doblado. Se probaron varios tipos de polietileno con diferentes aditivos químicos para la estabilización. En esta tabla se distingue entre polietileno de media densidad (PEMD), tipos A a C<sub>2</sub>, y polietileno de alta densidad (PEAD) con los tipos D a G. Los conductores aislados fueron envejecidos a 100 °C por medio del método anteriormente mencionado y preacondicionado en petrolato o en petrolato estabilizado.

#### Resultados obtenidos con el polietileno de media densidad (PEMD)

El resultado fue que los conductores aislados con polietileno de media densidad de los tipos A a C<sub>1</sub> envejecidos al aire muestran una estabilidad superior a 1000 horas que corresponde a un tiempo de vida a la temperatura ambiente (de 15 a 35 °C de acuerdo con la norma DIN 50014) de más de 50 años. El tipo C<sub>2</sub> tiene una estabilidad de 3800 horas y es el mejor tipo de polietileno de media densidad. En el caso de los tipos A a C<sub>1</sub>, la estabilidad aumenta considerablemente preacondicionando mediante petrolato no estabilizado. No se pudo comprobar dentro del tiempo limitado de prueba una mejora adicional mediante la estabilización del petrolato. Este considerable incremento de la estabilidad señala la presencia de inhibidores de la oxidación natural en el petrolato [8, 9].

Algunos de los agentes estabilizadores presentes en el polietileno son excepcionalmente solubles en determinados petrolatos; se produce así una migración de los mismos, desde el polietileno al petrolato hasta que se alcanza

el equilibrio. En los puntos descubiertos (uniones) al limpiar el petrolato estos agentes estabilizadores son eliminados y la protección del polietileno contra el envejecimiento queda muy disminuida. Tales productos pueden ser eliminados en el método de prueba anteriormente mencionado. Se pueden añadir agentes estabilizadores en el petrolato para contrarrestar la migración mencionada.

#### Resultados obtenidos con el polietileno de alta densidad (PEAD)

Los resultados obtenidos sobre conductores aislados con polietileno de alta densidad presentan un aspecto completamente diferente. Los tipos D, E<sub>0</sub> y F tienen una estabilidad térmica superior a las 2600 horas cuando son envejecidos al aire. Sin embargo, esta buena estabilidad se deteriora por contacto con el petrolato. Los resultados del polietileno de tipo E<sub>0</sub> demuestran que la degradación se puede compensar parcialmente: la estabilidad disminuye desde 2688 horas a 504 horas con petrolato normal, mientras que con petrolato estabilizado desciende sólo a 1008 horas. Probablemente se puede evitar por completo la degradación realizando una estabilización adecuada del petrolato.

Los tipos E<sub>1</sub> y E<sub>2</sub> de polietileno se distinguen del E<sub>0</sub> por una mayor estabilización, siendo el E<sub>2</sub> todavía mejor que el E<sub>1</sub>. Aunque el petrolato estaba estabilizado, no pudo conseguirse la estabilidad al envejecimiento de los conductores aislados no preacondicionados con petrolato aunque se acusa la influencia de la concentración de estabilizadores.

El mejor de todos los tipos de polietileno de alta densidad probado fue el tipo G. Este polietileno de alta densidad muestra una notable estabilidad al envejecimiento y, ante todo, una excelente resistencia al petrolato. De acuerdo con las investigaciones anteriores, el petrolato no degrada sensiblemente las características, así que según los resultados preliminares, usando una combinación de polietileno de tipo G y petrolato de tipo II, se puede prescindir de la estabilización adicional del petrolato.

Tabla 2 - Comportamiento ante el envejecimiento de varios tipos de polietileno para aislamiento

Tipo de polietileno	Densidad g/cm <sup>3</sup>	Fallos en la prueba de resistencia al doblado después del envejecimiento al aire a 100 °C								Notas
		Sin preacondicionar en petrolato		Después de preacondicionar en petrolato			Después de preacondicionar en petrolato estabilizado			
		Fallos %	Tiempo (horas)	Tipo de petrolato	Fallos %	Tiempo (horas)	Tipo de petrolato estabilizado	Fallos %	Tiempo (horas)	
A	0,927	100	1008	I	0	>2184	I	0	>1848	Preacondicionado en petrolato durante 10 días a 70 °C
B	0,925	60	1848	I	0	>3528	I	20	3192	
C <sub>1</sub>	0,927	100	1176	I	0	>3528	I	0	>3192	
C <sub>2</sub>	0,927	100	3800	I	0	>3360	I	0	>3360	
D	0,945	100	2688	I	100	2016	-	-	-	Preacondicionado en petrolato durante 14 días a 70 °C
E <sub>0</sub>	0,950	100	2688	I	100	504	I	100	1008	
E <sub>1</sub>	0,950	0	>4032	-	-	-	I	100	1008	
E <sub>2</sub>	0,950	0	>4032	-	-	-	I	100	2688	
F	0,948	100	2688	II	100	1344	-	-	-	
G	0,947	0	>4032	II	0	>4032	II	0	>4032	

## Comparación de los resultados

Los resultados mencionados demuestran claramente que una selección adecuada del polietileno y del tipo de petrolato proporciona una buena estabilidad de envejecimiento, tanto con polietileno de media como de alta densidad. En los tipos de alta densidad se comprueba, cuando se envejecen al aire, una estabilidad térmica mejor que en los tipos A a C<sub>1</sub> de polietileno de densidad media, pero el tipo C<sub>2</sub> de densidad media es mejor que los D, E<sub>0</sub> y F de alta densidad. Mientras que en el caso de los polietilenos de densidad media el preacondicionamiento en petrolato mejora la estabilidad, en el caso de los polietilenos de alta densidad se comprueba un comportamiento inverso, en el cual el contacto con el petrolato degrada la estabilidad de envejecimiento, con excepción del polietileno del tipo G.

Es interesante constatar que el mismo petrolato de tipo I, que en contacto con el polietileno de media densidad produce una mejora en la estabilidad al envejecimiento, en contacto con el polietileno de alta densidad da lugar a una estabilidad menor, comparada con el polietileno no preacondicionado en petrolato. La explicación para este fenómeno se puede encontrar en que los antioxidantes naturales existentes en el petrolato son más solubles en el polietileno de media densidad que en el de alta densidad. Varios autores estudian con detalle la estabilidad oxidativa o de envejecimiento del polietileno de alta densidad [5, 10]; sin embargo, se acusa la falta de información sobre los efectos del petrolato. Mediante los resultados anteriores se confirma que el polietileno de alta densidad es más resistente a la oxidación que el de baja densidad; asimismo se demuestra que el polietileno de alta densidad es más resistente al envejecimiento en aire libre. Esto se debe a una permanencia más larga de los agentes estabilizadores en el de alta densidad que en el de baja densidad. En [11] se menciona un nuevo desactivador del cobre, que no dio lugar a ningún fallo en la prueba de resistencia al doblado, incluso después de 2000 horas de envejecimiento de aire a 100 °C. Sin embargo, después del preacondicionado de 18 horas a 85 °C en petrolato, esta estabilidad disminuye a 432 horas. El desactivador puede ser útil para su aplicación en cables no rellenos, pero su resistencia al petrolato no es ni con mucho suficiente para cables rellenos.

La impresión que se podría obtener de la comparación entre polietileno de media y alta densidad, es que el de media sería el menos conveniente para los cables no rellenos debido a su menor resistencia al envejecimiento en el aire (sin contacto con el petrolato). Pero esto no es así. Como se demuestra en el ejemplo del tipo C<sub>2</sub> del de media densidad – utilizado en SEL desde hace algunos años (tabla 2) – se alcanzaron estabilidades de 3800 horas después del envejecimiento por aire a 100 °C. Tomando como base la experiencia de que bajando 7 °C la temperatura equivale a doblar el tiempo, se puede estimar una estabilidad de aproximadamente 9 años para por ejemplo 70 °C. Los resultados posteriores obtenidos sobre conductores aislados con este polietileno especial de 0,927 g/cm<sup>3</sup> de densidad prueban la excelente estabilidad al envejecimiento. Los conductores aislados se almacenaron durante 200 días en petrolato a 70°, 80° y 90 °C. A continuación fueron extraídos del petrolato, limpiando el petrolato adherido y después envejecidos en un horno a 100 °C. Este envejecimiento se

llevó a cabo durante 3360 horas. No se produjo ningún fallo en la subsiguiente prueba de resistencia al doblado. Estos resultados significan que el polietileno de media densidad es muy conveniente tanto para cables rellenos como no rellenos, no siendo necesario el de alta densidad por razones de estabilidad de envejecimiento.

A causa de las diferencias de estabilidad causadas por la oxidación y el petrolato de los tipos de polietileno, y debido a la fuerte influencia del petrolato en la estabilidad al envejecimiento, tales investigaciones sobre el envejecimiento son de gran importancia para la selección de las combinaciones adecuadas de polietileno y petrolato.

La selección adecuada del polietileno y del petrolato asegura una buena estabilidad al envejecimiento y un largo tiempo de vida de los cables fabricados con ellos.

## Absorción del petrolato por el polietileno

El polietileno, como polímero parcialmente cristalino, absorbe petrolato. La cantidad de petrolato absorbido depende de la densidad del polietileno, la temperatura y el tiempo. En la figura 1 se muestra esta dependencia. A la misma temperatura de prueba el polietileno de alta densidad absorbe menos petrolato que el de media densidad. Cuanto más alta es la temperatura, la absorción es mayor. Para el comportamiento a largo plazo de los cables rellenos de petrolato es importante que la absorción del petrolato alcance un equilibrio. Este equilibrio se alcanza más rápidamente cuanto más alta es la temperatura. Para cada combinación determinada de polietileno y petrolato se llega también a un equilibrio diferente en el incremento de masa, por ejemplo a 70 °C el equilibrio se alcanza para un incremento del 10%, y a 23 °C para el 1%.

La absorción del petrolato por el polietileno da lugar a una hinchazón del aislamiento y a un aumento de su diámetro. Por este motivo la densidad disminuye ligeramente y con ella la permitividad (constante dieléctrica). Por consiguiente, al mismo tiempo que se produce la absorción del petrolato va variando la capacidad mutua de los cables rellenos en función del tiempo y la temperatura. Esto se observa en la figura 2. Análogamente a lo que sucede con la absorción, se alcanza un también valor límite con cada temperatura. Esta variación de la capacidad para cables aislados con polietileno sólido a 60 °C es del orden de -3% y a la temperatura ambiente de aproximadamente de -1%. Por lo tanto se deduce que estos cables no deben ser envejecidos previamente a temperaturas altas con objeto de

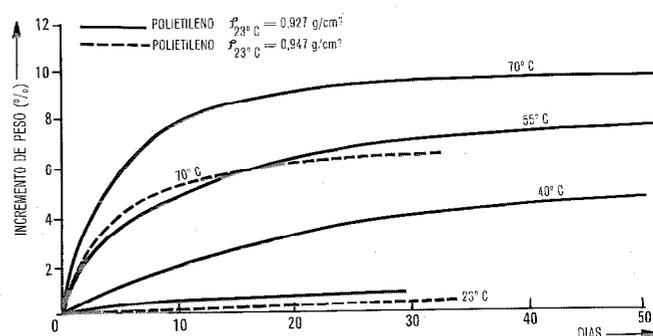


Fig. 1 Aumento de peso del polietileno de media y alta densidad por absorción de petrolato a diferentes temperaturas.

## Ensayos de envejecimiento

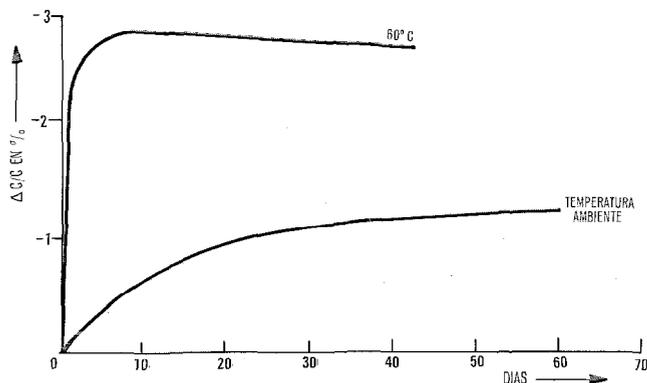


Fig. 2 Variación de la capacidad mutua de un cable relleno durante el almacenamiento a 60 °C y a la temperatura ambiente.

conseguir más rápidamente el estado de equilibrio de la absorción de petrolato. Incluso después de un tiempo muy largo sometido a una temperatura baja, el estado final del preacondicionado a 70 °C no se alcanza nunca.

La absorción de petrolato dependiente de la temperatura, en el caso del polietileno macizo es esencialmente un fenómeno reversible; en el caso del polietileno celular únicamente se rellenan sus células a temperatura alta (por encima de unos 50 °C) y sólo parcialmente, pero por el contrario no se vacían al enfriar. Los procesos que se producen resultan irreversibles de tal forma que los resultados reportados no son transferibles sin más ni más al polietileno celular. Sin embargo, por los últimos artículos aparecidos en la literatura [12 a 14], se sabe que tampoco se produce ningún efecto desfavorable a largo plazo, en el caso de cables aislados con polietileno celular y rellenos de petrolato.

### Referencias

- [1] B. B. Pusey, M. T. Chen y W. L. Roberts: Evaluation of Thermal Degradation in Polyethylene Telephone Cable Insulation: Proceedings of the 20th International Wire and Cable Symposium, Atlantic City, 30 noviembre-2 diciembre 1971, págs. 209-216.
- [2] J. B. Howard: Stabilisation Problems with Low Density Polyethylene Insulation: Proceedings of the 21st International Wire and Cable Symposium, Atlantic City, 5-7 diciembre 1972, págs. 329-341.
- [3] G. A. Schmidt: Methods for Life Prediction of Insulations of Air Core Cables and Filled Cables: Proceedings of the 22nd International Wire and Cable Symposium, Atlantic City, 4-6 diciembre 1973, págs. 11-22.
- [4] J. B. Howard, H. M. Gilroy y E. Kokta: Rapid Isothermal DTA Testing for Control of Stability in Polyolefins: Proceedings of the 23rd International Wire and Cable Symposium, Atlantic City, 3-5 diciembre 1974, págs. 46-52.
- [5] B. S. Bernstein y P. H. Lee: Oxidative Stability of High-Density Polyethylene Cables: Proceedings of the 24th International Wire and Cable Symposium, Cherry Hill, 18-20 noviembre 1975, págs. 202-212.
- [6] E. T. Kokta: Comparison of Test Methods for Determination of Stability of Wire and Cable Insulation: Proceedings of the 24th International Wire and Cable Symposium, Cherry Hill, 18-20 noviembre 1975, págs. 220-224.
- [7] D. D. O'Rell y A. Patel: Oxidative Stability Studies on Cellular High Density Polyethylene Insulation for Communications Wire: Proceedings of the 24th International Wire and Cable Symposium, Cherry Hill, 18-20 noviembre 1975, págs. 231-236.
- [8] S. Verne, R. T. Puckowski y J. M. R. Hagger: Compatibility of Polyolefine Insulation and Hydrocarbon Fillers in Telephone Cables: Proceedings of the 19th International Wire and Cable Symposium, Atlantic City, 1-3 diciembre 1970, págs. 280-287.
- [9] S. Verne, R. T. Puckowski y A. A. Pinching: Long Term Stability of Polyethylene Insulated Fully-Filled Telephone Distribution Cables: Proceedings of the 20th International Wire and Cable Symposium, Atlantic City, 30 noviembre-2 diciembre 1971, págs. 218-227.
- [10] H. M. Gilroy: Thermal Oxidative Cracking of Polyethylene Insulation on Telephone Conductors: Proceedings of the 23rd International Wire and Cable Symposium, Atlantic City, 3-5 diciembre 1974, págs. 42-45.
- [11] K. Yamaguchi, T. Yoshikawa, H. Kishi, M. Masaki y N. Sakamoto: New Copper Deactivator for Polyolefine: Proceedings of the 23rd International Wire and Cable Symposium, Atlantic City, 3-5 diciembre 1974, págs. 97-102.
- [12] J. Pritchett, E. J. Mather y S. Verne: Fully-Filled Telephone Cable with Cellular Polyethylene Insulation after 10 Years Service: Proceedings of the 24th International Wire and Cable Symposium, Cherry Hill, 18-20 noviembre 1975, págs. 347-359.
- [13] S. M. Beach, K. R. Bullock y D. F. Creaney: The Properties of Cellular Polyethylene Insulated Filled Communication Cable and its Increasing Use: Proceedings of the 24th International Wire and Cable Symposium, Cherry Hill, 18-20 noviembre 1975, págs. 379-398.
- [14] S. G. Foord: Compatibility Problems in Filled Cellular Polyolefin Insulated Telephone Cables: Proceedings of the 22nd International Wire and Cable Symposium, Atlantic City, 5-6 diciembre 1973, págs. 23-29.

Kurt Grill nació en 1923 en Ertingen (Württemberg). Después de estudiar química en la Escuela Técnica Superior de Stuttgart, ingresó en SEL en 1955. Desde 1956 es jefe del laboratorio químico y desde 1976 jefe del laboratorio de materiales y tecnología.

## Aplicaciones del radar a la meteorología

Las técnicas del radar contribuyen de una manera significativa al estudio de la física de las precipitaciones y de la dinámica de las tormentas. Proporcionan acceso al nivel de reflectividad, polarizaciones, densidades y velocidades de dispersores atmosféricos, y esto de una manera mucho más eficaz que otros sistemas comprobadores de la atmósfera: un radar puede recoger en un tiempo relativamente corto los valores de los parámetros importantes en un gran volumen atmosférico.

En LCT se han desarrollado tres tipos de radares atmosféricos. Cubren un amplio margen de las técnicas del radar en el campo de la meteorología: el ERM 86 C, es un radar detector de nubes que trabaja en la banda K (8,6 mm); el ZEPHYR, un radar detector de vientos que funciona en la banda I (3,16 cm), y el RONSARD, un sistema de radar meteorológico destinado principalmente al estudio de la convección atmosférica que trabaja en la banda G (5,3 cm).

### Realizaciones de LCT.

#### Radar ZEPHYR

El ZEPHYR (Fig. 1) es un radar ligero, móvil y completamente automatizado, que mide, dentro de un alcance de 40 km, los parámetros del viento en las capas inferiores de la atmósfera. Ha sido definido por E.C.A. (Establecimiento Central de Armamento), y desarrollado bajo contrato de SECT.

El radar ZEPHYR sigue automáticamente a un globo meteorológico y proporciona en forma permanente y digital las coordenadas polares (acimut, elevación y distancia) del globo.

Los datos se procesan luego en un ordenador exterior para obtener cifras de la dirección y velocidad del viento, en tiempo real o diferido.

El funcionamiento del ZEPHYR es muy sencillo: el globo, al que se fija un reflector de radar, se suelta cerca del radar y un operador rastrea la elevación del globo mediante palancas adecuadas o un teodolito que gobierna la antena del radar. Cuando el operador ha obtenido el centro de su objetivo en el colimador, conmuta al sistema de seguimiento automático.

Debido a la elevada resolución del radar el seguimiento se mantiene incluso cuando el globo pasa a través de nubes densas y tormentas.

Las aplicaciones del ZEPHYR cubren la determinación de correcciones angulares para rampas de lanzamiento de misiles y las medidas aerológicas para estudios de polución en situaciones diversas.

Las características funcionales del radar son las siguientes:

- Alcance: 40 km con reflector normalizado, con lluvia de 10 mm/hora sobre 4 km
- Precisión: elevación y acimut  $0,1^\circ$  alcance: 10 m
- Dispositivos de prueba incorporados
- Peso: 95 kg repartido en dos partes
- Consumo de potencia: 350 VA
- Condiciones de utilización:
  - transportable en vehículo ligero
  - margen de temperatura  $-15$  a  $+50$  °C

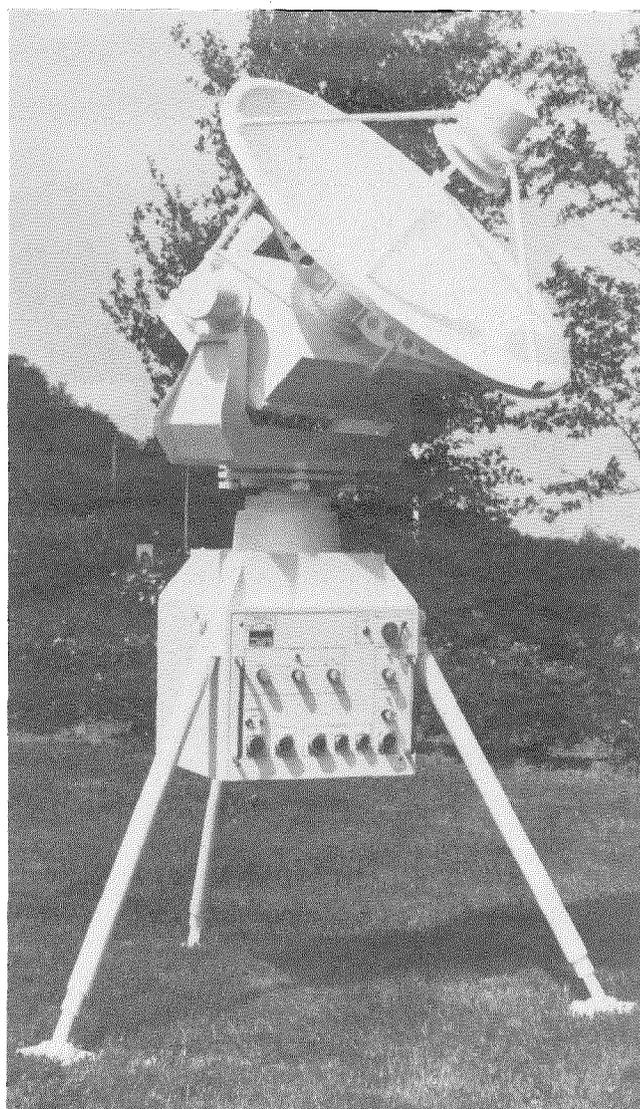


Fig. 1 Radar ZEPHYR.

#### Radar ERM86C

El sistema ERM 86 C que trabaja en la banda K (8,6 mm) permite realizar medidas de localización, detección e intensidad de las precipitaciones y especialmente de nubes con un alcance de 40 km alrededor de la estación. Ha sido diseñado y fabricado bajo contrato de la Agencia del Espacio Francés, CNES (Centro Nacional de Estudios Espaciales) e instalado en el Centro de Kourou, de la Guayana francesa.

Este radar de impulsos presenta, en una pantalla convencional PPI, el diagrama de nubes que rodean la base con la representación de las líneas isoeco o isocontorno cuantificadas en cuatro niveles (Fig. 2).

En las aplicaciones de lanzamiento de cohetes, el sistema ERM 86 C facilita previsiones meteorológicas a corto plazo y permite fijar un intervalo de tiempo durante el cual puede llevarse a cabo la operación en condiciones óptimas.

Las aplicaciones del ERM 86 C cubren la medida de densidad y localización de cualquier tipo de partículas atmosféricas de pequeño tamaño. Podemos así mencionar:

- Previsiones meteorológicas a corto plazo para aeropuertos, márgenes de pruebas, etc.



Fig. 2. Presentación de nubes en la pantalla PPI.

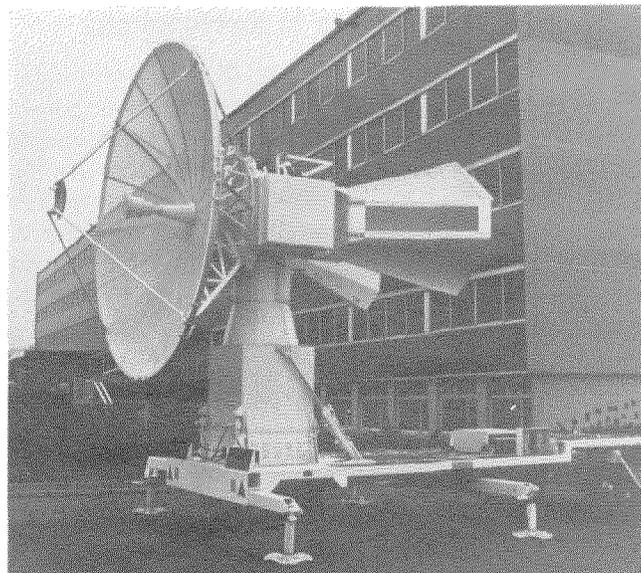


Fig. 3. Sistema meteorológico RONSARD. Radar maestro.

- Estudio científico de la atmósfera (medidas de densidad de nubes, lluvia, etc.)
- Detección de vuelos de insectos y ecos fantasmas [1]. Las características técnicas principales son las siguientes:
  - Antena
    - Diámetro: 1,50m
    - Ganancia: 50 dB
    - Rotación
      - Acimut:  $\pm 200^\circ$
      - Elevación:  $-1^\circ$  a  $+100^\circ$
  - Potencia de pico transmitida: 65 kW

#### Radar RONSARD

El sistema RONSARD (Fig. 3) es un radar meteorológico dedicado principalmente al estudio de la convección atmosférica desarrollada en nubes, tormentas y precipitaciones frontales.

El RONSARD comprende dos radares idénticos Doppler de impulsos que miden el nivel de reflectividad, las velocidades radiales y el efecto de despolarización de las partículas atmosféricas.

Procesando los resultados obtenidos simultáneamente por ambos radares, puede dibujarse en la oficina un mapa real de velocidades.

El desarrollo del sistema RONSARD ha sido patrocinado conjuntamente por las agencias francesas: CNET (Centro Nacional de Estudio de Telecomunicaciones) y DGRST (Delegación General de Investigaciones Científica y Técnica).

El primer radar, ahora en funcionamiento, LCT lo entregó a CNET después de pasar con éxito las pruebas de aceptación.

El segundo equipo, también construido en LCT, está en pruebas de aceptación, y la integración del sistema de radar se completará en la primera mitad de 1977.

El RONSARD es un sistema muy sofisticado, cuyo desarrollo envuelve el uso de técnicas avanzadas, tanto en el campo de microondas y FI como en el de proceso de la señal (es decir, cálculo en tiempo real del primer momento del espectro de frecuencia).

#### Agradecimiento

Los ingenieros de LCT que han desarrollado los tres sistemas de radar mencionados anteriormente agradecen vivamente la eficaz guía de las agencias francesas que han patrocinado los proyectos:

- el Establecimiento Central de Armamento
- el Centro Nacional de Estudios Espaciales
- el Centro Nacional de Estudios de Telecomunicación
- la Delegación General para la Investigación Científica y Técnica.

D. Béguin  
Laboratoire Central de Télécommunications  
Vélizy, Francia

El Sr. Béguin es jefe de la sección de antenas y microondas del departamento de desarrollos avanzados de radar.

#### Referencia

- [1] B. Campistron: Relations entre les échos fantômes observés avec un radar 8,6 mm et l'état thermodynamique de la basse atmosphère.

## Instrumentación y sistema de navegación del tendido en Skagerrak de un cable de energía

### Introducción

En junio de 1976 se instaló el primero de los dos cables del mayor proyecto de transmisión submarina de energía del mundo a través del Skagerrak entre Dinamarca y Noruega. La longitud total del cable es de aproximadamente 124.000 metros (70 millas) y tiene una capacidad de transporte de energía de 250 Megavatios. El diámetro del cable es de 120mm y su peso total es del orden de 6000 toneladas.

Se construyó un barco especial para tendido de cables, el CS Skagerrak, destinado a la instalación y reparación de éste y otros cables similares.

En virtud de la elevada precisión necesaria para el tendido del cable, la instrumentación y el sistema de navegación de este barco resultaron labores difíciles.

### Sistema de navegación

Los análisis iniciales indicaron que sería suficiente una precisión en la colocación del cable de  $\pm 100m$ . Sin embargo, debido a la estrechez de las aguas noruegas y a la exigencia predeterminada de un trayecto paralelo para la acomodación de los futuros tercero y cuarto cables, se seleccionó e instaló en el barco un sistema de navegación de alta precisión; la precisión conseguida en la posición fue de  $\pm 10m$ .

Las rutas del cable se eligieron después de extensos replanteos del fondo del oceano. Se prepararon mapas basados en las coordenadas UTM (proyección mercator transversal universal) y también se confeccionaron mapas basados en la navegación real a lo largo de estas rutas, con objeto de evitar errores sistemáticos.

### Instrumentación

Para controlar las tensiones mecánicas en el cable durante el tendido, se midieron ininterrumpidamente la ten-

sión del cable y su ángulo de lanzamiento con la vertical. Era de especial interés la tensión del cable en el punto de contacto con el fondo del mar. También se midieron la profundidad, la velocidad del tendido del cable y la longitud del cable.

### Sistema de ordenador

Todas estas variables se llevaron a un miniordenador que estaba encargado de realizar las siguientes operaciones:

- navegación, fijación de la posición, e indicación de la desviación

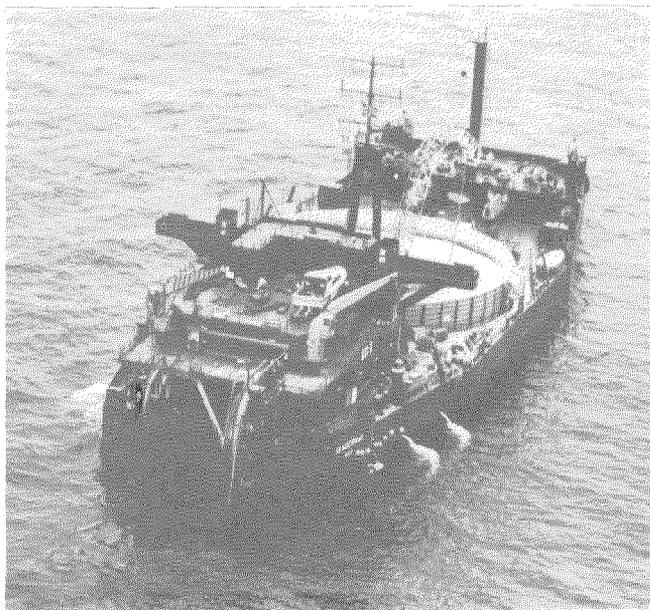


Fig. 1 El barco cablero C/S Skagerrak.

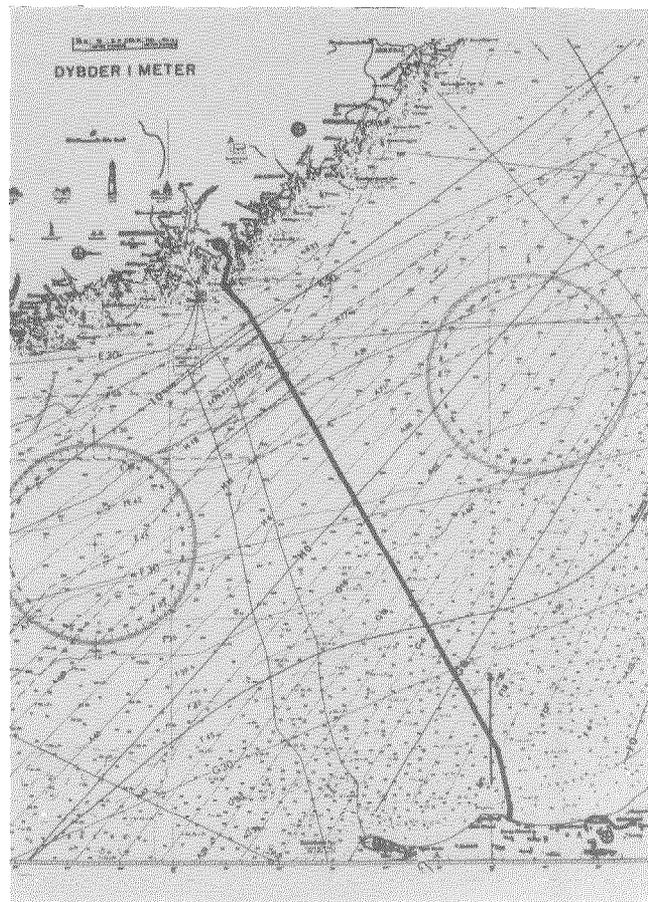


Fig. 2 La ruta planeada de 123.414 metros para el cable.

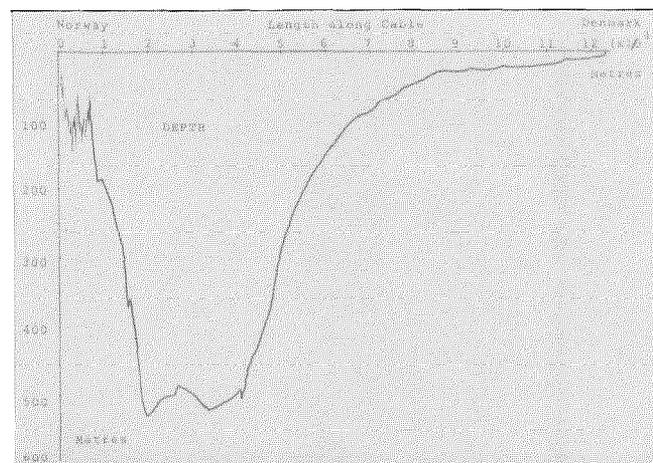


Fig. 3 Profundidad de la ruta de tendido del cable n° 1.

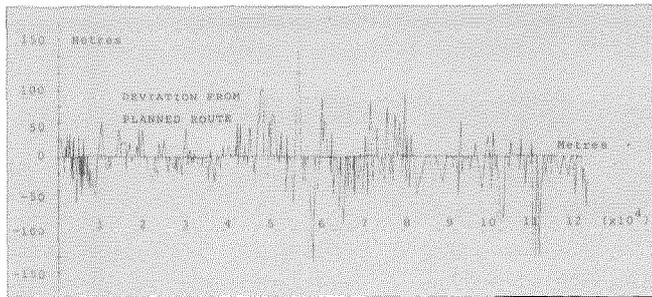


Fig. 4 Desviación con respecto a la ruta planeada para el cable durante el tendido del cable n° 1.

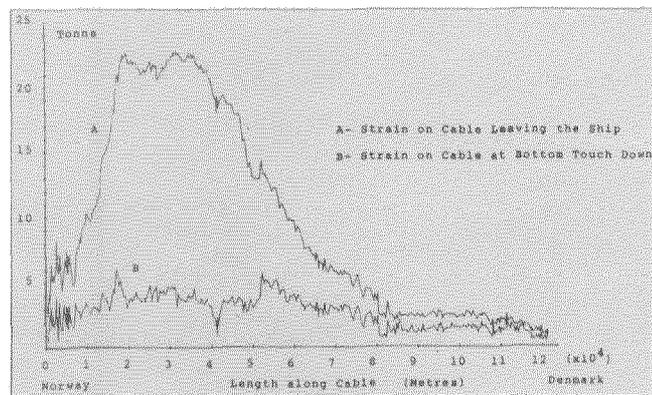


Fig. 5 Tensión del cable n° 1 durante el tendido.

- control de la tensión del cable
- registro de datos

Todos estos datos se introdujeron en el ordenador donde se procesaron a intervalos de 10s. El registro de los datos sobre una cinta de papel se realizó cada 2 minutos.

La posición era calculada utilizando los datos procedentes del sistema de navegación. Esta posición se representaba por medio de un aparato trazador digital, sobre un

mapa mostrando la ruta del cable en una escala de 1:1000 (1 cm = 100 m). Una pantalla de representación digital iba mostrando la desviación en metros con respecto a la ruta.

Esta información, conjuntamente con las medidas del ángulo y velocidad de tendido del cable, era expuesta sobre un panel independiente en la cabina del capitán del remolcador; el capitán del remolcador era responsable de las maniobras del barco.

El control de la tensión del cable en el fondo del mar se realizó mediante el cálculo basándose en la profundidad del fondo, y la tensión del cable en el momento de abandonar el barco. Se especificó que la tensión en la parte inferior debía estar comprendida entre 19.600 y 49.000 N. Se programó el ordenador para que produjese mensajes de error cuando la tensión se saliese de este margen. Al mismo tiempo se calculó el margen admisible para el ángulo del cable, para compararla con los mensajes de error reales que se recibiesen cuando estuviera fuera de límites.

### Conclusión

El tendido comenzó el 10 de junio de 1976 a las 12h 24min y se concluyó a las 07h 04min del 13 de junio, 66 horas más tarde. En este período de tiempo se tendieron 123.637 metros de cable. La distancia calculada era de 123.414 metros, y solamente hubo una diferencia de 223 metros, que es inferior al 2%. La desviación máxima entre la ruta planeada y la ruta real fue de 150 metros, y la desviación media fue de 23 metros.

La tensión del cable en el fondo del mar estuvo siempre bajo control y se mantuvo dentro de límites. En total se registraron más de 2400 grabaciones sobre cinta de papel, conteniendo unas 72.000 lecturas.

La conclusión más sencilla sería decir que todo fue como se esperaba.

A. G. Berre  
Standard Telefon og Kabelfabrik A/S  
Oslo, Noruega

## Nuevas realizaciones

### Sistema de cable de telecomunicaciones submarinas para tráfico transatlántico.

Funcionarios americanos y franceses inauguraron recientemente un sistema de cable de telecomunicaciones para 17 naciones que transporta el equivalente a 4000 conversaciones telefónicas simultáneas desde Europa a América, el sistema de mayor capacidad de todos los que están actualmente en servicio. Denominado TAT-6, es el noveno sistema que se tiende a través del Océano Atlántico desde 1956 en que se tendió el primero. De los 6.826 km (3.686 millas náuticas) de cable utilizados en dicho sistema, 4.074 km (2.200 millas náuticas) fueron fabricados en el Reino Unido por la planta de Southampton de STC.

Richard E. Wiley, Presidente de US Federal Communications Commission, denominó al sistema "un hito en la tecnología de cables y en la cooperación internacional".

El sistema, que también transmite datos, télex y otras formas de comunicaciones de datos, entró en servicio en julio de 1976. Fue construido para cubrir el siempre creciente volumen de comunicaciones de voz y de datos entre los Estados Unidos y Europa.

El sistema fue desarrollado conjuntamente por especialistas de telecomunicaciones del British Post Office, el Secretariado francés de Correos y Telecomunicación y la compañía americana Telephone and Telegraph (ATT). Es el sexto cable transatlántico construido por el Departamento de Líneas de Larga Distancia de ATT.

36 naciones de Europa, Oriente Medio y Asia tendrán circuitos en el nuevo sistema para satisfacer sus necesidades de comunicaciones.

La mayor capacidad del sistema TAT-6 se debe a una mejor capacidad de transmisión y a avances en el diseño de repetidores, lo que permite la utilización de frecuencias mucho mayores que las de los anteriores sistemas.

Debido a que el sistema funciona a frecuencias extremadamente altas, la intensidad de la señal disminuye más rápidamente que en los cables anteriores. Por ello, la distancia entre repetidores es menor, 9,4 km (5,1 millas náuticas), frente a 18,5 km (10 millas náuticas) en el último sistema transatlántico.

Durante toda la existencia, calculada en 25 años, cada repetidor debe resistir la presión del agua a profundidades superiores a 4800 m. Para asegurar su fiabilidad, los repetidores montados fueron sometidos a 2000 pruebas diferentes, incluyendo una que implicaba presiones de  $8,4 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$  (12.000 libras/pulgada<sup>2</sup>).

Standard Telephones and Cables Limited, Reino Unido

### Adaptador de altavoz LA 800.

El Business Systems Group de Standard Radio & Telefon AB, que principalmente desarrolla, fabrica y vende equipos de intercomunicación, ha desarrollado un nuevo producto.

El producto, diseñado por Lennart Skogsberg y Rolf Andréén, entre otros, es un adaptador de altavoz denominado LA 800, que ofrece como característica adicional a los teléfonos convencionales de auricular, la posibilidad de comunicación manos libres.

El LA 800 puede conectarse como suplemento a cualquier tipo de teléfono de auricular, tanto de disco como de teclado.

El LA 800 comprende solamente los componentes y el circuito necesario para la función de altavoz, permaneciendo en el teléfono normal el disco y el timbre.

Para ahorrar espacio sobre la mesa, el LA 800 está diseñado en forma de plinto.

El altavoz se conecta con solo apretar un botón. Una lámpara roja sobre el panel, indica cuando el altavoz está enchufado. El LA 800 tiene como características una fiel reproducción de voz y una conmutación de voz rápida.

Otras facilidades son el control de volumen y el botón de conversación secreta. De este modo, con el LA 800 es posible que varias personas tomen parte en una conferencia múltiple, tener las manos libres y si es necesario moverse por la habitación durante una llamada telefónica.

El nuevo producto se fabrica en la planta de Södertälje. Los primeros pedidos importantes se han recibido de Noruega y Nueva Zelanda.

Per Risberg, Director de la División, dice:

El LA 800 es para nosotros un paso en la dirección correcta para obtener un programa de productos más diversificada. Desde el punto de vista



Un teléfono de abonado equipado con el adaptador de altavoz LA 800.

de producción y experiencia, el LA 800 es un buen complemento a nuestro negocio. Con relación a las perspectivas de mercado, creemos en una gradual expansión y contamos con vender varios miles de unidades durante el próximo año.

Standard Radio & Telefon AB, Suecia

### Sistema de teleconferencias múltiples para el Reino Unido.

El sistema de teleconferencias múltiples Convener está ahora disponible en el Reino Unido, comercializado por la división de audio de STC. El sistema, ampliamente utilizado en los Estados Unidos, ha sido modificado para que pueda funcionar en las redes privadas británicas y ha sido aprobado por el British Post Office.

Las reuniones y las conferencias múltiples pueden celebrarse por medio de redes telefónicas privadas sin necesidad de que los participantes viajen, y pensamos que es rentable por dos razones básicas: primera porque reduce el tiempo y el gasto involucrados en los viajes de los ejecutivos, y segunda porque aumenta la utilización de las redes telefónicas ya existentes de las compañías.

Cada estación de teleconferencias múltiples consiste en 4 micrófonos y un altavoz que están enchufados a una línea telefónica normal y conectados, mediante marcaje, a un dispositivo similar en otra localidad. El sistema completo permite de esta manera a dos grupos de personas separadas por una gran distancia el mantener una conferencia múltiple.

Montado en una caja portátil, cada equipo puede montarse en cuestión de minutos y no necesita ninguna habitación especial, solamente un punto de energía y un teléfono con zócalo de jack de extensión. Se utiliza la anchura de banda completa de la línea telefónica que, junto con micrófonos de diagrama cardioide y altavoces duales, consigue una reproducción de sonido de buena calidad, aun con líneas malas.

Cuando se utiliza en unión con el sistema de teletipos TELENOTE\*, el sistema Convener ofrece un equipo de teleconferencias múltiples único.

Standard Telephones and Cables Limited, Reino Unido

\* Marca registrada del sistema ITT

## Nuevas realizaciones

### La primera fábrica europea de cables de fibra óptica, inaugurada por el Ministro de Estado.

Mr. Alan Williams, Ministro de Estado del Departamento de Industria inauguró oficialmente, el 10 de noviembre de 1976, la primera fábrica comercial europea, dedicada exclusivamente al diseño, fabricación y comercialización de fibras y cables ópticos. Construida en Harlow por Standard Telephones and Cables, la nueva planta produce cable que utiliza luz en lugar de electricidad para transmitir información por conductores de fibra de silice (similar a vidrio), del grosor de un cabello.

La nueva factoría, de 371 m<sup>2</sup> (4000 pies cuadrados), tiene todo el equipo necesario para preparar la sílice y estirlarla en fibras que son entonces recubiertas y cableadas para formar cables ópticos completos. STC reivindica que ésta es la única planta comercial europea de fabricación de cables de fibra óptica, completamente operacional, que produce su propia fibra.

STC ha estado comercializando cable de fibra óptica durante un año y ha formado ahora una unidad de comunicaciones ópticas para controlar la totalidad de las actividades de STC en este campo. El establecimiento de la nueva unidad ha proporcionado a STC una posición de líder en Europa en el campo de las comunicaciones ópticas al ser la única compañía que se dedica por completo a la producción comercial y comercialización de sus propias fibras y cables ópticos. Ello constituye otra innovación originada en el Reino Unido.

La idea original fue también británica. La utilización de la luz, en lugar de la energía eléctrica, para comunicaciones de larga distancia por una fibra, fue propuesta hace diez años por los doctores Charles Kao y George Hockham, quienes trabajaban entonces en Standard Telecommunication Laboratories. Desde entonces, otros organismos, tanto en el Reino Unido como en el resto del mundo, están trabajando para perfeccionar las diferentes técnicas involucradas en los sistemas de comunicación óptica. No obstante, STL ha mantenido su liderazgo con avances constantes en todas las áreas de la tecnología. La ubicación de la factoría en Harlow, significa que STC está en inmejorables condiciones para aprovechar los futuros desarrollos de STL en la fabricación de fibras ópticas.

El vidrio del que se obtienen las fibras por estiramiento ha sido mejorado y las fibras mismas han sido sometidas a un estudio y desarrollo intensivo. Los últimos años han visto también mejoras en los láseres que son los generadores de luz, en las técnicas de unión de fibras y en el cableado de fibras para formar cables multi-fibra con cubierta.

Las ventajas de la comunicación óptica radican en su relativo bajo coste en comparación con los métodos corrientes de transmisión; en su pequeño tamaño y facilidad de instalación, y en su elevado ancho de banda. Esto significa que muchísima más información puede transmitirse más económicamente por un cable de fibra óptica que por un cable convencional del mismo tamaño. Las comunicaciones ópticas ayudarían por consiguiente a minimizar las molestias públicas al reducir el número de cables que han de tenderse bajo las calles. La tecnología ayudará también a incrementar sustancialmente la gama de servicios de telecomunicación disponibles para hogares y negocios.

Además de los enlaces de comunicaciones y redes de voz y datos, tanto públicos como privados, se ha identificado una amplia gama de aplicaciones existentes y potenciales para las técnicas de comunicaciones ópticas. Entre los usos que puede hacerse de dicha técnica están el control, observación y señalización en aeronaves, plantas de fabricación, barcos, etc., donde el bajo coste, bajo peso, seguridad y pequeño tamaño de los cables de fibra óptica son ventajas importantes. STC cree que existe un vasto potencial comercial para los cables de fibra óptica y señala que ya ha recibido pedidos de exportación.

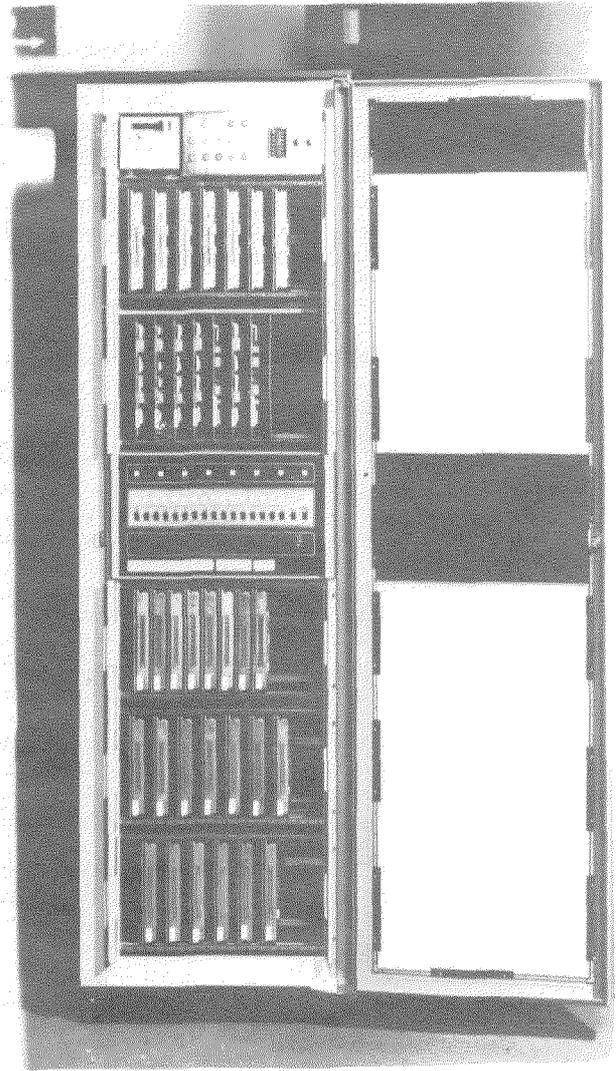
Standard Telephones and Cables Limited, Reino Unido

### TELTA: Un sistema electrónico de registro de mensajes presentado en la última exposición del SICOB.

El Departamento de Sistemas de Telecomunicación de CGCT presentó en la última exposición del SICOB su sistema electrónico de registro de mensajes TELTA\*.

Con este sistema que puede adaptarse a cualquier central telefónica automática, se hace posible para cualquier firma comercial el conocer mejor y controlar sus gastos en teléfono.

\* Marca registrada del sistema ITT



TELTA

Este sistema puede registrar todos los gastos por edificio, por departamento o por pupitre de operadora, y permite un perfecto análisis de las anomalías y abusos observados, permitiendo de esta manera ahorros globales entre un 10 un 20%.

Habiéndose desarrollado en torno a un ordenador ITT 1650, el sistema TELTA se conecta directamente al bastidor de distribución de la instalación telefónica.

Puede desarrollarse para ser utilizado en algunas aplicaciones de control central, por ejemplo horarios flexibles, comprobación de puertas, aparcamientos de coches o dirección de restaurantes, etc.

CGCT ha recibido ya más de 30 pedidos de este sistema y de un sistema similar que se conecta directamente a su central telefónica automática MINIMAT\* 2000.

Existen ya en funcionamiento 10 instalaciones.

Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques, Francia

### Contrato de componentes para las telecomunicaciones americanas adjudicado a ITT.

ITT Components Group Europe ha conseguido un importante contrato de Collin's Radio Group, Dallas, Texas, para suministrar tubos de ondas progresivas y ensambles de enfoque para su utilización en enlaces de microondas.

ITT Components Group Europe, Reino Unido.

**Todo tipo de conmutación con las PABX PENTOMAT.**

ITT Business Systems ha recibido importantes pedidos para dos centrales telefónicas PENTOMAT\* y un sistema de distribución de llamadas. Las centrales automáticas privadas de barras cruzadas PENTOMAT 1000 se instalarán en los aeropuertos de Aberdeen y Edimburgo, y el sistema de distribución de llamadas se instalará en las oficinas de Air Canada, en Heathrow, Londres.

Cada central posee dos operadoras que trabajan sobre cuadros de conmutación en consolas de teclado diseñadas ergonómicamente. Normalmente sólo atienden a las llamadas entrantes procedentes de centrales públicas, reduciendo de este modo el tiempo de espera de los usuarios que llaman. El equipo de la central posee ciertas facilidades adicionales además de las numerosas facilidades inherentes a la serie PENTOMAT. Posee 5 circuitos de llamadas de emergencia, cada una de ellas con capacidad para 4 llamadas simultáneas; servicio interurbano restringido, para restringir el uso de las líneas de la red pública en las llamadas salientes; extensiones agrupadas, un número de extensiones forman un grupo de forma que las llamadas entrantes se conectan a la primera extensión libre; llamada directa a una persona específica (DDI); intrusión de ejecutivos, los ejecutivos pueden introducirse en una llamada entre extensiones; y tarificación, una forma sencilla de control de tráfico.

El sistema de distribución de llamadas es un sistema de respuesta a preguntas de información general. Las llamadas al sistema son contestadas por cualquiera de las 16 experimentadas personas que pueden proporcionar en el acto respuesta a preguntas de información general.

Commercial Union, en Surrey, Inglaterra, posee ahora un nuevo sistema telefónico de 300 extensiones de uno de los tres tipos de centrales de barras cruzadas de ITT, PENTOMAT. Utiliza contactos de presión para establecer la conmutación de los caminos de conversación y para realizar las funciones lógicas de los circuitos de control. Estos sustituyen a los ya anticuados mecanismos de trinquete, proporcionando ausencia de ruido, mínimo desgaste y mantenimiento reducido.

Las 45 líneas telefónicas públicas entrantes serán atendidas por dos operadoras que trabajan sobre modernas consolas de teclado, diseñadas ergonómicamente para facilidad de manejo.

Otra facilidad adicional que ahorra costes es la existencia de 6 líneas directas entre centrales. Estas líneas conectan directamente con otras centrales locales de la compañía sin necesidad de recurrir a la red pública, evitando de esta manera costes adicionales.

Otra PABX PENTOMAT ha sido también instalada en las nuevas oficinas centrales de W. H. Smith & Son (Holdings) Ltd., 10 New Fetter Lane, Londres, uno de los mayores distribuidores del Reino Unido de periódicos y revistas.

Como un sistema telefónico era tan importante para la buena marcha de un negocio, W. H. Smith constituyó un comité de evaluación compuesto por ejecutivos de la Compañía, quienes tras un profundo estudio de todos los sistemas disponibles, recomendaron un sistema PENTOMAT 1000 como el que mejor satisface sus necesidades.

Inicialmente el sistema tiene 300 extensiones, además de la posibilidad de futuras ampliaciones. Las tres consolas de operadora, de teclado, integradas en un solo mueble, manejan las llamadas entrantes de 53 líneas de la central pública.

Además, posee 6 líneas privadas, 5 de ellas conectadas a oficinas distantes dentro del Reino Unido. Estas líneas están alquiladas al British Post Office para uso exclusivo de W. H. Smith. Las operadoras tienen también la facilidad de marcaje abreviado para un máximo de 10 números públicos de hasta 17 dígitos.

Los usuarios de las extensiones también tienen una amplia gama de facilidades adicionales. Entre ellas se encuentra la facilidad de establecer conferencias entre tres personas, permitiendo que una segunda extensión se una a una llamada exterior, estableciendo de esta forma una conferencia múltiple. La mayoría de las extensiones poseen teléfonos de teclado y todas las extensiones tienen acceso a códigos abreviados hasta un máximo de 100. Estos serán los números públicos más frecuentemente utilizados por la compañía y pueden tener códigos entre 10 y 19 dígitos. Para utilizar esta facilidad, el usuario de la extensión marca un dígito de acceso seguido de un código de dos dígitos. Hasta 12 ejecutivos tendrán también una facilidad de llamada rápida que proporciona con sólo apretar una tecla, la selección de una entre hasta 15 extensiones previamente seleccionadas.

ITT Business Systems ha suministrado e instalada también un nuevo sistema telefónico privado de barras cruzadas PENTOMAT en los loca-

les de West London del Grupo Beecham, uno de los mayores fabricantes de medicamentos del Reino Unido.

Es uno de los mayores sistemas de barras cruzadas del país, con 1500 extensiones y más de 200 líneas. El sistema tiene una capacidad total de 2500 extensiones y 11 posiciones de operadora.

El sistema será atendido por 7 operadoras que se dedicarán principalmente a las llamadas entrantes, prolongando las llamadas a las extensiones apropiadas utilizando consolas de teclado diseñadas ergonómicamente.

El sistema tiene 24 líneas privadas que conectan con otras 9 centrales de la compañía y están alquiladas al British Post Office para uso exclusivo del Grupo Beecham.

ITT Business Systems, Reino Unido

**Demostración del sistema SETAC en Kaufbeuren.**

Por invitación del Ministro de Defensa de la República Federal de Alemania, tuvo lugar del 28 al 30 de septiembre en la Escuela Técnica 1 de las Fuerzas Aéreas de Alemania, en Kaufbeuren, una sesión del Grupo de trabajo de la NATO sobre "Sistemas de Aproximación y Aterrizaje".

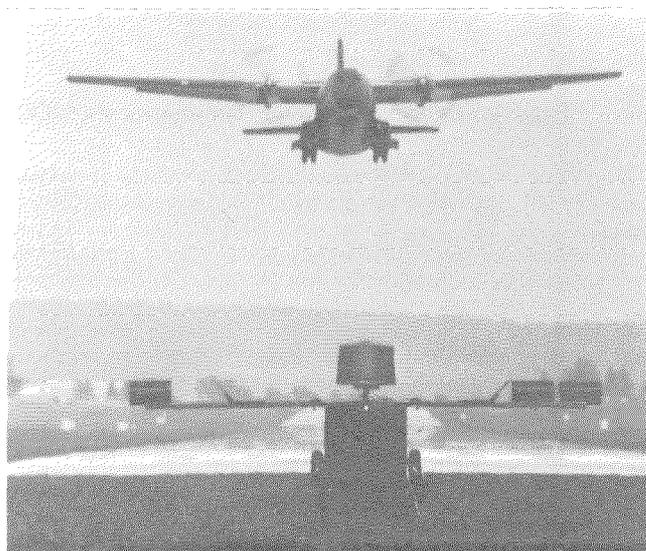
Durante esta conferencia, los días 28 y 29 de septiembre fue presentado a los expertos alemanes y extranjeros el sistema SETAC. Desarrollado y fabricado por Standard Elektrik Lorenz AG, este sistema de ayuda al aterrizaje militar fue capaz de probar sus posibilidades. Su versatilidad de aplicación fue demostrada mediante presentaciones técnicas, aproximaciones sobre perfiles curvos y aproximaciones de altura.

Especialmente durante los vuelos de la aeronave de pruebas, los participantes obtuvieron una impresión personal de las funciones del sistema SETAC. Las aproximaciones de demostración fueron realizadas con los aviones Transall C 160, Skyservant DO 28 y el helicóptero CH 53.

Además del equipo SETAC embarcado (MITAC M-D/A), el DO 28 tenía una unidad de control de vuelo digital integrada de Bodenseewerk Gerätetechnik, Überlingen. Utilizando la información de guía SETAC, este equipo permite aproximaciones automáticas sobre perfiles curvos hasta el punto de contacto con tierra. Esto resultó una impresionante demostración de las aplicaciones del sistema SETAC.

El sistema SETAC está en la actualidad sometido a pruebas de campo por parte de las Fuerzas Armadas Alemanas. Va a ser introducido en los nuevos sistemas de armas Alpha Jet y MRCA Tornado. Para el equipo de a bordo MITAC, del sistema SETAC, SEL recibió un contrato para la producción en serie a mediados de 1976. Las entregas bajo este contrato comenzarán a finales de 1977.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal de Alemania



Sistema de aterrizaje SETAC.

\* Marca registrada del sistema ITT

## Nuevas realizaciones

### Los primeros en Europa en ensamblajes recubiertos para microondas.

Aplicando la experiencia obtenida en la fabricación de circuitos impresos de precisión, STC es capaz de realizar circuitos de microondas basados en politetrafluoretileno reforzado. El recubrimiento de ensamblajes para microondas resultante, metalizado y recubierto con gran precisión, tiene una estabilidad de diseño mayor que los obtenidos con las técnicas utilizadas hasta ahora. Es más barato, de menos peso y volumen que los producidos por las técnicas tradicionales de líneas de cinta (stripline). STC es actualmente la única compañía europea que utiliza esta técnica. Las características de diseño pueden reproducirse con excelente repetibilidad debido a la eliminación de espacios de aire, y el recubrimiento de la estructura proporciona una buena protección contra el ambiente.

Un gran número de elementos pasivos de microondas pueden ser obtenidos directamente por grabado sobre un sustrato único, y además, los componentes activos discretos pueden ser incorporados al recubrir. Los circuladores de ferrita, uno de los componentes más difíciles de realizar en líneas de cinta, están siendo incorporados utilizando una nueva técnica de estratificación.

STC también ha conseguido integrar el conductor de los conectores coaxiales en el modelo grabado utilizando una técnica que consigue una importante reducción de las fugas a altas frecuencias en comparación con los métodos previamente utilizados para este tipo de circuitos.

Anticipándose a las demandas de la industria europea de microondas, STC está instalando un dispositivo especial para la producción de circuitos de microondas recubiertos prototipo. Pueden utilizarse las películas de los clientes o el departamento de diseño de STC establecido al efecto puede preparar los negativos del circuito a partir de un croquis con dimensiones.

Los ingenieros de microondas pueden ahora fabricar circuitos de línea de cinta recubiertos, de pequeño peso, en la banda de 1 a 18 GHz, desde componentes especiales individuales hasta grandes antenas de 50,8 cm (20 pulgadas) de longitud, pasando por circuitos híbridos de microondas.

Standard Telephones and Cables Limited, Reino Unido

### Conferencia de París sobre comunicaciones por fibra óptica.

STL presentó 4 trabajos a la Segunda Conferencia Europea sobre Comunicaciones por Fibra Óptica que se celebró en París en septiembre de 1976. Este importante acontecimiento fue continuación de la Primera Conferencia Europea celebrada en la Institution of Electrical Engineering en Londres, en septiembre de 1975, y en ella se revisaron los progresos realizados en todas las ramas de la tecnología de comunicaciones ópticas.

La conferencia estuvo dividida en 13 sesiones y 4 mesas redondas. STL presentó en diversas sesiones 3 contribuciones y una comunicación.

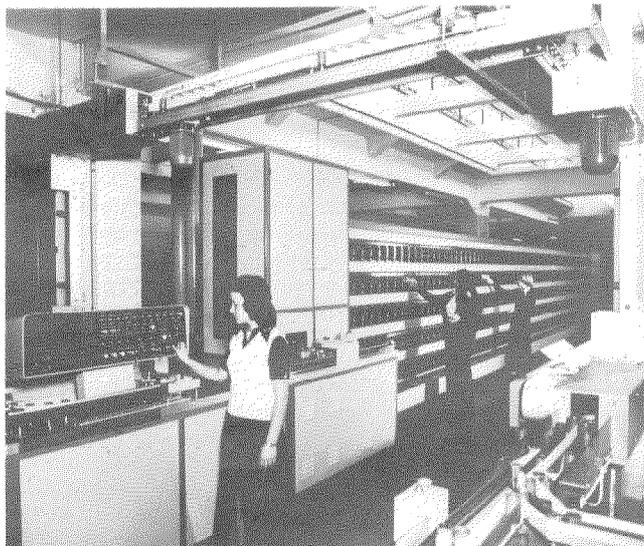
La conferencia, de cuatro días de duración, incluyó numerosas contribuciones de América y Japón, además de las procedentes de los principales investigadores europeos sobre comunicaciones ópticas.

Standard Telecommunication Laboratories, Reino Unido

### Sistema de clasificación de cartas completamente integrado de SEL, para Sudáfrica.

Después de los sistemas de clasificación de cartas completamente integrados de SEL que fueron entregados al Post Office de Sudáfrica en septiembre de 1975 para Ciudad del Cabo y en junio de 1976 para Johannesburgo, los preparativos actuales están dirigidos al próximo sistema integrado de clasificación de cartas que entrará en funcionamiento en Durban en el segundo trimestre de 1977.

El tamaño y la capacidad del sistema de clasificación de Johannesburgo son aproximadamente un 30% mayores que los de la primera instalación de Ciudad del Cabo. El sistema clasifica 90.000 cartas por hora por término medio, realizándose las operaciones individuales de rechazo de correspondencia, encarado de las cartas, codificación, preclasificación y clasificación final, sin interrumpir el flujo de cartas. El funcionamiento automático así como la asignación del código y la clasificación están controlados por un procesador que está equipado con un ordenador ITT 1600. El sistema a instalar en Durban es comparable con el de Ciudad del Cabo y está siendo instalado actualmente. Además de las unidades de entrada y salida y los enlaces de las cintas sin fin, tiene 20 posiciones de



Sistema de clasificación de cartas en Sudáfrica.

codificación y 2 máquinas de clasificación con 400 destinos cada una. El sistema está diseñado para una capacidad total de 60.000 cartas por hora.

Estos modernos sistemas, que han sido desarrollados y fabricados por SEL en su factoría de Berlín, son los primeros módulos de la red de distribución automática de cartas que el Post Office de Sudáfrica está planeando introducir a lo largo de todo el país en estrecha colaboración con SEL.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal de Alemania

### Nuevo sistema telefónico privado electrónico.

ITT Business Systems ha sometido al British Post Office, para su aprobación, su nueva central de comunicaciones mercantiles de tecnología avanzada ITT\* 4080 PABX.

El nuevo sistema es el resultado combinado de un amplio análisis de las futuras tendencias de las comunicaciones de oficinas con la utilización ingeniosa de la última tecnología en semiconductores.

Dos importantes características técnicas de la PABX ITT 4080 son la utilización de tecnología de estado sólido en su red de transmisión analógica equilibrada y el control digital por programa almacenado.

La conmutación del camino de conversación se realiza por medio de módulos de puertas de efecto de campo, bilaterales, y con integración en gran escala (circuito LSI), mientras que los programas tienen una estructura de lenguaje jerárquica para simplificar la labor de diseño de los sistemas individuales y facilitar el mantenimiento.

La arquitectura del sistema de la central utiliza microordenadores distribuidos. Un nivel de microordenadores controlan los circuitos de extensión de líneas, los enlaces y enlaces directos, así como elementos de la matriz de conmutación de estado sólido. Un segundo nivel de ordenadores, trabajando en carga compartida, son responsables de todas las decisiones lógicas que afectan a las llamadas y de la ejecución de las numerosas facilidades de voz de la central.

La centralita ITT 4080 está diseñada para una eficacia máxima utilizando el mínimo equipo para toda su gama de capacidades, que puede llegar hasta 10.000 extensiones. El producto se ofrecerá inicialmente en el sector de mercado predominantemente hasta 2000 extensiones.

El sistema ofrece una amplia gama de facilidades de voz que incluyen conferencias múltiples, marcaje abreviado, rápido cambio de asignaciones, re-llamada, transferencias guiadas, marcaje por teclado y registro de llamada. Intrínseca con el concepto de diseño, está la posibilidad para la posterior incorporación de más avanzadas facilidades de voz y de datos que están siendo introducidas con anticipación a las tendencias en comunicaciones integradas de oficinas.

ITT Business Systems, Reino Unido

\* Marca registrada del sistema ITT

### Nuevo código de línea de transmisión que aumenta la capacidad de llamadas telefónicas.

Realizando solamente pequeños cambios en los equipos de línea y en los equipos terminales, STC ha demostrado satisfactoriamente que la capacidad de carga telefónica de un sistema de transmisión de 120Mbit/s puede incrementarse en un 13%, y trabajar a 135Mbit/s.

La división de transmisión de STC instaló y probó, en octubre de 1975, una pequeña prueba de campo sobre una ruta en bucle en Guildford utilizando 4 repetidores intermedios y un repetidor terminal. Para conseguir esto, fue solamente necesario quitar las unidades de emisión y recepción 4B3T en el equipo terminal y sustituirlas por las unidades de cassette correspondientes que emplean el nuevo código de línea 6B4T. El resto de los cambios introducidos en el sistema fueron ligeras modificaciones en los repetidores intermedios.

Esta prueba de campo del sistema de 135 Mbit/s fue probada satisfactoriamente en unión del British Post Office y durante un período de 7 meses se transmitieron sin error alrededor de  $2 \cdot 10^{15}$  bits. Este aumento se consiguió mediante el empleo de un nuevo código de línea, el 6B4T, que tiene una relación 1:33 comparada con el código de línea 4B3T utilizado en el sistema de 120Mbit/s.

Con la experiencia de esta prueba de campo del 6B4T, solamente es necesaria una modesta ampliación del diseño para conseguir un sistema de 139,264 Mbit/s que es el tercer nivel en la jerarquía de transmisión digital propuesta por el CCITT.

Standard Telephones and Cables Limited, Reino Unido

### Tercer centro interurbano de Zurich.

STR ha recibido de la Administración suiza (PTT), el pedido para la construcción de la central de tránsito nacional en el tercer centro interurbano de la red de comunicaciones de Zurich. Con 8600 enlaces de llegada y otros 8600 enlaces de salida, la primera instalación ocupará media planta del edificio de 7 pisos. Las centrales interurbanas PENTACONTA\* realizarán la conmutación de las llamadas interurbanas entrantes y salientes de la red de comunicaciones de Zurich, así como las llamadas de tránsito nacional interurbano. Sus principales ventajas son:

- conmutación a 4 hilos para una elevada calidad de transmisión,
- encaminamiento flexible con intentos repetidos,
- rápida conexión de paso,
- registro automático de fallos,
- señalización multifrecuencia sistema R2 con la mayoría de las otras centrales,
- señalización uniforme dentro de la central,
- diagrama de enlaces sencillo,
- necesidad de poco espacio,
- pequeño consumo.

Standard Telephon und Radio AG, Suiza

### Oscilador a cristal compensado en temperatura.

Un oscilador a cristal compensado en temperatura, el TCXO4, de pequeño tamaño ( $27 \times 36 \times 15$  mm), bajo consumo de energía y funcionamiento instantáneo, está ahora disponible para un margen de frecuencias más amplio que va de 4,1 a 20 MHz, y para un mayor margen de tensiones de alimentación, de 5 V a 30 V, sin degradación de la estabilidad de frecuencia.

Puede especificarse la estabilidad de frecuencia en un margen de temperaturas dado (margen máximo  $-55^\circ\text{C}$  a  $+90^\circ\text{C}$ ) para que sea 10 veces mejor que la de un oscilador a cristal sin compensación, por ejemplo  $\pm 2,5 \cdot 10^{-6}$  en el margen  $-40^\circ\text{C}$  a  $+70^\circ\text{C}$ , o  $\pm 1 \cdot 10^{-6}$  en el margen  $0^\circ\text{C}$  a  $+60^\circ\text{C}$ . El envejecimiento puede especificarse para que sea menor que  $10^{-6}$  por año y el ajuste fino de frecuencia se consigue por medio de una tensión aplicada exteriormente o por potenciómetro. El nivel de salida puede especificarse en 1,5V CA pico a pico, en colector abierto o acoplado, para interconexión a circuitos TTL o MOS. La versión de 5 V es adecuada para el acoplamiento directo a cargas TTL.

ITT Components Group Europe, Reino Unido

### Segunda generación de las ayudas a la programación Pseudo Prom.

ITT Components Group Europe ha introducido una gama de la segunda generación de ayudas a la programación autocontenidas, capaces de realizar la comprobación del hardware antes de que los programas sean trasladados a una memoria permanente. Los teclados utilizados son capaces de programar hasta 32 kbits. Se pueden utilizar tanto códigos hexadecimales como octales.

Las Pseudo Proms actualmente disponibles se pueden utilizar con memorias Intel, National o AMI 1602 A, 1702 A (2K); 2704, 5204 (4K); 2708 (8k). Cada unidad utiliza una memoria RAM alimentada a baterías para simular una memoria PROM/ROM y la carga y verificación de un programa utiliza un teclado y una pantalla independientes. Una característica es el adaptador de lectura PROM que permite comprobaciones sobre dispositivos previamente programados.

Otras características incluyen un dispositivo de enclavamiento de la pantalla para ayudar a la localización de errores y otro de reposición automática del microordenador.

Con un tiempo de acceso típico de 300 ns y una pantalla de diodos LED de 7 mm de altura y de fácil lectura, el consumo de energía de las Pseudo Proms es de 12 W a 240 V CA. La vida de la batería de la memoria RAM permite retener los datos durante un período mínimo de 50 días lo que permite transportar los programas para uso remoto o para que sean copiados. Las baterías se recargan automáticamente.

ITT Components Group Europe, Reino Unido

### Pedidos de telecomunicación procedentes de Egipto.

La División de Transmisión de STC, situada en Basildon, ha recibido pedidos muy importantes para el suministro de equipos de transmisión a la Organización de Telecomunicaciones de la República Arabe de Egipto (ARETO).

Estos pedidos, principalmente de equipos múltiplex y algún cable coaxial y accesorios, se instalarán en la red coaxial de telecomunicaciones del Bajo Egipto de ARETO.

STC ha sido durante muchos años un importante suministrador de equipos de transmisión a Egipto, y los equipos múltiplex pedidos funcionarán sobre sistemas de línea coaxial de 4 MHz suministrados anteriormente por STC.

Los equipos se utilizarán para modernizar y ampliar los servicios actuales al sustituir equipos que funcionan a válvulas suministrados hace muchos años, y triplicarán con exceso el número de canales de voz existentes.

Standard Telephones and Cables Limited, Reino Unido

### La red RITTER.

En el campo de La Courtine, bajo la presidencia del General Quatrebarbes, comandante del 4º distrito militar, acompañado por el General Lehn, jefe central de señales de Francia, se inauguró el día 13 de octubre de 1976, el último punto de unión importante de la red de transmisiones integradas de las Fuerzas de Tierra de Francia (red RITTER).

La red, que incluye numerosos enlaces basados en soportes hertzianos troposféricos y comunicaciones por radio ISB, está dotado con el equipo necesario para el funcionamiento, en sus diversas partes de unión, de 11 centros electrónicos de conmutación de datos (10 del sistema DS4\*-21 y uno del sistema DS3\*) y 11 centros electrónicos de conmutación (METACONTA\*-LP). Todos estos centros han sido suministrados e instalados por CGCT.

El centro de la Courtine ha sido el último de la red en inaugurarse, mientras que los demás han sido puestos en funcionamiento progresivamente desde 1973 a 1976.

Con la red RITTER, las Fuerzas de Tierra de Francia posee ahora una red de enlaces de una infraestructura altamente fiable y efectiva, capaz de cumplir todas las exigencias en cualquier circunstancia.

La red RITTER será posiblemente conectada, con el tiempo, a la moderna red de las fuerzas de maniobra, RITA, que se está construyendo.

Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques, Francia

\* Marca registrada del sistema ITT

## Nuevas realizaciones

### Un centro DS6 para la compañía mexicana de petróleo.

Tras un concurso internacional, CGCT acaba de obtener un pedido procedente de Petróleos Mexicanos (PEMEX) para el suministro de un centro electrónico de conmutación de mensajes y datos del tipo DS6\*-400 A Dúplex.

Este centro DS 6, que comprende 200 puntos de captura distribuidos a lo largo de todo el territorio mexicano, formará el corazón de la red privada de conmutación de mensajes y datos de PEMEX. Al mismo tiempo, ofrecerá un acceso automático a la red telex nacional e internacional, así como a los ordenadores de investigación y control, Burroughs y Control Data, de la Compañía.

En versión duplicada, este sistema comprenderá 200 líneas de baja velocidad (50 a 200Bd) y 16 líneas de velocidad media (600 a 4800Bd).

Además, este centro tendrá una memoria de masa de almacenaje (en disco) de 91 millones de bits y una unidad de cinta magnética.

Este centro se pondrá en servicio durante el verano de 1977.

Este importante pedido concreta, una vez más, los esfuerzos realizados por la División de Teleproceso de CGCT en el campo de la exportación.

Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques, Francia

### Aparato de prueba de miras nocturnas.

ITT Components Group Europe tiene un importante contrato con el Ministerio de Defensa británico para el suministro de aparatos de prueba para el mantenimiento de las miras de visión nocturna.

El contrato es para el equipo de prueba portátil ETS47A que es único porque puede permitir la comprobación completa de las miras nocturnas "in situ" y a pleno día.

ITT Components Group Europe, Reino Unido

\* Marca registrada del sistema ITT

### Doce centros DS6 para el ejército turco.

Tras un concurso internacional, el Ministro de Defensa turco acaba de firmar un contrato con CGCT relacionado con el suministro de 12 centros DS6\*-200 para las bases principales de sus fuerzas armadas.

Cada minicentro DS6-200 se equipará con 32 líneas de baja velocidad unidas por un lado a los terminales operacionales y por el otro lado al centro principal DS4\*.

Este nuevo pedido eleva a 26 el número de centros electrónicos de conmutación de mensajes que utilizan el procedimiento "ACP 127" (OTAN) vendidos por la División de Teleproceso de CGCT.

Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques, Francia

### Pantalla alfanumérica de diodos LED.

ITT Components Group Europe ha introducido una pantalla alfanumérica de diodos LED de 7 x 5 puntos, que presenta caracteres de 17 mm de altura y registros de desplazamiento con circuitos MOS monolíticos, para sistemas de accionamiento electrónico de alimentación en serie.

El brillo de la pantalla puede controlarse mediante una única tensión continua, y por medio de un reloj y una línea de datos puede controlarse cualquier número de pantallas.

Los dispositivos no necesitan resistencias de limitación independientes, y varios sistemas independientes pueden compartir un único codificador sin pérdida de brillo.

Los diodos pueden ser de luz roja o verde y la carga de la entrada de datos es aproximadamente equivalente a la carga de un circuito TTL normal. La tensión nominal de alimentación es de 5 V, y como los sistemas se alimentan con corriente continua no se producen elevadas corrientes de pico asociadas con el multiplexado.

Aplicaciones típicas se encuentran en indicadores de fallo, pantallas de información y equipos de prueba, indicadores de salas de control, cuadros señaladores, etc.

ITT Components Group Europe, Reino Unido

Para solicitar separatas de artículos publicados en este número e información sobre precios, se ruega escriban a:

P. Mornet  
Managing Editor, Electrical Communication  
18—20, rue Grange-Dame-Rose  
78140 - Vélizy-Villacoublay, France

Solamente pueden aceptarse pedidos por cantidades de al menos 100 separatas de cada artículo.