

# Comunicaciones Eléctricas

Edición española de ELECTRICAL COMMUNICATION

revista técnica publicada trimestralmente por

INTERNATIONAL TELEPHONE and TELEGRAPH CORPORATION

## RESUMEN

## VOLUMEN 48 (1973) NÚMERO 3

En este número .....	230
Centrales locales Metaconta L de capacidad media, por <i>J. P. Dartois</i> .....	233
Sistema Metaconta L — Red de conmutación de la central 10 R, por <i>J. J. Perrot y A. Régnier</i> .....	234
Descripción general de la versión 10 C del sistema de conmutación Metaconta interurbano y del diseño de su programación, por <i>J. Janssens</i> .....	256
Diez años de servicio de la central de prueba Stuttgart-Blumenstrasse, por <i>H. Oden y H. Schönemeyer</i> .....	266
Programas de ordenador para la resolución de problemas complejos de fiabilidad, por <i>G. Menicou y L. Van Os</i> .....	269
Análisis y evaluación de los teléfonos monedero existentes. Una aproximación a los nuevos conceptos de diseño, por <i>G. Zeidler</i> .....	279
Bloqueo continuo de agua en los cables de comunicación, por <i>S. G. Foord</i> .....	288
Empleo del aluminio en los cables de energía en Noruega, por <i>J. Normann Johnsen</i> .....	293
Receptor de comunicaciones de la serie CR 300 en la banda de 10 kHz a 30 MHz (BLU/BLI, BF/MF/AF), por <i>K. G. Berg y R. G. Jonsson</i> .....	303
Nueva generación de equipos para comunicaciones militares de campaña en HF y BLU, por <i>J. Lisimaque y J. L. Ribour</i> .....	309
Métodos de localización por síntesis con diagramas de radiación virtuales, por <i>K. Kohler</i> .....	319
Notas de investigación: Sistema de conversión óptima de potencia para satélites, por <i>Y. Robin-Jouan</i> .....	325
Los teléfonos en el mundo el 1 de Enero 1972 .....	327
Nuevas realizaciones .....	331



Editor principal: Pierre Mornet

Director en Español: J. A. Gómez García, Ramírez de Prado 5, Madrid — 7

## En este número

### Centrales locales Metaconta L de capacidad media

Las centrales locales de capacidad media, son un miembro de la familia de centrales Metaconta L, que es, a su vez, una versión del sistema de conmutación Metaconta ITT.

El campo de aplicación que abarcan es de aproximadamente 2.000—32.000 líneas, o una capacidad total de tráfico de 200 a 3.200 erlangs, con una capacidad máxima de tratamiento de alrededor de 60.000 intentos de llamada en hora cargada.

La red de conmutación es un sistema de mallas multi-etapa modular, con unidades independientes y con una red de señalización integrada; está construida en dos versiones de puntos de cruce, bien del tipo de relés de varilla ("reed") o bien del tipo miniconmutador (miniswitch).

Soluciones de nuevo diseño, junto con elevada normalización del equipo permiten lograr una alta flexibilidad y una buena calidad de servicio, además de ventajas específicas en los trabajos de ingeniería, instalación y ampliaciones.

### Sistema Metaconta L — Red de conmutación de la central 10R

En este artículo se describe en detalle la configuración de las centrales a 2 hilos Metaconta L tipo 10R, versión que utiliza contactos sellados para los puntos de cruce y control por programa almacenado.

- La central se divide en tres unidades de conmutación:
- Unidad de Selección de Línea (USL) que concentra el tráfico de las líneas de abonado;
  - Unidad de Selección de Enlaces (USE) que atiende los enlaces o circuitos de servicio;
  - Unidad de Selección Intermedia (USI) que conecta cada USE a todas las USL.

La USL consta de dos unidades de equipo normalizadas conectadas entre sí mediante cables enchufables. Mediante diferentes disposiciones de cableado se consiguen seis diagramas de concentración diferentes.

Otras dos unidades de equipo normalizadas se utilizan para construir las USE y las USI.

Estas cuatro unidades de equipo permiten construir centrales de cualquier tamaño para cualquier tráfico de líneas de abonado, mediante la distribución adecuada de los cables de conexión. El tráfico por línea puede variar entre 0,08 y 0,5 erlangs (2,9 a 18 ccs) llegándose a una capacidad máxima de 64.000 líneas y 6.400 erlangs.

La ampliación puede realizarse en pequeños pasos de 1024 líneas de abonado o bien de 384 terminales para enlaces.

Las unidades de equipo se diseñaron teniendo en consideración la capacidad de tráfico, la búsqueda de caminos y un proceso de ampliación sencillo tanto en equipo como en programación.

El algoritmo de búsqueda de camino, debido a la alta normalización de equipo, es el mismo para todos los tamaños de centrales y no cambia durante la vida de la central, ni siquiera durante los procesos de ampliación.

La interconexión de los equipos de USL, USE y USI se realiza mediante cables de 16 pares en repartidores intermedios. El diseño se realizó de forma que puede prescindirse de cualquier tipo de conectores.

El pequeño número de unidades de equipo diferentes y la sencillez de las reglas de cableado permiten realizar el trabajo de ingeniería mediante ordenador.

La versión 10R del sistema Metaconta L constituye un equipo normalizado, compacto y flexible que facilita su aplicación en un campo que presenta una gran variedad de condiciones de operación.

### Descripción general de la versión 10C del sistema de conmutación Metaconta interurbano y del diseño de su programación

La central interurbana electrónica Metaconta tipo 10C es del tipo de control centralizado por programas almacenado en memoria, que utiliza relés Herkon tipo "reed".

Se realiza el control mediante procesadores ITT 3200 en número de hasta 6, operando con memorias conmutables.

Se suministra un procesador por razones de fiabilidad y el resto se dimensiona, en función de la carga de tráfico a tratar.

Por ello se le denomina sistema N + 1.

Debido a la conmutabilidad por programa de los bloques de memoria y que algunos de ellos poseen un contenido idéntico, el sistema posee siempre un cierto número de bloques de memoria disponibles para la reconfiguración, lo que garantiza una elevada fiabilidad.

La programación utiliza el principio de reparto de la carga-funciones, lo que garantiza que los diferentes procesadores se encuentran en un instante dado ejecutando diferentes módulos de programa, lo que asimismo asegura a la programación una alta fiabilidad.

En el presente año se pondrán en servicio dos centrales, una en Bélgica y otra en Australia y en el curso de 1974 muchas otras en Bélgica, Australia y Yugoslavia.

### Diez años de servicio de la central de prueba Stuttgart-Blumenstrasse

La central de prueba de Stuttgart, desarrollada por SEL y diseñada bajo el principio HE-60, fue puesta en servicio en julio de 1963. Diez años de éxito en su funcionamiento en la red telefónica internacional justifican una visión retrospectiva.

El objetivo de la central de prueba fue dar respuesta a la cuestión planteada en aquel entonces de cómo utilizar en mejor forma los avances tecnológicos — especialmente en electrónica — para la conmutación telefónica y si la posible solución cumpliría los requerimientos de servicio real. Después de un período de operación de diez años, que corresponde a más de un tercio de la vida de un equipo de conmutación, se ha llegado a la siguiente conclusión: los resultados positivos obtenidos en esta instalación confirman la validez de la solución técnica elegida (solución que incluye el uso de una combinación de circuitos electrónicos con contactos sellados, red de conmutación en la que la búsqueda de caminos se realiza bajo el principio de selección condicional, auto-supervisión de cada establecimiento de conexión, etc.), así como la conveniencia de las características de servicio realizadas (tales como discado abreviado, selección con teclado y transferencia automática de las líneas de abonado a los servicios de interceptación y ausencia) y las características de servicio del sistema (por ejemplo, rutas alternativas en la red local, asignación libre de números de abonado, etc.). La experiencia también ha demostrado la alta seguridad de servicio que se puede garantizar por largos períodos de tiempo.

La central de prueba ha servido como un instrumento de decisión valioso a la Administración y la Industria en la selección de conceptos técnicos para futuros sistemas de conmutación, y ha tenido un impacto considerable en el diseño tecnológico de sistemas modernos de conmutación telefónica.

### Programas de ordenador para la resolución de problemas complejos de fiabilidad

Desde hace muchos años ITT viene prestando cada vez mayor atención a la fiabilidad de los complejos equipos y sistemas que lanza al mercado. Por otra parte los usuarios exigen una mayor fiabilidad de los equipos, particularmente en aquellos casos en que la reparación puede resultar difícil o el tiempo de parada puede dar lugar a una pérdida considerable de ingresos como por ejemplo en los sistemas de cables submarinos.

Aunque existe una teoría matemática de la fiabilidad, los cálculos manuales resultan largos y costosos por lo que ITT ha desarrollado un conjunto de programas para ordenador mediante los cuales pueden resolverse rápidamente estos problemas desde las etapas iniciales del diseño del producto. Asimismo, pueden utilizarse durante las fases de desarrollo con el fin de verificar si se han abierto los objetivos establecidos al comienzo.

Las estimaciones de fiabilidad se basan en datos sobre la mayoría de los componentes electrónicos; estos datos, relativos a

tasas de fallos son el resultado de minuciosas pruebas y análisis y se almacenan en un banco de datos que puede actualizarse siempre que se disponga de nuevos resultados.

En su forma presente el programa consta de un programa director y de 12 subrutinas que proporcionan las estimaciones de fiabilidad a nivel de módulo y de sistema para sistemas con y sin reparaciones.

## **Análisis y evaluación de los teléfonos monedero existentes.**

### **Una aproximación a los nuevos conceptos de diseño**

A medida que aumenta el tráfico telefónico de cualquier país, aumenta también la demanda de teléfonos monedero. Este tipo de teléfonos existe en muchos países; sin embargo, en parte, sus posibilidades son limitadas y, en parte, ya no resultan económicos.

Como consecuencia, existe una demanda considerable de teléfonos monedero de nuevo diseño. El objetivo que perseguimos con este artículo es el de establecer un concepto adecuado para ellos.

Para conseguirlo, se analizan los teléfonos monedero existentes y se realiza una comparación crítica. El propósito de esta comparación es el de establecer sus características ventajosas y detectar sus puntos débiles.

La comparación incluye los teléfonos monedero de la mayoría de los países europeos, así como de Estados Unidos, Australia y Japón.

## **Bloqueo continuo de agua en los cables de comunicación**

Durante muchos años el diseño de cables de comunicación y control para baja frecuencia se mantuvo estático, aislándose los conductores individuales con papel o tejido, trenzándolos para formar unidades múltiples y protegiendo el conjunto con una cubierta de plomo extruído. En los últimos 20 años, aproximadamente, se han introducido, sin embargo, varios cambios importantes en el diseño, principalmente el empleo de aislamientos de plástico, la sustitución de las cubiertas de plomo por plástico o una lámina de chapa metálica con plástico, y la sustitución de los conductores de cobre por aluminio. Estos cables se instalan frecuentemente en medios húmedos y, en caso de sufrir la cubierta algún desperfecto, puede penetrar el agua dentro del cable hasta distancias considerables. Los últimos diseños incorporan un relleno o material que bloquea el paso del agua a fin de evitar aquello, siendo los compuestos más corrientes vaselinas especiales.

Al extender la aplicación del principio del bloqueo del paso del agua a una gama de cables más amplia, resulta más difícil cumplir la especificación de características necesarias del relleno, especialmente por lo que respecta a su comportamiento a temperaturas altas y bajas. Se ha utilizado mucho el petrolato como relleno, pero presenta ciertas desventajas. Otros materiales de relleno más recientes prometen unos resultados mucho mejores con relación a los que se emplean actualmente.

## **Empleo del aluminio en los cables de energía en Noruega**

Durante los últimos diez años el aluminio se ha venido utilizando cada vez más como metal conductor y como material de revestimiento en los cables de energía de alta y muy alta tensión. El cambio del cobre al aluminio como conductor, debido al elevado precio de aquél, ha sido posible gracias al desarrollo de eficaces técnicas de empalme para el aluminio. Además, se han creado máquinas destinadas a la extrusión de la cubierta de aluminio directamente sobre el cable.

La mayor flexibilidad del aluminio en comparación con la del cobre puede ser una ventaja considerable en el diseño del conductor. El aluminio presenta, además, con respecto al plomo

numerosas ventajas de importancia para su empleo en cubiertas. En particular, su mayor resistencia mecánica permite usar cubiertas de menor espesor y su menor densidad facilita considerablemente la manipulación de los cables. La corrosión de la cubierta de aluminio puede evitarse mediante otra cubierta exterior resistente de plástico extruído.

En el diseño económico de un cable las pérdidas son más importantes de lo que generalmente se cree. La cuidadosa consideración de estas pérdidas en forma de un valor capitalizado equivalente ha permitido a STK racionalizar su serie normalizada de cables enterrados con conductores de aluminio. La nueva serie aceptada por los organismos noruegos de electricidad comprende 5 calibres de conductores de secciones 50, 95, 150, 240 y 400 milímetros cuadrados.

La experiencia de servicio de cables rellenos de aceite con conductores y cubiertas de aluminio no ha dado ninguna avería atribuible al empleo del aluminio.

## **Receptor de comunicaciones de la serie CR 300 en la banda de 10 kHz a 30 MHz (BLU/BLI, BF/MF/AF)**

El equipo CR 300 es un receptor para uso general que trabaja en la banda de frecuencias de 10 kHz a 30 MHz y puede clasificarse como un receptor de "alta calidad" y bajo precio para trabajar de punto a punto o como equipo móvil. Se ha diseñado para satisfacer la demanda presente y futura, para control remoto total, o funcionamiento automático, en sistemas de comunicaciones por radio controlados mediante ordenador.

El desarrollo del receptor CR 300 comenzó en 1969 y las primeras series de receptores se entregaron al cliente en 1971.

El artículo se ha subdividido en cinco partes principales:

- Introducción.
- Una parte orientada hacia el mercado en la que se establece la relación entre los requisitos operacionales y la instalación (clientes).
- Una revisión de los conceptos modernos utilizados en el diseño de receptores, con énfasis en los empleados en el receptor CR 300.
- Fundamento y programa del desarrollo del CR 300.
- Presentación del diagrama de bloques del receptor CR 300, detalles del circuito de especial interés y una comparación de los parámetros clave de la especificación en relación con la tendencia futura en el diseño de receptores.

## **Nueva generación de equipos para comunicaciones militares de campaña en HF y BLU**

Basados en los recientes progresos en la tecnología de semiconductores, se ha diseñado una nueva familia de equipos de BLU para proveer a las modernas fuerzas de combate con sistemas de comunicaciones de HF de corto y medio alcance, en aquellos casos en que esté operacionalmente limitado el uso de equipos de UHF.

Esta familia comprende equipos para transportar a hombros, para uso en vehículos y para estaciones, con potencias de salida que van desde 15 a 400 vatios, cubriendo un margen de frecuencias de 1,5 a 30 MHz.

Todas las versiones comprenden un sintetizador de frecuencia controlado digitalmente, que utiliza circuitos integrados y está gobernado por un oscilador de referencia de alta estabilidad. La separación entre canales puede ser de 1 kHz o de 100 Hz.

En transmisión se utilizan amplificadores lineales de estado sólido hasta una potencia de cresta de 400 vatios. Todas las versiones están ampliamente divididas en pequeñas tarjetas de circuito impreso que se enchufan en subensambles principales removibles, lo que permite un mantenimiento muy simple en dos etapas (subensamble o tarjeta).

Esta familia de equipos de BLU se completa con un equipo auxiliar formado por baterías recargables, cargadores, generadores de mano, sistemas de antenas y equipo de transporte y montaje adecuado para diferentes usos.

## En este número

Los equipos portátiles cumplen las especificaciones de la NATO para la generación de equipos de 1970—1975.

Se ha obtenido un compromiso óptimo calidad-precio mediante construcción modular, diseño mecánico sencillo, bajo coste de herramienta y uso extensivo de componentes homologados para usos militares y disponibles en el comercio.

### Métodos de localización por síntesis con diagramas de radiación virtuales

El diagrama de radiación correspondiente a un grupo de antenas transmisoras se puede conseguir por síntesis utilizando lo que vamos a llamar "diagramas virtuales de radiación" que producen el mismo efecto en los sistemas de detección de dirección que el diagrama normal de radiación. Los diagramas virtuales

no existen en el sentido físico, difieren de los diagramas reales en que son mucho más flexibles y se pueden realizar de forma mucho más sencilla mediante los modernos métodos de proceso de datos. Su ventaja particular resulta del hecho de que un número no limitado de receptores, igualmente equipados, sintonizados a una estación transmisora común, pueden simultánea e independientemente, producir una multiplicidad de diagramas virtuales de radiación diferentes: por lo tanto, se pueden procesar independientemente un gran número de procedimientos de localización. La facilidad y simplicidad con que se puede cambiar el diagrama virtual de radiación y, por tanto, los procedimientos de localización, facilita la optimización rápida en las situaciones de interferencias. Esto abre la posibilidad de un "receptor pensante" que mediante una optimización automática de la situación operacional predominante, minimice los errores en la detección de dirección.

# Centrales locales Metaconta L de capacidad media

Las centrales locales de capacidad media Metaconta L constituyen la primera aplicación del sistema. Constan de una red de conmutación constituida bien con relés sellados "reed" o bien con miniconmutadores ITT y controlada por una unidad central basada en el ordenador ITT 1600.

Sus principales características son un gran número de facilidades de administración y abonado, elevada fiabilidad y flexibilidad.

J. P. DARTOIS

Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques, París, Francia

## Introducción

El Metaconta L es una versión del sistema de conmutación Metaconta ITT, descrito en un número anterior de esta publicación [1].

En esta versión se combinan control centralizado por programa almacenado y red de conmutación con puntos de cruce constituidos bien por relés de varilla ("reed") o bien del tipo miniconmutador ITT (mini-switch). Abarca una serie completa de tipos de central, desde pequeños concentradores y centrales satélites hasta grandes centrales locales o interurbanas, usándose una misma técnica en todas ellas.

El objeto de este artículo es describir en mayor detalle la aplicación del Metaconta L a centrales locales de mediana capacidad.

La figura 1 representa el diagrama general del

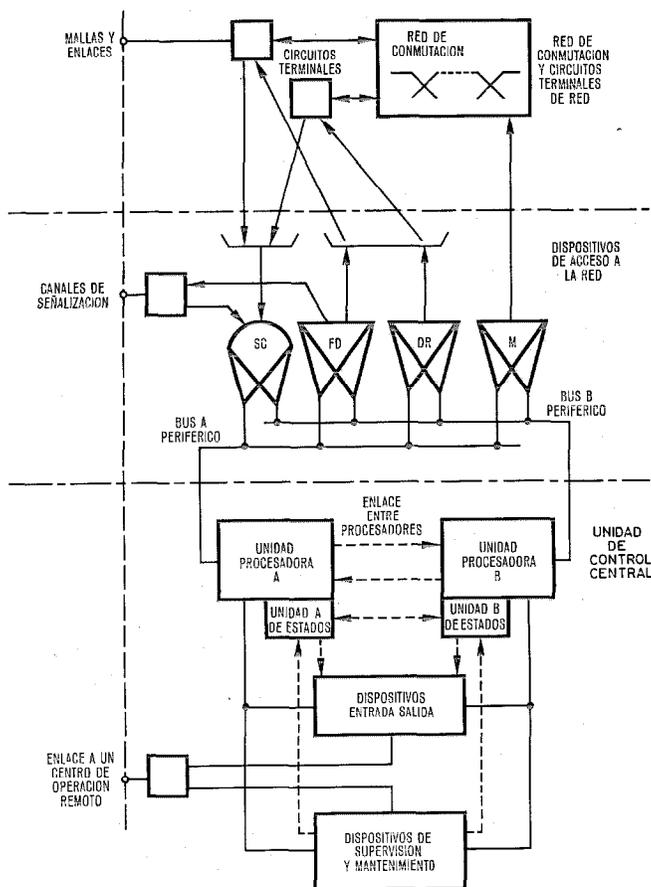


Fig. 1 Esquema de bloques del Metaconta L representando la red de conmutación y los circuitos terminales de red, los dispositivos de acceso a la red y la unidad de control central.

SC - Exploradores  
FD - Distribuidores rápidos  
DR - Distribuidores lentos  
M - Marcadores

Metaconta L mostrando la red de conmutación, los circuitos terminales de red, los dispositivos de acceso a la red y la unidad de control central.

La figura 2 representa el diagrama correspondiente para centrales locales de mediana capacidad. De todas las partes representadas sólo se describe en detalle la red de conmutación, que constituye la parte más específica de las centrales consideradas.

## Margen de aplicación

El límite total de la central se obtiene como una combinación de límites parciales, en la forma que sigue:

- para la red de conmutación  
número máximo de líneas: 32.000  
tráfico total máximo: 3.200 erlangs
  - para la unidad de control  
número máximo de intentos de llamada en hora cargada: alrededor de 60.000, dependiendo de la cantidad de facilidades que se ofrezcan, del tipo y número de sistemas de señalización a tratar, etc.
- En la tabla 1 se dan algunos tamaños típicos de central.

## Red de conmutación

### Puntos de cruce

Con objeto de satisfacer preferencias específicas de los clientes, se ofrecen dos versiones de las centrales Metaconta L, las cuales sólo se diferencian, en esencia, por la naturaleza de los puntos de cruce empleados.

### Version con relés "reed"

En la versión con relés "reed" del Metaconta L, la red de conmutación está formada por matrices "reed" con retención magnética (Fig. 3).

Estos puntos de cruce y sus características de funcionamiento han sido objeto de dos publicaciones [2], [3].

Se usan diversos tipos de unidades enchufables:

a) En la etapa de conmutación de abonado, las unidades enchufables comprenden 96 puntos de cruce a 2 hilos agrupados en 4 matrices de 4 entradas y (4 + 2) salidas cada una. Las 2 salidas restantes sirven para alimentar los circuitos de línea de abonado en las condiciones de libre u ocupado. Una salida puede acomodar 16 abonados e incluye dispositivos electrónicos para detectar los estados de la línea de abonado.

Para el caso de bajo tráfico por línea se ha diseña-

## Centrales locales Metaconta L de capacidad media

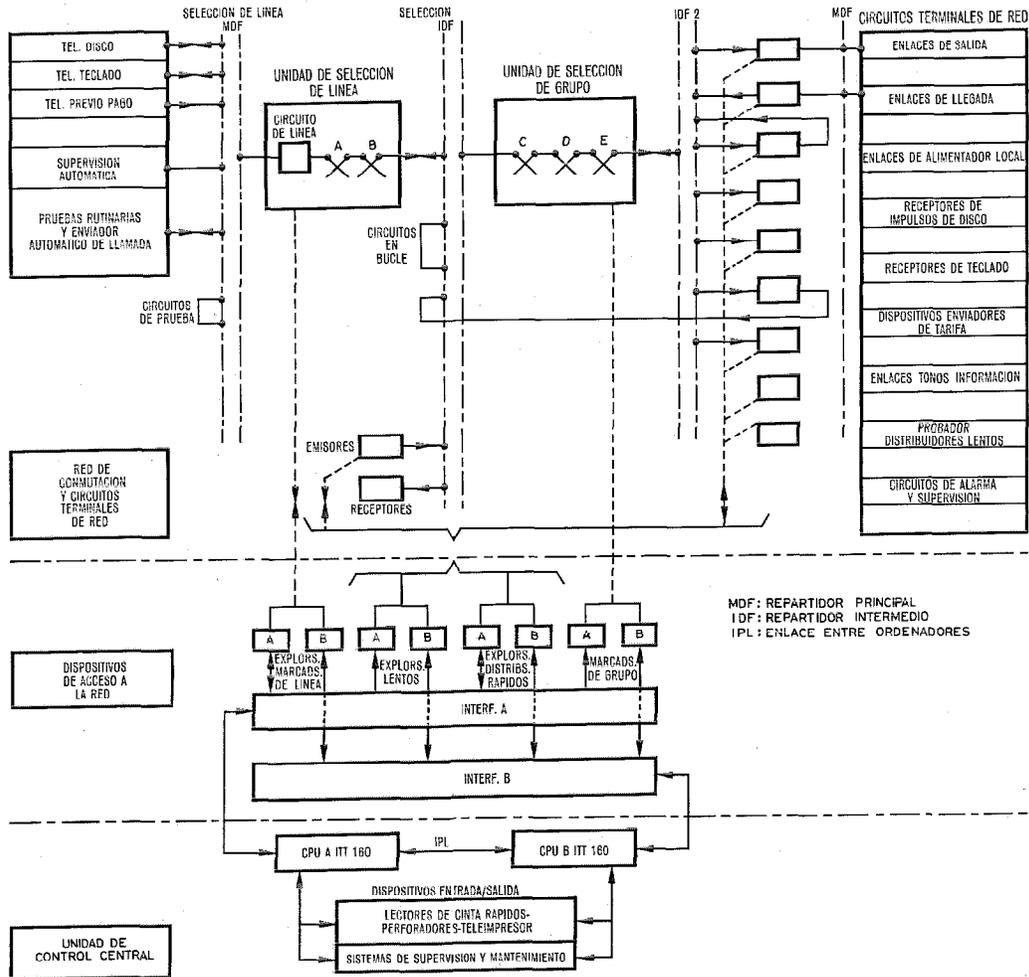


Fig. 2 MCL Centrales locales medianas. Diagrama de bloques del sistema.

do una configuración especial y aparece bajo la forma de un conmutador  $16 \times (8 + 2)$  con accesibilidad de 4.

b) En todas las restantes etapas de conmutación, las unidades enchufables comprenden 128 puntos de cruce a 2 hilos, que se pueden agrupar de 3 formas diferentes:

- cuatro matrices de  $8 \times 4$  puntos de cruce a 2 hilos,
- dos matrices de  $8 \times 8$  puntos de cruce a 2 hilos,
- una matriz de  $16 \times 8$  puntos de cruce a 2 hilos.

### Versión con "miniswitch"

En la versión con miniconmutadores la red de conmutación está formada por el miniconmutador ITT (Fig. 4), compuesto de puntos de cruce con retención

mecánica [4], [5]. El "miniswitch" constituye en sí mismo una unidad enchufable.

En la etapa de abonado y dependiendo del tráfico por línea se pueden formar:

- bien una matriz de  $16 \times (8 + 2)$  puntos de cruce a 2 hilos, para tráficos por línea por debajo de 0,16 erlands,
- bien dos matrices de  $8 \times (8 + 2)$  puntos de cruce a 2 hilos para mayores tráficos por línea.

En todas las restantes etapas de conmutación se usan matrices de  $16 \times 16$  puntos de cruce a 2 hilos.

### Estructura

La red de conmutación es un sistema de mallas modular multitapa del tipo "no plegado" en el que

Tabla 1

Número de líneas	Tráfico medio por línea (erlangs)	Tráfico de tránsito adicional (erlangs)	Duración media de la llamada (segundos)	Número de intentos de llamada en hora cargada	Cantidad de facilidades de abonado y complejidad de las interconexiones
30.000	0,08	0	150	57.600	Normal
20.000	0,12	100	150	60.000	Baja
10.000	0,14	100	100	54.000	Significativa

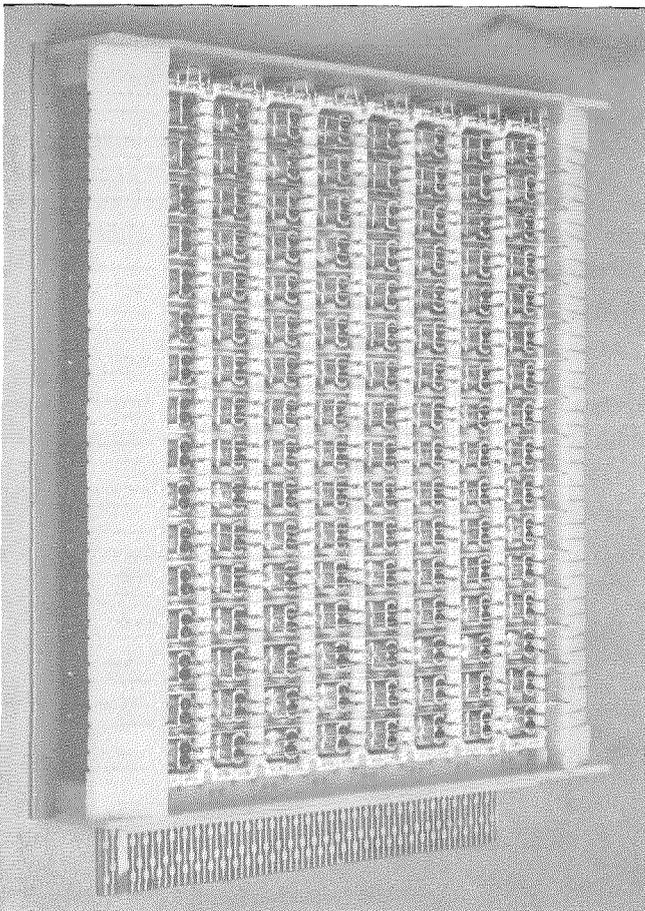


Fig. 3 Vista de la matriz de 16x2 puntos de cruce a 2 hilos de relé de varilla (reed).

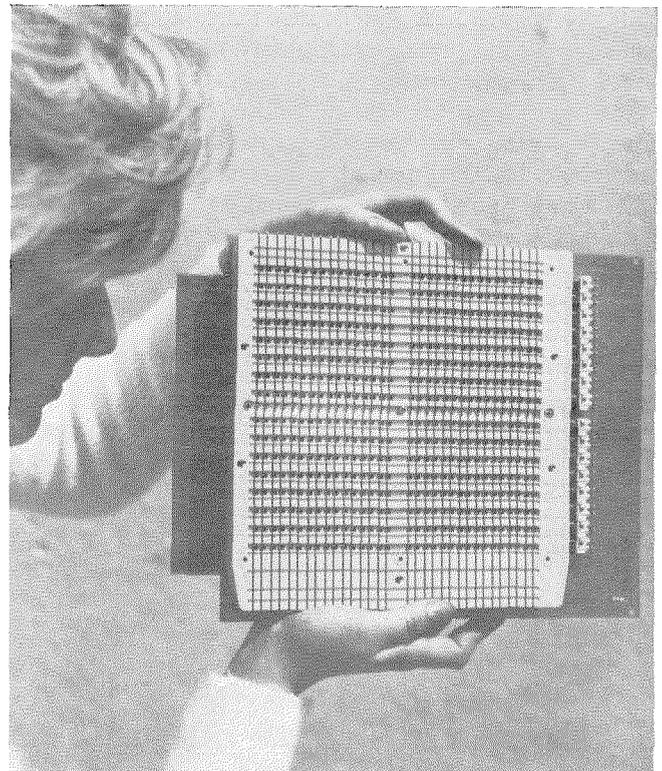


Fig. 4 Vista del cuadro Miniswitch ITT que agrupa 16x16 puntos de cruce a 2 hilos. Este cuadro se emplea en todas las etapas de conmutación de la red 11 A excepto en la de conexión de abonado.

las llamadas se establecen de acuerdo con un principio de selección condicional extremo a extremo. No existe una red de señalización separada y los puntos de cruce se usan para la transmisión equilibrada de voz y señalización. La red de conversación está representada por un mapa en memoria de la unidad de control central, evitando de este modo el uso de un tercer hilo para la retención eléctrica de las conexiones o para la prueba de los estados de los elementos de conmutación.

Las unidades que componen la red de conmutación se dividen en dos tipos, de acuerdo con su función:

— las Unidades de Selección de Línea (USL) que realizan la concentración o expansión del tráfico proce-

dente de o dirigido hacia los abonados de la central. El número de etapas de conmutación de USL es de 2 en la red miniswitch y 3 en la red a relés; — las Unidades de Selección de Grupo (USG) que realizan la mezcla de los diversos flujos de tráfico. El número de etapas de conmutación de USG es de 3 en la red miniswitch y 4 en la red a relés.

A estas unidades se conectan diversos circuitos terminales, por ejemplo, líneas de abonado, líneas de centralita, líneas de previo pago, enlaces de llegada y salida, emisores, receptores, alimentadores locales y enlaces misceláneos.

La red de conmutación en sí misma (sin considerar la limitación debida a la unidad de control) abarca el margen desde alrededor de 200 erlangs hasta 3200 erlangs. Este margen está dividido en un cierto número de saltos básicos, cada uno de los cuales caracteriza una configuración standard de red, con un equipo de USG determinado y una distribución de mallas entre

Tabla 2 - Miniswitch: Configuraciones típicas

Número de configuración	Margen de aplicación (erlangs)	Equipo de USG correspondiente	Número de líneas para	
			0,1 erl/línea	0,16 erl/línea
1	0 — 250	1/4 USG	2.000	1.500
2	250 — 450	1/2 USG	4.000	2.800
3	450 — 650	3/4 USG	6.000	4.000
4	650 — 850	1 USG	8.000	5.300
5	850 — 1.200	1 1/2 USG	12.000	7.500
6	1.200 — 1.600	2 USG	16.000	10.000
7	1.600 — 2.400	3 USG	24.000	15.000
8	2.400 — 3.200	4 USG	32.000	20.000

## Centrales locales Metaconta L de capacidad media

USL y USG también determinada. En la tabla 2 aparecen las 8 configuraciones standard consideradas para la red a miniconmutadores.

La figura 5 representa, en las dos versiones de relés "reed" y miniswitch un diagrama de red para una central de 10.000 líneas con un tráfico por línea de 0,14 erlangs y un tráfico adicional de tránsito de 100 erlangs. Obsérvese que cualquier otra distribución de tráficos locales, de llegada, de salida y de tránsito es también posible dentro de la misma estructura.

### Unidades normales

Un conjunto de la red de conmutación está formado por un número pequeño de unidades normales

de selección de línea y selección de grupo, tanto para las redes miniswitch como a relés "reed". Las figuras 6 y 7 representan, a título de ejemplo, las unidades usadas en la versión miniconmutador.

La figura 6 representa las 4 unidades de selección de línea básicas, lo que permite abarcar el margen completo de tráficos por línea. Cada USL está caracterizada por una relación de concentración determinada  $\left(\frac{\text{número de entradas}}{\text{número de salidas}}\right)$ .

Para cada tipo de USL, los tráficos por línea se han elegido de tal forma que las cargas por USL y por salida de USL se limitan a valores límites iguales para todas las USL. Es posible refinar más la adaptación al

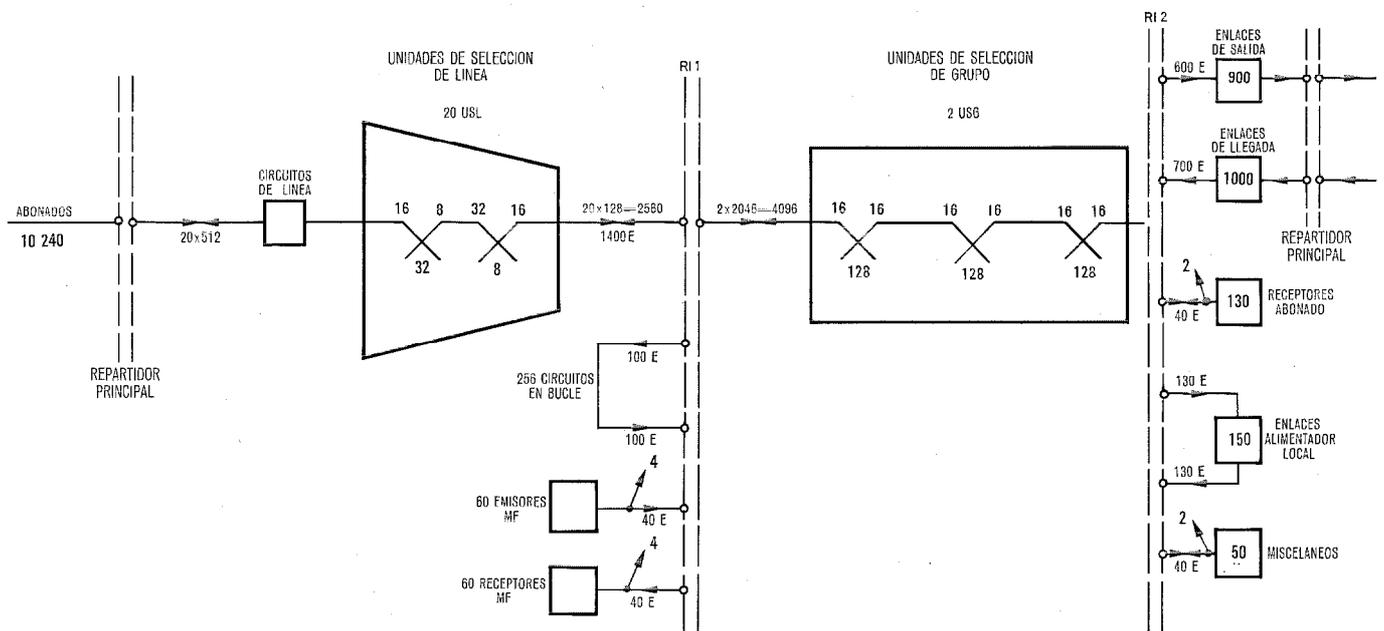


Fig. 5a Diagrama de red de una central local de tamaño medio con 10.000 líneas de 0,14 erlang por línea y un tráfico adicional en tránsito de 100 erlangs (versión miniconmutadores).

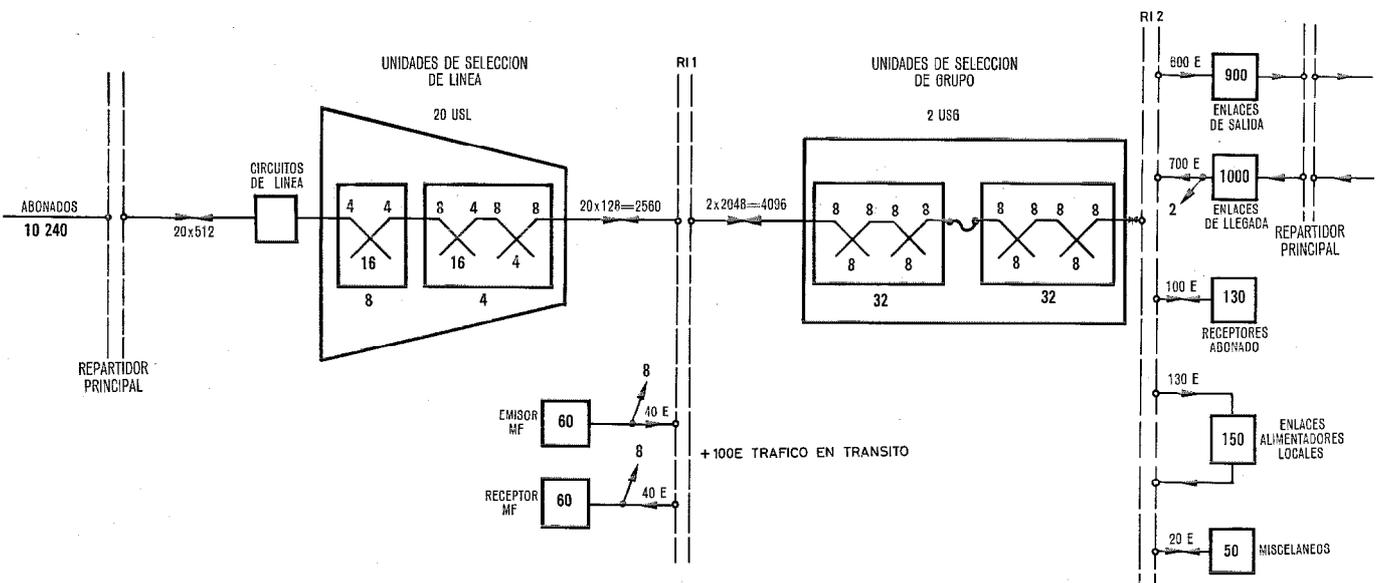


Fig. 5b Diagrama de red de una central local de capacidad mediana con 10.000 líneas a 0,14 erlang/línea y un tráfico adicional en tránsito de 100 erlangs (versión reed).

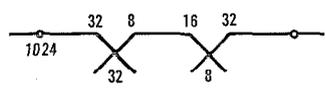
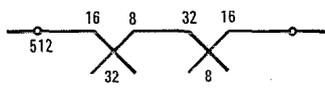
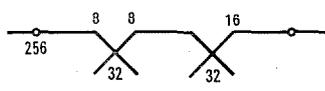
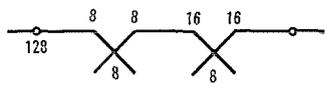
GEOMETRIA USL (REPRESENTACION SIMBOLICA)	MAX. TRAFICO/LINEA = ERLANG	RELACION DE CONCENTRACION
	$\alpha \leq 0,08$	8
	$\alpha \leq 0,16$	4
	$\alpha \leq 0,32$	2
	$\alpha \leq 0,64$	1

Fig. 6 Unidades de selección de línea standard (versión miniswitch).

valor del tráfico por línea disminuyendo el número de salidas de USL conectadas físicamente a entradas de USG y aumentando así la relación de concentración de USL. Para cursar, por ejemplo, un tráfico medio por línea de 0,12 erlang, puede usarse una USL con 512 entradas y sólo 96 salidas utilizadas (relación de concentración resultante = 5,33; carga máxima por salida de USL todavía constante e igual a 0,64 erlang).

La figura 7 representa la familia de USG, que está formada con un bloque de conmutación básico de 3 etapas. La unión entre las etapas D y E se realiza por medio de 16 cables de pares enchufables, sin usar repartidor. La flexibilidad de cableado que así resulta permite ensamblar varios bloques juntos, para constituir la familia de USG.

Interconexión y características relacionadas

El aspecto más importante a considerar en el diseño de la red de conmutación es la definición de interconexiones adecuadas tanto dentro de las unidades standard de selección de línea y grupo como entre estas unidades (al nivel de los repartidores intermedios primeros — ver figura 5), o para la conexión de los circuitos terminales de red (al nivel de los repartidores intermedios primeros o segundos). Esta definición tiene una influencia directa en:

- la estructura de repartidores intermedios y la posibilidad de llevar a cabo ampliaciones fácilmente;
- las características de la red para cursar tráfico;
- la eficiencia del control de la red por parte de la unidad de control central.

Se han encontrado soluciones, [6] y [7], que han ayudado enormemente a alcanzar las características y propiedades descritas a continuación.

Estructura de los repartidores intermedios

Según se indicó anteriormente, cada configuración típica de red está caracterizada por una disposición determinada de interconexión entre USL y USG. La

distribución de mallas correspondiente se realiza a través del repartidor intermedio, o en dos etapas separadas:

- una macro-distribución, realizada al nivel de los cables que conectan las unidades al repartidor intermedio. El uso de cables enchufables normales permite, reasignando cables, cambiar fácilmente de una disposición de conexionado a otra, con lo que se simplifican considerablemente las ampliaciones de centrales;
- una micro-distribución, realizada por medio de puentes dentro del repartidor intermedio. Esta distribución es fija y modular, es decir, sólo existe un tipo de módulo, que se usa para los repartidores intermedios 1 y 2, y que abarca todas las aplicaciones de la central. Los módulos se cablean en fábrica y se instalan de una vez para siempre en la central.

Esta estructura de los repartidores intermedios hace posible el realizar ampliaciones de la central por medio de reasignaciones de cables solamente. De hecho, muchas ampliaciones pueden realizarse sin ninguna modificación del cableado existente, simplemente por instalación progresiva y conectando nuevas USL y nuevos enlaces según las necesidades. Para las ampliaciones que necesitan cambiar de una configuración típica a otra durante la vida de la central, la correspondiente reasignación de cables se reduce a un mínimo, debido a que:

- sólo está implicada una familia de cables (la que conecta las entradas y salidas de USG a los repartidores intermedios);
- dentro de estas familias, siempre existe un porcentaje de cables que no hay que tocar.

De esta forma las ampliaciones pueden realizarse con una perturbación mínima sobre el tráfico cursado y la calidad del servicio.

Grado de servicio

Todos los tipos de conexiones dentro de la red se establecen con accesibilidad total a todos los grupos de enlaces y congestión interna despreciable (menor que

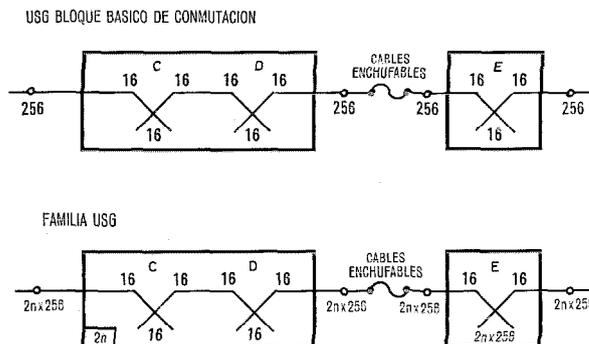


Fig. 7 Unidades de selección de grupo standard (versión miniswitch).

- $n = 1 \rightarrow \frac{1}{4}$  USG
- $n = 2 \rightarrow \frac{1}{2}$  USG
- $n = 3 \rightarrow \frac{3}{4}$  USG
- $n = 4 \rightarrow 1$  USG

## Centrales locales Metaconta L de capacidad media

0,5 % para conexiones punto a punto y menor que 0,1 % para conexiones de un punto a dos puntos).

Además, la red de conmutación ofrece una resistencia excelente a sobrecargas de tráfico. En caso de un 20 % de sobrecarga, los valores de la congestión interna citados, pasan a ser menores que 1 % y 0,2 %, respectivamente.

### Control

En lo que respecta al tratamiento y supervisión de la red por parte de la unidad de control central, existen varios elementos que contribuyen a lograr una gran simplicidad, entre los que figuran:

- Uso de matrices de conmutación con unos números de entradas y salidas que son potencias de 2, y agrupamiento de estas matrices también en potencias de 2 dentro de las etapas de conmutación.
- Simplicidad y regularidad de las diferentes distribuciones de mallas, lo que permite una búsqueda de camino muy sencilla y rápida en la memoria.
- Homogeneidad en el tratamiento de los diversos flujos de tráfico. La red es tal que cada uno de sus puntos de cruce puede usarse para cursar varios tipos de comunicaciones (local, entrante, saliente, etc.). Además, la red de señalización no es diferente de la red de conversación y no se necesita por lo tanto ningún tratamiento de señalización dentro de la red de conmutación.

### Circuitos Terminales de Red (CTR)

Estos circuitos pueden dividirse en dos categorías:

- Circuitos que conectan las entradas y salidas de la red de conmutación con la red externa de líneas de abonados o de enlaces con otras centrales.

En esta categoría se encuentran los circuitos de línea de abonado y los enlaces de llegada, salida y bidireccionales.

- Circuitos auxiliares o de servicio, que sólo se conectan a la red de conmutación. Existe una amplia variedad de tales circuitos entre los cuales figuran los emisores, receptores, enlaces de tono, circuitos de señales habladas, circuitos de operadora, circuitos de bucle y alimentadores locales.

Los circuitos terminales de red se han simplificado todo lo posible, al transferir todas las funciones complejas lógicas y de control a la unidad de control central. Estos circuitos han sido especializados, de forma tal que las diversas funciones necesarias en una llamada son realizadas por diversos circuitos que actúan cada uno a su debido tiempo durante el establecimiento de la llamada. Se han mantenido estas dos opciones al objeto de minimizar la circuitería y aumentar, en consecuencia, la fiabilidad y disminuir el consumo de energía.

La normalización ha recibido aquí también considerable atención, especialmente en los dos aspectos siguientes:

- Fabricación normalizada de las tarjetas de circuito impreso, combinada con un alambrado normalizado de los paneles posteriores de los cuadros. Esto per-

mite el cambio, en la mayoría de los casos, de un tipo de CTR a otro intercambiando solamente las correspondientes unidades enchufables y poniendo al día la memoria en la unidad de control central.

- Procedimientos directos para agrupar los CTR dentro de los cuadros de CTR, direccionándolos y conectándolos a la red de conversación. Estos procedimientos, conservando buena flexibilidad, permiten reducciones en las necesidades de memoria, y en los esfuerzos de ingeniería e instalación.

### Dispositivos de Acceso a la Red (DAR)

En las centrales locales de capacidad media, los dispositivos de acceso a la red son los siguientes (ver figura 2):

- un explorador marcador de línea, que controla hasta 8 USL del tipo representando en la figura 5, incluyendo los circuitos de línea. Se ha dado una descripción detallada de este dispositivo en la ref. [8];
- un marcador de grupo, que controla una unidad de selección de grupo completa (2.048 entradas y 2.048 salidas);
- un distribuidor lento que controla un máximo de 512 CTR, aparte de los circuitos de línea;
- un explorador distribuidor rápido para los CTR de la central (excepto los circuitos de línea). Se encuentra una descripción detallada de este dispositivo en la ref. [9].

Se ha alcanzado un alto grado de seguridad, tanto en el aspecto de la fiabilidad como en el aspecto de cursar tráfico. Para minimizar los efectos de posibles fallos simultáneos en cada parte de un DAR duplicado se ha introducido una organización jerárquica siempre que se ha necesitado. Por ejemplo, el explorador distribuidor rápido se organiza como sigue:

- existe una parte centralizada reducida que controla hasta 16 partes modulares;
- cada parte modular controla un máximo de 512 CTR, a través de hasta 6 partes terminales;
- y cada parte terminal controla directamente un máximo de 10 grupos de 16 CTR.

En consecuencia, dos averías simultáneas en la misma parte de un explorador distribuidor rápido ocurren con una probabilidad muy baja y, en la mayoría de los casos, afectan sólo a un número reducido de enlaces.

### Unidad de Control Central (Fig. 8)

La organización y los principios de funcionamiento de la unidad de control central (UCC) son los mismos para todas las centrales Metaconta L y han sido descritos en [1] y [10].

La principal peculiaridad en las centrales locales de mediana capacidad la constituye la elección de los diferentes módulos. Esta elección se ha hecho con vistas a abarcar el margen de aplicación deseado con un máximo de eficiencia y un coste optimizado. Afecta principalmente a los ordenadores, memorias y equipos de entrada-salida.

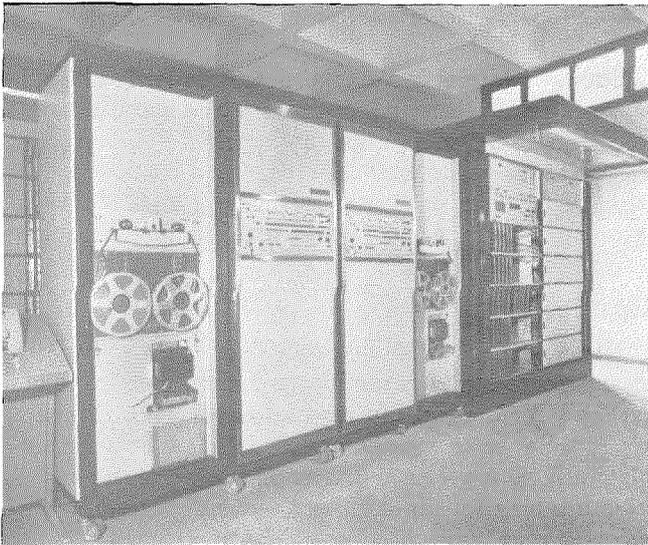


Fig. 8 Vista (de izquierda a derecha) de los equipos periféricos duplicados, cuadros principales y bloques de memoria del ordenador ITT 1600 y los dispositivos de supervisión y mantenimiento.

### Módulos del ordenador

#### Ordenador ITT 1600

El ITT 1600 es un ordenador digital de alta velocidad de tercera generación, realizado con circuitos integrados y diseñado para el control centralizado de centrales telefónicas. Además de un juego completo de instrucciones de aplicación general para tratar problemas lógicos o aritméticos, se han introducido instrucciones especiales para aumentar su potencia en funciones telefónicas. Estas instrucciones especiales facilitan las manipulaciones de datos por bit y por segmento.

El ordenador ITT 1600 es del tipo paralelo binario de 16 bits. Tiene una estructura modular y los módulos pueden interconectarse en números y formas diferentes, dependiendo del tipo de aplicaciones, márgenes de tráfico, exigencias de fiabilidad y equipos periféricos conectados.

#### Módulos de memoria

La memoria es del tipo de acceso al azar con una longitud de palabra de 17 bits (16 bits + 1 bit de paridad) y una capacidad máxima de  $2^{16} = 65.536$  palabras, compuestas por 8 bloques de 8.192 palabras. Pueden admitirse también bloques de 16.384 ó 32.768 palabras. Por encima de 65.536 palabras, con una conmutación opcional de banco se puede llegar a 131.072 palabras.

La memoria es del tipo de toros de ferrita con un tiempo de acceso de 0,35 microsegundos y un período de 0,85 microsegundos.

#### Dispositivos de entrada-salida e interconexiones

Se dispone de un conjunto normalizado de dispositivos, de entre los que se pueden seleccionar los más adecuados para cada aplicación específica. Son los siguientes:

— teleimpresor: teclado, lector de cinta de papel y per-

forador de cinta de papel (todos a 10 ciclos por segundo);

— lector bidireccional de cinta de papel (1000 ciclos por segundo) y

— perforadora de cinta de papel (110 ciclos por segundo);

— impresora (400 líneas por minuto);

— unidad de cinta magnética (9 pistas, 800 caracteres por pulgada, 75 ó 112 pulgadas por segundo);

— tambores magnéticos, discos, etc.

El ordenador ITT 1600 se suministra con facilidades especiales tales como:

— enlace de comunicación entre ordenadores, que permite la interrelación de dos ordenadores;

— circuitos de recarga automática de programa;

— reloj de tiempo real, unidad de estados, etc.

### Principio de funcionamiento

Se emplea duplicación totalmente activa de la unidad de control central de acuerdo con el principio de carga compartida, característica básica del sistema Metaconta, descrita en [1] y [10], y más recientemente en [11]. En este principio, las dos unidades procesan tráfico telefónico simultáneamente y comparten dicho tráfico. Las ventajas más importantes de esta técnica pueden resumirse como sigue:

— Excelente capacidad para resistir sobrecargas.

Los picos de tráfico hasta un 60 % mayores que el valor nominal pueden procesarse sin que el tiempo de establecimiento se vea afectado en forma significativa.

— Fiabilidad.

Existen errores inevitables en la programación que podrían teóricamente producir el fallo simultáneo de las dos unidades. Con el empleo del principio de carga compartida (en el que los dos ordenadores procesan llamadas diferentes) la propabilidad de que esto ocurra es mucho menor.

— Facilidad para crecer y cambiar.

Al ser posible distribuir el tráfico entre los dos ordenadores en cualquier proporción que se desee se pueden probar, de manera sencilla, las modificaciones y/o adiciones al programa, poniendo un ordenador con carga reducida y no afectando, por tanto, al tráfico total. Lo mismo puede hacerse en las ampliaciones.

### Programación

El paquete de programas es el núcleo del sistema. Incluye dos tipos principales de programas:

— los programas operacionales que son los que en realidad controlan el funcionamiento del sistema en tiempo real;

— los programas de prueba y mantenimiento, que se usan bien como ayudas de mantenimiento para localizar fallos en los circuitos bien para probar equipos nuevos o modificados (instalaciones, ampliaciones, etc.).

### Programas operacionales

a) Paquete residente.

## Centrales locales Metaconta L de capacidad media

Todos estos programas residen permanentemente en memoria. Se dividen en:

- Programas de tratamiento de llamada, que controlan todo el tratamiento de la llamada, incluyendo tarificación, registro de estadísticas, etc.
- Programas de comunicación hombre-máquina, cuyo objeto es efectuar las comunicaciones entre el sistema y el personal y también permitir la carga de programas a petición.
- Programas de pruebas y defensivos que observan el comportamiento anormal del sistema y restablecen las condiciones normales o bien toman decisiones adecuadas para desconectar los dispositivos averiados.
- Programas de arranque y restablecimiento, que tratan la evolución del estado del sistema. Se incluyen en este grupo los programas que se hacen cargo de las llamadas cuando falla un ordenador.

### b) Paquete de programas a petición.

Estos programas son solicitados por el personal mediante un mensaje de teleimpresor. El programa solicitado se carga automáticamente en un área común de memoria y es inicializado por el monitor como un programa residente normal. El programa a petición lleva a cabo funciones tales como:

- observación de tráfico,
- vaciado de la información de tarificación,
- seguimiento de llamadas,
- pruebas rutinarias.

### c) Programas de arranque.

Estos programas se usan para el arranque o re arranque automático del sistema. No tienen por qué residir permanentemente en memoria sino que se cargan e inicializan automáticamente. Una categoría importante la constituyen los programas de prueba automática que se usan para probar el equipo antes de decidir un arranque o re arranque automáticos.

## Programas de prueba y mantenimiento

### a) Programas a petición.

Se usan en forma análoga a los programas a petición del paquete operacional. Son programas concebidos para el mantenimiento de los periféricos telefónicos. Son asimismo adecuados para las pruebas de instalación y ampliación de estos mismos equipos.

### b) Programas "off-line".

Estos programas se cargan y ejecutan en una unidad procesadora puesta en el modo de mantenimiento. Proporcionan la localización de la avería dentro del procesador, memorias y dispositivos entrada-salida. Se usan asimismo para la ampliación de los procesadores y siempre que los programas de mantenimiento a petición no sean suficientes.

## Práctica de equipo

### Uniswep

La versión Metaconta L del Sistema Metaconta usa la nueva práctica de equipo de conmutación ITT,

denominada Uniswep, descrita recientemente en esta publicación [12].

Se han seleccionado dos alturas standard de bastidor, una para albergar 7 cuadros y otra para albergar 11. En la tabla 3 se resumen las principales dimensiones normalizadas para estos dos tipos de bastidores, así como los correspondientes pesos y cargas de suelo (para una media de bastidores totalmente equipados).

## Repartidores

Las centrales locales de capacidad media se equipan generalmente con el repartidor principal miniaturizado standard ITT, adaptado especialmente para economizar espacio en planta y para facilidad de mantenimiento. El espacio en planta necesario para este repartidor principal es tan sólo una tercera parte del necesario para un repartidor principal convencional y los puentes pueden tenderse por un solo hombre, de pie en el suelo. Estos repartidores principales pueden suministrarse con protección o con fusibles y/o protectores contra rayos. Sin embargo, pueden suministrarse repar-

Tabla 3

	Bastidores bajos (7 cuadros)	Bastidores altos (11 cuadros)
Altura	1.975 mm	2.950 mm
Anchura	970 mm	970 mm
Profundidad	400 mm	400 mm
Peso (medio)	330 kp	530 kp
Carga de suelo (medio)	300 kp/m <sup>2</sup>	490 kp/m <sup>2</sup>

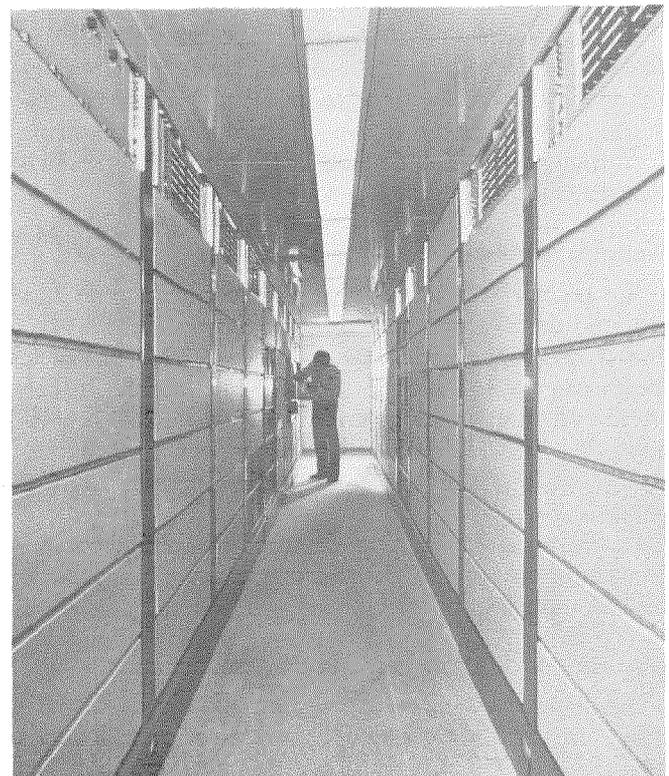


Fig. 9 Vista general del equipo mostrando la alineación de bastidores Uniswep en las filas (de frente).

tidores principales con cualquier tipo de protección, según las peticiones de la Administración.

Como se indicó anteriormente, los repartidores intermedios tienen una estructura peculiar, usando módulos pre-alambrados. En consecuencia los repartidores intermedios son muy concentrados; un bastidor normalizado permite realizar las interconexiones entre dos familias de 6.000 puntos de cruce a dos hilos (lo que representa un valor típico para una central de 15.000 líneas a 0,16 erlang por línea).

**Distribución del equipo**

Al montar todos los aparatos en unidades enchufables normalizadas, las distribuciones de equipo pueden ser también normalizadas, con lo que los conjuntos de bastidores son muy similares para un amplio margen de tamaños de centrales (Fig. 9).

En la figura 10 se muestran ejemplos de distribuciones normalizadas de bastidores. En la figura 11 se tiene un plano de planta típico para una central de 10.000 líneas a 0,14 erlang por línea. Debido a la miniaturización de los aparatos, al diseño del sistema y a las características especiales de la práctica de equipo Uniswep, las necesidades de espacio son muy pequeñas (alrededor de 100 líneas de abonado por metro cuadrado).

**Facilidades y características del servicio**

Las tablas 4 y 5 dan una lista de las principales características normalizadas y de las facilidades pro-

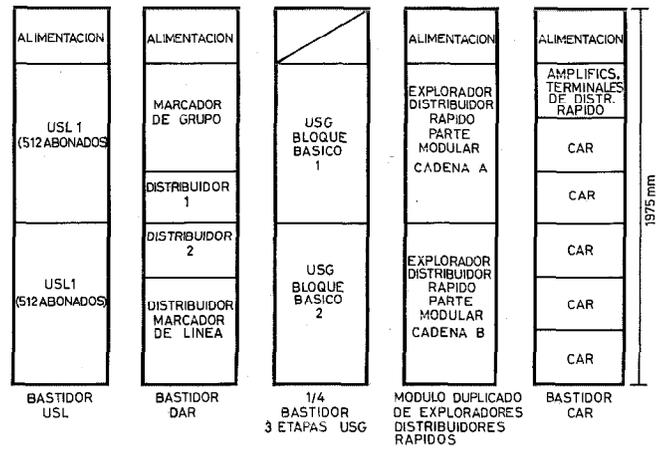


Fig. 10 Bastidores de central terminal típica (7 cuadros por bastidor).

Tabla 4

Clases de líneas	Facilidades de abonado
<ul style="list-style-type: none"> <li>— <i>Líneas de un abonado</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• con aparato de abonado a disco o de teclado</li> <li>• con o sin categorías especiales de tarificación</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Numeración abreviada                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 ó 2 dígitos</li> <li>• para líneas individuales, o grupos de líneas o para todas las líneas.</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— <i>Líneas compartidas de dos abonados</i> con o sin secreto, llamada separada, tarificación separada o facilidad de pago revertido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Transferencia de llamadas terminales.</li> <li>— Retención de la conversación y transferencia.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— <i>Líneas compartidas múltiples</i> (hasta 10 teléfonos principales) sin secreto y con llamada selectiva o semiselectiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Llamada hacia atrás del abonado que llama.</li> <li>— Oferta de llamada interurbana.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— <i>Centralitas</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• número ilimitado de enlaces</li> <li>• enlaces uni o bidireccionales</li> <li>• con o sin "In-Dialing"</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Línea especial.</li> <li>— Despertador automático.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— <i>Líneas teléfono público</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• para tráfico local</li> <li>• para tráfico interurbano</li> <li>• aplicaciones especiales</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Servicio de médicos.</li> <li>— Servicio no molestar.</li> <li>— Servicio de abonado ausente.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— <i>Líneas restringidas</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• a la propia central</li> <li>• a áreas urbanas regionales, nacionales o interurbanas</li> <li>• a algunas rutas especificadas</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Información inmediata de hora y tarificación.</li> <li>— Llamadas en conferencia múltiple.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>— <i>Líneas con prioridad</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• interurbana esencial</li> <li>• esencial</li> <li>• prioridad durante emergencias, situaciones de sobrecarga, ...</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Facilidades centrex (opcionales).</li> </ul>

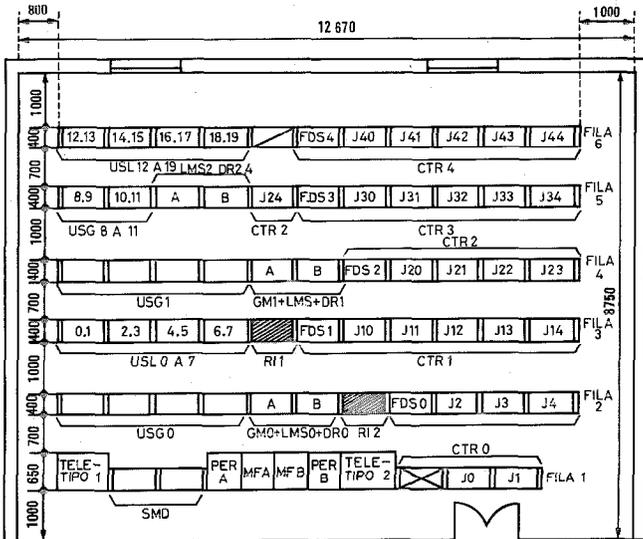


Fig. 11 Distribuciones típicas para bastidores en una central terminal Metaconta L de 10.000 líneas. Las centrales se construyen en la nueva práctica de equipo Uniswep de ITT.

- USL - Unidad selección línea.
  - USG - Unidad selección grupo.
  - GM - Marcador de grupo.
  - DR - Distribuidor lento.
  - FDS - Distribuidor rápido.
  - SMD - Dispositivos de supervisión y mantenimiento.
  - CRT - Circuitos terminales de recd.
  - LMS - Marcador de línea.
  - MF - Repartidor principal.
  - PER - Periféricos y dispositivos de entrada/salida.
- Otras dimensiones  
 Altura bastidor 1975 mm.  
 Altura techo 2750 mm.  
 Planta 105 m<sup>2</sup>.  
 Carga 300 kp por m<sup>2</sup>.

## Centrales locales Metaconta L de capacidad media

Tabla 5

<p>— <i>Señalización entre centrales</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Códigos de señalización en corriente continua (paso a paso, Rotary 7A y 7D, R6 con control por registro o control directo, códigos norteamericanos en corriente continua).</li><li>• Códigos de señalización impulsivos en corriente alterna.</li><li>• Código multifrecuencia (MF) para centrales controladas por registrador (código MF2CR, MF Socotel, códigos MF norteamericanos).</li><li>• Transmisión de datos directa por enlace de señalización común entre centrales controladas por ordenador de los tipos de división en espacio o en tiempo).</li></ul> <p>— <i>Tarificación</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Control de indicadores de tarifa en casa del abonado.</li><li>• Tarificación con tarifa única o múltiple.</li><li>• Servicio de número gratuito.</li></ul> <p>— <i>Numeración</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Flexibilidad total para número de equipo — traducción de número de guía.</li><li>• Para llamadas locales, interurbanas nacionales, interurbanas internacionales.</li><li>• “In-Dialing” directo en centralitas.</li></ul> <p>— <i>Encaminamiento</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Traducción de prefijo para llamadas salientes o en tránsito.</li><li>• Encaminamiento alternativo o de desbordamiento en la condición de “ruta ocupada” o congestión.</li><li>• Reseñalización en la condición de “ruta ocupada” o congestión.</li><li>• Control de liberación de abonado llamado para algunas rutas.</li></ul> <p>— <i>Mantenimiento</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Tarjetas enchufables.</li><li>• Detección e identificación automática de la avería por medio de programas de diagnóstico.</li></ul> <p>— <i>Funcionamiento</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Uso generalizado de teimpresores.</li><li>• Posibilidad de un mantenimiento centralizado remoto y de un centro de operación.</li></ul>
---

porcionadas por las centrales Metaconta L. Aunque algunas facilidades pueden considerarse tanto desde el punto de vista del abonado como del de la Administración, se hace una distinción entre los aspectos relacionados con el abonado (tabla 4) y los relacionados con la Administración (tabla 5).

Al objeto de poner de manifiesto las posibilidades del sistema en este área, se describen a continuación con más detalle algunos ejemplos específicos.

### Líneas de aparato monedero

Se consideran como normalizadas para la versión 11 A los dos tipos siguientes de líneas de aparato monedero:

- Para tráfico local:  
con una sola señal de cobro (inversión de batería al contestar) o
- Para tráfico interurbano, con posibilidad de recoger hasta tres tipos distintos de monedas.

Como opción se puede suministrar otros tratamientos de las líneas de aparatos monedero.

Pueden efectuarse las siguientes facilidades en las líneas de cabinas públicas:

- previo pago o semipago posterior, según se especifique;
- llamadas a direcciones especificadas, que se pueden alcanzar sin un depósito previo de monedas (emergencia, operadora, etc.).

### Centralitas privadas

- El número de enlaces por centralita no está limitado.
- La exploración de enlaces es secuencial a partir de un punto inicial al azar.
- Las líneas pueden ser unidireccionales o bidireccionales.
- Servicio nocturno; conexión a una línea prefijada del grupo de la centralita.
- Para la identificación de la línea que llama, se identificará una línea de centralita por el número de guía del grupo.
- Elección del número de una extensión de la centralita mediante discado posterior (in-dialing).
- Cualquier línea de un grupo de centralita resulta accesible individualmente para servicio o mantenimiento.

### Transferencia

Es ésta una facilidad por medio de la cual las llamadas hacia una primera línea de abonado, la parte transferida, son reencaminadas hacia otra línea, la parte receptora. La transferencia siempre es posible cuando la línea transferida y la receptora están conectadas a la misma central. Cuando la línea receptora pertenece a una central distinta, pueden transferirse asimismo las llamadas originadas en la central Metaconta L. Las llamadas originadas en una tercera central

pueden asimismo transferirse suponiendo que problemas de tarificación o transmisión no hagan imposible el establecimiento de tal conexión en tránsito.

#### a) Transferencias prefijadas

Las llamadas terminales pueden reencaminarse a una de entre tres líneas receptoras. El abonado marca desde su teléfono un prefijo XY 8 seguido por un dígito que identifica la línea receptora a la que desea transferir la llamada.

Marcando el código XY 1 desde su teléfono, puede restablecer la condición normal, es decir, recibir de nuevo llamadas terminales.

#### b) Transferencia variable

Un abonado con esta facilidad puede pedir que las llamadas dirigidas a su teléfono puedan reencaminarse a otro número cualquiera de la guía. En este caso marca XY 9 seguido por el número al que desea dirigir sus llamadas. El código de restablecimiento es el mismo que para la transferencia prefijada.

#### c) Transferencia a petición

Esta facilidad puede darse a cualquier línea. El abonado llama a una operadora de información y pide que las llamadas dirigidas a su número sean reencaminadas provisionalmente a un número de la guía dado o a una operadora de abonado ausente. Después de comprobar que el abonado que sería receptor está de acuerdo, la operadora pide a la central que realice la transferencia. El abonado transferido puede originar llamadas pero se le recuerda su condición por el tono de marcar especial que recibe. Deberá llamar a la operadora de información para recobrar su condición normal. Esta facilidad a petición se cobra de acuerdo con las especificaciones de la administración.

#### d) Transferencia de no contesta y línea ocupada

Las llamadas dirigidas a un abonado con esta facilidad son automáticamente reencaminadas si el abonado llamado está ocupado o no contesta en un período de tiempo fijado.

#### Llamada hacia atrás al abonado que llama

Al recibir el tono de ocupado, el abonado que llama realiza cuelgues y descuelgues repetidamente o bien marca un sufijo adecuado. Se le informa por medio de un tono especial de recepción de que su llamada está registrada y que puede colgar. Puede ser llamado hacia atrás cuando el teléfono llamado quede libre (lo cual es posible si la línea llamada pertenece a la misma central o a otra central controlada por ordenador) o cuando un enlace de la dirección deseada queda libre. Esta facilidad puede cancelarse en los casos siguientes: — cuando el abonado que llama descuelga para una nueva llamada (tanto originada como terminal); — después de un período de tiempo predeterminado.

#### Mantenimiento

La unidad de control central, así como las partes vitales de los dispositivos de acceso a la red se prueban

permanentemente por medio de la circuitería del sistema y se aíslan automáticamente en caso de avería. Se informa inmediatamente de ello al personal de mantenimiento por medio de una alarma y de un mensaje de teleimpresor. El uso de la técnica de tarjetas enchufables y de los programas de diagnóstico y prueba adecuados permite fácilmente:

- identificar y localizar la tarjeta averiada,
- reemplazarla,
- probar el circuito en cuestión antes de ponerlo de nuevo en servicio.

Las tarjetas averiadas se envían normalmente a un centro de mantenimiento para su reparación.

#### Funcionamiento

El funcionamiento de la central queda facilitado por el uso de medios de comunicación hombre-máquina convenientes. La mayoría de las actividades implicadas, tales como:

- reencaminamiento y/o reasignación de enlaces,
- estadísticas de tráfico,
- obtención de registros de tarificación,
- cambios en categorías de abonados y/o facilidades, etc.

Se realizan por medio de mensajes de teleimpresor usando el equipo hombre-máquina. Esta operación normal de la central puede llevarse a cabo desde un centro distante, común a varias centrales.

#### Referencias

- [1] S. Kobus, J. A. de Miguel y A. Régner: Metaconta L — Control por programa en memoria de matrices con puntos de cruce provistos de autorretención; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 46 (1971), N° 4, págs. 236—247.
- [2]—[3] A. Régner: Point de croisement à contacts scellés et a maintien magnétique; Commutation et Electronique, N° 10, octubre 1965; N° 36, enero 1972.
- [4] C. Vazquez y G. Dufresnoy: Multiconmutador miniatura; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 44 (1969), N° 4, págs. 329—333.
- [5] C. Chirous: Pruebas del multiconmutador miniatura, Comunicaciones Eléctricas, Vol. 44 (1969), N° 4, págs. 334—339.
- [6] J. P. Dartois: Improvements to switching networks. Patente francesa de CGCT registrada con el N° 7 011 616, del 1-4-1970. Publicación N° 2 086 535.
- [7] J. J. Perrot: Considérations théoriques sur les règles pratiques de distribution dans un système maillé; Commutation et Electronique N° 38, julio 1972.
- [8] C. Bouchet: Conception d'un explorateur-marqueur de lignes pour centraux semi-électroniques; Commutation et Electronique, N° 34, julio 1971.
- [9] C. Bouchet: Conception d'un Explorateur Distributeur Rapide pour centraux semi-électroniques du type spatial; Commutation et Electronique, N° 39, octubre 1972.
- [10] H. H. Adelaar: The 10C System, a Stored Program Controlled Reed Switching System; Conferencia internacional sobre comunicación de IEEE en Filadelfia, 14 junio 1968. Acta de la conferencia pág. 38.
- [11] S. Kobus, A. Kruithof y L. Viellevoye: Principio de control del sistema de conmutación Metaconta L; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 47 (1972), N° 3, págs. 165—169.
- [12] S. W. Evans, V. R. Henson y P. J. Risley: UNISWEP: Nueva práctica de equipo para sistemas de conmutación; Comunicaciones Eléctricas; Vol. 47 (1972), N° 3, págs. 144—155.

Jean Pierre Dartois nació en Aulnay-sous-Bois (Seine-Saint-Denis, Francia), el 26 de septiembre de 1940. En 1965 se graduó en matemáticas en la Facultad de Ciencias de la Universidad de París. Se incorporó a la Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques en 1966 y estuvo temporalmente asignado a investigación de tráfico, primero en el laboratorio de Standard Eléctrica, S. A., en Madrid, y después en el Laboratoire Central de Télécommunications (Paris-Vélizy).

Desde 1969 dirige los estudios que se hacen en el Departamento de Telefonía Pública de la Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques sobre tráfico y estructura de redes.

# Sistema Metaconta L - Red de conmutación de la central 10 R

La red de conmutación de la central Metaconta L tipo 10R consta de cuatro unidades normalizadas que se pueden ensamblar mediante cables enchufables y repartidores sin conectores para construir centrales urbanas de cualquier capacidad con un amplio margen de tráfico. El equipo se ha diseñado para proporcionar un algoritmo de búsqueda de caminos sencillo para todas las capacidades y configuraciones de centrales y permite realizar ampliaciones en pequeños pasos sin reducciones importantes de la capacidad de tráfico.

J. J. PERROT

A. REGNIER

Le Matériel Téléphonique, París, Francia

## Introducción

El sistema Metaconta\* L ha sido presentado ya en "Comunicaciones Eléctricas" [1, 2, 3] como un sistema de conmutación por división en el espacio controlado por programa almacenado con puntos de cruce retenidos (L) del tipo de contactos sellados con retención magnética [4, 5] a los que se denomina versión 10R o del tipo miniselector con retención mecánica [6], denominados versión 11A.

Mientras que el control central y la organización general de las versiones de contactos sellados y miniselector son compatibles y se identifican con el nombre genérico Metaconta L, existe una diferencia limitada entre las dos en la organización de las redes de conmutación que se optimizaron tanto para la versión de contactos sellados como para la de miniselector.

En este artículo se describe en detalle la configuración de las centrales Metaconta L a 2 hilos en la versión 10R.

Consideraciones de tráfico así como los tamaños de las matrices han llevado a dividir la red de conmutación en un máximo de 8 etapas dispuestas en 3 unidades: Unidad de Selección de Línea (USL) que concentra el tráfico de las líneas de abonado; Unidad de Selección de Enlaces (USE) que conecta los enlaces y los circuitos de servicio; y Unidad de Selección Intermedia (USI) que distribuye el tráfico entre las USL y las USE y cursa el tráfico auxiliar (receptores y emisores) (Fig. 1).

Con esta disposición, se puede aceptar un tráfico de las líneas de abonado comprendido entre 0,08 y 0,5

\* Marca registrada del sistema ITT.

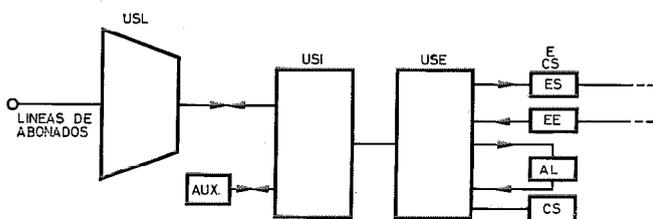


Fig. 1 Diagrama de bloques de una central 10R.

- USL - Unidad de selección de línea
- AUX - Elemento auxiliar (Receptor y/o emisor)
- USI - Unidad de selección intermedia
- USE - Unidad de selección de enlaces
- E - Enlace
- CS - Circuito de servicio (Registrador, etc.)
- ES - Enlace de salida
- EE - Enlace de entrada
- AL - Alimentador local

erlangs (2,8 a 18 CCS\*) con varios tamaños de red, llegándose a una capacidad máxima de 64.000 líneas y hasta 6.400 erlangs (230.000 CCS).

La selección de la disposición se realizó de forma que se maximizase el número de caminos disponibles entre una entrada y una salida y se optimizase el proceso de búsqueda de caminos en el mapa de la memoria utilizando el mismo algoritmo para todas las capacidades y configuraciones de centrales.

Otro objetivo del diseño fue la normalización del número mínimo posible de unidades diferentes (4 unidades en total con cableado por detrás del panel) y minimizar la redistribución de una central con motivo de una ampliación para mayor tráfico o mayor número de líneas.

Otro objetivo adicional fue el de minimizar la labor de ingeniería mediante la edición de información de fabricación por ordenador de centrales de diversas capacidades y configuraciones.

## Configuración de las unidades normalizadas

La red de conmutación de la central local 10R consta de:

- Unidades de Selección de Línea (USL) con 3 etapas de conmutación denominadas A, B y C.
- Unidades de Selección Intermedia (USI) con 2 etapas de conmutación denominadas etapas D y E.
- Unidades de Selección de Enlaces (USE) con 2 unidades de conmutación denominadas etapas F, G y H, o con 3 etapas de conmutación denominadas, etapas F, G y H.

## Unidad de Selección de Línea (USL)

La unidad de selección de líneas concentra el tráfico de las líneas de abonado hacia los enlaces internos de la central y permite varias relaciones de concentración.

El diagrama de enlaces de la figura 2 muestra que las matrices A, B y C tienen un número fijo de salidas y un número variable de entradas.

Siempre existen 128 enlaces C y el número de abo-

\* Nota: CCS = Completed Calls per Second = llamadas completadas por segundo.

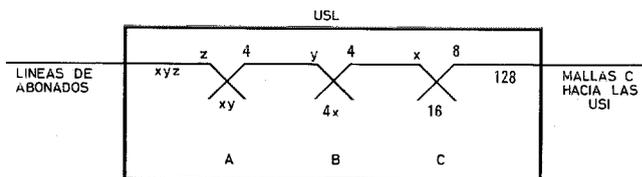


Fig. 2 Unidad de selección de línea (USL). Diagrama de enlaces.

Tipo de USL	z	y	x	Relación de concentración	Líneas de abonados	Tráfico por línea*		Puntos de cruce por línea en las USL
						Erlangs	CCS	
A1	4	4	8	1	128	.5	18	16
A2	4	4	16	2	256	.32	11,5	16
B1	8	8	8	2	256	.22	7,9	12
B2	8	8	16	4	512	.16	5,7	12
C1	4	8	8	4	512	.11	3,9	8
C2	4	8	16	8	1024	.08	2,9	8

\* Las cifras de tráfico se dan para establecer un orden de magnitud y que la capacidad de tráfico de una central depende de otros factores tales como: carga en los enlaces internos de la central; tamaño de la central; pérdidas de acoplamiento de entrada, etc.

Fig. 3 Tabla de configuraciones de las USL.

nados depende de la relación de concentración y de la configuración determinada por los valores de x, y, y z.

En la tabla de la figura 3 se da una relación de estas configuraciones y relaciones.

#### Unidad de Selección Intermedia (USI)

Las Unidades de Selección Intermedia (USI) conectan las USL de una central a todas las unidades de Selección de Enlaces (USE). Está constituida por 8 Bloques de Mallas (BM0/7) cada uno de los cuales dispone de 64 entradas y 64 salidas. Una USI tiene, por lo tanto, 512 entradas y 512 salidas (Fig. 4).

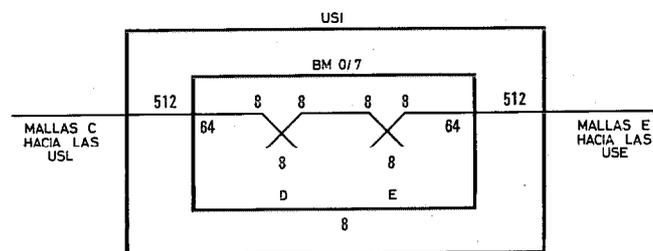


Fig. 4 Unidad de selección intermedia (USI). Diagrama de enlaces.

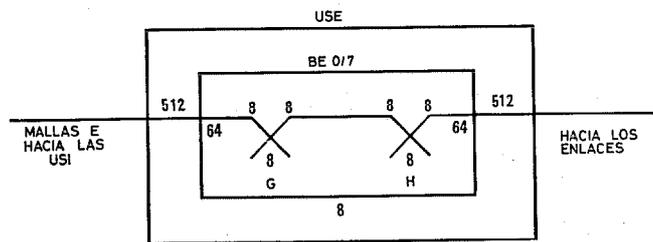


Fig. 5 Unidad de selección de enlaces de dos etapas (USE). Diagrama de enlaces.

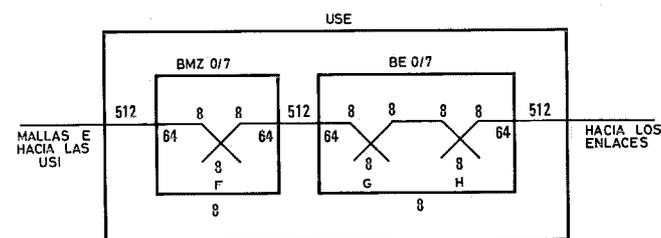


Fig. 6 Unidad de selección de enlaces (USE) de tres etapas. Diagrama de enlaces.

#### Unidad de Selección de Enlaces (USE)

La Unidad de Selección de Enlaces (USE) conecta los enlaces E y circuitos de servicio CS a la red de conmutación. Se suministran dos tipos de USE: Una USE de dos etapas para centrales pequeñas y una USE de 3 etapas para centrales grandes.

La USE de 2 etapas consta de 8 Bloques de Enlaces (BE 0/7) equipado cada uno con 64 entradas y 64 salidas. Un enlace tiene acceso, por lo tanto, a 64 enlaces E (Fig. 5).

En la USE de 3 etapas, 8 Bloques Mezcladores (BMz 0/7) colocados entre los enlaces E y los BE permiten a cada enlace tener acceso a 512 enlaces E (Fig. 6).

#### Interconexión de una central

En la constitución de una central hay que interconectar las USL, USI y USE de acuerdo con ciertas reglas básicas.

#### Grupos de caminos normalizados

Para facilitar el equipo, cableado y búsqueda de caminos, la interconexión de las USL, USI y USE se realiza por grupos de 8 mallas que constituyen grupos de 8 caminos normalizados (Fig. 7).

Puesto que la conexión se realiza normalmente mediante cables de 16 pares, un grupo de 16 caminos normalizado está constituido por dos grupos de 8 caminos, par e impar, consecutivos. La figura 8 representa un grupo de 16 caminos donde las mallas correspondientes al grupo impar de 8 caminos se ha dibujado con líneas de trazos.

En el caso de las USE de 2 etapas, se aplica la

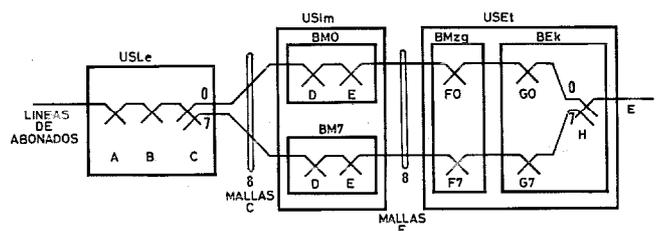


Fig. 7 Grupo normalizado de 8 caminos entre la USL número e y la USE número t, a través de la USI número m.

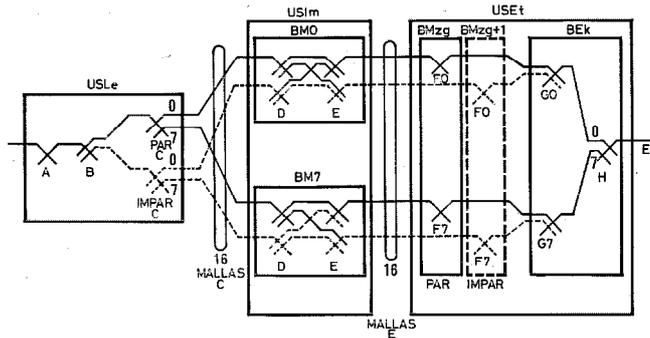


Fig. 8 Grupo normalizado de 16 caminos entre USLe y USEt, a través de al USIm.

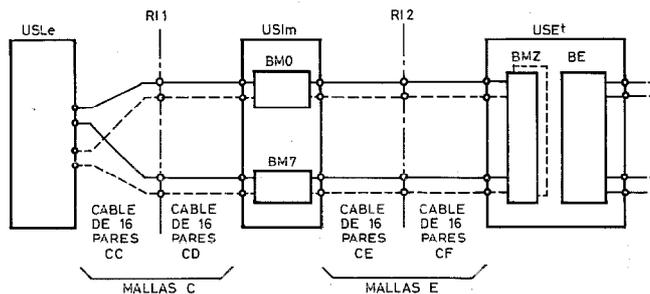


Fig. 9 Localización de un grupo normalizado de 16 caminos en cables de 16 pares.

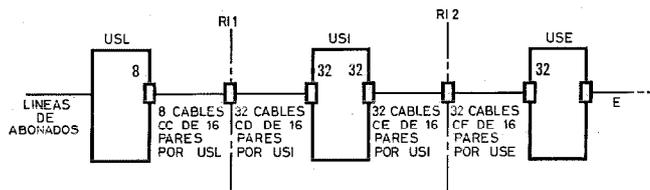


Fig. 10 Cables entre USL, USI y USE.

misma disposición suprimiendo los Bloques Mezcladores (BMz).

**Cableado**

Las mallas C o E que pertenecen al mismo grupo de caminos forman parte del mismo cable; la figura 9 muestra la localización de un grupo de 16 caminos normalizado en un cable de 16 pares. Una disposición similar se aplica para localizar un grupo de 8 caminos en cables de 8 pares.

La figura 9 muestra también que en los repartidores intermedios, RI1 y RI2, los 16 pares de un cable están siempre acoplados con los 16 pares de otro cable, suprimiendo así la necesidad de cualquier tipo de puentes.

Las leyes de interconexión están por tanto limitadas a la distribución del cable. Las unidades USL, USI y USE pueden entonces considerarse, desde el punto de vista de interconexión constituidas por sus cables (Fig. 10).

**Distribución de cables**

Uno de los objetivos del diseño fue conseguir una pérdida de adaptación constante que no dependa de la situación respectiva de la línea de abonado y del enlace. Este objetivo se consigue repartiendo por igual el tráfico entre las diversas unidades y proporcionando,

dentro de una central, el mismo número de caminos entre cualquier línea y cualquier enlace.

Otro objetivo fue el de reducir al mínimo la pérdida de adaptación de entrada, lo que se consigue proporcionando el mayor número posible de caminos entre una línea y un enlace.

Para alcanzar estos objetivos, se adoptaron las siguientes reglas:

- si hay menos de 8 USI, cada USL se conecta a cualquier USI por el mismo número de cables y cada USE se conecta a cada USI por el mismo número de cables. Si no es posible conseguir un equilibrio exacto, la diferencia entre el grupo mayor y menor de cables nunca excede de 1;
- si hay más de 8 USE, cada USL se conecta a 8 USI de numeración consecutiva y cada USE se conecta a cualquier grupo de 8 USI de numeración consecutiva mediante el mismo número de cables. Si esto no es posible, la diferencia entre los grupos mayor y menor de cables que enlacen cualquier USE con cualquier grupo de 8 USI consecutivas nunca excede de 1.

**Distribución de cables en el Repartidor Intermedio RI2**

Una USI tiene 32 cables CE de 16 pares y puede conectarse a un máximo de 32 USE y viceversa (figura 11). Desde el punto de vista de la geometría de la red, se obtiene la mayor capacidad posible de central, cuando se utilizan cables de 16 pares, con 32 USI y 32 USE.

Se puede demostrar [7] que, acoplado los cables CE y CF del mismo número, se puede obtener siempre una distribución igualada del tráfico según se ha definido anteriormente.

Si:  $y$  es el número del cable CE y CF; con  $0 \leq y \leq 31$   
 $h$  es el número total de USI o USE independientemente de cual es el mayor, con  $1 \leq h \leq 32$   
 $m$  es el número de la USI, con  $0 \leq m \leq h-1$   
 $t$  es el número de la USE, con  $0 \leq t \leq h-1$ .

La fórmula general que relaciona  $m$ ,  $t$ ,  $y$  y  $h$  tiene la forma:

$$m + t - y + \lambda h = 0 \tag{1}$$

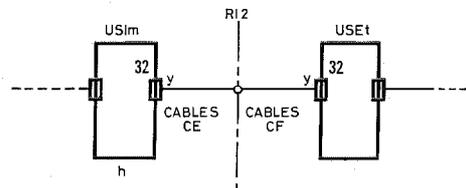


Fig. 11 Interconexión entre h USI y h USE.

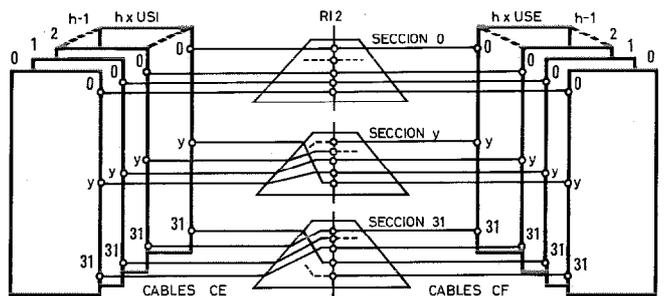


Fig. 12 División del RI2 en 32 secciones.

donde  $\lambda$  es un entero, positivo, negativo o igual a cero.

Puesto que un cable CE número  $y$  de una USI estará siempre conectado a un cable CF de número  $y$  de una USE en cualquier etapa de ampliación, el repartidor RI2 se divide en 32 secciones. La sección recibe el mismo número que el cable CE o CF. La figura 12 muestra estas secciones de RI2.

Por lo tanto, durante toda la vida de una central, los cables CF pueden permanecer invariables en el RI2, y los cables CE se redistribuyen dentro de una sección cuyo tamaño nunca excederá de 32 cables CE y 32 cables CF.

**Distribución de cables en el Repartidor Intermedio RI1**

Para aplicar las mismas reglas al RI1 que al RI2, se agrupan 4 USL y se construye una unidad con  $4 \times 8 = 32$  cables CC, numerados de 0 a 31. Igual que en el RI2, el cable CC número  $z$  corresponde al cable CD número  $z$  en la USI.

Si:  $l$  es el número de una de las 4 USL, con  $0 \leq l \leq b-1$ .

La fórmula general que relaciona  $l, m, z$  y  $b$  tiene la forma:

$$l + m - z + b = 0 \quad (2)$$

y vemos que si  $b$  es mayor que 8, una USL se conecta a 8 USI de numeración consecutiva.

Si el tamaño de la central es superior a 32 USI y 32 USE debe utilizarse cable de 8 pares en lugar de cable de 16 pares, en cuyo caso, el número de cables unidos a cada Unidad de Selección es doble. Es decir, una USL se equipa con 16 cables CC; una USI con 64 cables CD y 64 cables CE y una USE con 64 cables CF.

Desde el punto de vista de la geometría de la red, la capacidad mayor de la central corresponde a 64 USI y 64 USE.

Para la distribución de cables en los RI1 y RI2 se aplican las mismas reglas con la única diferencia de que los números de cable  $y$  y  $z$  pueden tomar cualquier valor comprendido entre 0 y 63. Una USL tiene, por consiguiente, acceso a 16 USI de numeración consecutiva.

**Distribución del equipo**

El equipo de las USL, USI y USE se ha diseñado de forma que permita la utilización de las reglas de interconexión y cableado definidas anteriormente así como la instalación en bastidores normalizados tipo UNISWEP de 7 y 11 cuadros.

El equipo básico es la unidad de cableado donde se ensamblan y alambran los bloques de conexión y los conectores de las tarjetas de circuito impreso correspondientes a una unidad de selección.

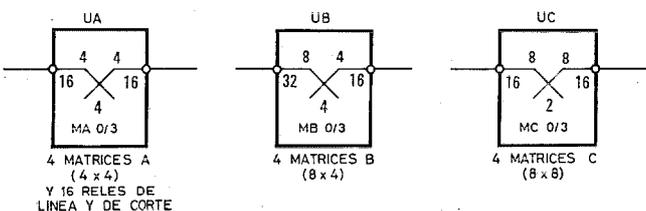


Fig. 13 Tarjetas de circuitos impreso para matrices A, B y C.

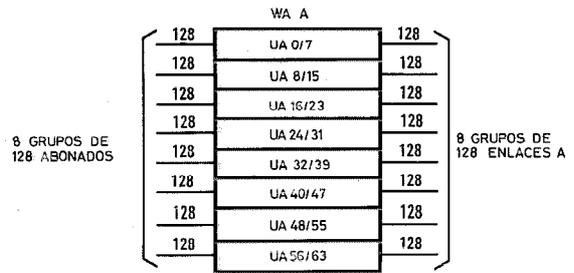


Fig. 14 Unidad de cableado WAA.

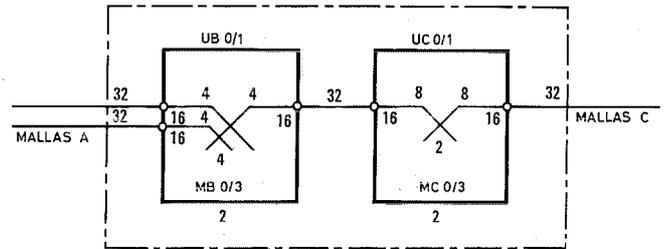


Fig. 15 Subconcentrador SC.

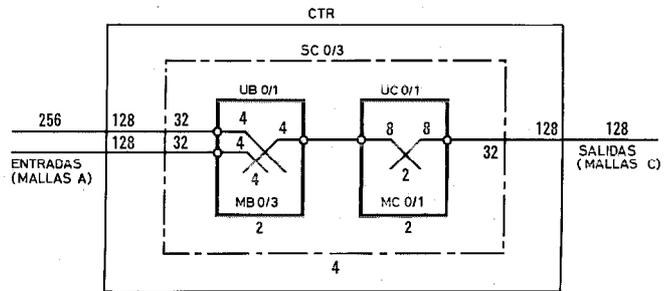


Fig. 16 Concentrador CTR.

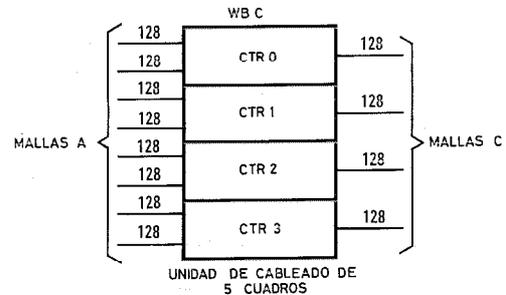


Fig. 17 Unidad de cableado WBC.

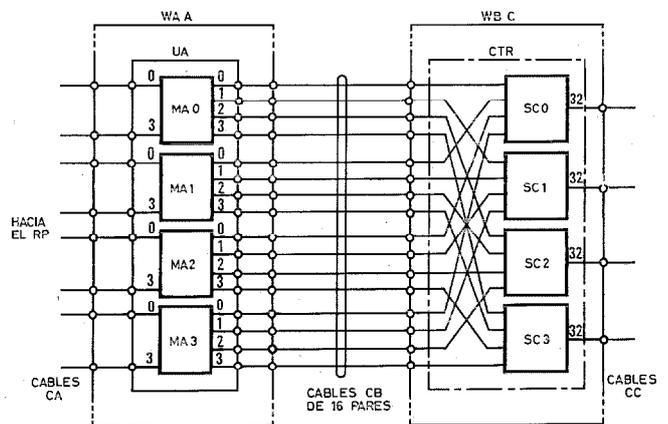


Fig. 18 Conexión de una tarjeta UA a un concentrador CTR mediante un cable CB de 16 pares.

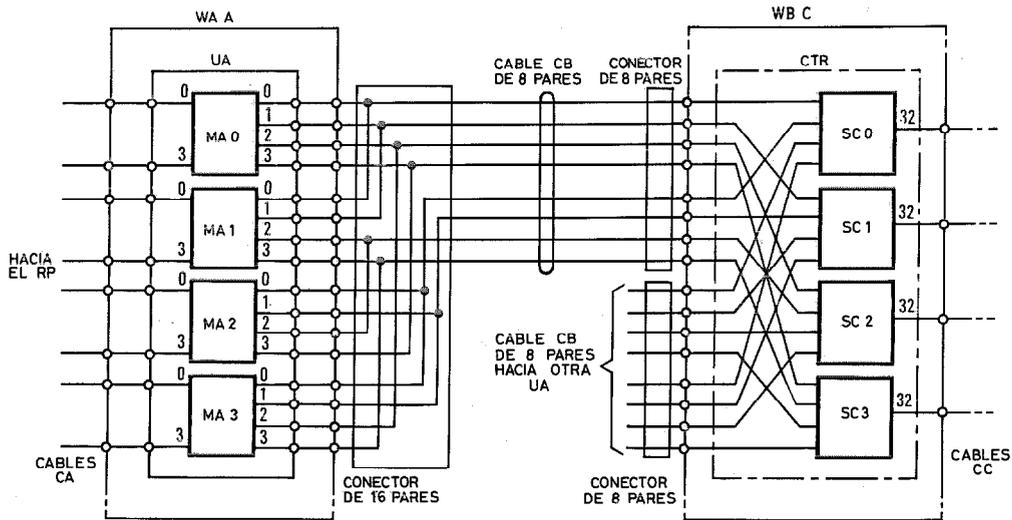


Fig. 19 Gradación en las matrices A y conexión a un concentrador CTR mediante cables CB de 8 pares.

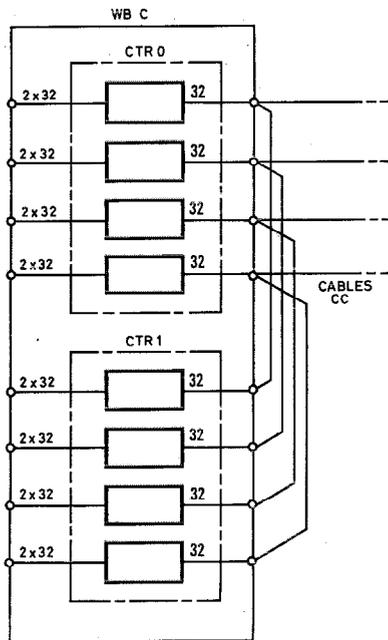


Fig. 20 Relación de concentración en la etapa C.

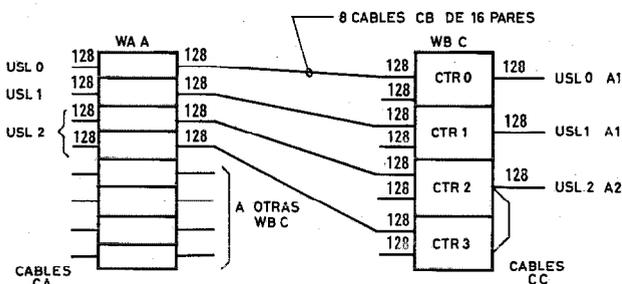


Fig. 21 Configuraciones A1 y A2.

Unidad de Selección de Línea (USL)

Según se indica en la tabla de la figura 3, existen seis configuraciones de USL. Estas configuraciones pueden construirse mediante solamente 2 unidades de cableado y la interconexión adecuada de los cables enchufables.

Las matrices A, B y C de la USL están materializadas en tarjetas de circuito impreso según se representa en la figura 13.

En una unidad de cableado para 6 cuadros WAA se colocan 64 tarjetas de circuito impreso UA, es decir, 256 matrices A ó 1024 líneas de abonado, junto con el equipo de exploración de línea correspondiente. Estas 64 tarjetas se descomponen en 8 grupos de 8 UA, según se indica en la figura 14.

Las tarjetas UB y UC se disponen en subconcentradores con 64 entradas y 32 salidas como en la figura 15.

Cuatro de estos subconcentradores constituyen un concentrador CTR (figura 16) de 256 por 128, equipado con 8 tarjetas UB y 8 tarjetas UC.

Cuatro concentradores CTR, constituídos por 32 tarjetas UB y 32 tarjetas UC se colocan en una Unidad de Cableado de 5 cuadros WBC, de acuerdo con la figura 17.

La conexión normal entre una unidad de cableado WAA y una unidad de cableado WBC se realiza mediante cables CB de 16 pares.

La figura 18 muestra cómo las cuatro salidas de una matriz A se conectan a 4 subconcentradores.

La relación de concentración en este caso es la del subconcentrador y corresponde a la configuración B1 de la tabla de la figura 3.

Si se necesita una relación de concentración de 2/1 en la etapa A, se realiza una gradación sobre las 16 salidas de UA que se conecta, por tanto, a un concentrador CTR mediante cables CB de 8 pares. Estos cables terminan en conectores de 8 pares hacia WBC y de 16 pares hacia WAA (Fig. 19).

Si se necesita una relación de concentración de 2/1 en la etapa C, para configuraciones A2, B2 y C2, se multiplan entre sí las salidas de dos concentradores adyacentes (Fig. 20).

Si se necesita una relación de concentración de 1/1 en la etapa B, es decir, para configuraciones A1 y A2, las matrices B no se equipan totalmente y proporcionan solamente 4 entradas en lugar de 8 (Figs. 15 y 16).

El equipo básico para configuraciones A1 a C2 se representa en las figuras 21, 22 y 23.

La situación de los concentradores CTR es flexible y las USL de diferentes configuraciones se pueden colocar sobre las mismas unidades de cableado WAA y/o WBC.

**Unidad de Selección Intermedia (USI)**

La Unidad de Selección Intermedia se coloca en su totalidad en una unidad de cableado de 5 cuadros WDE.

Las matrices D y E de la USI se colocan en las mismas tarjetas de circuito impreso que las matrices C (Fig. 24).

Un Bloque de Mallas BM (Fig. 4) comprende, por lo tanto, 4 UD y 4 UE. Una Unidad de Cableado WDE comprende 8 Bloques de Mallas; su composición de equipo es la que se muestra en la figura 25.

**Unidad de Selección de Enlaces (USE)**

Los 8 Bloques de Enlaces de una USE están contenidos en una Unidad de Cableado de 5 cuadros WGH idéntica a la unidad de cableado WDE de la figura 25. Las designaciones son diferentes, según se indica en la figura 26.

Los Bloques Mezcladores BMz de una USE de 3 etapas se colocan en una Unidad de Cableado de 3 cuadros WFF según se representa en la figura 27.

**Equipo de los Bastidores UNISWEP de 11 cuadros**

En la figura 28 se representan las cuatro unidades de cableado básicas que pueden combinarse para formar centrales de cualquier capacidad. Las USL de las 6 configuraciones posibles se equipan según las figuras 29, 30 y 31. En un bastidor de 11 cuadros se pueden montar, según se indica en la figura 32, dos USI así como dos USE de 2 etapas. Para equipar cuatro USE de 3 etapas se necesitan 3 bastidores según se muestra en la figura 33.

**Equipo de los Bastidores UNISWEP de 7 cuadros**

Las USL de 6 configuraciones posibles se equipan de acuerdo con las figuras 34, 35 y 36.

Una USI o una USE de 2 etapas se puede montar en un bastidor de 7 cuadros, como se muestra en la figura 37. Dos USE de 3 etapas necesitan 3 bastidores de acuerdo con la figura 38.

**Constitución de una central con unidades de selección normales**

La estructura general de una central se deriva del diagrama de la figura 10 al que se le añaden los elementos auxiliares (receptores y emisores), los enlaces y los circuitos de servicio, según se muestra en la figura 39 en la que se han incorporado los enlaces y los circuitos de servicio, mediante sus Circuitos Terminales de Red (CTR) que contienen los dispositivos de supervisión y control adecuados.

Cada elemento auxiliar se multiplica sobre 8 enlaces C que se distribuyen de la misma forma que las 8 salidas de una matriz C. Dos elementos auxiliares

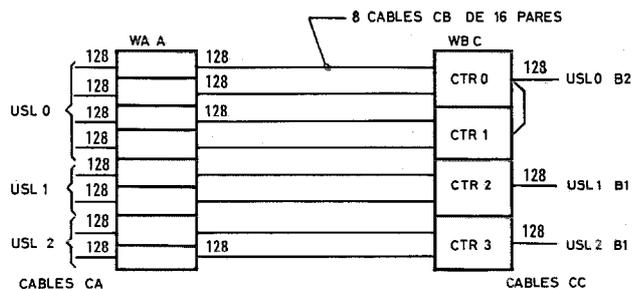


Fig. 22 Configuraciones B1 y B2.

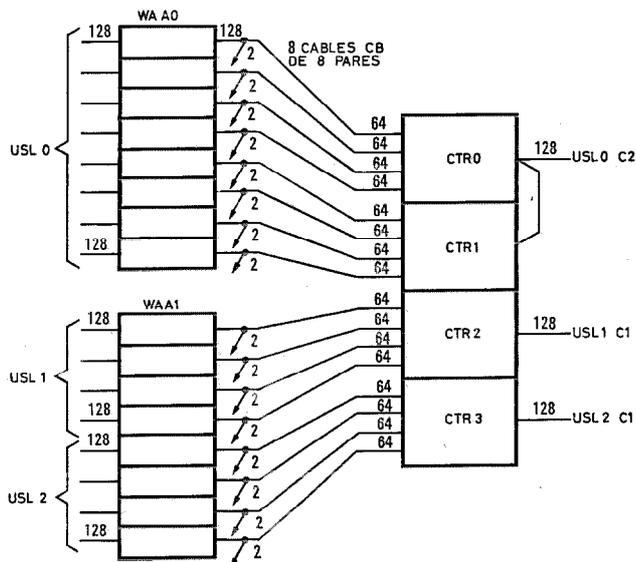


Fig. 23 Configuraciones C1 y C2.

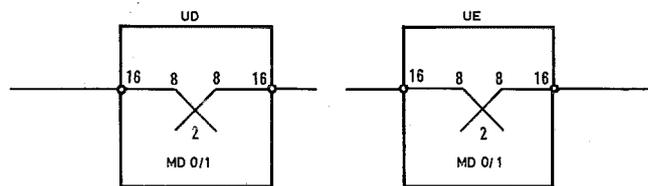


Fig. 24 Tarjetas de circuito impreso para matrices D y E.

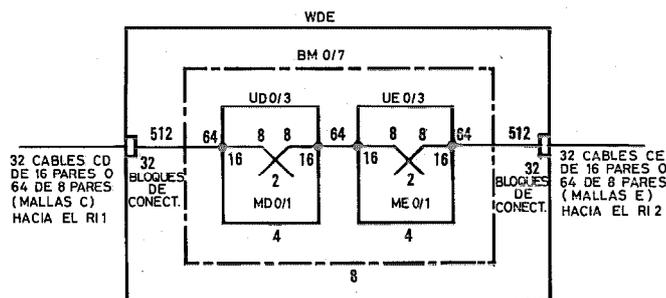


Fig. 25 Distribución del equipo WDE (Unidades de 5 cuadros).

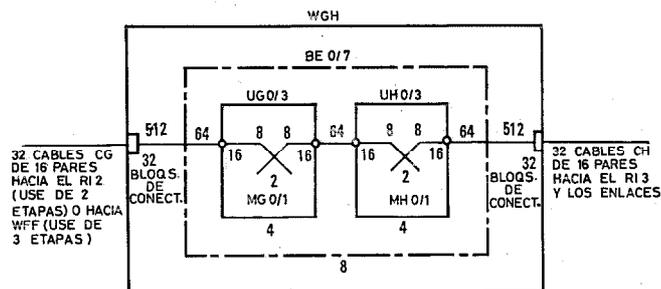


Fig. 26 Distribución del equipo WGH (Unidad de 5 cuadros).

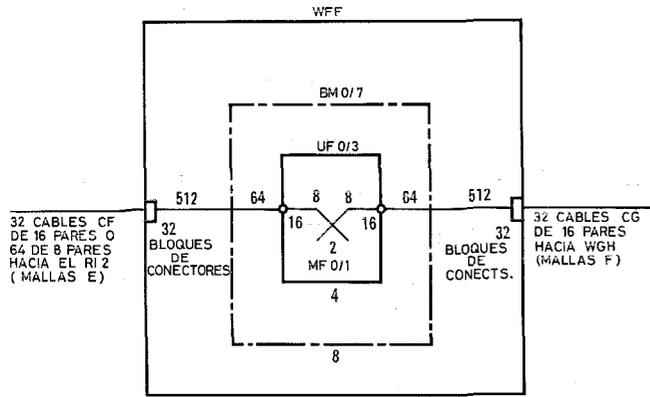


Fig. 27 Distribución del equipo WFF (Unidad de 5 cuadros).



Fig. 28 Unidades básicas de cableado de la central 10R.

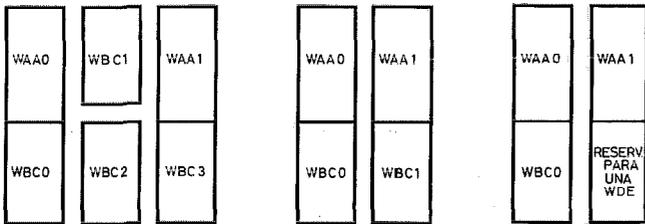


Fig. 29 Distribución del equipo de 2048 líneas en las configuraciones A1 ó A2 de USL.

Fig. 30 Distribución del equipo de 2048 líneas en las configuraciones B1 ó B2 de las USL.

Fig. 31 Distribución del equipo de 2048 líneas en las configuraciones C1 ó C2 de las USL.

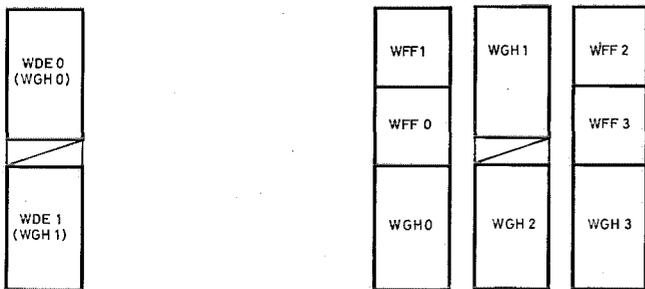


Fig. 32 Distribución del equipo para 2 USI ó 2 USE de 2 etapas.

Fig. 33 Distribución del equipo de 4 USE de 3 etapas.

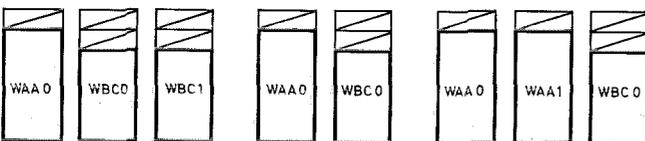


Fig. 34 Distribución del equipo de 1024 líneas en configuraciones A1 ó A2 de las USL.

Fig. 35 Distribución del equipo de 1024 líneas en configuraciones B1 ó B2 de las USL.

Fig. 36 Distribución del equipo de 2048 líneas en configuraciones C1 ó C2 de las USL.

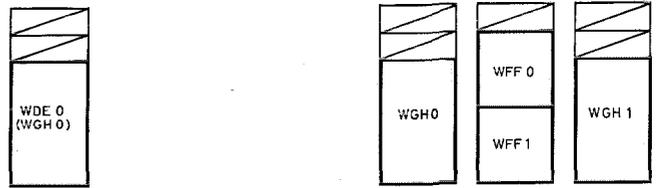


Fig. 37 Distribución del equipo de una USI o una USE de 2 etapas.

Fig. 38 Distribución del equipo de 2 USE de 3 etapas.

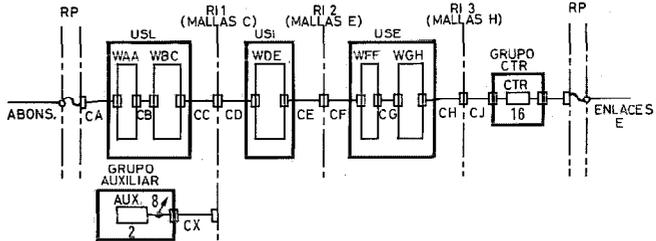


Fig. 39 Diagrama de la central.

se conectan juntos al RI1 mediante un cable CX de 16 paires, que tiene las mismas características que un cable CB.

Los CTR están en grupos de 16. Un grupo CTR se conecta a una USE mediante un cable CJ de 16 paires y un cable CH de 16 paires. La distribución de los cables CJ y CH se realiza en el RI3. El tráfico de los CTR se divide en el sentido de que los 16 CTR de un grupo estén igualmente distribuidas en la Unidad de Cableado WGH entre los 8 Bloques de Enlaces de las USE.

El número de líneas de la central, así como su distribución de tráfico, permite determinar el número de USL, USI, USE, Elementos Auxiliares y CTR. Una vez calculados estos números, la central quedará totalmente determinada cuando las distribuciones en los RI1, RI2 y RI3 se especifiquen.

### Distribución en el RI1

Para mejor entender esta distribución supongamos una central con 27 USL, 156 Elementos Auxiliares y 11 USI.

Cada USL dispone de 8 cables CC numerados de 0 a 7. Los 156 Elementos Auxiliares están servidos por 78 cables CX numerados (en sistema octal) de 000 a 116. El RI1 se divide en 32 secciones numeradas (en sistemas octal) de 00 a 37. Cada USI tiene 32 cables CD que llevan el mismo número que la sección del RI1 al que están conectados.

La numeración se eligió en sistema octal para adaptar las cifras de las unidades de los cables y los números de las secciones como puede verse en la figura 40.

Los cables CD se conectan a la parte posterior del RI1 y los cables CC o CX a la parte frontal. La tabla de la figura 40 representa el lado frontal del RI1. Cada columna corresponde a una sección del RI1 y se numera en la forma correspondiente. Cada casilla de la tabla corresponde a un cable CD (del lado posterior) y a un cable CC o CX (del lado anterior). Un cable CD se determina por las coordenadas de la casilla

CABLE CC NUMERO	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7
SECCION DEL RI 1 O CD NUMERO	00	01	02	03	04	05	06	07	10	11	12	13	14	15	16	17	20	21	22	23	24	25	26	27	30	31	32	33	34	35	36	37
USI NUMERO (CONEXION POR LA PARTE POSTERIOR)	0	000	24	20	16	12	8	4	010	25	21	17	13	9	5	020	26	22	18	14	10	6	030	23	19	15	11	7				
	1	040	001	24	20	16	12	8	050	011	25	21	17	13	9	060	021	26	22	18	14	10	070	031	23	19	15	11				
	2	100	041	002	24	20	16	12	110	051	012	25	21	17	13	061	022	26	22	18	14	10	071	032	23	19	15	11				
	3	0	101	042	003	24	20	16	1	111	052	013	25	21	17	2	062	023	26	22	18	14	3	072	033	23	19	15				
	4	4	0	102	043	004	24	20	5	1	112	050	014	25	21	6	2	063	024	26	22	7	3	073	034	23	19	15				
	5	8	4	0	103	044	005	24	9	5	1	113	054	015	25	10	6	2	064	025	26	11	7	3	074	035	23	19	15			
	6	12	8	4	0	104	045	006	13	9	5	1	114	055	016	14	10	6	2	065	026	15	11	7	3	075	036	23	19	15		
	7	16	12	8	4	0	105	046	007	17	13	9	5	1	115	056	017	18	14	10	6	2	066	027	19	15	11	7	3	076	037	
	8	20	16	12	8	4	0	106	047	21	17	13	9	5	1	116	057	22	18	14	10	6	2	067	23	19	15	11	7	3	077	
	9	24	20	16	12	8	4	0	107	25	21	17	13	9	5	1	26	22	18	14	10	6	2	23	19	15	11	7	3	23		
	10	24	20	16	12	8	4	0	25	21	17	13	9	5	1	26	22	18	14	10	6	2	23	19	15	11	7	3	23			

USL NUMERO (2 CIFRAS) O GRUPO AUXILIAR NUMERO (3 CIFRAS) (CONEXION POR EL LADO FRONTAL)

⊗ REPRESENTA UN CABLE CD NO ASIGNADO, POR EJEMPLO EL CABLE CD NUMERO 25 EN LA USI NUMERO 4

Fig. 40 Distribución en el RI1.

SECCION NUMERO y	00	01	02	03	04	05	06	07	10	11	12	13	14	15	16	17	20	21	22	23	24	25	26	27	30	31	32	33	34	35	36	37	
USI NUMERO (CONEXION POR LA PARTE POSTERIOR)	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10
	1	10	10	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9
	2	9	9	10	10	10	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8
	3	8	8	9	9	9	10	10	10	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7
	4	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6
	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5
	6	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
	7	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3
	8	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	0	0	0	1	1	1	2	2	2
	9	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	0	0	0	1	1	1
	10	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	0	0	0

USI NUMERO (CONEXION POR EL LADO FRONTAL)

Fig. 41 Distribución del RI2.

SALIDA DE LA MATRIZ H NUMERO	0				1				2				3				4				5				6				7			
CABLE CH NUMERO	00	18	20	30	01	11	21	31	02	12	22	32	03	13	23	33	04	14	24	34	05	15	25	35	06	16	26	36	07	17	27	37
0																																
1																																
2																																
3																																
4																																
5																																
6																																
7																																
8																																
9																																
10																																

CABLES CJ A LOS GRUPOS CTR

Fig. 42 Distribución del RI3.

(número de la USI y número del cable CD). Un cable CC se determina por el número dentro de la casilla (número de la USL y por la cifra de unidades del RI1).

Los números de los cables CX tienen 3 cifras y aparecen en las casillas.

Distribución en el RI2

La distribución realizada en el RI2 concierne a los cables CE de las 11 USI y a los cables CF de las 11 USE de la central considerada.

Si: y es el número del cable CE/CF, así como el número de la sección del RI2

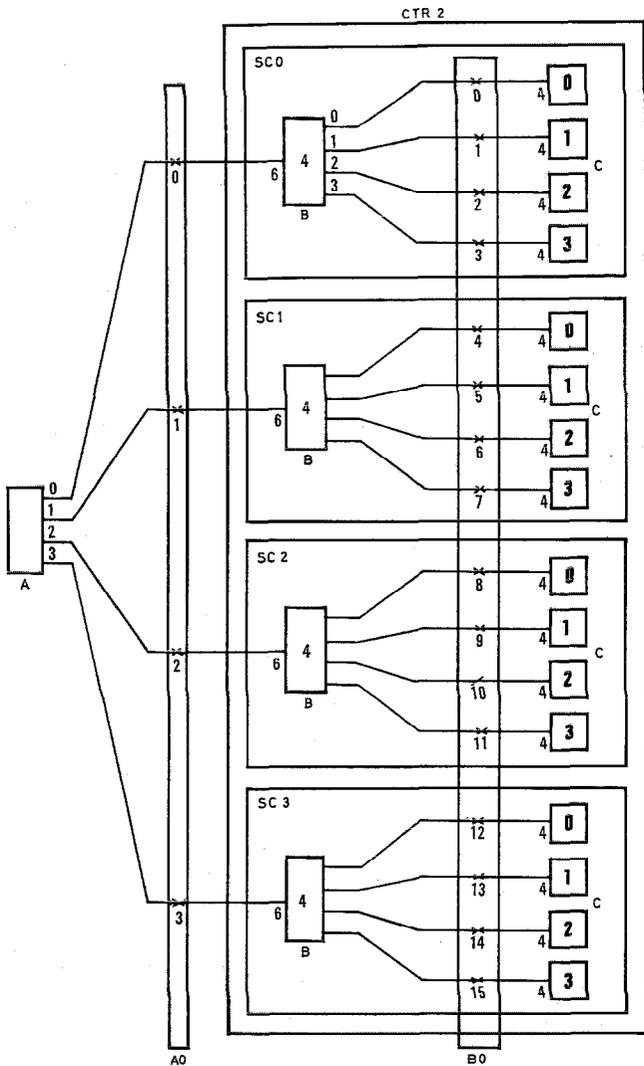


Fig. 43 Disposición de enlaces para la selección de una matriz C.

A0	0	1	2	3												
A1	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
B0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A1.B0=R0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SC NUMERO	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
MATRIZ C NUMERO	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3

Fig. 44 Determinación de una matriz C.

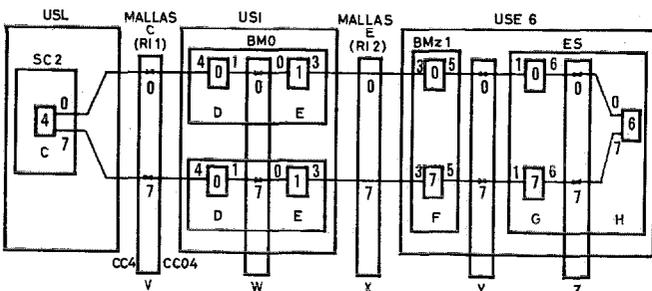


Fig. 45 Grupo normalizado de 8 caminos para búsqueda de caminos.

$b$  es el número de USI y de USE, aquí  $b = 11$   
 $m$  es el número de la USI, con  $0 \leq m \leq b - 1$   
 $t$  es el número de la USE, con  $0 \leq t \leq b - 1$   
 la fórmula general

$$m + t - \text{entero } (y + 1) \frac{b}{32} + \lambda b = 0 \quad (3)$$

da la distribución en el RI2. Esta distribución viene dada por la tabla de la figura 41.

En la tabla de la figura 41 [9] significa que el cable CE número 05 de la USE 4 está conectada al cable número 05 de la USE número 9 de la sección 05 del RI2. Cada columna da la distribución de la sección correspondiente del RI2.

Distribución en el RI3

La distribución en el RI3 no se gobierna por una fórmula matemática sino por una serie de reglas de equipo. Se establece una tabla (Fig. 42) en la que los cables CH se disponen de acuerdo con el número de salida correspondiente en la matriz H. Los cables CJ se colocan primero en la columna 00, después en la columna 10, etc.

Cuando todos los cables están colocados, todas las matrices H de la central están ocupadas por igual. En la tabla de la figura 42, las matrices H reciben 5 ó 6 enlaces o circuitos de servicio. El tráfico se reparte por igual en la central cuando la colocación de los cables CJ empieza con los circuitos fuertemente cargados y acaba con los circuitos de poco tráfico.

Por razones de seguridad, debe tenerse cuidado de que cualquier ruta esté representada en el mayor número posible de USE.

Principios de la búsqueda de caminos

La búsqueda de caminos es la determinación de un camino libre adecuado entre un enlace (o más precisamente, la matriz H a que está conectada) y una línea de abonado o un elemento auxiliar.

Como un Elemento Auxiliar está multiplicado sobre 8 enlaces C, distribuidos de la misma forma que las 8 salidas de una matriz C, la búsqueda de un camino entre un Elemento Auxiliar y una matriz H es igual que la búsqueda de un camino entre una matriz C y una matriz H.

La búsqueda de caminos entre una línea de abonado (o más precisamente, la matriz A a que está conectada) y una matriz H se divide en dos operaciones:

- Selección de una matriz C con un camino libre hacia la matriz A dada.
- Búsqueda de un camino entre esta matriz C y la matriz H dada.

En la práctica real, se consideran 2 matrices C en la búsqueda de caminos para buscar por grupos de 16 enlaces, pero el principio se explica para una matriz C y una búsqueda sobre 8 enlaces.

Selección de una matriz C en la USL

Las 4 salidas de una matriz A se conectan a los 4 subconcentradores SC0/73 de un concentrador CTR.

BIT NUMERO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37			
NUMERO y	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37			
0	1	1																																							
1			1	1	1																																				
2						1	1	1																																	
3									1	1	1																														
4												1	1	1																											
5																1	1	1																							
6																			1	1	1																				
7																								1	1	1															
8																											1	1	1												
9																																					1	1	1		
10																																							1	1	1
11	1	1																																							
12			1	1	1																																				
13						1	1	1																																	
14									1	1	1																														
15																																									
16																	1	1	1																						
17																																									
18																																									
19																																									
20																																									

Fig. 46 Tabla de asignación de un RI2 para  $b = 11$ .

De acuerdo con la configuración de la USL existe una correspondencia fija entre la dirección de la matriz A y la de las matrices B. En el ejemplo de la figura 43, la matriz A considerada está servida por el concentrador CTR2 y tiene sus 4 salidas conectadas a las entradas número 6 de las matrices B número 4 de los 4 subconcentradores SC0/3.

La partición A0 de 4 bits corresponde, en el mapa, a las 4 salidas de la matriz A considerada. Si el enlace correspondiente está libre el bit está presente y si el enlace está ocupado, el bit no aparece.

Una media palabra de 16 bits B0 corresponde a las 4 salidas de las 4 matrices B número 4.

La dirección de A0 está directamente enlazada a la dirección de la matriz A. La dirección de B0 se deriva de la dirección de la matriz A, de acuerdo con la configuración y número de la USL.

La partición A0 se amplía 4 veces en una media palabra A1 juntándose después en una puerta Y con B0. El resultado, R0, es una media palabra de 16 bits en la que los bits presentes corresponden a las matrices C disponibles (Fig. 44). Uno de los cuales se selecciona para proceder a la búsqueda de circuito.

En una USL, las matrices A y B tienen siempre 4 salidas, en todas las configuraciones. El algoritmo para la selección de una matriz C no depende, por lo tanto, de la configuración de la USL.

Selección de camino entre una matriz C y una matriz H

Supongamos que la matriz C seleccionada en la matriz C número 4, en el subconcentrador SC2 de la USL8 (figura 45). Esta matriz corresponde al cable CC número 4 y la tabla de la figura 40 indica que este cable CC se acopla con el cable CD número 04 de la USI número 9.

El cable CD número 4 corresponde a la matriz D número 0, salida número 4 en todos los BM.

Supongamos que el enlace está conectado a la matriz H número 6 en el BE número 5 de la USE número 6.

El problema siguiente es el de determinar qué cables CE/CF conectan la USI 9 a la USE 6. Esto se resuelve a partir de la fórmula matemática que gobierna la distribución del RI2, que puede escribirse:

$$m + t = \text{entero} (y + 1) \frac{b}{32} + \lambda b = 0. \quad (3)$$

A cada valor de  $m + t$  corresponde una palabra de 32 bits. Cada bit de dicha palabra representa un valor de  $y$ . Este bit está presente si se verifica la fórmula (3), es decir, si el par de cables CE/CF número  $y$  correspondientes conectan la USI número  $m$  a la USE número  $t$ , y no está presente en el caso contrario.

Para la central considerada,  $b = 11$  y la tabla de dis-

tribución del RI2 de la figura 46, comprende 21 palabras de 32 bits.

Para el ejemplo seleccionado de  $m=9$  y  $t=6$ , los tres cables CE/CF posibles son: CE/CF números 13, 14 ó 15.

Se selecciona uno de estos 3 pares de cables, es decir, CE/CF número 13, que corresponde a la matriz E número 1, salida 3 en la USI 9 y al BMz número 1, salidas F número 3 en la USE 6.

Un grupo de 8 caminos está entonces totalmente determinado y los octetos de 8 bits V, W, X, Y, Z, mostrados en la figura 45, pueden recogerse y pasarse a una puerta Y (Fig. 47). El resultado aparece en R1. Los bits de R1 que estén presentes corresponden a caminos disponibles en este grupo de 8 caminos, uno de los cuales se selecciona para establecer la conexión.

Si ninguno de los bits de R1 está presente, se hacen otros intentos para seleccionar primero los cables CE/CF número 14 y 15. Entonces, si no se encuentra ningún camino, se selecciona otra matriz C (es decir, otra USI y continúa el proceso hasta que se encuentra un circuito disponible o se examinan todas las posibilidades o se realiza un número de intentos predeterminados.

**Ampliaciones**

Las ampliaciones constituyen uno de los aspectos más importantes de un sistema de conmutación. En el diseño de la Red de conmutación 10R se tuvo un cuidado especial en facilitar las ampliaciones.

El proceso de la ampliación es como sigue:

- Instalar y eliminar los defectos de los nuevos USL, USI, USE y CTR.
- Redistribuir los cables en el RI2 para conectar las antiguas y las nuevas USI a las antiguas y nuevas USE.
- Redistribuir los cables en el RI1 para conectar las antiguas y las nuevas USL a las antiguas y nuevas USE.

**Redistribución de cables en el RI2**

La redistribución de cables en el RI2 se realiza sección por sección. Las secciones se pueden reagrupar en cualquier orden. Supongamos que la central anteriormente descrita se amplía desde  $b=11$  USI a  $b=13$  USI y que se empieza la redistribución por la sección 00 del RI2 correspondiente a los cables CE número 00 y CF número 00 de todas las USI y USE incluídas las nuevas.

En la tabla de asignaciones de la figura 46, la sección 00 está inhibida, es decir, no hay ningún bit presente. Por lo tanto, los cables CE/CF números 00 no podrán seleccionarse para la búsqueda de camino.

Puesto que solamente un cable de entre 32 se deja fuera de servicio en las USI y en las USE, la capacidad de tráfico permanece prácticamente invariable.

La tabla de distribución de la figura 41 se modifica de acuerdo con la figura 48.

Los cables CE nuevos, correspondientes a las USI 11/12 están ya conectados en la parte posterior

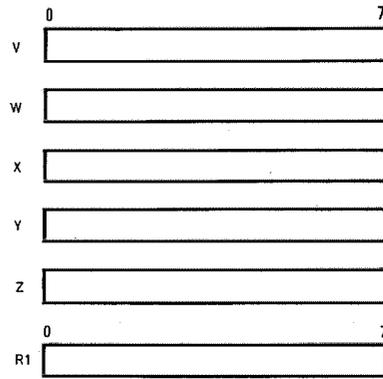


Fig. 47 Determinación de un camino dentro de un grupo de 8 caminos.

SECCION NUMERO y	00	01	02	03
0	0	0	1	1
1	12	10	0	0
2	11	9	10	10
3	10	8	9	9
4	9	7	8	8
5	8	6	7	7
6	7	5	6	6
7	6	4	5	5
8	5	3	4	4
9	4	2	3	3
10	3	1	2	2
11	2	NUEVA ANTIGUA DISTRIBUCION		
12	1			

Fig. 48 Distribución del RI2. Tabla para  $b=13$  en la sección 00 y  $b=11$  en las secciones 01/37.

BIT NUMERO	0	1	2	3
y	00	01	02	03
0	1			
1		1	1	
2				
3				
10				
11		1		
12			1	1
13	1			
20				
21				
22				
23				
24				

NUEVA ANTIGUA ASIGNACION

Fig. 49 Asignación del RI2. Tabla para  $b=13$  en la sección 00 y  $b=11$  en las secciones 01/37.

del RI2. Se reasignan los cables CF número 00 de todas las USE de acuerdo con la figura 48.

Cuando esta reasignación se ha completado y verificado, pueden volver a utilizarse los cables para el tráfico real. Con este fin, los bits correspondientes al cable CE/CF número 00 se disponen según la nueva distribución, es decir, los bits número 0 de la tabla de la figura 49 y correspondientes a  $m+t=0$  y a  $m+t=13$  están presentes; los demás permanecen como estaban.

De ahora en adelante pueden seleccionarse nuevamente los cables CE y CF números 00.

Puede ya modificarse otra sección del RI2.

Cuando todos los cables CE y CF están reasignados, la nueva distribución para  $b=13$  habrá quedado completa.

Durante todo el proceso, el algoritmo de búsqueda de caminos permanece invariable.

Las nuevas USE pueden ponerse en servicio. Puesto que el RI1 no ha sido aún modificado, las USL antiguas y los equipos auxiliares están aún conectados a las USI antiguas y, por consiguiente, las nuevas USI no cursan aún ningún tráfico.

#### Redistribución de cables en el RI1

El proceso es similar al aplicado para la redistribución de los cables en el RI2:

- los cables CC correspondientes a la sección número 00 de la tabla de la figura 40 se dejan fuera de servicio,
- los cables CC número 0 de las USL = 0, 4, 8, 16, etc. se reasignan de acuerdo con la nueva distribución,
- la tabla de traslación se actualiza y los cables CC número 0 se ponen nuevamente en servicio.

Durante este proceso, un cable CC de cada 8 se deja fuera de servicio en una de cada cuatro USL. Las USL correspondientes trabajan con 112 enlaces C en lugar de 128 y no se reduce de forma significativa la capacidad de tráfico.

Cuando el RI1 está totalmente cableado, la central ha adoptado su nueva configuración y pueden abrirse al tráfico real las nuevas USI.

#### Conclusión

El equipo diseñado para la red de conmutación de las centrales locales del sistema Metaconta L tipo 10R consta de cuatro unidades normales que permiten, mediante la simple colocación de cables enchufables, constituir centrales de cualquier capacidad para un amplio margen de tráficos de abonado.

Este equipo puede montarse en bastidores UNISWEP de 11 ó 7 cuadros indistintamente y dispone de medios para facilitar tanto la instalación como las ampliaciones, lo que proporciona la flexibilidad, compacidad y normalización requeridas en un campo de aplicación que presenta una gran variedad de condiciones operacionales.

#### Referencias

- [1] H. Nordsieck: Editorial — El sistema de conmutación Metaconta; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 46 (1971), N° 4, págs. 233—235.
- [2] S. Kobus, J. A. de Miguel y A. Régnier: Metaconta L — Control por programa en memoria de matrices con puntos de cruce provistos de autorretención; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 46 (1971), N° 4, págs. 236—247.
- [3] S. Kobus, A. Kruihof y L. Viellevoe: Principio de control del sistema de conmutación Metaconta L; Comunicaciones Eléctricas; Vol. 47 (1972), N° 3, págs. 165—169.
- [4] J. Duquesne, G. Le Strat y A. Régnier: Central Electrónica Experimental "ARTEMIS"; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 42 (1967), N° 3, págs. 29—40.
- [5] A. Régnier, J. Payer: Matrice de points de croisement à contacts scellés et maintien magnétique; Commutation & Electronique, París, N° 36, Enero 1972.
- [6] C. Vazquez y G. Dufresnoy: Multiconmutador miniatura; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 44 (1969), N° 4, págs. 329—333.
- [7] J. J. Perrot: Considérations théoriques sur les règles pratiques de distribution dans un système maillé; Commutation & Electronique, París, N° 38, julio 1972.
- [8] S. W. Evans, V. R. Henson y P. J. Risley: UNISWEP: Nueva práctica de equipo para sistemas de conmutación; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 47 (1971), N° 3, págs. 144—155.
- [9] J. Trelut: Aplicación del Sistema Metaconta en el Aeropuerto de Roissy; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 47 (1972), N° 4, págs. 237—243.
- [10] J. Trelut: Un central téléphonique électronique à l'aéroport de Roissy-France, Commutation & Electronique, París, N° 40, enero 1973.

**Jean Jacques Perrot Marcel**, nació en Rouen (Francia) el 23 de marzo de 1922. Obtuvo el grado de ingeniero en la Escuela Superior de Electricidad de París en 1946.

Desde 1946 hasta 1951 trabajó como ingeniero en Chr. Gfeller A. G., Berna, Suiza. En diciembre de 1951 entró en LMT como ingeniero en el Departamento Técnico en Telecomunicación (Desarrollo del sistema Pentaconta en el grupo conjunto CGCT-LMT).

En 1959, pasó a ser Asesor Técnico a STC Pty Ltd., de Sidney, Australia. Posteriormente, regresó a Francia como Director Técnico de la División de Coordinación Internacional de Pentaconta, París, de 1962 a 1967. Marchó después a Brasil como Subdirector Técnico de ITT Latin América (Río) desde 1967 hasta 1970.

Actualmente el Sr. Perrot es Ingeniero de Sistemas Senior en la División de Conmutación de LMT desde 1970.

**Albert Régnier** nació el 2 de noviembre de 1930 en Charbourg (Francia). Recibió el grado de Ingeniero Civil de Telecomunicación de la Escuela Politécnica de París en 1955.

En julio de 1955 ingresó en "Le Matériel Téléphonique" (LMT) como Ingeniero de Diseño de Sistemas de Conmutación Rotary y Pentaconta.

Desde 1960 pertenece al Departamento de Investigación de Sistemas de Conmutación, encargándose de desarrollos electrónicos, principalmente en el proyecto "ARTEMIS".

# Descripción general de la versión 10 C del sistema de conmutación Metaconta interurbano y del diseño de su programación

Debido a su diseño modular en cuanto a programas y circuitos, y a su configuración multiproceso, la 10 C es una versión potente y económicamente expandible del sistema Metaconta. Sus elaborados programas facilitan en grado sumo la explotación y la conservación.

J. JANSSENS  
Bell Telephone Manufacturing Company, Amberes, Bélgica

## Introducción

La central 10 C es una versión del sistema electrónico de conmutación Metaconta\* con programa almacenado en una red de conmutación de relés de varilla Herkon\*. El control de conmutación se realiza con procesadores ITT 3200. En un sistema se pueden incorporar hasta 6 ordenadores. El número necesario en cada caso depende de la capacidad de tráfico de la central, y se añade un procesador para aumentar la fiabilidad lo que le convierte en un sistema de  $N + 1$ .

La fiabilidad se asegura también haciendo conmutables por programa los bloques de memoria y conservando los mismos programas en diferentes bloques, quedando así varios bloques disponibles para reconfiguración del sistema en caso de fallo de programa. El programa emplea el método de reparto de carga-función, en el que los procesadores trabajan con diferentes módulos de programa, de modo que una falta en un módulo no causa un fallo total del sistema.

\* Marca registrada del sistema ITT

En 1973 en pondrán en servicio dos sistemas, uno en Bélgica y otro en Australia. Otras muchas centrales Metaconta 10 C se cortarán en 1974 en Bélgica, Australia y Yugoslavia.

## La distribución del equipo 10 C

El equipo se puede subdividir en tres importantes subsistemas (Fig. 1):

La red de conmutación RC, los circuitos periféricos CP y el control central CC.

Estos subsistemas están interconectados por medio de buses que permiten el flujo de información y órdenes entre los mismos.

La red de conmutación RC está constituida de la siguiente manera:

Un número de circuitos de llegada CLL asociados a enlaces de llegada ELL, pueden ser conectados a unidades receptoras UR a través de la red de señalización de llegada RSLL. Esta red, como todas las del sistema, está compuesta por un determinado número de

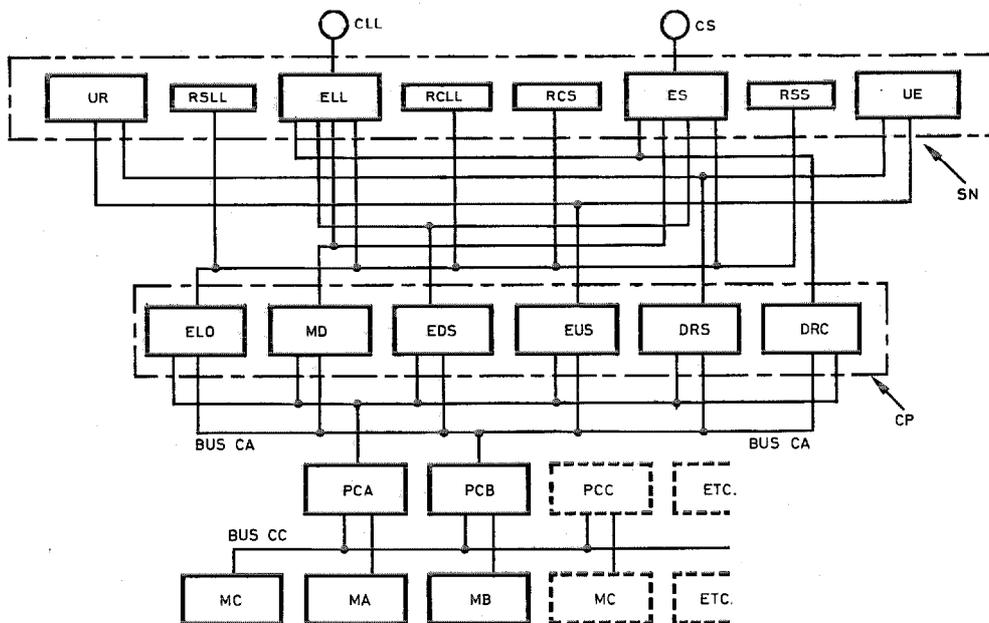


Fig. 1 Diagrama de bloques de la versión 10 C del sistema Metaconta.

- |   |  |                                   |                                       |
|---|--|-----------------------------------|---------------------------------------|
| c. a. = corriente alterna                 | EDS = explorador de datos de señalización    | M-B = memoria B                   | RCLL = red de conversión de llegada   |
| c. c. = corriente continua                | ELO = explorador de estado libre/ocupado     | M-C = memoria C                   | RSLL = red de señalización de llegada |
| CLL = circuito de llegada                 | ELL = enlace de llegada                      | MC = memoria común                | RSS = red de señalización de salida   |
| CP = circuito periférico                  | ES = enlace de salida                        | MD = marcador distribuidor        | UE = unidad enviada                   |
| CS = circuito de salida                   | EUS = explorador de unidades de señalización | PC-A = procesador central A       | UR = unidad receptora                 |
| DRC = distribuidor rápido de circuito     | M-A = memoria A                              | PC-B = procesador central B       |                                       |
| DRS = distribuidor rápido de señalización |  | PC-C = procesador central C       |                                       |
|   |  | RCS = red de conversión de salida |                                       |

etapas interconectadas por enlaces. Las unidades receptoras obtienen la información sobre el encaminamiento necesario a partir del circuito de llegada y entonces el enlace de llegada se conecta al de salida, ES, a través de las redes de conversación de llegada, RCLL y salida RCS.

Los enlaces de salida se conectan directamente a los circuitos de salida, CS, permitiendo la conexión con centrales distantes. Las unidades enviadoras UE se conectan a los enlaces de salida a través de la red de señalización RSS, para el envío de las señales necesarias hacia el destino elegido.

La circuitería periférica CP, se utiliza para obtener información sobre la red de conmutación, por medio de los exploradores y para ejecutar órdenes sobre dicha red mediante marcadores y distribuidores de señales.

Los exploradores de estado libre/ocupado, ELO, se conectan a los ELL, ES, RCLL, RCS y RSS y detectan qué enlaces y mallas se encuentran libres u ocupados en un determinado momento.

Los marcadores distribuidores MD, se conectan a los mismos dispositivos así como a los relés de los enlaces; los exploradores de datos de señalización, EDS, se conectan a los ELL y ES y obtienen información sobre la señalización de línea (por ejemplo estado del bucle).

Los exploradores de unidades de señalización EUS se conectan a las unidades receptoras UR y enviadoras UE y verifican su estado de libertad u ocupación y la presencia de señales.

Finalmente, los distribuidores rápidos de circuitos se conectan a los enlaces de llegada ELL y salida ES y los distribuidores rápidos de señalización DRS a las UR y UE.

Su finalidad es actuar dispositivos internos tales como relés en un intervalo preciso de tiempo.

Estos dispositivos están conectados directamente con la señalización y trabajan a alta velocidad.

La red de conmutación y la circuitería periférica poseen una estructura altamente modular. Esta modularidad permite la extensión de la central sin tener que suministrar equipo innecesario en las instalaciones iniciales. Los módulos, con una capacidad de 4096 ELL y 4096 ES, poseen su propio juego de dispositivos periféricos.

2 ELO (exploradores del estado libre/ocupado), 8 MD (marcadores distribuidores), 2 EDS (exploradores de datos de señalización), 1 EUS (explorador de unidades de señalización), 1 DRS (distribuidor rápido de señalización) y 4 DRC (distribuidores rápidos de circuitos). En el lado saliente se emplea un conjunto similar de dispositivos periféricos.

La modularidad, a su vez, mejora la fiabilidad ya que un fallo en un dispositivo periférico solo afecta a aquellos circuitos conectados al mismo.

En lo relativo a la fiabilidad, es interesante hacer notar que todas los dispositivos periféricos están duplicados y a cada una de las mitades accede un procesador independiente. Incluso si una mitad del dispositivo falla, el servicio puede ser mantenido totalmente a través de la otra mitad.

La circuitería periférica se conecta a los procesadores centrales PC, vía el sistema de buses de corriente alterna, CA.

Este conjunto está completamente duplicado. Los procesadores realizan todas las decisiones basadas en informaciones obtenidas de los exploradores vía el bus CA, enviando posteriormente las órdenes adecuadas hacia los marcadores distribuidores a través del mismo sistema de buses.

El conjunto de procesadores centrales varía entre 2 y 6 dependiendo de las características de tráfico de la central.

Los procesadores se conectan a la memoria M vía el sistema de buses de corriente continua CC. La memoria se divide en dos partes, memoria privada y memoria común. En condiciones normales cada memoria privada es accedida únicamente por un procesador, pero todos los procesadores tienen acceso a la memoria común.

La memoria común puede subdividirse en tres partes:

- bloques mixtos, que contienen programas y tablas de traducción,
- bloques de traducción,
- bloques de datos comunes, que contienen información variable.

Existen tantos bloques de programas como procesadores, mientras que los datos relativos a la traducción están duplicados.

Existe un único conjunto de datos variables, pero su contenido es redundante a efectos de recuperación en caso de fallo.

La organización de la memoria es también modular, estando físicamente constituida de bloques de 8, 16 ó 32 K palabras.

Se pueden combinar diferentes bloques en un mismo sistema hasta un máximo número de 48. Para obtener una mayor flexibilidad en caso de fallo de una memoria, cada controlador tiene 4 u 8 entradas, estando conectada cada una de ellas a un procesador.

La configuración de acceso puede, pues, cambiarse a voluntad durante el funcionamiento de la central sin detener por ello el tratamiento de llamadas.

#### Diseño de los programas

Durante el desarrollo del sistema se ha dedicado especial atención a la programación dadas las funciones primordiales que realiza, que necesitan ser analizadas por personal altamente cualificado.

La primera misión de los programas es realizar la conmutación sin fallos, de acuerdo con las especificaciones del cliente, las necesidades de los circuitos a conectar. Esta conmutación y análisis de la señalización es realizada por los programas de tratamiento de llamadas.

Una segunda tarea es suministrar suficientes indicaciones sobre los posibles fallos de los circuitos, a fin de eliminarlos dentro de un límite aceptable de tiempo.

Antes de la puesta en servicio, esta tarea se realiza mediante programas especiales de pruebas de instalación cuyo diseño está orientado a la detección rápida de fallos en los circuitos.

La mayoría de ellos se utilizan posteriormente como programas de mantenimiento ejecutados a petición, en previsión de extensiones.

Después de la puesta en servicio, estas funciones son realizadas por los programas de tratamiento de llamadas, pruebas en línea y programas de diagnóstico a petición (rutinas).

Además, en un sistema multiprocesador, muchas tareas deben ser planificadas y diseñadas de modo que puedan ser compartidas por varios procesadores, tratadas de acuerdo con un esquema de prioridades y verificando que incluso las de menor prioridad se ejecutan sin retrasos excesivos. Esta función es realizada por el planificador de tareas o programa monitor, auxiliado por unos circuitos especiales (líneas de interrupción).

Otra función consiste en suministrar información sobre el tráfico que se presenta a la central y su efecto en la ocupación del procesador. Esta función se realiza por medio de los programas de estadísticas en línea, medidas del tiempo libre en línea y estadísticas a petición.

Un sistema electrónico necesita un soporte que permita la comunicación entre el sistema y el mundo exterior. Esta función la realizan los programas de comunicación hombre-máquina.

En un sistema multiprocesador, cada procesador debe de ser informado del estado de los restantes procesadores y para ello su estado operacional debe de ser convenientemente controlado.

Asimismo en caso de fallo de una memoria se debe garantizar el correcto funcionamiento de la central, así como la recuperación de las llamadas en curso.

Esta función la realizan los programas de recuperación auxiliados de unos circuitos especiales (unidad de estado).

Las reglas de diseño del sistema multiproceso han sido tenidas en cuenta no sólo en los programas de recuperación o monitores, sino también en el diseño del resto de los programas (tratamiento de colas, distribución de llamadas, etc.).

### Grupos principales de programas

#### Planificador de tareas o monitor

Este programa realiza la distribución de tareas y para ello se ve asistido de unos circuitos especialmente diseñados para cumplir esta misión (niveles de prioridad).

El planificador de tareas o monitor posee una estructura tipo estrella. Ello significa que una vez ejecutadas todas las tareas, el programa vuelve siempre al mismo punto central, en el que las condiciones son tales que permiten la ejecución sucesiva de cada uno de los diferentes programas (Fig. 2).

Una característica esencial es que los cambios deben ser sencillos. Por ello el diseño se ha realizado de una manera modular y paramétrica, tanto para los datos como para los programas.

Un requisito adicional para los programas dado el papel preponderante que juegan, es su fiabilidad. Por

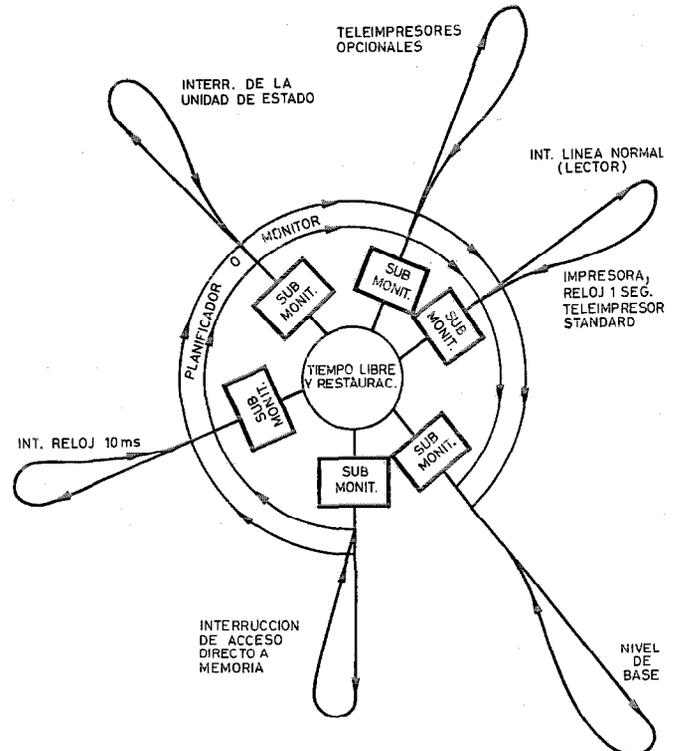


Fig. 2 Diagrama funcional del planificador de tareas o monitor.

ello durante su concepción se han empleado diferentes técnicas, de las que la más destacable es la del reparto de la carga de llamadas, procedimiento propio de ITT.

El último y más importante requisito, los programas deben ser económicos: optimizados en cuanto a la ocupación del procesador y la dimensión de la memoria.

El planificador de tareas es el centro de una serie de paquetes de programas, cada uno de los cuales comienza a ejecutarse, es supervisado y vuelve el control a su monitor particular, también llamado submonitor.

Por lo tanto el planificador de tareas se compone de un programa central más una serie de submonitores.

Las prioridades se asignan de modo que el tratamiento directo de la memoria para discos y cintas magnéticas, posee la más alta prioridad y puede interrumpir a cualquier otro paquete (prioridades de izquierda a derecha).

La razón es dar una alta eficacia al A.D.M. (Acceso Directo a Memoria) y dado que el tratamiento es muy rápido no puede interferir o retrasar otros paquetes de programas. Como se ve en la figura 2, un paquete de programas puede ser interrumpido por aquellos situados a la izquierda pero nunca por los localizados a la derecha.

Si se requiere el uso del A.D.M. para discos o cinta magnética, un programa realiza la petición por medio de una toma del A.D.M.

En cuanto el A.D.M. ha sido tomado, el programa en ejecución es interrumpido y el control transferido al submonitor del paquete A.D.M. que completará la nueva tarea A.D.M. a realizar.

Este monitor llama al programa necesario que envía un impulso de transferencia al controlador del A.D.M.,

el cual comienza automáticamente la transferencia de la memoria hacia la citada cinta o el disco.

Al mismo tiempo se prepara una máscara de tarea para el paquete de nivel básico. Esta máscara define qué programas tienen que ejecutarse en el próximo bucle de nivel básico.

Esta máscara es el resultado de un algoritmo basado en una celda de una tabla cíclica, la máscara de reparto de funciones y los programas de nivel básico por ejecutar.

Esta máscara es utilizada por el monitor de nivel básico para la ejecución de sus programas durante el próximo bucle de nivel básico (Fig. 3).

El tiempo del procesador para el comienzo de esta operación de transferencia es muy corto ( $\approx 100$  ms) y el programa A. D. M. finaliza volviendo a través de su monitor al punto de interrupción.

La tarea interrumpida o la cuenta del tiempo libre, continuará dependiendo del momento en que la interrupción tuvo lugar.

Cuando la acción de transferencia haya sido completada por el A. D. M. el controlador genera una nueva interrupción, que obliga a la ejecución del paquete A. D. M. nuevamente.

Su monitor reconoce que la tarea se ha terminado y ejecutará el programa adecuado.

Cada 10 ms, el procesador genera un impulso de reloj que desencadena la ejecución del paquete de reloj de 10 ms, a través de su monitor.

Este monitor accede a una tabla cíclica, que especifica los programas a ejecutar en un determinado período de reloj.

El monitor lee la celda siguiente en la tabla y ejecuta aquellos programas especificados por esta celda y la tabla de reparto de funciones. La máscara de reparto de funciones puede ser diferente en los diferentes procesadores.

Los grupos de programas más importantes del paquete de interrupción del reloj de 10 ms son los programas del marcador — distribuidor, los de exploración y los de cambio de estado.

Los dos primeros grupos envían información (códigos al marcador — distribuidor, códigos de exploración) hacia las unidades periféricas telefónicas a través del bus CA. Cuando el monitor llama a estos dos grupos de programas, la máscara de reparto de dispositi-

vos define la unidad telefónica a la cual se dirige la información.

Aunque dos procesadores tengan acceso a las unidades periféricas, sólo uno de ellos realiza continuamente el direccionamiento. Las máscaras de reparto de dispositivos son siempre complementarias en ambos procesadores y la función de direccionamiento puede ser conmutada de un procesador a otro sin más que cambiar este valor complementario en ambos.

El tercer grupo de "programas de tratamiento de cambio de estado" toma decisiones relativas a la llamada y se ejecuta de acuerdo con un sistema de reparto de carga predeterminado que será explicado posteriormente.

Este sistema presenta la ventaja de que los procesadores trabajan siempre sobre llamadas diferentes, eliminando por tanto la posibilidad de que ambos se pongan fuera de servicio simultáneamente por un fallo causado por un cierto tipo de llamada.

Las llamadas pueden ser fácilmente conmutadas a otro procesador, simplemente cambiando estas tablas predeterminadas de reparto de carga, facilitando por tanto los procesos de recuperación y pruebas de extensión.

Asimismo los conflictos de memoria común relativos a una llamada particular se eliminan, ya que cada procesador toma decisiones sobre diferentes llamadas. Este paquete de interrupción de reloj de 10 ms no puede interrumpir al paquete A. D. M. pero sí puede interrumpir a los otros paquetes situados a su derecha (prioridad de izquierda a derecha como se mencionó anteriormente).

Cada vez que una interrupción de estado tenga lugar, se ejecutará el programa de interrupción de estado.

Una interrupción de estado aparece siempre que un procesador cambie de estado (en línea), parado, en carga, en mantenimiento) o si al menos un mensaje entre procesadores tiene que ser tratado por el sistema.

La unidad de estado ha sido especialmente diseñada para multiproceso y un cambio de estado en un procesador produce una interrupción de estado en todos los procesadores. Cualquier cambio en un procesador se transmite a través del adaptador directo del procesador a su propia unidad de estado y a través del bus de estado a los otros procesadores (Fig. 4).

Cuando comienza la ejecución del programa de interrupción de estado, su monitor llama al subprograma necesario que puede ejecutar dos funciones diferentes dependiendo de la naturaleza del procesador. Si este es el ejecutivo, tratará el cambio de estado y tomará las decisiones de recuperación pertinentes.

Ninguno de los procesadores no ejecutivos realizará funciones de recuperación y únicamente tratará los posibles mensajes entre procesadores.

En el sistema sólo existe un procesador ejecutivo seleccionado mediante una ecuación lineal de cualidades ponderadas (conexión de bus CA, conexión de bus CC, acceso al cargador de programas...).

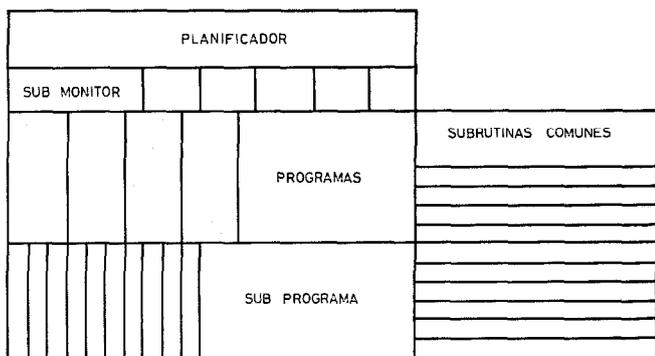


Fig. 3 Máscara utilizada por el monitor de nivel básico para la ejecución de sus programas.

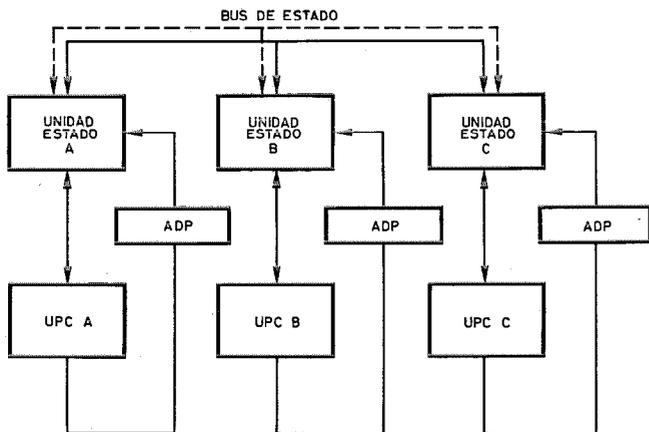


Fig. 4 Unidades de estado y su conexión a otros procesadores a través del bus de estado.

ADP = adaptador directo de periférico  
UPC = unidad central de procesamiento

Cada vez que la calidad de un procesador cambia (por ejemplo fallo del bus CA) se selecciona un nuevo procesador ejecutivo.

Pueden ocurrir otras interrupciones de la línea normal y del teleimpresor el cual es opcional en el sistema.

El nivel de la línea normal suministra interrupciones del reloj de tiempo real, de los teleimpresores standard y de los periféricos que operan en modo directo de entrada-salida (lectores, perforador, impresora).

Se prevén dos niveles adicionales que permiten la interrupción de hasta 31 teleimpresores opcionales.

Normalmente, los teleimpresores operan con ambos controladores activos a fin de eliminar la posibilidad de un corte temporal en la comunicación debido a un fallo en el controlador.

El teleimpresor de la línea normal es el standard utilizado en la comunicación hombre-máquina, y caso de existir teleimpresores opcionales es considerado el teleimpresor maestro, teniendo la posibilidad de recuperar o reasignar funciones de otros teleimpresores.

Las interrupciones del reloj de tiempo real se generan cada segundo y permiten la actualización de los contadores de tiempo real del sistema.

Existe una previsión de programa para la actualización de estos contadores de tiempo real en caso de que el reloj de tiempo real se encuentre fuera de servicio o no equipado.

Se suministra un lector rápido de cinta de papel para la carga de los programas a petición y puede suministrarse un lector de reserva para su conmutación en caso de petición hombre-máquina.

Caso de requerirse salida por cinta perforada se suministra un perforador y su controlador en cada uno de los procesadores E.S. (entrada-salida), de nuevo con una conmutación a petición hombre-máquina o automáticamente en caso de detección de fallo.

También en la línea normal se puede suministrar un registrador de página que permite grabar el estado de ocupación del procesador y el tráfico total de la central. Utiliza como adaptador un controlador de teleimpresor modificado que provoca interrupciones

periódicas de acuerdo con las peticiones hombre-máquina (a través de E.D., escritura directa). Puede ser conectado y desconectado por petición hombre-máquina o automáticamente cuando se ha sobrepasado un nivel de ocupación preestablecido.

Las líneas opcionales de teleimpresores permiten hasta 31 teleimpresores adicionales independientes, todos ellos con controladores duplicados y trabajando en duplex. Pueden ser dedicados y restringidos a ciertas funciones o pueden ser de uso general. Pueden ser locales o remotos, pudiendo utilizarse la facilidad de "respuesta hacia atrás" para realizar una verificación en la línea de comunicación. Con esta facilidad, el procesador puede interrogar a los teleimpresores y esperar una respuesta que indica la transmisión y recepción correctas.

Cada teleimpresor tiene una tabla de clase que indica su función y la identidad de otro teleimpresor que lo sustituirá en caso de ser puesto fuera de servicio.

En los casos en que se suministra, el lector de cinta de papel del teleimpresor puede ser utilizado para introducir mensajes.

En cuanto a las funciones a realizar, el análisis se efectúa durante el tratamiento de la interrupción y las decisiones se posponen hasta la ejecución del nivel de base.

Normalmente, todo proceso de decisión se subdivide entre dos paquetes de programas al menos.

El análisis o tareas cortos se realizan durante el tratamiento de la interrupción, mientras que aquellos trabajos que requieren más tiempo de procesador se realizan en el nivel de base.

La adaptación entre los dos paquetes se realiza mediante zonas de memoria o colas que contienen suficiente información para la realización de las tareas.

Si la frecuencia de ejecución en el nivel de base no está predeterminada en cuanto a la lectura de la memoria o cola, el programa será ejecutado en el bucle siguiente del nivel de base, gracias a una indicación dada a través de la máscara de trabajo.

Los grupos de programas más importantes en el nivel de base son el monitor, los programas de preparación de trabajo para el marcador-distribuidor (búsqueda de camino, tratamiento de final de trabajo, etc.), los programas de tratamiento de la llamada y temporizaciones, los programas de recuperación, los programas de tratamiento del tiempo libre y los programas de restauración.

Estos programas pueden ser ejecutados en uno, dos o en todos los procesadores, dependiendo de la función a realizar, mediante simple indicación en la máscara de reparto de funciones que posee cada uno de los procesadores en su memoria privada.

#### Programas de tratamiento de la llamada

Son los programa de señalización y del marcador-distribuidor.

La primera función a realizar por los programas de señalización es la lectura del estado de los distintos

puntos de test del equipo y el envío de este estado hacia la memoria común.

Esta función la realizan los programas de exploración que son llamados por el monitor de reloj en los dos procesadores que poseen el bus C. A.

Se puede dividir entre estos dos procesadores la exploración por medio de un bit de reparto de dispositivos por explorador y procesador.

Poniendo este bit a 1 solamente en un procesador a un tiempo, la operación de un explorador es exclusiva a este procesador.

Mediante este mecanismos, no se necesitan puntos dobles de exploración y cuando una de las partes del explorador falla, es muy sencilla la puesta en servicio de la parte duplicada.

La función exploración es una parte común para los diferentes tipos de señalización (Fig. 5).

Los programas de tratamiento de cambios comparan los datos de entrada correspondientes a dos exploraciones secuenciales. Después de un análisis de los cambios, se tomarán algunas decisiones, principalmente realizar operaciones de marcador-distribuidor.

Las funciones de exploración y tratamiento de cambios se han separado debido al multiproceso.

Así, el tratamiento de cambios se ha dividido entre varios procesadores mediante un simple bit por enlace y por procesador y no está en modo alguno relacionado con los procesadores que poseen el bus C. A.

Esta "indicación de procesador" o "bit de tratado por mí" sólo existirá en un procesador. Este procesador tratará el cambio o la llamada (reparto de carga).

Si un procesador falla, el tratamiento del cambio o de la llamada pasa a otro procesador simplemente posicionando a 1 el correspondiente bit. Este cambio lo realizan los programas de recuperación.

Los programas de tratamiento de cambios se han concebido para trabajar con diferentes tipos de señalización y consisten en una parte común y una parte específica. La parte común realiza la comparación entre las dos exploraciones consecutivas en busca de cambios de estado. La comparación se realiza por grupos de 64 bits cada vez y tiene lugar en los registros del procesador de modo que la velocidad se duplica (32 a 64 bits) y además se incrementa en un 40% (ejecución en los registros) (Fig. 5).

Además la parte común realiza pruebas, independientes del tipo de señalización y la llamada a las tablas de clases de señalización y a los módulos de programas relacionados.

Se ha diseñado el sistema para 16 tipos diferentes de programas de señalización, cada uno de los cuales trata un tipo específico de señalización. Estos programas se pueden añadir o suprimir automáticamente durante la compilación gracias a su codificación condicional (compilación condicional). Sin embargo, se ha tratado de minimizar el número de versiones diferentes para un país dado con objeto de obtener unos programas de fácil conservación. La supresión o adición de módulos se realiza definiendo en una cinta separada las señalizaciones, requeridas o no, en una determinada central.

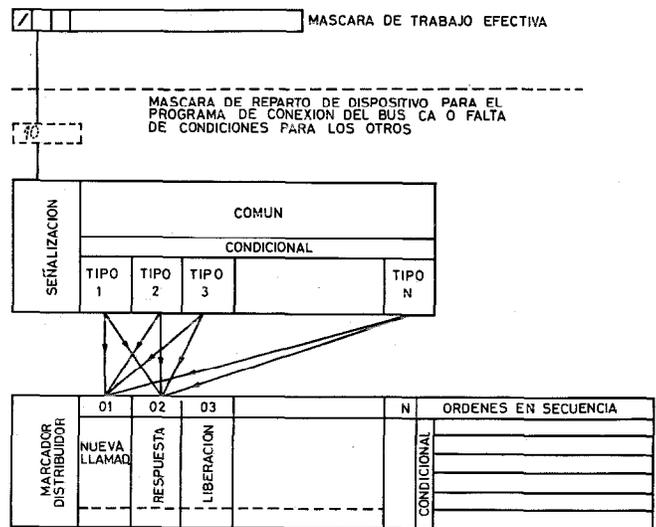


Fig. 5 Organización del programa general de una gran central local y enlaces de una versión 10 C del sistema Metaconta.

Cuando estos programas detectan un cambio en el estado de una llamada (cuelgue, descuelgue, etc.) llaman a los programas de órdenes del marcador-distribuidor. Estos toman las decisiones de conexión.

Mientras que los programas de señalización se conciben de una manera modular respecto de los tipos de señalización, los programas del marcador-distribuidor son modulares respecto de las principales funciones telefónicas:

00	01	02	--	-- n
Nueva llamada	Descuelgue	Liberación		

Cada uno de estos programas es llamado por los programas de señalización a través de un código denominado "encadenamiento de órdenes".

Cada programa de encadenamiento de órdenes realiza una función telefónica para cualquier tipo de señalización y puede por tanto considerarse que soluciona el problema de un modo general.

Cuando un programa encuentra un problema, el programa de encadenamiento de orden busca qué tiene que hacerse exactamente. La función a realizar puede encontrarse en los buffers de datos, como el buffer de llamada, el buffer de estado, clases de señalización y otras tablas. Después de haber analizado estos datos, los programas de encadenamiento de órdenes llaman a rutinas consecutivas de órdenes.

Estas rutinas de órdenes realizan funciones de distribución o conexión. La figura 5 representa la organización y modularidad de los programas de tratamiento de la llamada.

Su diseño es un compromiso entre la modularidad y el coste de las instrucciones.

El hecho de poseer un programa de encadenamiento de órdenes centralizado hace que los cambios debidos a nuevas señalizaciones se limiten prácticamente a esta

parte central y que no sea necesario un programa particular para cada nuevo tipo de señalización en el conjunto marcador distribuidor.

#### Programas de detección de faltas

El vínculo entre los circuitos y los programas para la detección de faltas son los biestables de falta verificados por los programas en cada operación.

Por cada circuito adaptador de explorador o distribuidor rápido, existen dos biestables de faltas (BF).

BF1 = falta en una parte duplicada del explorador (potencia o matriz del distribuidor).

BF2 = falta en una parte no duplicada del explorador (punto de cruce del distribuidor).

Cada marcador-distribuidor posee tres biestables de falta.

BF1 = falta en una parte duplicada del marcador-distribuidor.

BF2 = falta en una parte no duplicada.

BF3 = falta en el test de continuidad.

Después de una lectura directa del adaptador de un explorador, los biestables de falta BF1 y BF2 de éste se representan en los códigos de condición CC3, CC4 del procesador, que pueden ser verificados por programa.

— Los programas de tratamiento de la llamada realizan verificaciones de falta en todas las operaciones de entrada-salida.

Esta operación puede consistir en una exploración, una conexión o una distribución. Cuando un dispositivo falla, los biestables de faltas suministran a los programas la información necesaria sobre la naturaleza de la falta.

Toda operación fallida se repite y trae consigo la preparación de un mensaje que informa de los circuitos asociados al fallo y la naturaleza de éste.

— Los programas de prueba en línea realizan la búsqueda de faltas en la periferia central de un modo regular. Así, incluso en períodos de bajo tráfico, continúa la verificación de la central.

— Los programas de diagnóstico a demanda permiten la realización de pruebas detalladas y secuenciales sobre los circuitos y todas sus funciones.

— Los programas de extensión o instalación sirven para la instalación de equipo, sea nuevo o añadido.

#### Programas de medidas de tráfico

Existen contadores de tráfico que suministran información sobre tres tipos de estadísticas.

— Contadores del control común, en los dispositivos de señalización, que dan información sobre la ocupación y bloqueo de éstos.

— Contadores de ruta que indican la ocupación y bloqueo de todas las rutas, tanto del lado entrante como del saliente, de la red de conversación.

— Contadores generales de tráfico que suministran el tráfico total en la central, el número de llamadas de tipos diferentes (internacionales, automáticas, de operadora...), contadores de tasación, contadores de operadora (rapidez de respuesta, número de llama-

das tratadas...) y contadores de tiempo libre de los procesadores.

Estos contadores se modifican, sea por los programas de tratamiento de la llamada o por programas de estadísticas, residentes y ejecutados periódicamente.

Los contadores de tráfico se pueden registrar sobre el teleimpresor, cinta magnética o incluso sobre el registrador de página. Puede realizarse este registro automáticamente o por lectura y ejecución de programas de tráfico bajo demanda.

Estos programas se leen y ejecutan bajo control del teleimpresor a través de un lector de cinta de papel de velocidad media.

Los programas de estadísticas bajo demanda se utilizan para realizar estadísticas no frecuentes y pueden utilizar contadores en línea o formar sus propios contadores si la información no se conserva en buffers estadísticos (por ejemplo ocupación de un módulo de red).

#### Programas hombre-máquina y bajo demanda

Los programas hombre-máquina tratan comunicaciones hacia o desde el procesador a través del teleimpresor.

Se utilizan estos programas para interrogar o cambiar las tablas de la central (función entrada) y para imprimir mensajes estadísticos o de posibles fallos (función salida).

Se suministra asimismo un potente sistema bajo demanda que permite que programas adicionales sean ejecutados y planificados como programas del sistema.

Se reserva un bloque de memoria para los programas bajo demanda. Este bloque se subdivide en zonas de igual o distinto tamaño. Las zonas se definen mediante parámetros. El máximo de zonas es 16. Cada zona puede alojar un número de programas residentes a un tiempo. El número de programas por zona se define mediante un parámetro y se permite hasta un máximo de 8 programas por zona.

El número total de programas en todas las zonas se limita a un máximo de 32 para cualquier sistema bajo demanda. La asignación de zonas y el número de programas por zona está parametrizado y dependerá, para un sistema bajo demanda en particular, de las especificaciones del cliente.

#### Programas de recuperación

Los programas de recuperación son los que arrancan el sistema y organizan la recuperación de las llamadas tratadas por un módulo o procesador en fallo.

Recíprocamente, realizan la distribución de la llamada cuando un módulo es puesto de nuevo en servicio, el procesador es recargado o se repara una memoria. Se distinguen dos partes:

— La parte no ejecutiva, que es recorrida por todos los procesadores obteniéndose como resultado un mensaje de diagnóstico y la selección de un procesador ejecutivo.

— La parte ejecutiva recorrida únicamente por el procesador ejecutivo con la misión de reasignar llamadas y funciones.

- En caso de fallo simple, las llamadas en fase de conversación y envío de corriente de llamada son recuperadas y las llamadas en fase de numeración liberadas.
- En caso de fallo total, las llamadas en conservación y envío de corriente se conservan intactas y vuelven a ser supervisadas por los procesadores cuando vuelven a entrar en servicio, siempre que la memoria asociada sea consistente. En caso de inconsistencia, la llamada se libera.

### Trabajo en multiproceso

Como se mencionó en la introducción, seis procesadores pueden trabajar juntos, conectados a memorias equipadas con controladores de 4 u 8 entradas, "conmutables por programa", por razones de reconfiguración.

Dos de estos 6 procesadores poseen conexión a un bus CA que también puede ser conmutado bajo control de programa a otros dos procesadores y dos procesadores están conectados al bus CC.

Como los trabajos a realizar pueden ser modificados a través de tablas (tablas de reparto de funciones para dispositivos y tablas "de tratado por mi" para llamadas) cada procesador tiene que poseer todos los programas residentes en su propia memoria o memoria privada.

La información de tables está duplicada en memorias de acceso común y la información dinámica de la red y llamadas existe de forma redundante en la memoria común.

Los bloques de traducción duplicados se utilizan como bloques de reserva para la recuperación.

El tratamiento de llamadas, funciones y dispositivos se distribuye entre los diferentes procesadores por el principio de reparto de carga de funciones, ya que, en un sistema multiproceso, el uso simultáneo de la memoria común puede conducir a decisiones erróneas.

La asignación de cada función a uno o más procesadores se realiza mediante la máscara de "reparto de funciones".

Si se asigna una función a más procesadores, se reparte la carga mediante la tabla de "tratado por mi" que indica las llamadas a tratar y mediante la tabla "reparto de dispositivo" que indica los dispositivos periféricos a acceder.

Estas tablas impiden que palabras asignadas a una llamada o dispositivo específico, puedan ser accedidas a un mismo tiempo (ver descripción detallada "Modo de reparto de carga-función").

Como este principio no impide la interferencia en el tratamiento de las colas, éstas se protegen mediante un bit especial de toma o protección.

Este último sistema da prioridad al procesador que primero accede a la memoria común a nivel de instrucción.

Siempre existe un primero, ya que hay un circuito que en las colas asigna la prioridad a un procesador cuando un número de ellos solicitan simultáneamente el acceso a la memoria.

### Modo de reparto de carga-función

Se le puede definir como una forma especial de operación utilizada por el metaconta 10 C equipado con procesadores ITT 3200.

El reparto de funciones tiene lugar cuando un único procesador realiza todo el trabajo asociado a una función especial, por ejemplo el "preparar la conexión y la distribución" de la función búsqueda de camino se realiza en un único procesador (ver la función F de la Fig. 6), para evitar que ambos procesadores seleccionen el mismo camino libre en la red al mismo tiempo, lo que conduciría a conexiones dobles o incorrectas.

Todos los procesadores poseen el programa y son capaces de ejecutar esta tarea, pero solamente la ejecuta un procesador gracias a la máscara de reparto de funciones que especifica qué tareas tienen que ser ejecutadas por cada procesador.

La función "preparar conexión y distribución" solo puede ser ejecutada por el procesador 1 (ver Fig. 6) ya que el bit de reparto asociado a esta función situado en la memoria privada, sólo se encuentra posicionado para este procesador y no para los procesadores 0, 2 y 3.

Estas máscaras tienen que ser cambiadas cuando uno de los procesadores se pone fuera de servicio, lo cual es una operación relativamente simple.

Otra serie de funciones se ejecutan por el procedimiento de reparto de la carga, en cuanto al procesador que trata cada dispositivo y cada llamada.

Se consigue lo anterior gracias a la existencia de tablas preestablecidas de reparto de dispositivos y de tratado por mi en cada procesador (ver Fig. 6).

Estas tablas, situadas en la memoria privada, poseen un 1 ó un 0 para cada dispositivo y enlace de llegada, dependiendo de que el dispositivo o la posible llamada sobre el enlace de llegada, sea tratada por este procesador o no.

De este modo, la exploración de un dispositivo periférico es realizada únicamente por el procesador cuyo bit de máscara de reparto de dispositivos se encuentra a 1, aunque este programa sea llamado por más de un procesador.

En el ejemplo (Fig. 6) las órdenes del marcador-distribuidor (MD) y de los exploradores de datos de señalización (EDS) son ejecutados por el procesador 0, mientras que las órdenes del distribuidor rápido (DRC) y las exploraciones de unidades de señalización (EUS) son ejecutadas por el procesador 1.

Para estas funciones existe un bit por unidad periférica, lo que permite distribuir las diferentes unidades entre los procesadores CA.

Las órdenes para la unidad marcador-distribuidor 0 que trata los primeros 512 enlaces de llegada, pueden ser ejecutadas por el procesador 0, mientras que, por ejemplo las órdenes para la unidad marcador-distribuidor siguiente serán tratadas por el procesador 1, etc.

Mediante la "tabla de tratado por mi" cualquier cambio en un enlace de llegada será únicamente tratado por el procesador al cual este enlace haya sido preasignado.

REPARTO DE CARGA-FUNCIONES				
DISPOSITIVOS PERIFERICOS	EDS, MD,...	EUS, DRC,...	NO	NO
LLAMADAS SOBRE ENL. DE LLEG.	$\phi_j$ ,...	1,...	3,...	2,...
FUNCION	A,B,C,D,E	A,B,C,D,E,F	D,E,...	D,E,...

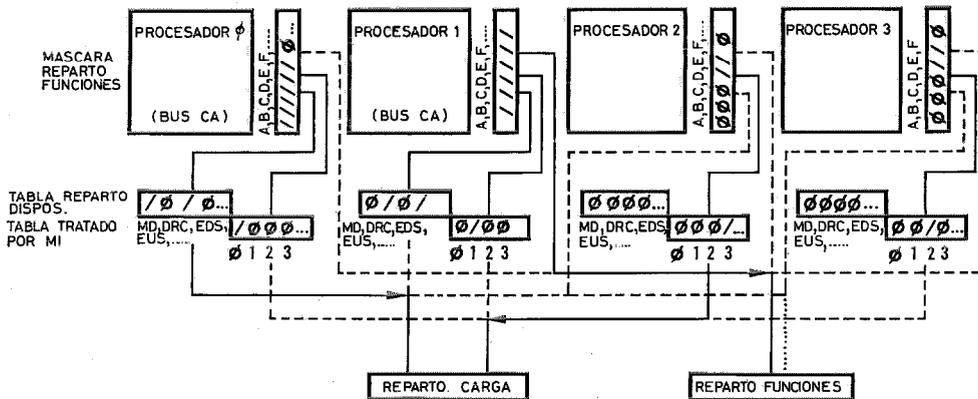


Fig. 6 Reparto carga-función de enlaces de una central versión 10 C del sistema Metaconta.

- A = conex. y distrib.
- B = distrib. rápido
- C = exploración
- D = tratam. cambios
- E = decisión
- F = preparar conex. y distrib.

La función tratamiento de cambio de estado (en Fig. 6D) se ejecuta en todos los procesadores; así, un cambio de estado en el enlace 0 es tratado por el procesador 0, un cambio en el enlace 1 es tratado por el procesador 1, un cambio en el enlace 2 es tratado por el procesador 3, etc.

Una vez que una llamada ha sido aceptada por un procesador, todos los cambios de estado asociados a esta llamada serán tratados por este mismo procesador. Ello supone que el programa de búsqueda de caminos realiza una asignación dinámica de emiadores, receptores y enlaces de salida entre los procesadores, de modo que una llamada completa sea tratada por el mismo procesador.

Esto permite equilibrar la carga entre los diferentes procesadores ya que la asignación de llamadas puede realizarse por enlaces individuales. Los procesadores sin bus CA tratarán más llamadas que los procesadores CA.

Este diseño facilita asimismo las pruebas de extensión ya que la parte extendida puede ser probada sobre enlaces de llegada asignados a un procesador que no posea otros enlaces de llegada sobre los que se curse tráfico real.

Resumiendo, podemos decir que, cambiando las "tablas de tratado por mi", las máscaras de reparto de dispositivos y/o funciones, la carga puede ser exactamente distribuida en las proporciones necesarias, siendo sencilla la reasignación cuando partes del sistema fallan.

### Modularidad

La modularidad en la organización de datos se ha conseguido utilizando parámetros tanto para su dimensionamiento como para el establecimiento de su formato.

El programa es un conjunto de bloques, comenzando en un bloque en el programa planificador y convirtiéndose en bloques menores para la realización de funciones detalladas.

Todos estos bloques de programa utilizan otros pequeños módulos de programa, las llamadas subrutinas comunes (Fig. 7).

### Fiabilidad

Este factor, que reviste diferentes aspectos, ha sido tratado de varias maneras.

Resumiendo, se ha conseguido la fiabilidad mediante comités de control, simulación, independencia de datos, programas de verificación de inconsistencias, mecanismo de restauración y reparto de carga-función.

Los nuevos diseños son verificados por comités de control compuestos por las personas más experimentadas de las diferentes compañías de todo el mundo.

Los programas son verificados por un potente sistema de simulación que es independiente de los datos necesarios para una central, lo que le hace sencillo y fiable para trabajos repetitivos.

Se garantizan programas fiables gracias a un mecanismo de restauración de programas que impide que cualquier pequeño fallo pueda convertirse en catastrófico para el sistema total.

Este mecanismo se incluye en puntos específicos para evitar fenómenos de bola de nieve y es posible obtener indicaciones automáticas sobre su operabilidad.

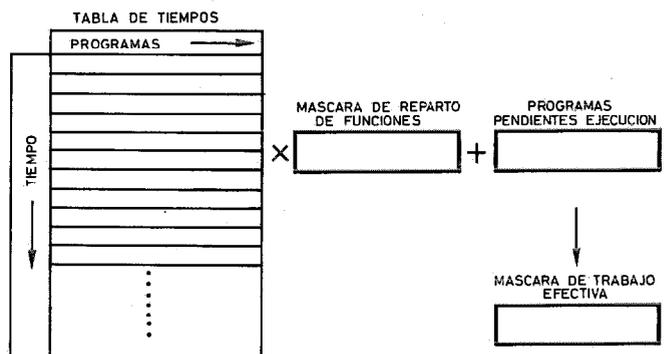


Fig. 7 Modularidad de programas de una gran central local y enlaces de una versión 10 C del sistema Metaconta.

Se debe suministrar este mecanismo en sistemas cuya complejidad hace posible que un fallo cause otro finalizando en un fallo catastrófico para el sistema, que además no puede ser relacionado con su origen.

Con la existencia de las técnicas de restauración el daño será local y la localización de la falta más simple.

El reparto de carga-dispositivo-función hace que diferentes procesadores estén siempre ejecutando distintos módulos de programa y tratando diferentes llamadas.

Esto garantiza la fiabilidad contra posibles fallos de programación. En este caso, solo un procesador se verá afectado y, puesto que existe la recuperación automática de las llamadas, el mundo exterior no se percibirá de dicha falta.

### Programas económicos

Es posible suministrar un sistema muy general del que solo se necesiten algunas partes.

Ello implicaría un coste innecesario para el cliente.

El sistema Metaconta utiliza una modularidad adaptada a un sistema en tiempo real. El paquete total se subdivide en varios paquetes prioritarios, cada uno de los cuales posee su propia modularidad.

Gracias a ello, se mantiene la flexibilidad en un alto grado de eficacia.

### Agradecimiento

El autor expresa su agradecimiento a los ingenieros de las administraciones belga, australiana y yugoslava, así como a muchos colegas de STC, ISKRA, STK y BTM por su ayuda en el trabajo expuesto en este artículo y en particular a los Sres. M. Ward, M. J. Malherbe, J. D. Beierle, V. Carruet, C. Mobbs, D. Temple, B. Roubin, E. Van Camp, H. Elyonics y Jet Spitaels.

### Referencias

- [1] H. H. Adelaar y J. L. Masure: Sistema de conmutación telefónica semi-electrónica 10 CX; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 42 (1967), N° 3, págs. 52—62.
- [2] H. H. Adelaar: The 10C System, a Store-Program Controlled Reed Switching System, memoria presentada en la IEEE International Conference on Communication (Filadelfia), el 14 de junio de 1968.
- [3] J. A. Broux: Experiencia inicial del sistema de conmutación semielectrónico 10C; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 43 (1968), N° 4, págs. 319—325.

**J. Janssens** nació el 2 de agosto 1938 en Bélgica.

En 1961, obtiene el título de Ingeniero Comercial por la Universidad de Lobaina.

En 1963, comienza en IBM como asistente técnico-comercial, y de 1964 a 1965 como instructor en el departamento de entrenamiento.

Ingresa en Bell Telephone Manufacturing Company en 1965 para el desarrollo de la central experimental 10CX, trabajando intensamente en la puesta a punto del sistema.

Desde 1970 es responsable del "departamento de análisis y programación del sistema Metaconta".

# Diez años de servicio de la central de prueba Stuttgart-Blumenstrasse

En julio de 1963, la central de prueba desarrollada por SEL, que opera según el Sistema HE-60 (Herkon-Electronic sistema 60), fue conectada a la red de teléfonos pública. Esta instalación, que sirve a 2000 abonados, ha trabajado satisfactoriamente durante diez años, lo que confirma la validez del concepto en que se basa el nuevo sistema.

H. ODEN

H. SCHÖNEMEYER

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, Alemania

## Introducción

El 12 de julio de 1968, la central de prueba de Stuttgart, desarrollada por SEL, fué conectada a la red pública de teléfonos (Fig. 1). Diez años de éxito en el funcionamiento de esta instalación, que sirve a 2000 abonados, justifican esta visión retrospectiva.

Mirando atrás, se puede hacer notar con satisfacción que el trabajo de vanguardia realizado hace diez años ha tenido un impacto considerable en la búsqueda de soluciones y en el diseño tecnológico de sistemas modernos de conmutación telefónica. Con esta central de prueba, diseñada bajo el principio HE-60, se han abierto nuevos campos en diferentes aspectos [1, 2, 3]. Diez años de éxito en el funcionamiento han confirmado la validez de la solución técnica elegida, la conveniencia y valor de las características conseguidas y la alta fiabilidad del nuevo equipo. Mientras que las primeras experiencias sirvieron de valiosa ayuda, tanto en la Administración como en la Industria, para el proceso de decisión en la selección de conceptos técnicos para la próxima generación de sistemas de conmutación, los diez años de operación confirman positivamente la validez de la solución técnica.

En un tiempo en el que ingenieros de todo el mundo estudiaban cómo los avances tecnológicos — especialmente en electrónica — podrían utilizarse en la conmutación telefónica, el objetivo de esta central de prueba fué investigar si las nuevas ideas cumplirían con los requerimientos de servicio real. Se puede ahora asegurar que la cuestión planteada entonces tiene una respuesta afirmativa. Esta aseveración tiene el peso que le confiere el estar basada no en unas cortas pruebas de laboratorio, sino en los resultados de diez años de operación en el duro medio de la red telefónica internacional, lo que significa experiencia sobre una instalación que ha estado en servicio más de un tercio de la vida normal de este tipo de equipo.

En particular, la decisión — que en aquel tiempo tuvo algunos detractores — de usar, además de componentes electrónicos, contactos metálicos sellados, ha mostrado ser un acierto. La tecnología semi-electrónica se basa en utilizar al máximo las ventajas que ofrecen los semiconductores excepto en aquellas áreas de aplicación donde sus propiedades son menos favorables (por ejemplo, la cadena de conversación). Muchas Administraciones que operan grandes redes de telefonía han decidido, durante este tiempo, utilizar contactos metálicos sellados junto con circuitos electrónicos para sus futuros sistemas de conmutación. Este concepto ha

encontrado también un amplio uso en el campo de sistemas de centralitas privadas.

La multiplicidad de conceptos que incluye la prueba de campo del HE-60 queda ilustrada con los siguientes ejemplos:

### Conceptos tecnológicos

- Nuevas técnicas de circuitos teniendo en cuenta la interoperación de circuitos electrónicos (de componentes discretos e integrados) con relés y puntos de conmutación de contactos protegidos.
- Únicamente utilización de contactos de trabajo.
- Acomodación del equipo en unidades enchufables.
- Aplicación de técnicas de „enrollamiento“ para el cableado en bastidores.

### Organización del sistema

- Red de conmutación — un sistema de mallas multietapa — subdividida en grupos de tráfico.
- Búsqueda de caminos utilizando el principio de selección condicional, por medio del método de hilo de guía.
- Registradores que almacenan la información de discado.
- Duplicación modular de las unidades de control.
- Auto-supervisión y prueba de control de equipo en cada establecimiento de conexión.

### Características de servicio para el usuario

- Selección con teclado (código multifrecuencia).
- Discado abreviado (para 10 números).
- Restricción temporal controlada por abonado a tráfico local.
- Conmutación temporal de la línea de abonado al servicio de intercepción (no-molestar).
- Conmutación controlada por abonado (sin asistencia de operadora) a los servicios de ausencia y contestación automática.

### Características de servicio para la Administración

- Rutas alternativas en la red local.
- Asignación libre de números de abonado.
- Asignación libre de grupos de líneas a centralitas privadas sin necesidad de numeración consecutiva.
- Visualización de los números de teléfono que originan llamadas maliciosas.
- Disminución de la carga de trabajo debido a la conmutación controlada por el abonado a servicios.
- Cambios remotos de clase de servicio.

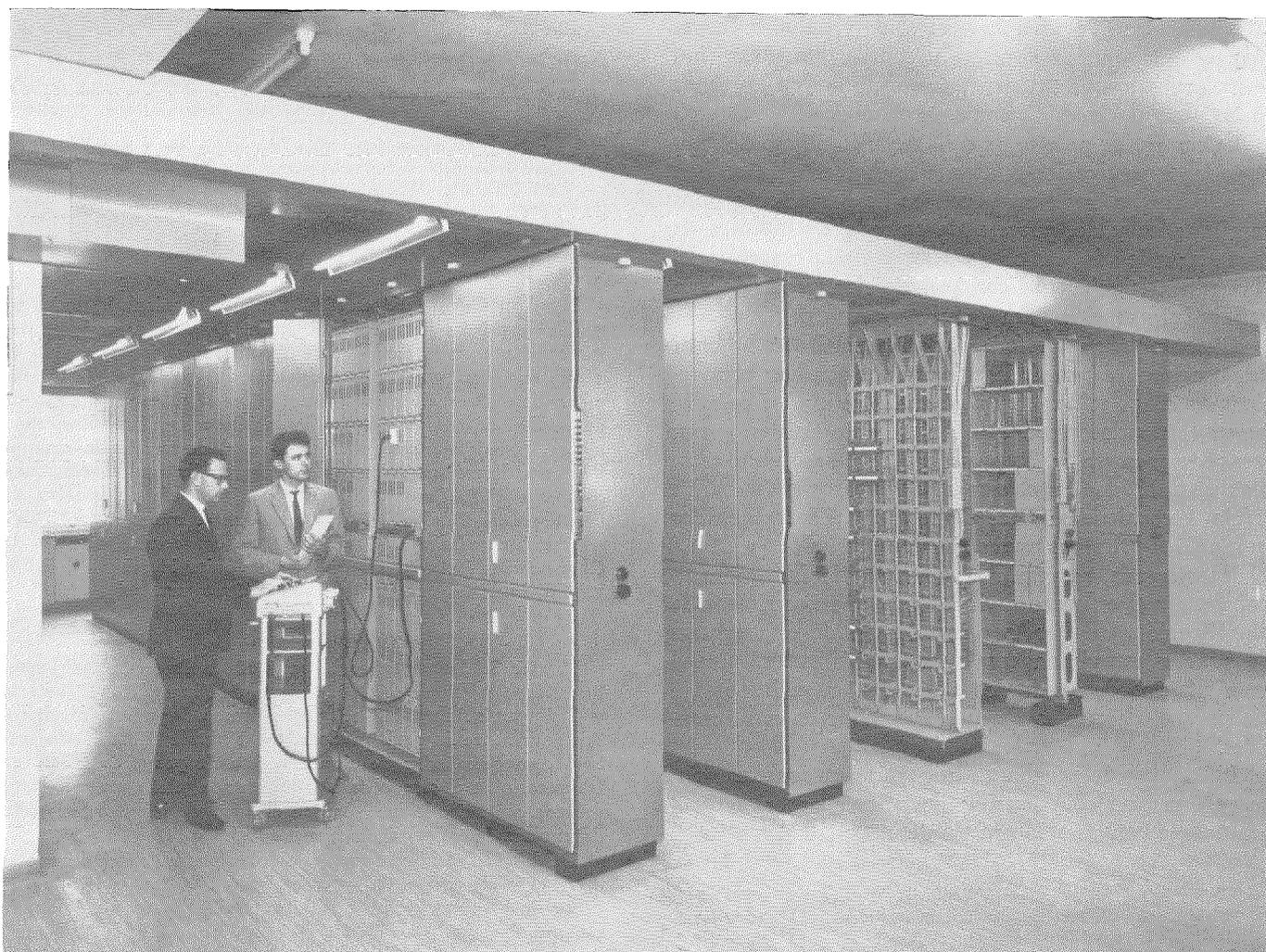


Fig. 1 Vista de la central experimental del tipo Herkon-60 instalada en el edificio de Stuttgart-Blumenstrasse.

Tabla 1 - Fallos de componentes.

Tipo de componente	Número de componentes	Número de fallos	Tipo principal de fallo	Tasa de fallo $\times 10^{-9}/h$
Herkon H 80	335.000	63	Enganche o alta resistencia	2,4
Diodos de Silicio	120.000	15	Corto circuito o roturas	1,6
Diodos de Germanio	30.000	16	Corto circuito o roturas	6,8
Transistores pnp de Germanio	12.100	7	Corto circuito	7,3
Resistencias (de hilo y de carbón)	110.000	7	Rotura	0,8
Bobinas de relés Herkon	75.000	9	Rotura de hilo	1,5
Total	682.100	117		
Tiempo de operación: 9 años (unas 78.840 horas)				

Durante el desarrollo se ha puesto un cuidado especial en el logro de un compromiso óptimo entre la flexibilidad del sistema y su normalización. En particular, se han impuesto condiciones muy severas con respecto a insensibilidad a voltajes de interferencia. Es también interesante hacer notar que la inserción de la central de prueba en la red local no presentó dificultades aunque, desde el primer momento no se trabajó con una instalación convencional de reserva para el nuevo sistema.

La central de prueba no solo cumplió con lo esperado, sino que en algunas áreas lo sobrepasó. En consecuencia, ha sentado el hecho de que un sistema de conmutación definido por las características:

- Estructura del sistema
- Matrices de conmutación
- Estrategia de control y jerarquía
- Medidas de fiabilidad
- Diseño de circuitos, y
- Práctica de equipos

tales como las que posee la central de prueba de Stuttgart, es una solución correcta y controlable. Asimismo se ha probado que tal sistema no impone un aumento en las necesidades de personal de operación.

La central de prueba ha sido también objeto de muy variadas investigaciones. Por ejemplo, en ella se han llevado a cabo estudios de tráfico de pequeños grupos de abonados y del proceso de entrada de intentos de llamada; más aún, las observaciones de la reacción del abonado a la selección con teclado han generado una valiosa información para desarrollos futuros [5, 6].

Durante todo el período se prueba, el Deutsche Bundespost preparó estadísticas de averías que han proporcionado datos sobre las tasas de fallos de los componentes, estos datos son estadísticamente fiables, y por tanto de gran valor. Representan una base para estudios de fiabilidad en el estudio de futuros sistemas. La Tabla 1 contiene algunos de los resultados obtenidos durante los primeros nueve años de operación [4].

En resumen, se puede afirmar que la inversión financiera y el esfuerzo de ingeniería que necesitaron la planificación, desarrollo e instalación de esta central de prueba estuvieron totalmente justificados, por el gran número de resultados obtenidos, cuya importancia para el desarrollo de nuevos productos es indiscutible.

La central de prueba de Stuttgart, en consecuencia, representa una contribución de primer orden al progreso de la conmutación telefónica.

### Referencias

- [1] H. Oden: Aktuelle Probleme der Vermittlungstechnik, SEL-Nachrichten 10 (1962), N° 3, págs. 125—138.

- [2] H. Oden, H. Schönemeyer y otros: Themenheft HE-60, SEL-Nachrichten 11 (1963), N° 3, págs. 93—168.  
[3] H. Schönemeyer: Quasi-Electronic Telephone Switching System HE-60, Electrical Communication, Vol. 43 (1964), N° 2, págs. 244—259.  
[4] W. Rauscher: Experiencia adquirida de la central experimental HE-60 L de Stuttgart-Blumensstrasse. Comunicaciones Eléctricas, Vol. 43 (1968), N° 1, págs. 14—18.  
[5] E. Ganitta: Results of Field Trials Concerning the Behaviour of Subscribers Operating Push-Button Telephone Sets. Hep PTT-Bedrijf, Deel XV (Mayo 1967), págs. 83—88.  
[6] O. Baade y L. Gasser: Teilnehmerverhalten bei Tastwahl. Nachr. Techn. Zeitschrift 20 (1967), N° 2, págs. 98—105.

**Hoeckley Oden** nació en 1910. Estudió Ingeniería Eléctrica en las Universidades de Munich y Berlín. Después de trabajar como ayudante en la Facultad de Telecomunicaciones, recibió el Título de Ingeniero en Berlín en 1933. Ingresó entonces en Siemens, donde trabajó durante tres años en el departamento de desarrollo de equipos de conmutación telegráfica. Posteriormente, trabajó durante diez años en el desarrollo de equipos militares. Entró en 1949 en la antigua Mix und Genest, una compañía ITT. Desde 1952 en Ingeniero Jefe del Grupo de Productos de Telefonía. Hoeckley Oden es miembro del NTG (Nachrichtentechnische Gesellschaft) y del comité técnico de Conmutación Telefónica de NTG; es Senior Member del IEEE. Explica lecciones en la Universidad de Stuttgart.

**Hilmar Schönemeyer** nació en 1920 en Buchfart/Thüringen. Estudió en las Escuelas de Ingeniería de Bingen/Thine, Weimar y Esslingen/N. En 1947 se graduó como Ingeniero Eléctrico. Posteriormente ingresó en Standard Elektrik AG, donde trabajó como diseñador de circuitos, jefe de proyecto y jefe de laboratorio en el campo de la conmutación telefónica, pública y privada. En 1959, le fue asignado el cargo de jefe del desarrollo del sistema de conmutación semi-electrónico HE-60.

Desde 1966, Schönemeyer ha sido responsable del desarrollo de sistemas de centralitas privadas, y en 1969 le fue asignado el cargo de Ingeniero Jefe de la Línea de Productos de Comunicaciones Privadas.

# Programas de ordenador para la resolución de problemas complejos de fiabilidad

Un factor esencial en los complejos sistemas electrónicos para los que una reparación puede resultar costosa o una parada del sistema puede dar lugar a una pérdida de ingresos, es tener una gran fiabilidad.

ITT conocedora del importante papel desempeñado por la fiabilidad ha desarrollado un conjunto de programas para ordenador que pueden utilizarse en todas las etapas del diseño, con el fin de suministrar estimaciones seguras de los efectos que sobre la fiabilidad total del sistema tiene el utilizar diferentes componentes o diseños.

G. MENICOU

Standard Telephones and Cables Limited, Londres, Reino Unido

L. VAN OS

Bell Telephone Manufacturing Company, Amberes, Bélgica

## Introducción

Dado el creciente interés que se viene observando en muchos clientes por conocer la fiabilidad del equipo o sistema que adquieren, la fiabilidad ha pasado a constituir un factor de primera importancia dentro del sistema ITT, a la hora de diseñar y desarrollar un producto. El alto grado de fiabilidad requerido por los equipos espaciales y militares así como los altos costes de operación y mantenimiento resultantes de la creciente complejidad de los equipos modernos, ha conducido al desarrollo de una teoría matemática de la fiabilidad.

La estimación de la fiabilidad de un sistema lleva consigo la utilización de ciertos procesos matemáticos de sobra conocidos; sin embargo, una de las dificultades que tal estimación implica, radica en la obtención de la ecuación de predicción que refleja todos los posibles sucesos de interés del comportamiento del sistema. Sin la ayuda de un ordenador, el problema de obtener la fiabilidad de un sistema complejo, tal como un sistema de conmutación telefónica, es una larga y ardua tarea, dado el coste de las técnicas analíticas, así como el tiempo empleado por los cálculos que son de índole repetitiva; todo ello demuestra la necesidad de un método rápido, seguro y económico con el que poder atacar los complejos problemas de fiabilidad.

ITT consciente de estos problemas ha desarrollado un conjunto de programas para ordenador que los ingenieros pueden fácilmente aplicar aun sin ser grandes expertos en esta materia; sin embargo, esto no quiere decir que deje de recomendarse las consultas con los expertos en fiabilidad durante las diferentes etapas del diseño.

El sistema de programas para la predicción de la fiabilidad consta de un banco de datos sobre porcentajes de fallos de los componentes así como de un programa que actualice dichos datos, un conjunto de subrutinas tal que cada una de ellas trata un problema particular de la fiabilidad, un sistema de archivo de datos y un programa director que controla a los demás. A lo largo del artículo se describirán tanto la función y las bases matemáticas de cada uno de los programas como la simplicidad de su programación.

## Necesidad de unos medios eficientes para la determinación de la fiabilidad

A lo largo de todas las etapas del desarrollo de un equipo o de un sistema es necesario ejercer un control positivo de la fiabilidad. Las acciones que se tomen al comienzo del desarrollo influirán en las etapas posteriores, por lo que el primer paso consistirá en lograr un perfecto entendimiento de las implicaciones que la fiabilidad producirá sobre las diferentes etapas del diseño. Debido a ello se deberá prestar atención especial a los pasos que conduzcan a la definición de las especificaciones del sistema. Durante este período, el diseño es todavía flexible pero existe suficiente información como para poder realizar una razonable predicción de la fiabilidad del sistema. A continuación citamos algunos de los problemas que se presentan en esta etapa:

- Evaluación de fiabilidad. El objetivo es determinar el trabajo requerido para que el equipo cumpla las especificaciones de fiabilidad.
- Análisis de la variabilidad y distribución de fiabilidad. Ambos se basan en las especificaciones completas y proporciona una guía para el diseño.
- Comparación de la fiabilidad de las alternativas posibles de atacar un problema con el fin de suministrar la información que más tarde se necesita para tomar una decisión.
- Verificar si los requisitos operacionales de fiabilidad se pueden alcanzar mediante las técnicas en vigor; este punto puede conducir a una revisión de las especificaciones.
- Determinar donde puede introducirse redundancia, llevando a cabo análisis de sensibilidad con el fin de establecer objetivos de fiabilidad y coste que ayude al proceso de decidir entre las distintas propuestas de diseño.

Durante las últimas etapas del desarrollo es continuamente necesario controlar los diseños para asegurar que se verifican los objetivos de fiabilidad especificados.

Los puntos anteriores indican el tipo de trabajo que se necesita para llevar a cabo un programa de fiabilidad durante el desarrollo de un producto. Ahora bien, es igualmente importante tener en cuenta las medidas de fiabilidad que son apropiadas para los distintos

## Programas de ordenador para fiabilidad

tipos de productos; para cada uno de ellos la medida de fiabilidad adecuada dependerá de una o más de las siguientes condiciones:

- Probabilidad de sobrevivir durante un período de tiempo especificado; esta medida se realizará cuando un equipo deba tener una baja probabilidad de fallo durante un cierto tiempo, dado que un fallo puede traer consigo un considerable gasto u otros efectos no deseables.
- Duración total de los fallos. Durante el tiempo que el sistema se encuentra en fallo se produce una pérdida o degradación de servicio o una pérdida de ingresos por lo que se necesita una medida apropiada de la disponibilidad del sistema.
- Frecuencia de los fallos. Se refiere a la frecuencia en la que el servicio se pierde o se degrada influenciando los requisitos operacionales y de mantenimiento. En este caso la medida adecuada será el intervalo de tiempo medio entre fallos consecutivos del sistema.

Más aun, debe tenerse en cuenta que la predicción de la fiabilidad de un sistema, no es algo que se haga una vez en el comienzo del diseño del sistema y sirva para siempre, sino que debe realizarse de forma continuada para que el producto final resulte de acuerdo con las especificaciones; esto lleva consigo un trabajo largo y repetitivo que requiere mano de obra y dinero con el fin de que el programa de fiabilidad se lleve a buen término durante el desarrollo del producto.

Los programas de ordenador están preparados con el fin de minimizar el esfuerzo global que requiere para satisfacer las especificaciones de fiabilidad, así como también para permitir una distribución equitativa del esfuerzo necesario entre las diferentes funciones de la ingeniería, con lo que la fiabilidad llega a constituir una parte integral del diseño total del sistema.

### Descripción de los programas de ordenador

La figura 1 muestra la estructura global del conjunto de programas y de archivos de datos junto con las facilidades de entrada y salida que de forma opcional se suministran con el sistema.

Todos los programas se han escrito en FORTRAN IV en versión DOS para ejecutarse en un ordenador IBM 360/40 así como en versión OS para ordenadores IBM 370. Asimismo, y de acuerdo con las facilidades de ordenador existentes para el usuario en las diferentes casas asociadas a ITT, existen versiones que pueden ejecutarse en ordenadores menos potentes que los previamente citados.

La forma en que los programas están organizados dota al sistema, en la medida en la que técnicamente es factible, de una flexibilidad máxima. El sistema consta de un programa principal y de un conjunto de subrutinas, el primero pone en marcha el sistema llamando a las diferentes subrutinas que se han de ejecutar bajo el control del programa actualizador de datos, los cuales se introducen normalmente por tarjetas perforadas; cada subrutina cubre una función específica de

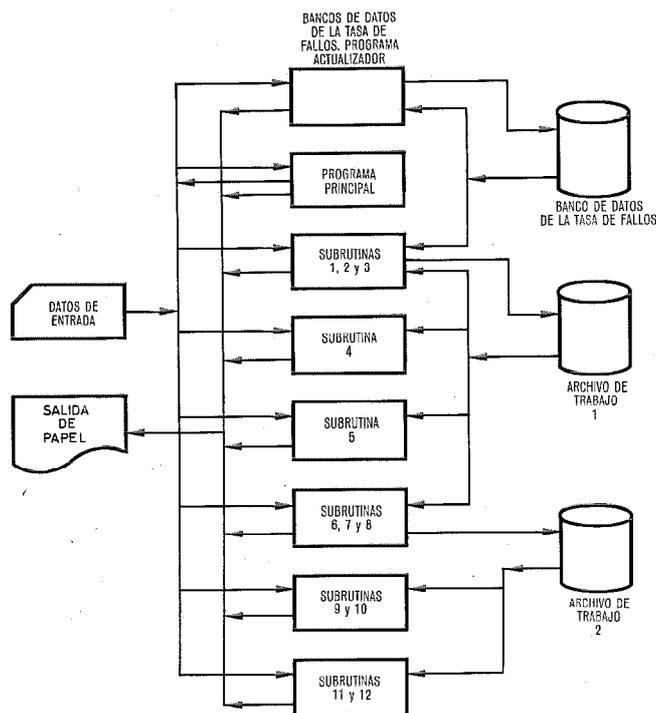


Fig. 1 Estructura global del conjunto de programas para predecir la fiabilidad en la que se muestra el programa principal, las subrutinas, el banco de datos relativo a tasas de fallos y las facilidades de entrada y salida.

fiabilidad. Básicamente, cada programa puede ejecutarse separada e independientemente de los demás; sin embargo, existen casos en los que el resultado de una subrutina es utilizado como entradas para otra de forma tal que los datos se intercambian a través de dos archivos de trabajo y de un conjunto de posiciones de datos en una memoria que es común para todas las subrutinas.

Cada subrutina tiene asignado un número diferente que es el que se utiliza para llamarla. El programa inicial consta de 12 subrutinas distintas; a cada nueva subrutina introducida se le asigna el siguiente número disponible en orden creciente. Un total de hasta 85 subrutinas más puede añadirse al programa sin necesidad de modificar su estructura normal.

Pruebas para detectar falsos datos, errores, violación de procedimientos, etc., se han incorporado en todos los programas de forma tal que si se da alguno de los casos citados se imprime un mensaje de error con el fin de tomar una acción correctiva.

Las subrutinas de que se dispone en el momento actual suministran resultados para los siguientes casos:

- Fiabilidad en serie de los componentes a nivel de módulo.
- Fiabilidad en serie del módulo a nivel de sistema.
- Fiabilidad en redundancia sin reparación del módulo a nivel de sistema.
- Fiabilidad en redundancia con reparación del módulo a nivel de sistema.

A continuación se describen las subrutinas así como las funciones y resultados obtenidos.

Banco de datos de tasa de fallos de componentes y programa actualizador

Antes de examinar las funciones de las diferentes subrutinas en el programa de predicción de fiabilidad mediante ordenador, es aconsejable explicar las principales características del banco de datos de tasa de fallos de ITT.

Después de un análisis exhaustivo de los datos experimentales obtenidos mediante pruebas en el laboratorio o durante el funcionamiento del equipo sobre casi todos los tipos de componentes electrónicos, ITT ha establecido un banco de datos sobre la tasa de fallos (FRDB). Para cada tipo de componente el FRDB almacena una tabla de tasas de fallos como función de las condiciones térmicas y eléctricas aplicadas. También se almacenan los factores de corrección apropiados que se refieren al nivel de seguridad del producto.

Los diferentes tipos de componentes se identifican en el ordenador mediante un número de código interno; así NCI 002 indica una resistencia fija de carbón de tipo película. La tabla 1 indica la información referente a este tipo de componente que se almacena en el FRDB. De la misma forma se almacenan las tablas correspondientes a otras clases de resistencias u otros tipos de componentes de baja población, y la tabla puede estar formada por un único valor.

La actualización del FRDB se lleva a cabo mediante el programa actualizador del banco de datos de la tasa de fallos; este programa permite realizar cambios en las tablas como resultado de los nuevos datos obtenidos mediante pruebas o funcionamiento en el

Tabla 1 - Información almacenada en el banco de datos de la tasa de fallos.

GUIDELINE FAILURE RATE DATA BANK										
ISSUED ON : JUNE 1971										
PART III : FIRST FAMILY FAILURE RATES (E-09)										
2. RESISTOR FIXED FILM CARBON										
*STRESS RATIO	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
TEMP*										
0	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	3.0
5	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7	2.9	3.2
10	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3
15	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.5
20	1.9	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7	2.9	3.1	3.4	3.6
25	2.0	2.1	2.3	2.5	2.6	2.8	3.0	3.3	3.5	3.8
30	2.1	2.2	2.4	2.6	2.7	3.0	3.2	3.4	3.7	4.0
35	2.2	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.6	3.9	4.2
40	2.3	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4
45	2.4	2.5	2.7	2.9	3.1	3.4	3.6	3.9	4.3	4.6
50	2.5	2.6	2.8	3.0	3.3	3.5	3.8	4.1	4.5	4.8
55	2.6	2.7	3.0	3.2	3.4	3.7	4.0	4.3	4.7	5.1
60	2.7	2.9	3.1	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.9	5.3
65	2.8	3.0	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4	4.8	5.2	5.6
70	2.9	3.1	3.4	3.6	3.9	4.3	4.6	5.0	5.4	5.9
75	3.0	3.3	3.5	3.8	4.1	4.5	4.8	5.2	5.7*****	
80	3.2	3.4	3.7	4.0	4.3	4.7	5.1	5.5*****		
85	3.3	3.6	3.9	4.2	4.6	4.9	5.3	5.8*****		
90	3.5	3.8	4.1	4.4	4.8	5.2	5.6*****			
95	3.7	3.9	4.3	4.6	5.0	5.4*****				
100	3.8	4.1	4.5	4.9	5.3	5.7*****				
105	4.0	4.3	4.7	5.1	5.5*****					
110	4.2	4.6	4.9	5.4	5.8*****					
115	4.4	4.8	5.2	5.6*****						
120	4.6	5.0	5.4*****							
125	4.9	5.3	5.7*****							
130	5.1	5.5*****								
135	5.4*****									
140	5.6*****									
145	*****									
150	*****									

SYSTEM SERVICE ENVIRONMENT						
	BENIGN	I	NORMAL	I	SEVERE	I
PRODUCT	SELECTED	(1)	(2)	(3)		
ASSURANCE	LEVEL	0.1000	0.3000	1.0000		
	COMMERCIAL	(4)	(5)	(6)		
		0.3000	1.0000	3.0000		

campo de operaciones. Todo el FRDB o sus secciones parciales, pueden reemplazarse en un corto período de tiempo por los datos suministrados por el cliente o cualquier conjunto de datos que pueda utilizarse para un análisis de sensibilidad sobre ciertos productos. Dicho programa es una unidad diferenciada que no está físicamente conectada al conjunto de subrutinas que se describirá posteriormente, de aquí que el programa actualizador no se cargue nunca al mismo tiempo que el resto de los programas y que se utilice solamente cuando se necesita realizar modificaciones en el FRDB.

#### Programa director

El programa director acepta los datos iniciales tales como la identificación del estudio, elección entre el banco de datos de ITT o del cliente, inicia las constantes generales del programa, y genera la primera página de la salida de resultados. Una vez realizadas estas tareas transfiere el control de una subrutina a otra mediante los datos de entrada que se introducen por fichas perforadas.

El programa director facilita la introducción de nuevas subrutinas que reemplacen a las ya existentes sin necesidad de cambiar la estructura de los programas.

#### Subrutinas 1, 2 y 3

Las primeras subrutinas resuelven el problema de la fiabilidad en serie. Dicho tipo de fiabilidad se aplica cuando el fallo de cualquier componente en un módulo, o de un módulo en el sistema, provocan el fallo del módulo o del sistema.

Las tareas que dicho programa ejecuta son sencillas, pero normalmente son largas y costosas cuando se realizan manualmente.

La primera subrutina realiza los cálculos sobre los componentes a nivel de módulo para establecer los datos básicos de fiabilidad para un módulo único. Un módulo consta de un número de distintos tipos de componentes, los cuales se pueden considerar en serie con vistas a los cálculos de fiabilidad, lo que quiere decir que un fallo de cualquier componente implica el fallo del módulo. El ingeniero que utiliza esta subrutina debe de cumplimentar un cierto formato que sirve como entrada al ordenador, en el que alista todos los componentes del módulo; cada uno de ellos se indica mediante su respectivo NCI, dependiendo de si el estudio que se quiere realizar depende o no de las condiciones de uso de los componentes, la información suministrada puede o no incluir las condiciones térmicas y eléctricas bajo las que actualmente se utilizan.

Para cada tipo de componente el programa determina la tasa de fallos de acuerdo con las condiciones de utilización especificadas, así como de los factores de corrección que se encuentren en el FRDB. Así, si por ejemplo, uno de los componentes es una resistencia de carbón de tipo película (NCI 002) la tasa de fallos  $\lambda$  vendrá determinada por la siguiente expresión:

$$\lambda = \lambda_b \pi_c \pi_t$$

donde

$\lambda_b$ : Tasa básica de fallos de acuerdo con las condiciones eléctricas y de temperatura especificadas; supuesto que en este caso dichas condiciones sean de 0.5 y 45° Celsius respectivamente, se obtiene a partir de la tabla 1

$$\lambda_b = 3.1 \cdot 10^{-9}$$

$\pi_c$ : Factor de corrección para el nivel de garantía de calidad y ambiente de servicio del sistema respectivamente, se obtiene a partir de la tabla 1,  $\pi_c = 0.3$ .

$\pi_t$ : Factor de corrección referente al tipo de construcción y valor ohmico. Supuesto 5 × 17 mm (tipo D) y 100 Ω respectivamente, se obtiene a partir de otra tabla no mostrada en el artículo  $\pi_t = 1.5$ .

Por lo tanto  $\lambda = 3,1 \times 10^{-9} \times 0,3 \times 1,5 = 1,395 \times 10^{-9}$  fallos por hora. Con el fin de conocer la tasa total de fallos de este tipo de componentes, basta multiplicar la tasa calculada  $\lambda$  por el número total de componentes de este tipo que posean las mismas condiciones eléctricas y de temperatura.

El programa repite el proceso para todos los tipos de componentes así como para aquellos que tengan diferentes condiciones. De acuerdo con el procedimiento establecido la tasa de fallos del módulo se obtiene como suma de todas las tasas de fallo.

Si no se especifican los parámetros relativos a las condiciones así como los factores de corrección, el programa obtiene los valores correspondientes a cada tipo de componente del FRDB.

Los resultados que se obtiene mediante la subrutina 1 son los siguientes:

- Contribución de cada tipo de componente a la tasa total de fallos. El resultado se obtiene tanto en forma gráfica como numérica.
- Tasa total de fallos del módulo.
- Tiempo medio entre fallos consecutivos del módulo.
- Probabilidad  $R(t)$  de que la duración de la vida del módulo sea superior a  $t$ .
- Disponibilidad, no disponibilidad y tiempo de parada por año en relación a cualquier tiempo medio necesario para la reparación especificada.

Un resumen de estos resultados se almacena en el archivo de trabajo 1, de forma tal que cualquier subrutina de nivel superior, puede acceder a ellos cuando se requiere para realizar los cálculos posteriores que se especifiquen. Este proceso se explicará más adelante.

La segunda subrutina comienza a nivel de módulo y realiza análogos cálculos a los de la subrutina 1 para módulos de los que previamente se conoce su tasa total de fallos, bien por medio del proceso anterior o mediante cualquier otro método. Los resultados obtenidos mediante esta subrutina son semejantes a los de la subrutina 1; también se almacena en el archivo de trabajo 1 un resumen de ellos con el fin de poderse utilizar por otras subrutinas que los necesiten.

La tercera subrutina tiene por objeto realizar cálculos de fiabilidad en serie, trabajando sobre el módulo a nivel de sistema, por lo que todo sistema que conste de una cadena de módulos cuyas características de fiabilidad se encuentren almacenadas en el archivo de tra-

bajo 1, puede someterse a un estudio de fiabilidad en serie mediante la subrutina 3. El proceso es análogo al descrito para la primera subrutina. El usuario rellena un formulario de entrada en el que establece los módulos que deben incluirse, así como el número de cada tipo que constituye la cadena. Los resultados obtenidos son similares a los descritos para las subrutinas 1 y 2 pero en este caso vienen referidos a la cadena completa de módulos, y una vez obtenidos se almacenan en el archivo de trabajo 1, para que puedan ser utilizados por otras subrutinas en aquellos casos en los que la cadena aparezca como una unidad individual en otra estructura de fiabilidad.

#### Subrutina 4

Esta subrutina no realiza cálculo alguno de fiabilidad y constituye exclusivamente una facilidad de cálculo; cuando dicha subrutina es requerida se imprime el contenido del archivo de trabajo 1. Esta subrutina puede requerirse en cualquier momento de la ejecución de un programa. Aunque todas las subrutinas pueden imprimir los resultados que se deducen de su ejecución, la subrutina 4 es la de utilidad cuando se trata de realizar cambios en ciertos parámetros con el fin de efectuar análisis de variabilidad y sensibilidad, encontrar las causas de un error, o en el caso de examinar diferentes soluciones a un problema. La razón de ello radica en que al listarse los parámetros de fiabilidad de todos los módulos se evita la necesidad de buscar algún parámetro de interés a través de las numerosas páginas de que consta la impresión final de resultados.

#### Subrutina 5

Esta subrutina determina, para sistemas o subsistemas sin reparación que constan de combinaciones serie-paralelo de módulos cuyas características se encuentran almacenadas en el archivo de trabajo 1, la probabilidad  $R(t)$  de que la duración del servicio sea superior a  $t$ . Asimismo, y en el caso de no existir elementos redundantes, determina el MTFB.

#### Subrutinas 6, 7 y 8

Estas subrutinas se utilizan para generar la matriz de transición de estados que describe el comportamiento de un sistema con reparación; en el caso de sistemas sin reparación los problemas que se presentan pueden resolverse también mediante el uso de estas subrutinas. Los problemas de fiabilidad para las estructuras redundantes con reparación se resuelven mediante un programa de predicción basado en la utilización de un proceso de Markov, lo que conduce a definir la matriz de transición de la correspondiente cadena de Markov, la cual a su vez da lugar a un conjunto de ecuaciones diferenciales. La integración de dichas ecuaciones así como otras operaciones conducen a la resolución del problema planteado. Antes de realizar las operaciones matemáticas, la matriz de transición se almacena en el archivo de trabajo 2. Las subrutinas 6 y 8 tienen por objeto la construcción de esta matriz así como su almacenamiento en el correspondiente archivo, en donde se encuentra para que las subrutinas 9, 10, 11 y 12

puedan tomarla para realizar los cálculos matemáticos y suministrar las respuestas numéricas.

Para un problema particular la subrutina 6 puede construir automáticamente la matriz de transición de la cadena de Markov en el caso de que el comportamiento del sistema pueda expresarse mediante una simple ecuación lógica en forma Booleana. Para llevar esto a cabo, se asocia una variable lógica con la operación del sistema; esta variable será cierta (1) si el sistema es operacional y será falsa (0) en el caso contrario, de forma análoga se pueden asociar variables lógicas con los subsistemas que constituyen el sistema. La variable lógica de un sistema es una función de Boole de las variables lógicas que constituyen el sistema. La subrutina 6 construye automáticamente la matriz de transición de la cadena de Markov en el caso de que el número total de subsistemas sea inferior a 26 y supuesto que la ecuación lógica puede determinarse en función de operaciones lógicas tales como OR (+), AND (.) y NOT ('). Las variables lógicas de los subsistemas se expresan mediante letras mayúsculas. El usuario identificará los distintos subsistemas con sus respectivas variables Booleanas mediante un formato de entrada al ordenador. Las variables lógicas o variables de estado que se definen pueden referirse a los módulos almacenados en el archivo de trabajo 1 ó pueden definirse explícitamente mediante sus tasas de fallos y reparación. Si el análisis conduce a una matriz de transición de excesivas dimensiones, el ordenador parará todo intento de construir la matriz automáticamente. Una vez formada la matriz, se almacena en el archivo de trabajo 2 con el fin de que cualquiera de las subrutinas 9, 10, 11 y 12 la puedan utilizar en posteriores cálculos.

En el caso de que la matriz de transición se deduzca de forma manual y se conozca de antemano mediante un estudio previo, la subrutina 7 la almacena en el archivo de trabajo 2. Con el fin de introducir esta matriz en el ordenador, se detallan en el formato apropiado todos sus elementos que no pertenecen a la diagonal principal y que son distintos de cero. Posteriormente, el programa añade los elementos de la diagonal principal y la almacena en el archivo 2 para una posible utilización por parte de las subrutinas 9, 10, 11 y 12.

La subrutina número 8 puede utilizarse para construir la matriz de transición automáticamente cuando se desea realizar un análisis de fiabilidad de una estructura redundante en la que  $N$  módulos idénticos se colocan en paralelo y de los cuales  $M$  ( $M < N$ ) deben sobrevivir con el fin de que el sistema realice sus funciones. Teóricamente la subrutina 6 puede resolver este mismo problema, pero la utilización de la subrutina 8 conduce a cadenas de Markov más pequeñas. Los parámetros de fiabilidad que el programa necesita se toman del archivo de trabajo 1 o bien se introducen mediante el formato apropiado. Una vez determinada la matriz de transición se almacena en el archivo de trabajo 2.

#### Subrutinas 9, 10, 11 y 12

Estas subrutinas realizan los cálculos de fiabilidad referentes al tiempo medio antes del fallo, disponibili-

dad en estado permanente, probabilidad de que la duración del servicio sea superior a  $t$  y la disponibilidad instantánea de las estructuras redundantes con reparación. Todas ellas realizan sus cálculos partiendo de la correspondiente matriz de transición que se encuentra en el archivo 2. La teoría matemática en la que se basan estos cálculos se resumirá en la siguiente sección.

Las funciones de estas 4 subrutinas son las siguientes:

- La subrutina 9 determina el tiempo medio antes del fallo.
- La subrutina 10 calcula la disponibilidad en régimen permanente, paradas en régimen permanente y tiempo medio anual de parada. Esta subrutina calcula también la función de distribución siendo cada una de las probabilidades, la probabilidad de que el sistema se encuentra en el estado asociado en un punto aleatorio del eje de tiempos. Esta posibilidad es de mucha mayor utilidad cuando se necesita proseguir con el fin de calcular el tiempo medio transcurrido entre los instantes en que el sistema se encuentra en un estado particular. También es interesante el tener una estimación de los períodos relativos de tiempo en los que el sistema se encuentra degradado o parado.
- La subrutina 11 determina la probabilidad de que la duración del servicio sea superior a  $t$ . En este caso la probabilidad de sobrevivir en un tiempo  $t$  se define como la probabilidad de que el sistema se encuentre en  $t$  funcionando sin haber tenido una parada en el intervalo  $(0, t)$ ; puede determinarse también dicha probabilidad en sucesivos incrementos de tiempo.
- La subrutina 12 determina la disponibilidad instantánea que para los sistemas con reparación puede definirse como la probabilidad de encontrar al sistema operacional en el instante  $t$ , independientemente de las posibles paradas del sistema antes de  $t$ . Para los sistemas sin reparación, la disponibilidad instantánea es la misma que la probabilidad de sobrevivir.

#### Base matemática

La base matemática de los programas puede resumirse en 3 categorías básicas:

- Las subrutinas 1, 2, 3, 4 y 5 realizan cálculos de fiabilidad utilizando sencillos modelos matemáticos basados en la teoría elemental de la fiabilidad.
- Las subrutinas 6, 7 y 8 hacen uso de las técnicas generales de software con el fin de encontrar la matriz de transición a partir de los datos básicos.

Las subrutinas 9, 10, 11 y 12 utilizan procedimientos matemáticos más complejos basados en los procesos de Markov. Este método excede el ámbito de este artículo y se trata de un modo general.

La utilización de proceso de Markov continuo en el tiempo y discreto en los estados para describir el comportamiento de sistemas complejos es un medio bien conocido [1.2] y su aplicación a los estudios de fiabilidad está ganando la aceptación internacional. Los dife-

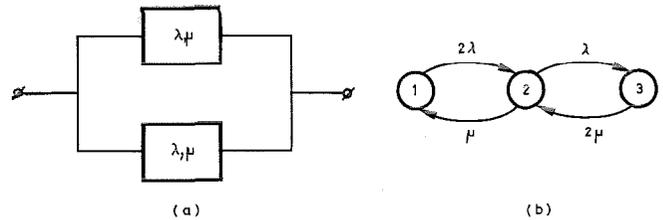


Fig. 2 Comportamiento de un sistema duplicado en el que una unidad debe sobrevivir para que el sistema funcione.

- (a) Diagrama de bloques de fiabilidad.
- (b) Diagrama de transiciones.

rentes estados en los que un sistema está o no operativo pueden representarse mediante diagramas de transición como los representados en la figura 2.b. En dichos diagramas los nodos representan los posibles estados del sistema. Las flechas que interconectan los nodos representan sucesos físicos mediante los que el sistema cambia de estado. El sentido de la flecha indica el paso de un estado a otro. En las aplicaciones de la fiabilidad es normal anotar la tasa de fallos de los módulos para los que un fallo de lugar a una transición indicada por la flecha. Si la transición se origina por una acción de reparación en un módulo entre aquellos que se encuentran defectuosos, lo mismo ocurre para las tasas de reparación. Estas tasas de transición son condicionales; la tasa absoluta de una cierta transición se determina multiplicando la tasa de transición condicional por la probabilidad de que el sistema se encuentre en el estado inicial. La técnica de utilizar diagramas de transición de este tipo se muestra en la figura 2. La figura 2.a muestra el diagrama de bloques de un sistema duplicado de unidades idénticas donde una de las unidades debe sobrevivir con el fin de que el sistema pueda realizar su misión. Los estados en el diagrama de transición se definen de la siguiente forma:

- Ambas unidades son operativas.
- Una de las unidades falla y la otra es operativa.
- Ninguna es operativa.

Otro método posible de representar las transiciones entre estados es disponer las tasas condicionales de transición en una matriz cuadrada con  $N$  filas y  $N$  columnas ( $N$  es el número de estados distintos) como se indica en la figura 3. La tasa de transición que condiciona el paso del estado  $i$  al  $j$  es elemento de la matriz, intersección de la fila  $i$  y de la columna  $j$ . La figura 3 representa esta situación para un sistema duplicado. Cuando se forma la matriz los elementos pertenecientes a la diagonal principal son nulos. Se puede formar otra matriz igual a la anterior pero en la que los elementos de la diagonal se reemplazan por un valor igual o menor que la suma de todos los elementos en la columna de la primera matriz. Esta es la matriz a la que previamente nos hemos referido como la matriz de transición de la cadena Markov.

La figura 4 indica la matriz de transición completa para el ejemplo de la figura 2. Si la matriz de transición es  $(A)$ , y  $P_i(t)$  es la probabilidad de que el sistema se encuentre en el estado  $i$  en el instante  $t$ , puede de-

	1	2	3
1		$\mu$	
2	$2\lambda$		$2\mu$
3		$\lambda$	

Fig. 3 Otro método para describir el comportamiento de un sistema duplicado. Las tasas condicionales de transición se disponen en una matriz cuadrada.

	1	2	3
1	$-2\lambda$	$\mu$	0
2	$2\lambda$	$-(\lambda+\mu)$	$2\mu$
3	0	$\lambda$	$-2\mu$

Fig. 4 Matriz de transición completa para la cadena de Markov del sistema duplicado.

mostrarse que el siguiente conjunto de ecuaciones diferenciales describe el comportamiento del sistema:

$$|dP_i(t)/dt| = [A] |P_i(t)|.$$

La *i*-ésima ecuación será:

$$dP_i(t)/dt = a_{i1} P_1(t) + a_{i2} P_2(t) + \dots + a_{in} P_n(t).$$

El significado de esta ecuación es que la tasa de cambio de la probabilidad de que el sistema está en el estado *i*, es igual a la suma de las probabilidades de que se encuentre en otro estado, multiplicadas por la tasa condicionada de transición del estado *i* a otro estado más la probabilidad de que se encuentre en el estado *i* multiplicada por la tasa total de que abandone dicho estado.

En este caso  $a_{ii}$  debe ser negativo e igual en valor absoluto a la suma de las tasas de transición de los sucesos que producen que el sistema abandone el estado *i*. Teniendo en cuenta el significado de los elementos de la matriz queda ahora claro que los elementos de la diagonal principal de la matriz de las tasas de transición de la cadena Markov deben ser iguales a la suma de los restantes elementos de la misma columna cambiada de signo.

El conjunto básico de ecuaciones diferenciales es el punto de comienzo para todas las subrutinas que van desde la 9 a la 12, aunque con ciertas diferencias en algunos pasos matemáticos dado que cada una de ellas determina un parámetro de fiabilidad diferente. Para el fin de este artículo, consideramos el proceso matemático de la subrutina 10 que calcula la disponibilidad del sistema en estado permanente, ya que esta última implica que el período transitorio ha transcurrido, se puede considerar un tiempo infinito, con lo que la probabilidad de que el sistema se encuentre en un cierto estado es constante y la derivada respecto al tiempo se hace cero. El conjunto de ecuaciones diferenciales queda entonces reducido a la siguiente expresión general

$$[A] |P_i(\infty)| = 0.$$

Este conjunto de ecuaciones lineales no puede resolverse pero afortunadamente existe una relación suplementaria entre las incógnitas que en las ecuaciones representan probabilidades. Dado que el sistema solo se puede encontrar en uno de los *N* posibles estados que se han definido, la suma de las probabilidades es igual a la unidad, con lo que se puede reemplazar una de las ecuaciones del sistema por esta relación y resolverlo. Las soluciones del sistema serán las probabilidades de que el sistema se encuentre en cada uno de sus posibles estados. La suma de estas probabilidades que representan los estados de funcionamiento del sistema conducen a la disponibilidad del sistema en régimen permanente.

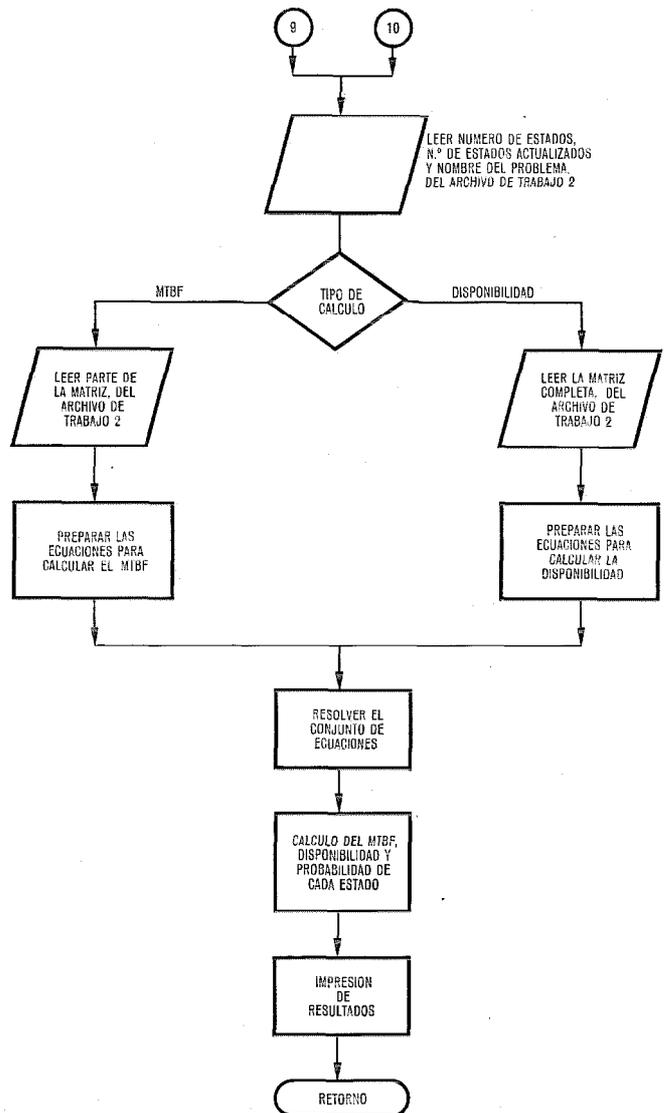


Fig. 5 Organigrama para las subrutinas 9 y 10.

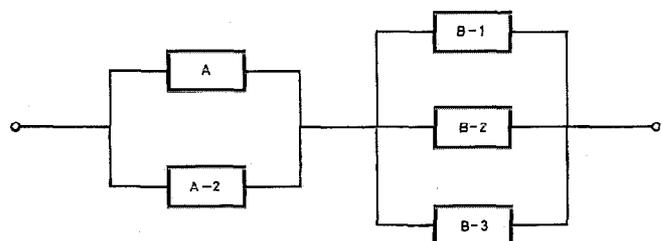


Fig. 6 Estructura de fiabilidad de un subsistema simple.

Name																				Page																				Application																																							
Date																				of																																																											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
TEST1										TEST SUCCESS DEFIN.										TESTING										M. BELL										03-04-73																																							
06																																																																															
TESTING																				STL REL. PROGRAM 15																																																											
A					A1										50000.					10.																																																											
B					A2										50000.					10.																																																											
C					B1										20000.					5.																																																											
D					B2										20000.					5.																																																											
E					B3										20000.					5.																																																											
(A+B)(C+D+E)																																																																															
09																																																																															
10																																																																															
99																																																																															

Fig. 7 Formato de entrada al ordenador que muestra la información necesaria para los cálculos de fiabilidad.

-ITT-  
BELL TELEPHONE MFG. CO.  
ANTWERP

DATE 23- 2-73 PAGE 1

PROBLEM - TESTING STL REL. PROGRAM

RELIABILITY STRUCTURE COUNTS 5 PHYSICALLY DIFFERENT BLOCKS

SURVEY OF BLOCK DATA

SYMBOL	NR.	QN	WF1	BLOCKNAME	FAILURE RATE IN E-09	REPAIR TIME IN HOURS
A	*	0	*	A1	500000.	10.00000
B	*	0	*	A2	500000.	10.00000
C	*	0	*	B1	200000.	5.00000
D	*	0	*	B2	200000.	5.00000
E	*	0	*	B3	200000.	5.00000

Fig. 8 Impresión opcional de los resultados.

De la discusión previa se puede deducir que aun para estructuras de fiabilidad relativamente sencillas, el análisis conduce a un número elevado de posibles estados lo que a su vez trae consigo que el tiempo necesario para obtener las respuestas del problema sea grande. Por consiguiente era necesario desarrollar el conjunto de programas para ordenador descrito en este artículo para hacer la teoría de los procesos de Markov aplicable a las predicciones de fiabilidad.

### Técnicas de programación

Las técnicas de programación se utilizaron tanto como fue posible con el objeto de suministrar una gran simplicidad al usuario y además establecer un conjunto de programas aplicables a los diversos problemas que una organización con diferentes líneas de productos tiene en fiabilidad. Las diferentes técnicas se combinaron de forma que se obtuviera una gran simplicidad y

generalidad sin merma de la exactitud, con lo que los resultados de los cálculos son siempre provechosos.

A primera vista podría pensarse que un cierto número de subrutinas podría combinarse en un único programa con lo que se obtendría mayor eficiencia en lo que se refiere a tiempo y memoria necesitado en el ordenador; sin embargo, la estructura que actualmente poseen los programas permite al usuario utilizar solamente aquellas subrutinas que se necesitan para resolver su problema particular; igualmente es posible introducir nuevas mejoras u otras subrutinas sin necesidad de cambiar la estructura de los programas. Por otra parte, la actualización de los procedimientos es simplificada desde el punto de vista del cliente. Sin embargo, se ha considerado alguna optimización como la mostrada en la figura 5 en la que se representa en forma de organigrama la estructura de las subrutinas 9 ó 10; obviamente el método tiene algunas limitacio-

nes; para sistemas grandes y complejos, la tarea de determinar la matriz de transición así como resolver el respectivo sistema de ecuaciones puede ser muy difícil y se ve limitado por las facilidades existentes principalmente en lo que se refiere a la memoria que se necesita.

Se están desarrollando técnicas que permitan obtener soluciones aproximadas. Primeramente, evaluando las interdependencias con el fin de ver si el sistema se puede considerar formado por subsistencias independientes, en cuyo caso cada uno de ellos se trata separadamente antes de calcular la fiabilidad total del sistema. Por otra parte, agrupando estados semejantes especialmente aquellos cuyo efecto en el resultado final es muy pequeño; con esto, el número de ecuaciones puede reducirse. En cualquier caso, los errores cometidos al introducir estas simplificaciones son lo suficientemente pequeños con lo que los resultados siguen siendo válidos.

**Ejemplo**

Dado que la finalidad con que se crearon estos programas fue evaluar sistemas cuyo tamaño y complejidad fueron tales que los cálculos manuales resultaron largos, difíciles y costosos, es lógico que desde comienzos del año 1970 en que fueron creados, las diferentes casas asociadas a ITT los hayan venido utilizando con el fin de evaluar sus sistemas más complejos. En vista del tamaño y complejidad de tales sistemas no es po-

sible a efectos de explicar un ejemplo el tomar uno de ellos, por lo que se ha escogido un subsistema simplificado cuya estructura de fiabilidad se muestra en la figura 6.

El subsistema de la figura 6 es tal que para realizar sus funciones deben sobrevivir un elemento del tipo A y otro del B. El subsistema es reparable y se desea obtener el tiempo medio entre fallos así como la disponibilidad. Comenzando en el módulo a nivel de subsistema las subrutinas 6, 9 y 10 se utilizan de la siguiente forma:

- Primeramente se especifica de acuerdo con un formato (Fig. 7) de entrada al ordenador la identificación del subsistema, la tasa de fallos, la tasa de reparación de cada tipo de módulo, la ecuación lógica que exprese el éxito del subsistema y las opciones de impresión. Se supone en este caso que existen tantos reparadores disponibles como faltas puedan producirse y que las unidades en fallo se reparen en el orden en que fallan. Se muestra igualmente el orden en que deben ejecutarse las subrutinas.
- Como una opción los resultados pueden imprimirse en la forma indicada en la figura 8, que muestra que los elementos de tipo A tienen una tasa de fallo de  $500.00 \cdot 10^{-9}$  fallos por hora y un tiempo medio para reparación de 10 horas. Análogamente los elementos de tipo B tienen  $200.000 \cdot 10^{-9}$  fallos por hora y 5 horas respectivamente.

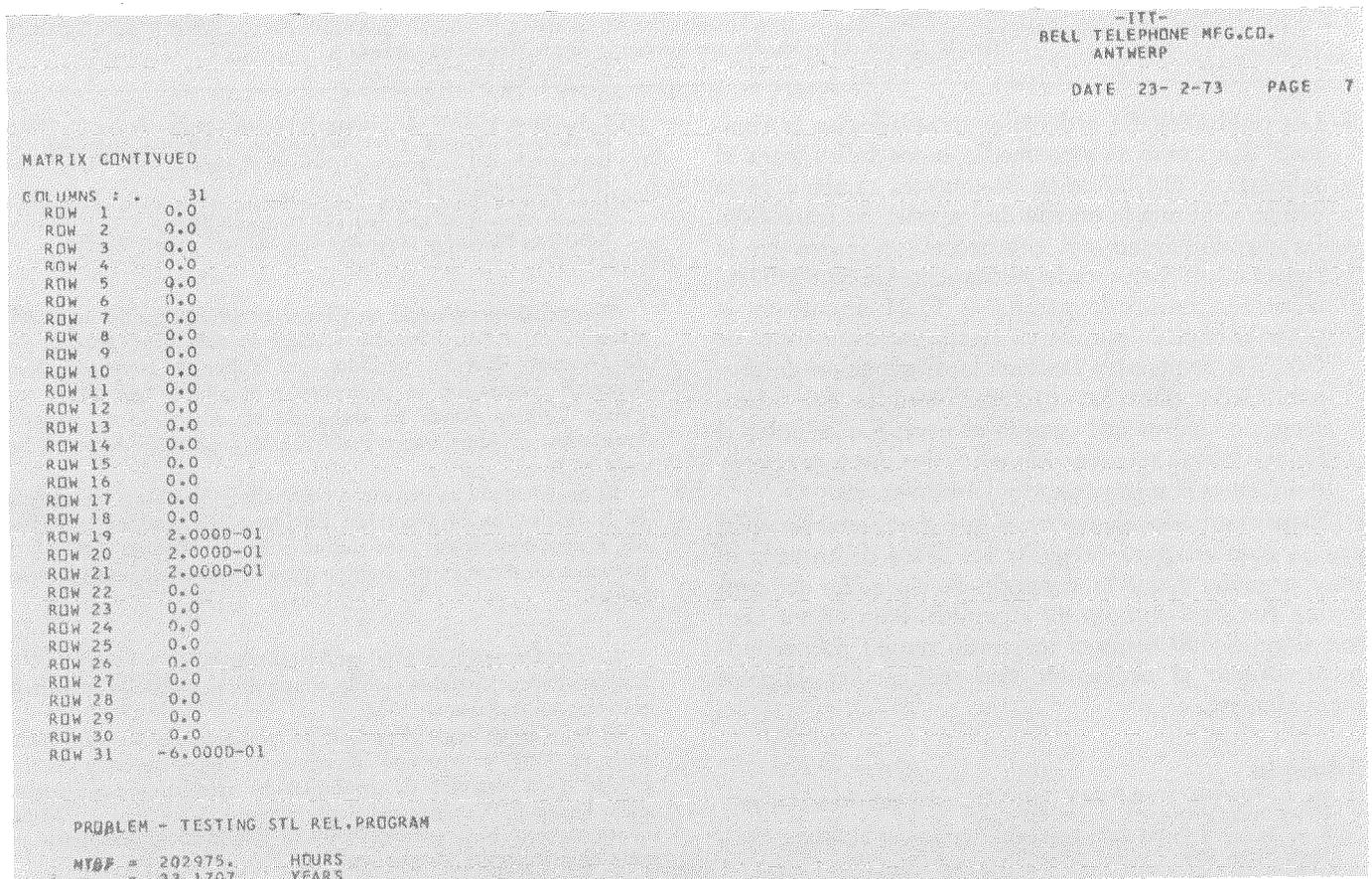


Fig. 9 Salida del ordenador que muestra el tiempo medio entre fallos.

PROBLEM - TESTING STL REL PROGRAM  
 STEADY STATE AVAILABILITY = 99.99752 PERCENT  
 STEADY STATE DUTAGE = 0.00248 PERCENT  
 MEAN ANNUAL DOWNTIME = 0 HOURS 13.01 MINUTES

PROBABILITY-DISTRIBUTION OF THE UP-STATES  
 STATE - ASS IN PERCENT

1	98.711021
2	0.493555
3	0.493555
4	0.098711
5	0.098711
6	0.098711
7	0.000494
8	0.000494
9	0.000494
10	0.000494
11	0.000494
12	0.000494
13	0.000099
14	0.000099
15	0.000099
16	0.000000
17	0.000000
18	0.000000
19	0.000000
20	0.000000
21	0.000000

PROBABILITY-DISTRIBUTION OF THE DOWN-STATES  
 STATE - ASS IN PERCENT

22	0.002468
23	0.000002
24	0.000002
25	0.000002
26	0.000000
27	0.000000
28	0.000000
29	0.000000
30	0.000000
31	0.000000

Fig. 10 Salida del ordenador que muestra la disponibilidad del sistema.

— Los resultados del ordenador mostrados en la figura 9 dan como tiempo medio entre fallos para el subsistema 23.1707 años. Se muestra también en la última columna la matriz de las tasas de transición.  
 — La disponibilidad del subsistema se indica en la figura 10 y es en estado permanente de 99.99752 %, el tiempo medio de parada es 13.01 minutos y la probabilidad de parada en estado permanente es de 0.00248. Se muestra también la distribución de probabilidades para los diferentes estados del subsistema, lo cual es útil cuando es necesario calcular el tiempo medio transcurrido entre dos instantes correspondientes al mismo estado del subsistema.

Estos resultados demuestran que el esfuerzo manual que se requiere para preparar los datos de entrada es muy pequeño y que la duración de ejecución del programa fue de 1 minuto 48 segundos. Aun en un caso tan simplificado como el mostrado resulta más económico utilizar el ordenador que realizar los cálculos manualmente.

Referencias

[1] M. L. Shooman: Probabilistic Reliability, an Engineering Approach: Nueva York, McGraw-Hill, 1968, 448 págs.  
 [2] R. E. Barlow y F. Proschan: Mathematical Theory of Reliability: Nueva York, Wiley, 1965.

[3] L. R. Doyon y M. W. Berssenbrugge: Solving Complex Reliability Models by Computer: Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers Annual Symposium on Reliability, Boston, Mass., 16-18 Enero 1968, IEEE Cat. No. 68 C 33-R.  
 [4] J. A. Buzacott: Markov Approach to Finding Failure Times of Repairable Systems: Institute of Electrical and Electronics Engineers Transaction on Reliability, Noviembre 1970, volumen R-19, No. 4, págs. 128-134.

George Menicou nació en Chipre en 1932. Estudió ingeniería eléctrica en el Northampton College of Advanced Technology, de Londres. Tras un período con la British Iron and Steel Research Association se incorporó a Standard Telephones and Cables Limited donde ha trabajado en desarrollo de sistemas avanzados, principalmente PAM, TDM y sistemas de conmutación PCM.

El Sr. Menicou es ingeniero colegiado y miembro de número de la Institution of Electrical Engineers. Es también miembro del grupo consultivo para definiciones de sistemas (AGSD) y participa en estudios de sistemas para la nueva generación telefónica.

L. Van Os nació en Herentals, Bélgica. Estudió en la Universidad de Lovaina donde consiguió el grado de ingeniería eléctrica y mecánica en 1968.

El Sr. Van Os ingresó en Bell Telephone Manufacturing Company en 1969, y se ocupó inicialmente en predicciones de fiabilidad para sistemas de conmutación telefónica semielectrónica. Desde 1971 es jefe del departamento de calidad del Metaconta version 10 C encargado de la fiabilidad y problemas de mantenimiento del Metaconta 10 C.

# Análisis y evaluación de los teléfonos monedero existentes. Una aproximación a los nuevos conceptos de diseño.

El objetivo de este artículo es desarrollar una concepción significativa de un teléfono monedero moderno. Para conseguirlo, se han analizado y comparado críticamente los aparatos existentes, con el propósito de establecer, por una parte, las características ventajosas ya probadas y, por otra parte, detectar los puntos débiles para estar en condiciones de evitarlos en el futuro.

G. ZEIDLER

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, Alemania Federal

## El problema

A medida que el número de teléfonos — y, por consiguiente, el tráfico telefónico — aumenta en cualquier país, mayor es también la demanda de teléfonos monedero. Este tipo de teléfonos existe, desde luego, en muchos países; sin embargo, en parte, sus posibilidades son limitadas y, en parte, ya no resultan económicos. Nuevas características imponen nuevos requerimientos. La llamada directa en tráfico internacional, por ejemplo, necesita un incremento de la velocidad de reacción del teléfono de monedero con relación al manejo de las monedas. Los instrumentos que utilicen componentes electromecánicos predominantemente no podrán verificar este primer y básico requisito. Además son caros tanto de fabricar como de mantener.

A la vista de esta situación, existe una demanda considerable de teléfonos monedero de nuevo diseño. El objetivo de este artículo es el de definir un concepto adecuado para ellos. Para conseguirlo, parece adecuado analizar y realizar una comparación crítica de los teléfonos monedero existentes como primer paso. El propósito de esta comparación es el de establecer sus características ventajosas para incluirlas en la nueva generación y detectar sus puntos débiles para evitarlos.

Combinando los resultados de esta revisión con las nuevas ideas basadas en tecnologías modernas, será posible determinar una aproximación adecuada al concepto de un teléfono monedero que será técnica y económicamente posible.

## Países y teléfonos monedero seleccionados para la comparación

La comparación incluye los teléfonos monedero de la mayoría de los países europeos así como de EE.UU., Australia y Japón. Casi sin excepción, la información ha sido suministrada por las Administraciones de teléfonos. Además, se han evaluado datos procedentes de publicaciones [1—23].

En unos pocos casos no ha sido posible obtener información completa. Esta situación se pone de manifiesto mediante signos de interrogación colocados en las tablas.

La figura 1 muestra el número de teléfono monedero así como la densidad de los mismos en los diversos países. La tabla se basa en los datos de 1971 e incluye todos los tipos de teléfonos monedero. La discusión posterior se realizará, sin embargo, sobre los últimos tipos que, no obstante, están ya en funcionamiento en grandes cantidades.

## Características de los teléfonos monedero — diseño exterior y rasgos esenciales

La figura 2 muestra la comparación de teléfonos monedero. Como puede verse, son muy distintos en tamaño y aspecto, lo que justifica la suposición de que son diferentes también con relación a los principios de funcionamiento.

De acuerdo con la figura 3, los teléfonos monedero funcionan casi exclusivamente con monedas normales y las fichas se utilizan pocas veces.

Las capacidades de tráfico de los teléfonos monedero son similares en muchos países, pero no idénticas en todos ellos. Casi siempre es posible la llamada directa local (DDD = Domestic Direct Distance Dialing), pero solamente en unos pocos países es posible también la llamada directa internacional (IDDD = International Direct Distance Dialing). En muchos países se proporciona tasación para algunos servicios especiales, se dispone normalmente de servicios especiales gratis (lla-

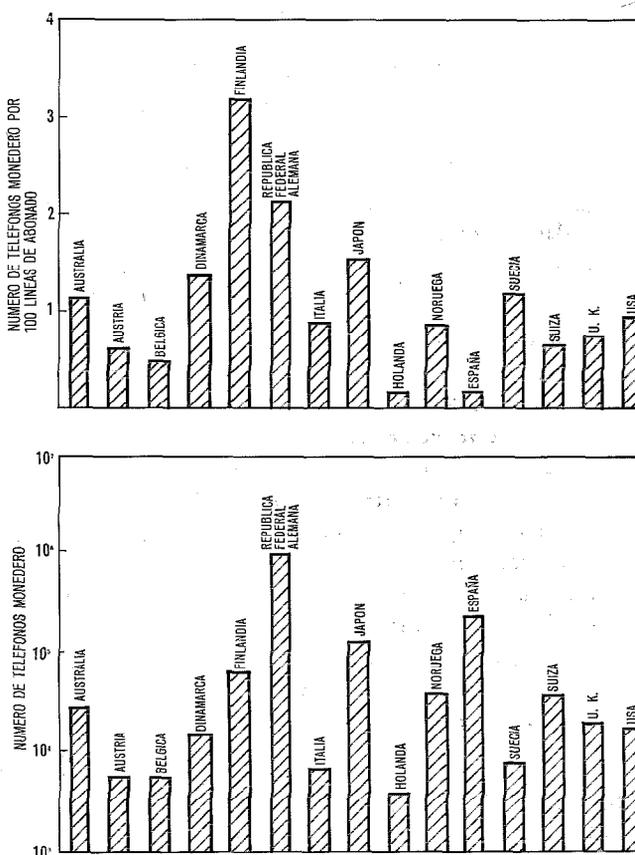


Fig. 1 Número y proporción de teléfonos monedero.

## Telefonos monedero

PAIS	AUSTRALIA	AUSTRIA		BELGICA		DINAMARCA		ESPAÑA	USA	FINLANDIA		
	I	I	II	I	II	I	II	I	I	I	II	
TELEFONO MONEDERO												
DISEÑO												
AÑO DE INTRODUCCION	1968	1965	1970	1954	1970	1960	1970	1967	1969	1961	1967	
U. K.	HOLANDA		ITALIA	JAPON		NORUEGA	REPUBLICA FEDERAL ALEMANA		SUECIA	SUIZA		
	I	I	II	I	I	II	I	I	II	I	II	
	1958	1954	1967	1960	1966	1965	1967	1963	1972	1955	1950	1964

Fig. 2 Aspecto frontal de los teléfonos monedero.

madas de emergencia) pero el usuario del teléfono monedero no puede siempre conseguir las sin insertar monedas: en algunos países debe primero hacer un depósito inicial que se le devuelve una vez terminada la llamada. En muchos países, se puede siempre llamar a los teléfonos monedero, cuando tales teléfonos no

están normalmente para el uso directo público sino que están instalados en hoteles, almacenes, etc. Mientras que las Administraciones telefónicas los mantienen y dan servicio, los "propietarios" son responsables, a menudo, de vaciar la caja de las monedas. La tasación se realiza en base a las medidas de los contadores.

Fig. 3 - Servicio de teléfono monedero.

Llamadas	País		Austria		Bélgica		Dinamarca		Finlandia		República Federal Alemana		Italia		Japón		Holanda		Noruega	España		Suecia		Suiza		Reino Unido		U.S.A.
	Tipo		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	I	I	II	I	II	I	I	I	
Monedas admisibles																												
— Monedas			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
— Fichas														X														
Llamadas salientes																												
1. Llamadas locales			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
2. Llamadas de larga distancia nacionales																												
— con intervención de la operadora			X	X	X		X	X					X	X				X			X	X	X	X	X	X	X	
— marcado directo			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
3. Llamadas de larga distancia internacionales																												
— con intervención de la operadora			X	X			X	X					X	X				X			X	X	X	X	X	X	X	
— marcado directo			X	X			X	X				X	X				X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	
4. Servicios especiales																												
— Llamadas de emergencia gratis																												
• requieren inserción de moneda																												
• no requieren inserción de moneda			X				X	X	X	X					X			X			X	X	X	X	X	X	X	
— Servicio de telegramas																												
Llamadas entrantes																												
(X)			(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	
Servicio de teléfonos monedero																												
— Por la administración			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
— Privado (vaciado de la bolsa de las monedas)																												

### Funcionamiento del teléfono monedero desde el punto de vista de los usuarios

Establecimiento de la llamada y principio de recogida de monedas

Como puede verse en la figura 4, el usuario del teléfono monedero puede realizar llamadas locales mediante marcado directo, es decir, sin la ayuda de la operadora, en todos los países. La duración de la llamada es casi siempre sin límite. La tarifa por llamada, sin embargo, es fija solamente en unos pocos países; en los demás, se utiliza medición periódica (principio de Carlsson) también para llamadas locales.

De acuerdo con la figura 3, las llamadas nacionales e internacionales pueden aún establecerse con ayuda de la operadora en unos pocos países solamente. Pero en estos países, también, la misma conexión puede establecerse por marcado directo, es decir, en una base totalmente automática. La figura 4 muestra que, con la excepción de un país, el tiempo de conversación es ilimitado y la tasación se contabiliza según el principio antes mencionado de medidas periódicas. Para una distancia dada, la tasa aumenta en proporción al tiempo.

En principio, el establecimiento manual de las conexiones no es ventajoso para el usuario. Ciertamente, no tiene problemas de tiempo en cuanto a la inserción de las monedas (paga por adelantado por un cierto período de tiempo), pero está forzado a comprar unidades de tiempo relativamente largas (normalmente, tres minutos) incluso aunque intente realizar llamadas cortas. En el caso de conversaciones largas, se le interrumpe periódicamente con avisos de la operadora. Las conexiones de larga distancia con marcado directo, por otra parte, tienen la ventaja para el usuario de poder realizar llamadas cortas y, por tanto, no caras. Durante las llamadas largas no se le interrumpe pero debe insertar monedas adicionales a tiempo de evitar el corte de la conexión.

### Método de recogida de monedas

Puesto que el usuario tiene que insertar monedas antes y durante la llamada, debe asegurarse que este trabajo no llegue a ser una carga importante para él. En lo que sigue, se discuten los factores importantes.

La parte superior de la figura 5 muestra las denominaciones de las monedas admisibles. La mayoría de los teléfonos monedero admiten monedas de varios tipos, lo que representa para el usuario la ventaja de poder utilizar monedas de valor reducido para las llamadas locales y de valor más alto para las llamadas de larga distancia para asegurarse convenientemente de la conservación de la conexión.

Casi todos los tipos de teléfonos monedero permiten la inserción de monedas antes de marcar. Excepto uno, son también capaces de almacenar varias monedas. Esto libera al usuario de parte de su "trabajo" durante la conversación. Solamente unos pocos tipos requieren la inserción de monedas después del marcado; algunos otros, después incluso de haber empezado la conversación.

Con medición periódica, las monedas se recogen durante el curso de la conversación. La mayoría de los instrumentos utilizan el método llamado de recogida directa, es decir, se recoge primero y de forma irrevocable una moneda y después se pone a disposición del cliente el período de tiempo correspondiente. Si el teléfono se puede utilizar con diversos tipos de monedas, deben seguirse reglas especiales para su introducción. Algunos teléfonos monedero recogen primero las de valor inferior y después las de valor más alto. En el caso de llamadas largas, esto puede resultar desventajoso para el usuario. Muchos teléfonos recogen las monedas en el orden de su inserción, lo que permite al usuario decidir, por ejemplo, si empieza una llamada con unas pocas monedas de bajo valor y, hacia el final de la llamada, insertar algunas más. Con el método de recogida llamado indirecto, que se utiliza muy rara-

Fig. 4 - Duración de la llamada y principio de cobro.

Llamadas	País		Austria		Bélgica		Dinamarca		Finlandia		República Federal Alemana		Italia		Japón		Holanda		Noruega		España		Suecia		Suiza		Reino Unido		U.S.A.	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II		
Llamadas locales (solamente llamadas marcadas)																														
— Duración limitada					X	X																								
— Duración ilimitada																														
• Tasa fija por llamada (medida por impulso único)	X											X	X	X	X	X	X	X	X				X	X				X		
• Tasa variable por llamada (medición periódica)			X	X			X	X	X	X									X	X					X	X				
Llamadas de larga distancia (solamente servicio automático)																														
— Duración limitada					X	X																								
— Duración ilimitada (siempre tasa variable por llamada, es decir, medición periódica)	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X		

Fig. 5 - Métodos de cobro.

País		Tipo		Relación entre el menor y el mayor	Inserción de monedas antes de la conversión	Almacenamiento de monedas para más de una unidad de cada valor	Método de cobro	Devolución de monedas después de la llamada
Recogida de monedas								
Australia	I	5 c 10 c 20 c		1:4	X	X	X X	X X
Austria	I	1 S			X	X	X	X
Austria	II	1 S 5 S 10 S		1:10	X	X		X
Belgica	I	5 bfr			X	X	X	
Belgica	II	5 bfr			X	X	X	
Dinamarca	I	25 Øre 10 dkr	25 Øre 1 dkr	1:4	X	X	X	(X)
Dinamarca	II	25 Øre 5 dkr	25 Øre 5 dkr	1:20	X	X	X	(X)
Finlandia	I	50 P 1 fmk	50 P 1 fmk	1:2	X	X	X	X
Finlandia	II	50 P 1 fmk	50 P 1 fmk	1:2	X	X	X	X
Republica Federal Alemana	I	10 Pf 50 Pf 1 DM	10 Pf 50 Pf 1 DM	1:10	X	X	X	X
Republica Federal Alemana	II	10 Pf 50 Pf 1 DM	10 Pf 50 Pf 1 DM	1:10	X	X	X	X
Italia	I	(45 Lire)			X	X	X	X
Japon	I	10 y			X	X	X	X
Japon	II	10 y			X	X	X	X
Holanda	I	10 ct 25 ct	10 ct 25 ct	1:25	X	X	X	X
Holanda	II	10 ct y 25 ct resp.	10 ct y 25 ct resp.		X	X	X	X
Noruega	I	50 Øre 1 nkr 5 nkr	50 Øre 1 nkr 5 nkr	1:10	X	X	X	(X)
Espana	I	1 Pta			X	X	X	X
Suecia	I	10 Øre 25 Øre 1 skr	10 Øre 25 Øre 1 skr	1:10	X	X	X	X
Suiza	I	10 Rp 20 Rp 50 Rp	10 Rp 20 Rp 50 Rp	1:5	X	X	X	X
Suiza	II	10 Rp 20 Rp 50 Rp 1 F	10 Rp 20 Rp 50 Rp 1 F	1:10	X	X	X	X
Reino Unido	I	2 p 10 p		1:5	X	X	X	X
U.S.A.	I	5 c 10 c 25 c			X	X	X	X

mente hasta ahora, las monedas se recogen despues de haber utilizado el tiempo correspondiente. Si ademas se recogen primero las monedas de más alto valor, las monedas de poco valor restantes permiten una tasación óptima. Este método es el de mayor ventaja para el usuario.

Al final de la llamada, solamente unos pocos teléfonos monedero retienen las monedas no utilizadas, mientras que algunos otros tipos las dejan por lo menos a disposición de una llamada adicional. En la mayoría de los casos, sin embargo, las monedas no utilizadas se devuelven. La mejor solución es la que permite al usuario decidir si utiliza las monedas restantes para otra llamada o si las recupera. En este caso, puede tambien utilizar la parte restante no utilizada de las monedas de mayor valor ya recogidas. Algunos teléfonos monedero tienen ya esta característica (ver tambien "botón de llamada adicional" a continuación).

Procedimiento de funcionamiento

Un hecho cierto es que los usuarios prefieren un teléfono monedero de fácil manejo. No quieren estar excesivamente distraidos de su objetivo real — la conversación telefónica — por trabajos y observaciones adicionales. La figura 6 muestra los elementos de control e indicación de los teléfonos monedero (excepto aquellos que son idénticos en todos los instrumentos: microteléfono, tecla, ranura de monedas, disco, recinto de recuperación de monedas).

Un "botón de retorno de las monedas no aceptadas"

es en principio superfluo, simplifica meramente el diseño de los filtro convencionales de monedas. El botón llamado "de pago", raramente suministrado actualmente, se utiliza para comenzar la conversación (conexión del microteléfono al circuito) y para iniciar la recogida de monedas. Esta función, es decir, la recogida de monedas, puede tambien iniciarse de forma automática sin requerir ninguna acción del usuario. El botón de "devolución de monedas", que se suministró solamente en un caso, ofrece ciertas ventajas al principio de la llamada (las monedas pueden insertarse y almacenarse antes de levantar el microteléfono), pero prolonga tambien la llamada en la duración de esta actividad. Únicamente el denominado "botón de llamada adicional", mencionado antes, parece ser una ventaja esencial ya que permite al cliente realizar un uso óptimo de su dinero.

Si se utiliza medición periódica, el usuario debe estar informado de cuando necesita insertar monedas adicionales. Puede deducir esta "requisición de pago" si está continuamente informado de la cantidad que todavía le queda, algunos teléfonos monedero proporcionan esta información mediante un almacenamiento visible de las monedas no utilizadas. Otros tienen una presentación adicional que indica el valor no utilizado de las monedas de mayor valor. En principio, sin embargo, los almacenamientos visibles de monedas así como los indicadores de valor no utilizado tienen sentido solamente si se utilizan con recogida directa. Independientemente del método de recogida y más con-

Fig. 6 - Elementos e indicaciones de control.

Elementos de control e indicadores	País		Austria		Bélgica		Dinamarca		Finlandia		República Federal Alemana		Italia		Japón		Holanda		Noruega		España		Suecia		Suiza		Reino Unido		U.S.A.	
	Tipo		I II		I II		I II		I II		I II		I II		I II		I II		I II		I II		I II		I II		I II		I II	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
— Botón de devolución de monedas para las no aceptadas	X		X		X		X		X								X		X									X		
— Botón de pago			X		X																									
— Botón de devolución de monedas para las no utilizadas (final de llamada)													X																	
— Botón para llamada adicional			X		X																									
— Botón re recogida de monedas para llamadas con intervención de la operadora	X																													
— Botón de auxilio																						X								
— Indicación del valor disponible																														
• Almacenamiento visible de monedas			X								X	X					X		X						X					
• Indicador del valor disponible de las monedas ya recogidas											X	X													X					
• Indicador digital del valor disponible				X													X													
— Requisición de pago																														
• Acústico	X		X		X		X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
• Visual	X											X	X	X			X							X	X					
— Indicador de terminación de llamada			X		X		X	X	X	X		X							X			X	X	X	X	X	X	X	X	
— Indicador de fallo de alimentación																X														

veniente para el usuario es una indicación digital continua de toda la cantidad aun disponible. Unos pocos teléfonos monedero ofrecen ya esta característica conveniente. La mayoría de los teléfonos monedero no tienen ninguna indicación del valor restante. En estos casos es inevitable una requisición de pago. Frecuentemente, se utiliza una señal acústica, pero, desgraciadamente, este método de aviso perturba la conversación y, en algunos casos, incluso la interrumpe. Una mejor solución es el indicador visual que se utiliza en algunos instrumentos.

La figura 7 muestra los procedimientos operacionales, es decir, la secuencia de operaciones a realizar para una conexión con marcado por disco empleando medición periódica. Todas las tareas posibles del usuario se relacionan en la parte izquierda, mientras que en el lado derecho se indican, para cada tipo de teléfono monedero, las tareas requeridas y su secuencia. En la figura 7 pueden reconocerse fácilmente los procedimientos simples y, por consiguiente, preferibles.

Disposición de los elementos de control

Puesto que la función de la mayoría de los elementos de control es conocida, examinaremos ahora su colocación y la sencillez de manejo para el usuario. La figura 8 muestra la altura normal de instalación de los teléfonos monedero en cada país. Además de los límites de altura superior e inferior, indica también la posición de los principales elementos de control — ranura de monedas, disco y recinto de recuperación de monedas —. La comparación muestra que la altura de montaje de estos elementos de control difiere considerablemente y que, incluso en el caso de igual altura, los discos tienen diferentes inclinaciones. En vista del hecho de que la estatura humana media es idéntica en estos países (quizá con la excepción de Japón), la diferencia de alturas es seguramente injustificable.

Investigaciones recientes [24] revelan que sería conveniente para los europeos (probablemente también en América y Australia) tener todos los elementos de control dentro del margen indicado en la figura 8.

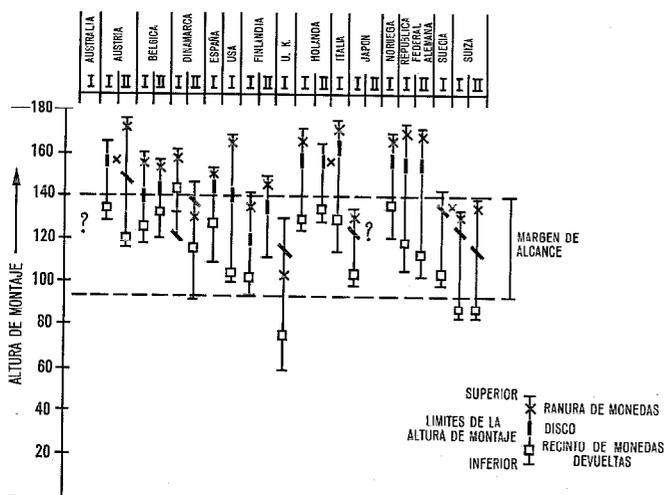


Fig. 7 Procedimiento de funcionamiento.

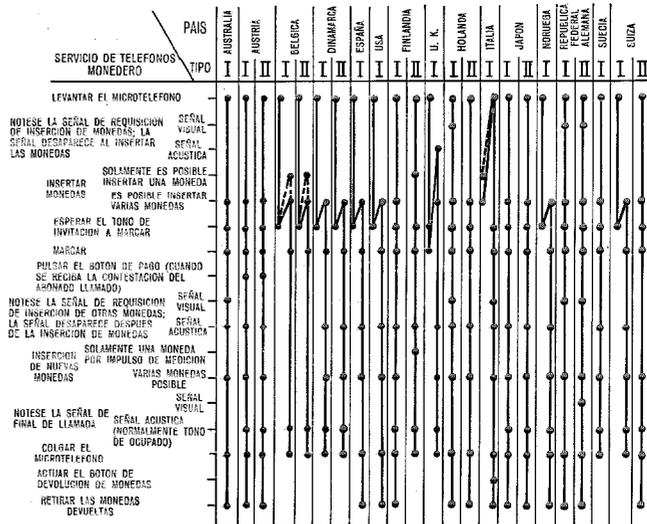


Fig. 8 Posición de los elementos de funcionamiento.

Idoneidad de los teléfonos monedero para el tráfico internacional

Las llamadas a lugares muy distantes son especialmente caras; durante las llamadas internacionales, se requiere al usuario que inserte monedas adicionales a intervalos cortos. Debe intentarse estimar la máxima frecuencia de inserción para los teléfonos monedero que, de acuerdo con la figura 3, permiten el marcado directo para llamadas internacionales. Desde luego, todavía no es posible realizar llamadas internacionales directas desde estos países a todos los demás países; sin embargo, cuanto ésto sea posible en el futuro, el coste máximo será probablemente de 9 Francos-Oro por minuto (esta es la tarifa que se cobra actualmente en casi todos los países para distancias extremadamente largas). Refiriendo esta tarifa a las monedas de mayor valor que los teléfonos pueden admitir (Fig. 5), se obtienen los intervalos de tiempo en los que el usuario debe insertar una moneda adicional (Fig. 9). La frecuencia de inserción de monedas resultante se aplica a llamadas largas. Para llamadas cortas el tiempo es superior si el teléfono tiene un almacenamiento de monedas y si las monedas se pueden insertar antes de establecer la conexión (ver también Fig. 5).

Los tiempos indicados en la figura 9 son solamente una estimación grosera, pero justifican, no obstante, la hipótesis de que no será posible tener tráfico internacional sin restricción alguna desde todos los teléfonos monedero. Los ritmos de introducción de monedas más rápidos que una moneda cada cuatro segundos darían lugar a una tensión demasiado grande en el usuario.

Concepto técnico

Interoperación con los sistemas de conmutación

Como puede verse en la figura 10, la mayoría de los teléfonos monedero no están directamente conectados a la central, como un abonado normal, sino a

Fig. 9 - Frecuencia máxima de inserción de monedas (estimada).

País Tipo	Austria		Dinamarca		República Federal Alemana	Italia	Holanda		Noruega	Suecia	Suiza	Reino Unido	U.S.A.
	I	II	I	II	II	I	I	II	I	I	II	I	I
Máximo valor de moneda admisible	1 S	10 S	1 dkr	5 dkr	1 DM	(45 Lire)	25 ct	25 ct	5 nkr	1 skr	1 f	10 p	25 c
Tiempo mínimo de conversación por moneda (en segundos)	0,8	8	2,6	13	5,8	1,2	1,4	1,4	14	3,9	4,9	4,2	4

través de una serie de relés (denominados adaptadores). Dependiendo del tipo del teléfono monedero y de sus posibilidades de tráfico, estos adaptadores realizan diversas funciones.

En el caso de llamadas atendidas por operadora, el adaptador sirve fundamentalmente para la comunicación de datos entre el teléfono monedero y la operadora. En la dirección teléfono monedero-operadora, recibe y pasa señales de determinación del valor de la moneda; en la dirección opuesta, recoge impulsos.

En el caso de llamadas realizadas con disco, efectúa diferentes funciones para el tráfico local y para el de

larga distancia. Para llamadas locales, envía a menudo los impulsos de cobro y, en algunos casos, limita también la duración de la llamada. Para llamadas de larga distancia, registra el valor de las monedas depositadas. Dependiendo del principio de recogida, deduce después los impulsos de cobro y los transmite al teléfono monedero. En muchos casos envía también la señal de requisición de pago.

La razón principal para la utilización de un adaptador es la de simplificar el diseño del teléfono monedero y hacerle robusto. En todo lo posible, el procesamiento de la información debe realizarse en la central.

Fig. 10 - Interoperación del teléfono monedero y la central de conmutación.

Teléfonos monedero y sistemas de conmutación	Austria		Belgica		Dinamarca		Finlandia		República Federal Alemana		Italia	Japón		Holanda		Noruega	España	Suecia	Suiza	Reino Unido	U.S.A.
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	I	II	I	II	I	I	I	I	I	I
Conexión del teléfono monedero a la central	X	X	X							X	X			X	X						
— Sin adaptador en la central (como abonados normales)	X	X	X							X	X			X	X						
— Con adaptador en la central				X	X	X	X	X	X		X	X	X			X	X	X	X	X	X
Funciones de los adaptadores																					
Llamadas con intervención de la operadora																					
• Recogida de monedas											X	X				X		X	X	X	
Llamadas realizadas con disco																					
— Llamadas locales																					
• Limitación de la duración de la llamada				X	X											X					
• Recogida de monedas				X	X			X	X		X	X	X			X	X	X	X	X	
— Larga distancia																					
• Recogida de monedas				X	X		X	X	X		X	X	X			X		X	X	X	
• Requisición de pago						X	X	X	X		X					X		X	X	X	X
Señalización a través de la línea de conexión																					
— Teléfono monedero → Central (adaptador)																					
• Impulsos de determinación del valor de la moneda en orden de inserción	X			X	X											X		X	X	X	X
• Impulsos de determinación del valor de la moneda según orden de recogida						X	X	X	X		X		X			X	X	X	X	X	X
— Central (adaptador) → Teléfono monedero																					
• Impulsos de medición	X	X	X			X	X			X	X			X	X					X	
• Impulsos de cobro				X	X			X	X		X	X	X			X	X	X	X	X	X
• Requisición de pago						X	X	X	X		X					X	X	X	X	X	X

## Teléfonos monedero

Esta solución que parece ventajosa a primera vista, lleva consigo un gasto en señalización considerable. Tanto en el teléfono monedero como en el adaptador, es necesario disponer de facilidades de transmisión, recepción y supervisión. Si se introducen nuevas características en el servicio, como por ejemplo, indicación digital del valor disponible, el gasto adicional puede elevarse considerablemente e incluso exceder del coste de una instalación que no utilice adaptador. Esta es posiblemente la razón de que algunos de los teléfonos monedero modernos no utilicen adaptadores; se conectan a la central como un abonado normal y procesan la información con ayuda de componentes modernos. En la central se ahorra, por tanto, el espacio requerido por las facilidades adicionales.

### Componentes

La figura 11 presenta un estudio de los componentes utilizados en cada uno de los teléfonos monedero. Es evidente que todos los teléfonos monedero tienen que utilizar componentes electromecánicos para la recogida de monedas. Muchos de ellos, sin embargo, utilizan relés para el proceso de información. En desarrollos recientes, los relés han sido sustituidos en gran parte por componentes semiconductores discretos; en algunos, incluso, por circuitos integrados. Este desplazamiento hacia el diseño con componentes de estado sólido es imperativo puesto que el tráfico internacional y las nuevas características no solo imponen la necesidad de proceso de información adicional sino que requieren una velocidad de proceso mayor.

Como puede verse en la figura 11, la mayoría de los teléfonos monedero obtienen su alimentación de la central a través de la línea. En relativamente pocos casos, se alimentan del suministro de corriente alterna.

La alimentación desde la central tiene una ventaja obvia: el equipo es independiente del suministro de corriente alterna. Los teléfonos monedero nuevos, sin embargo, tendrán probablemente mayores consumos de potencia y puede que sea difícil alimentarles desde la central. Considerando que el suministro de corriente alterna se utiliza ya para otros propósitos, por ejemplo, para iluminar la cabina telefónica, seguramente será posible utilizarlo también para el funcionamiento del teléfono.

### Conclusiones

Las diversas soluciones se han discutido y evaluado por comparación. Partiendo de esta base, señalaremos ahora unas cuantas características que deberán considerarse durante el desarrollo de un nuevo teléfono monedero. Se puede establecer sin temor a error que la adaptación de un teléfono monedero a diferentes sistemas de conmutación no impedirá la incorporación de estas características.

### Características del servicio

- Teléfono monedero para tráfico marcado por disco nacional e internacional a todo el mundo.
- Utilización de monedas de pequeño valor para distancias cortas y de mayor valor para las llamadas de larga distancia (relación mínima de 1:10).
- Recogida adecuada de monedas mediante utilización del método indirecto (de las monedas depositadas, se recogen aquéllas que sumadas entre sí dan el valor más próximo al coste de la llamada).
- Devolución de las monedas no utilizadas.
- Llamadas de emergencia sin depósito de monedas.

Fig. 11 - Componentes y su alimentación.

Componentes y alimentación	País																															
	Australia		Austria		Bélgica		Dinamarca		Finlandia		República Federal Alemana		Italia		Japón		Holanda		Noruega		España		Suecia		Suiza		Reino Unido		U.S.A.			
Tipo	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II				
Componentes para la recogida de monedas y proceso de información																																
— Relés	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
— Dispositivos semiconductores discretos (transistores)	X	X	X				X	X			X	X	X	X			X	X								X		X				
— Circuitos integrados	X		X								X	X	X	X					X	X								X				
Alimentación																																
— Desde la central a través de la línea de conexión		X		X	X	X	X	X	X	X			X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
— A partir del suministro de corriente alterna	X		X								X	X			X	X																
En ambos casos																																
• Directa	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X				X	X	X				
• A través de una batería en el teléfono monedero		X					X								X		X								X							

## Elementos de control y facilidades de indicación

- Además del microteléfono, tecla, ranura de monedas, recinto de recuperación de monedas y dispositivo de marcado (preferiblemente de teclado), solamente un elemento más de control para la utilización del valor disponible, es decir, parte restante de una moneda utilizada solo parcialmente para una llamada adicional.
- Preferiblemente, petición visual de pago (para el establecimiento de la llamada y durante la conversación).
- Si es económicamente posible, indicación del valor disponible (cantidad utilizable para la llamada).
- Disposición de todos los elementos de control a la altura y posición más adecuadas para el usuario.

## Procedimiento de operación

- Secuencia de operación sencilla para todos los tipos de llamada.
- Instrucciones de funcionamiento fáciles de entender explicadas mediante dibujos.

## Conexión del equipo

- Conexión a la central como un abonado normal, es decir, sin facilidades adicionales en la central.

Un nuevo teléfono monedero diseñado de acuerdo con este concepto y empleando tecnología moderna representará una solución satisfactoria tanto para el usuario como para la administración.

## Referencias

- [1] A. A. Rendle: An STD Coin Telephone. The Telecommunication Journal of Australia, Febrero 1968, págs. 40—45.
- [2] Bell Telephone Manufacturing Company S. A.: ITT Paystation.
- [3] P. V. Arlev: Electronic Three-Coin Telephone Station Teletechnik, Vol. X, 1966, No. 2.
- [4] Telefon Fabrik Automatic A. S.: Transistorized Coin Box System.
- [5] N. K. L. Bech, C. Jacobsen y otros: Multi-Coin-Box Call Office in Denmark. Teletechnik, 1960, 1, págs. 1—13.

- [6] Teletek Inc.: The Teletek Paystation.
- [7] F. Monier: La rue sans fil. L'Express, 20 Diciembre, 1970, pág. 116.
- [8] H. Fischer y C. Luebkert: Die öffentlichen Münzfernsprecher der Deutschen Bundespost. Zeitschrift für das Post- und Fernmeldewesen 21, 1968, págs. 831—837.
- [9] C. Luebkert, R. Schlund y H. Steinbach: Der Fernwahlmünzfernsprecher 57 — ein Münzfernsprecher für die Wahl im Inland und in das europäische Ausland; será publicada en: Fernmeldepraxis, 1973.
- [10] G. Zeidler: Existing Coin Telephones — Survey, Analysis, Appraisal 5th International Symposium on Human Factors in Telecommunications, Londres, 1970, documento 4.2.
- [11] H. Oden: Münzfernsprecher für den Auslandsverkehr. Der Ingenieur der Deutschen Bundespost 21, 1972, 5, págs. 160—166.
- [12] H. Rjosk y G. Zimmermann: Münzfernsprecher für Orts- und Fernwahlverkehr. Siemens-Zeitschrift 38, 1964, No. 11, págs. 831—835.
- [13] H. Miura y S. Sakai: Development of No. 600 Booth Type Coin Telephone Set for Direct Distance Dialing. Review of Electrical Communications Laboratory, 18, 1970, Nos. 1—2, págs. 47—74.
- [14] Y. Kimura y R. Kuga: Improvements of Coin Telephone Japan Telecommunications Review, Octubre 1972, págs. 189—197.
- [15] Y. Kimura: Desk Type Coin Telephone for Subscriber Trunk Dialing. Japan Telecommunications Review, 1965, págs. 126—137.
- [16] N. Ouwehand: Een nieuw type munttelefoontoestel voor lokaal en interlokaal verkeer. Telegraf en Telefoon, Abril—Junio 1958, págs. 20—28.
- [17] N. Ouwehand: Munttelefoontoestel voor lokaal verkeer. Telegraf en Telefoon, Enero—Marzo 1965, págs. 1—8.
- [18] M. Meloni: Die neue automatische Telephonkassierstation AZ 1 für Zeitimpulszahlung. Bulletin Technique PTT, 1964, No. 3, págs. 136—143.
- [19] F. Puffer: Die automatische Telephonkassierstation AZ 1 für Zeitimpulszahlung. Hasler-Mitteilungen, No. 2—3, 1965, págs. 49—55.
- [20] A. Young y J. D. Collingwood: Design of the STD Call-Office Telephone. Associated Automation Ltd.: British Post Office.
- [21] A. E. Ruppel y G. Spiro: No Dime Needed. Bell Laboratories Record, Octubre, 1969, págs. 293—296.
- [22] R. R. Stokes: A Single-Slot Coin Telephone. Bell Laboratories Record, Enero, 1966, págs. 20—22.
- [23] J. A. Grandle: A New Test Line for Coin Telephones. Bell Laboratories Record, Mayo, 1972, págs. 151—154.
- [24] H. Oden y K. Kuhnle: Future Coin Telephones — Proposals Based on Human Factors Engineering, 5th International Symposium on Human Factors in Telecommunications, Londres (1970), documento 4.3.

Gerhard Zeidler nació en Breslaw, Alemania, en 1936. Estudió ingeniería de comunicaciones en el Instituto de Tecnología de Darmstadt, graduándose como Ingeniero Diplomado en 1961 y consiguiendo el grado de Doctor Ingeniero en 1964 con un trabajo sobre reconocimiento de caracteres.

El Dr. Zeidler se incorporó a SEL, Stuttgart, en 1965, donde actualmente es el jefe adjunto del departamento de investigación, desarrollo e ingeniería del Grupo de Productos de Telefonía.

El Dr. Zeidler es miembro del Nachrichtentechnische Gesellschaft en el VDE.

# Bloqueo continuo de agua en los cables de comunicación

En caso de que la cubierta de plástico de un cable de comunicación y control instalado en un medio húmedo sufra algún daño, puede entrar agua y llegar a considerable distancia bajo la cubierta produciendo una avería importante y degradando la calidad del servicio. Esto puede evitarse utilizando en los cables rellenos adecuados que bloquean el paso de agua.

S. G. FOORD

Standard Telecommunication Laboratories Limited, Harlow, Inglaterra

## Introducción

Un problema que presentan todos los tipos de cables de pares que trabajan en medios húmedos es la tendencia que tiene el agua a entrar por conexiones defectuosas u otros puntos de las cubiertas o los aislantes protectores en que haya alguna avería, y a diseminarse por los intersticios de los hilos en longitudes considerables. Esto se ha convertido en un problema grave en los cables de telecomunicación y control que emplean conductores aislados con plástico.

Las averías en los cables telefónicos con aislamiento de papel que se han venido utilizando durante muchos años se detectan fácilmente y con prontitud gracias a la enorme pérdida de resistencia de aislamiento que se produce entre los conductores en el punto de entrada del agua. En este caso, al dilatarse el papel con el agua que entra, se limita su migración a lo largo del cable.

En los últimos años se ha empleado cada vez más el aislamiento de plástico en los cables telefónicos para abonados y, como el agua no tiene apenas efecto directo sobre el plástico, puede penetrar rápidamente y de manera continua a lo largo del cable aunque la fuente de presión hidrostática sea relativamente pequeña. Esto ocurre sin cambio apreciable en la resistencia de aislamiento (a menos que el aislamiento de los conductores tenga algún defecto) pero el cable queda inutilizado debido al gran aumento de capacidad mutua que provoca la elevada permitividad dieléctrica del agua. Como consecuencia, aumentan el ruido eléctrico y la atenuación y pueden oxidarse los conductores en puntos donde el aislante esté agujereado [1]. Se presentan problemas parecidos en los cables de control agrupados colocados muy próximos en grandes instalaciones eléctricas tales como centrales de energía.

Un método general que se ha empleado en numerosos tipos de cables para impedir la migración longitudinal del agua consiste en rellenar todo espacio libre entre los hilos y bajo la cubierta con un material que no sea atacado por el agua y que no circule con facilidad a lo largo del cable si se le somete a una presión hidrostática. Este tipo de materiales se denominan compuestos de bloqueo de paso del agua o rellenos. Si el cable se compone de secciones empalmadas o unidades de alguna forma, puede llenarse también la cámara que aloja las uniones de las secciones con el mismo compuesto. Se han propuesto diversos materiales con este fin, desde espuma de plástico hasta líquidos viscosos. Los únicos que se han empleado ampliamente en la práctica son compuestos derivados del petrolato (vaselina) que cumplen las condiciones de algunas especificaciones para cables con relleno, pero no todas. El

aumento constante de la aplicación del bloqueo del paso de agua y de la rigurosidad de las condiciones de trabajo ha revelado la existencia de limitaciones significativas en muchos compuestos utilizados en la actualidad. Este artículo define y especifica las propiedades que se exigen a un material ideal para el bloqueo del agua en los cables, especialmente en los cables telefónicos para abonados con aislamiento de plástico, y pasa revista a las características de ciertos materiales que han sido propuestos en relación con esta especificación.

Las condiciones pueden cumplirse actualmente con un único compuesto de bloqueo de agua como el desarrollado recientemente por Standard Telecommunication Laboratories Limited (STL), centro de investigación de ITT en Gran Bretaña.

## Diseño y construcción de los cables

Conviene primero considerar el diseño básico de un cable típico y el procedimiento de fabricación.

La figura 1 muestra la sección transversal de dos cables telefónicos de abonados de pares múltiples. Los conductores individuales de cobre o aluminio se aíslan primero con un plástico tal como el polietileno mediante un tratamiento de extrusión a alta velocidad y se trenzan en pares o cuadretes que luego se cablean y enciñan conjuntamente para constituir unidades de pares múltiples, que pueden cablearse entre sí para formar conjuntos de mayor número de pares. Después de recubrirlos de otras cintas, pantallas y aislantes contra el vapor de agua, según se precise, el conjunto se reviste de una cubierta de polietileno extruido.

Este método básico de fabricación de cables sin relleno se varía para introducir el compuesto de relleno,

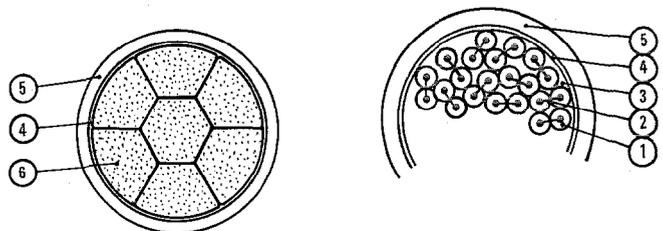


Fig. 1 Secciones transversales de los cables telefónicos para abonados con bloqueo de agua.

- a) cable de bajo número de pares    b) cable de alto número de pares
- 1 - conductor con aislamiento de polietileno
  - 2 - par indicado por la recta que une dos conductores
  - 3 - compuesto de relleno para bloqueo del agua
  - 4 - pantalla contra la humedad a base de polietileno y aluminio laminar
  - 5 - cubierta de polietileno
  - 6 - unidad de pares múltiples.

dependiendo el sistema de introducción de las propiedades físicas del material de relleno. En principio, puede aplicarse éste como revestimiento de los pares individuales antes de efectuar la operación de trenzado, o si se puede convertir fácilmente en un líquido fluido (p.e. por fusión), puede aplicarse después de acabar el trenzado mediante impregnación. Pueden utilizarse ambos métodos para los rellenos del tipo del petrolato, pero en la práctica se emplea generalmente un tercer método consistente en bombear el compuesto a los bloques portamatrices de la trenzadora a medida que se aplica cada capa de pares, facilitando así el relleno completo del cable.

La mayor parte de los materiales que se han propuesto son líquidos viscosos o grasas a las temperaturas de trabajo, pero también se han utilizado sólidos esponjosos, que se obtienen in situ a partir de reactivos químicos que se aplican para recubrir los pares antes del trenzado o por bombeo durante la operación de trenzado. Hace varios años se hicieron en Alemania pruebas de fabricación con sólidos esponjosos; se rellenaron los cables con poliuretano esponjoso, pero los resultados no fueron satisfactorios y se abandonó el sistema en favor del relleno con vaselina.

Una desventaja potencial del relleno continuo de cables es el aumento de capacidad entre conductores debido a que la constante dieléctrica del relleno es mayor que la del aire que desplaza. Generalmente, esto no tiene importancia en los cables de control que se instalan en longitudes relativamente cortas, pero es más importante en los cables telefónicos de abonados cuya longitud sobrepasa frecuentemente el kilómetro, y la atenuación de las señales se hace apreciable. Los cables sin rellenar se diseñaron en principio para cumplir con un límite máximo especificado de capacidad mutua, que se supera por tanto con el relleno. Puede reducirse la capacidad a su valor original disminuyendo la constante dieléctrica del aislante principal por espumación durante la extrusión o aumentando el espesor del aislante. En general, se utiliza el primer método para minimizar los costes de material y economizar espacio en los conductos enterrados, pero el segundo también tiene ciertas ventajas, empleándose ambos. El empleo de un relleno celular que contenga pequeñas burbujas gaseosas también reduce la capacidad, pero no en el mismo grado que un aislante celular. Naturalmente, puede obtenerse la máxima reducción posible de capacidad para un cable de capacidad dada cuando tanto el aislante como el relleno tienen una estructura celular.

### Especificación del material de relleno

Actualmente el procedimiento más aceptable de incorporar el relleno es bombeándolo en el cable en la fase de trenzado. Por eso es de gran importancia en el proceso de fabricación del cable la capacidad que tenga el compuesto para fluir bajo la aplicación de una presión. Sin embargo, el compuesto no debe fluir en ningún caso con el cable terminado en servicio si se le somete a un gradiente determinado de presión

hidrostática a lo largo del cable. Puede aparecer un gradiente de presión entre un punto defectuoso de la cubierta y el extremo abierto o una oquedad del cable si aquél está expuesto a sufrir presión de agua. También puede establecerse un gradiente en un tramo vertical del cable a causa del peso del compuesto de relleno, lo que puede originar su salida por un extremo abierto.

Estos requisitos aparentemente contradictorios pueden satisfacerse con un material que presente fluencia plástica, como puede verse en las curvas ideales de variación del grado de fluencia en función de la tensión aplicada que muestra la figura 2, donde:

$S_d$  es la tensión a la que no debe haber salida o desplazamiento del compuesto.

$S_0$  es la tensión a la que el compuesto empieza a fluir (límite de fluencia).

Las curvas 1, 2 y 3 representan características idealizadas de un compuesto apropiado a 3 temperaturas. Las curvas 1 y 3 corresponden a las temperaturas mínima y máxima de servicio del cable, y la curva 2 a la temperatura ambiente durante el trenzado. La curva 4 es la curva de fluencia del material a la temperatura más baja que permite bombearlo convenientemente. Por debajo de esta temperatura la viscosidad aparente, es decir el cociente del esfuerzo cortante aplicado entre la velocidad de deslizamiento, aumenta demasiado para obtener grados de fluencia apropiados a presiones de bombeo convenientes, pero es lo bastante baja para permitir doblar el cable terminado incluso a la temperatura de servicio más baja.

Pueden enumerarse ahora todos los requisitos técnicos del compuesto de relleno ideal. Los tres primeros se refieren a propiedades reológicas que satisface el compuesto a que corresponde la figura 2:

- No debe haber circulación longitudinal ni escape del compuesto sometido a presiones hidrostáticas

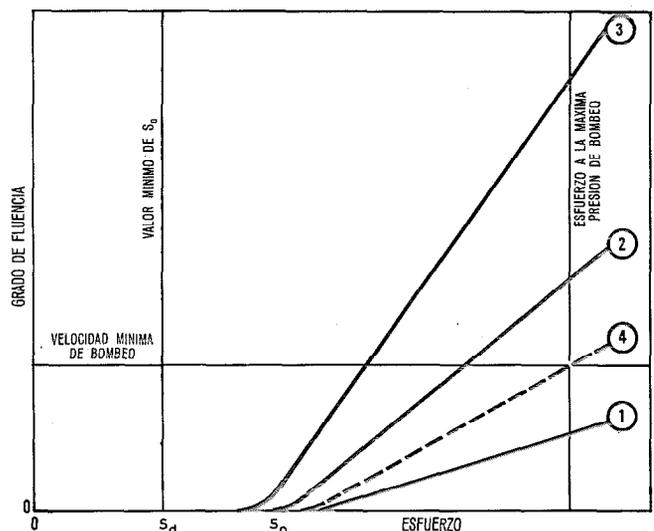


Fig. 2 Características de fluencia de un compuesto de relleno ideal para el bloqueo de agua en un cable a temperaturas diversas.

- Curva 1 - mínima temperatura de servicio del cable
- Curva 2 - temperatura ambiente durante el cableado
- Curva 3 - máxima temperatura de servicio del cable
- Curva 4 - temperatura mínima a que puede bombearse el compuesto convenientemente.

## Bloqueo del agua en cables

- moderadas en todo el margen de temperaturas de servicio ( $S_d < S_o$ ).
- El compuesto será preferiblemente bombeable sin necesidad de precalentamiento (no es un requisito esencial).
  - El compuesto debe ser elástico en todo el margen de temperaturas de servicio.
  - El compuesto debe ser inmisible con el agua.
  - El coeficiente de dilatación térmica debe ser lo menor posible en el margen de temperaturas de servicio del cable, a fin de evitar la formación de oquedades al enfriarse, que pueden proporcionar una vía de infiltración de agua, en especial entre los conductores trenzados y la cubierta exterior.
  - El compuesto no debe atacar los materiales de aislamiento y revestimiento hasta tal punto que disminuya apreciablemente su eficacia.
  - En estado de reposo el compuesto no debe separarse en fases independientes, si alguna de éstas no cumple las condiciones exigidas al compuesto original.
  - En el caso de cables de telecomunicación o de energía la conductividad eléctrica debe ser baja.
  - El compuesto no debe presentar riesgos tóxicos, y tendrá en cambio unas características de manipulación aceptables para el personal de fabricación e instalación; no debe ser, por tanto, demasiado pegajoso.
  - El compuesto debe tener una tensión de vapor aceptablemente baja para que sus propiedades no se deterioren significativamente durante un período de servicio razonable a causa de la evaporación a través de un revestimiento del cable permeable al vapor.
  - Para los cables de telecomunicación el compuesto debe tener una constante dieléctrica reducida.

### Compuestos de relleno propuestos

Se ha utilizado ampliamente el petrolato, que es una mezcla de ceras microcristalinas y aceites del petróleo, ya que presenta comportamiento plástico (fluye por encima de un límite de fluencia finito) como muestra la figura 3 (curvas 5, 6 y 7), que debe compararse con las características ideales de la figura 2. Las curvas 5, 6 y 7 corresponden a temperaturas bajas, medias y altas, respectivamente. La plasticidad se debe a la cera microcristalina, que, sin embargo, se funde o disuelve en el aceite a medida que la temperatura aumenta, dando lugar a un límite de fluencia más bajo y a una tendencia a escapar a altas temperaturas (véase la curva 7). Al enfriarse, se separa algo de cera obteniéndose al principio la característica satisfactoria de la curva 6, pero si continúa enfriándose se eleva más el límite de fluencia (curva 5), y la viscosidad aparente a las presiones normales de bombeo es demasiado grande para dar un grado de fluencia adecuado. Puede llegarse a este estado a temperaturas más altas de las normales de la fábrica, resultando necesario calentar el compuesto para bombearlo, lo que siempre es indeseable. Un mayor enfriamiento por debajo de la temperatura ambiente de la fábrica puede elevar

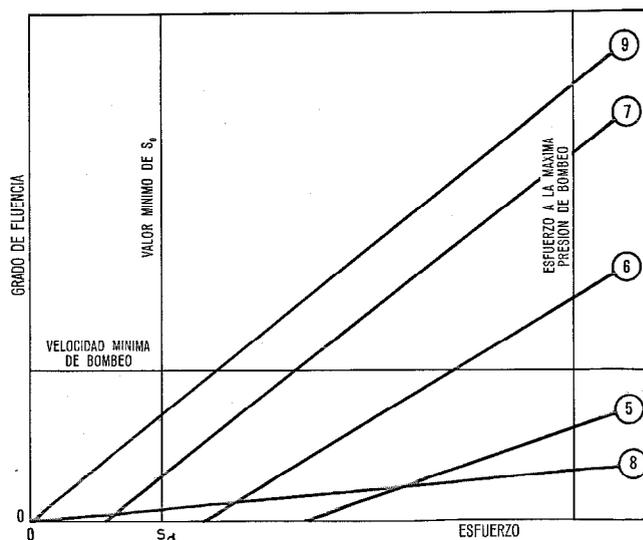


Fig. 3 Características de fluencia del petrolato y otros rellenos líquidos viscosos.

- Curva 5 - petrolato a temperaturas bajas
- Curva 6 - petrolato a temperaturas medias
- Curva 7 - petrolato a temperaturas altas
- Curva 8 - aceite de alta viscosidad a bajas temperaturas
- Curva 9 - Aceite de alta viscosidad a altas temperaturas.

tanto el límite de fluencia que disminuya la flexibilidad del cable. Variaciones en la composición de la mezcla básica permiten aumentar o reducir el margen de trabajo, pero no ampliarlo apreciablemente. Otra limitación de los compuestos que contienen ceras de petróleo es la gran reducción de volumen cuando se separa la cera de la solución al enfriar. Se ha observado una merma del 10 por ciento al enfriar una vaselina comercial de los 80 grados centígrados a la temperatura ambiente.

A pesar de estas limitaciones, el British Post Office ha utilizado con éxito el petrolato para un margen de temperaturas de trabajo determinado en su extremo superior por el punto de curvatura (relacionado con la temperatura de fusión) y en su extremo inferior por una prueba con penetrómetro (medida de la elasticidad), estando ambas pruebas normalizadas por el Instituto del Petróleo del Reino Unido. Otras administraciones telefónicas, sin embargo, exigen puntos de curvatura más altos sin sacrificar la elasticidad a bajas temperaturas, especialmente para aplicaciones en climas tropicales. También están apareciendo condiciones más rigurosas de temperatura en las especificaciones de cables de control para centrales eléctricas. Algunas clases comerciales normales de vaselina han resultado inadecuadas para este fin y se han desarrollado variedades de composición especial, que incluyen ingredientes de elevado punto de curvatura, con objeto de obtener una temperatura de fusión más alta. Se ha comercializado cierto número de productos de este tipo, que se emplean actualmente en la fabricación de cables en Europa.

En otro tipo de compuesto utilizado en Estados Unidos y Canadá se mejora la plasticidad del petrolato disolviendo polietileno en el material base caliente y enfriando para que el polietileno se separe de la

solución en forma de gel esponjado. También se ha usado polietileno de bajo peso molecular, consistencia similar a la grasa y parecidas características. Estos dos compuestos se convierten en fluidos a temperaturas elevadas debido a la licuefacción del polietileno, pero tienen puntos de curvatura todavía más altos que otras variedades del petrolato. Una posible desventaja del gel de petrolato y polietileno consiste en que, si se le somete a un esfuerzo tangencial, como puede ocurrir al bombear, es susceptible de perder plasticidad, es decir, que descienda apreciablemente el límite de fluencia. Se regenera la plasticidad si se vuelve a fundir y a enfriar el compuesto, pero la nueva temperatura de fusión es bastante alta y podría perjudicar al aislante, si se trabaja sobre un cable terminado.

Una solución diferente ha consistido en emplear aceites de gran viscosidad que, cuando se utilizan solos, presentan características de fluencia newtoniana del tipo que muestra la figura 3, en la curva 8 para bajas temperaturas y en la curva 9 para temperaturas elevadas. Además de la dificultad de bombeo, salvo a temperaturas altas, siempre aparece fluencia bajo la aplicación de un esfuerzo reducido constante, resultando unas características de escape insatisfactorias. Se ha propuesto la adición de un blanqueador (carbonato cálcico) a un aceite, pero si se emplea en proporciones reducidas que permitan aún bombear, la mezcla aumenta la viscosidad sin dar plasticidad y la fluencia sigue siendo esencialmente newtoniana, igual que en el aceite base.

En 1969 se informó del desarrollo experimental en América de un nuevo tipo de relleno. Este material estaba constituido por una dispersión de microesferas plásticas huecas en un medio viscoso tal como grasa polietilénica o polibuténica. Las microesferas tenían un diámetro de 30 micras y una constante dieléctrica de sólo 1,06, reduciendo apreciablemente la constante dieléctrica del compuesto con relación a la del medio. No se recomendó entonces el empleo prolongado de este compuesto por encima de los 60 grados centígrados debido a la acción mutua entre los ingredientes, que provocaba el aumento de la constante dieléctrica, pero un nuevo desarrollo reciente a base de otros materiales para las microesferas y el medio ha permitido obtener un producto mejorado que tiene una estabilidad adecuada a temperaturas elevadas, elasticidad a bajas temperaturas y buenas propiedades de bombeo. El alto coeficiente de dilatación térmica y la posibilidad de aplastamiento de las microesferas con una presión de bombeo

excesiva son posibles problemas, pero la resistencia mecánica del compuesto podría ser una ventaja para obtener un bloqueo verdaderamente estanco al agua.

Finalmente, en STL se ha desarrollado una nueva clase de materiales para bloqueo del agua que consiste en una mezcla que contiene una mayor proporción en peso de un líquido básicamente no volátil en el que se dispersa una proporción menor de un gel sólido que es insoluble en el líquido e infusible a cualquier temperatura de fabricación o trabajo. Estas últimas características compensan las desventajas antes mencionadas de las ceras del petróleo y, en menor grado, del polietileno, y permiten que las características de fluencia se adapten a las necesidades reológicas que muestra la figura 2. Este producto es una grasa que puede bombearse a temperatura ambiente, no se escapa de un trozo de cable vertical abierto por ambos extremos hasta por lo menos 100 grados centígrados, y cumple todas las condiciones técnicas enumeradas en el apartado anterior.

### Conclusiones

En los últimos años se ha adoptado ampliamente el sistema de bloqueo del paso de agua en los cables de muchos conductores y aislamiento de plástico mediante el relleno de los intersticios entre los conductores aislados con un compuesto flexible resistente al agua. En este artículo se han especificado cualitativamente las características técnicas de un compuesto ideal de relleno y se las ha comparado con las propiedades de los materiales que se han empleado o propuesto para este fin. Los compuestos que se utilizan actualmente son formas modificadas del petrolato que, cumpliendo casi todos los requisitos de fabricación y servicio de los cables, tienen ciertas limitaciones, principalmente en cuanto a su comportamiento reológico. Las características más importantes son:

- Características de fluencia al ser bombeados al cable durante la fabricación, siendo importante la posibilidad de bombeo a la temperatura de la fábrica.
- Resistencia a fluir a la temperatura máxima de trabajo del cable, determinada convenientemente por una prueba de escape del cable a 70 grados centígrados o por el punto de curvatura del compuesto.
- Elasticidad a la temperatura de servicio más baja, convenientemente determinada por una prueba de penetración a 0 grados centígrados.

Se hace una recapitulación de algunas de estas propiedades clave en las tablas 1 y 2, que incluyen 4 com-

Tabla 1 - Propiedades de los rellenos empleados para el bloqueo del agua.

Material	Temperatura de bombeo	Prueba de escape del cable a 70 grados centígrados	Elasticidad a bajas temperaturas	Dilatación térmica	Separación de aceite	Absorción por el polietileno	Constante dieléctrica	Aplicación tropical
A	fría	mediocre	buena	alta	alguna	admisible	baja	no
B	templada	marginal	moderada	alta	alguna	admisible	baja	no
C	caliente	buena	escasa	alta	ninguna	admisible	baja	si
D	caliente	buena	buena	media	ninguna	baja	baja	si
E	fría	buena	buena	media	—	—	muy baja	si
F	fría	buena	buena	baja	ninguna	baja	baja	si

## Bloqueo del agua en cables

Tabla 2 - Características básicas de los rellenos que se utilizan en el bloqueo del agua.

Relleno	Punto de goteo* (grados centígrados)	Penetración cónica** (a 0 grados centígrados)
A Petrolato	60	60
B Petrolato	75	30
C Petrolato y cera	80	10
D Petrolato/polietileno	100	15
E Con carga de microesferas (experimental)	> 100	125
F Compuesto de STL (experimental)	> 100	> 250

\* Punto de goteo Especificación IP 31/66  
\*\* Penetración cónica Especificación IP 179/65

puestos a base de petrolato utilizados normalmente (A a D) y dos productos recientes (E, F) que presentan ventajas potenciales. Se hace una evaluación cualitativa de 7 de los 11 requisitos técnicos enumerados anteriormente y para los que se observan diferencias. Todos los compuestos cumplen básicamente con los otros 4 requisitos, que son la inatacabilidad ante el

agua, la baja conductividad eléctrica, la no toxicidad y la baja tensión de vapor.

En estas tablas se ve que los compuestos E y F tienen ventajas potenciales frente a los materiales A a D actualmente empleados, y ofrecen la posibilidad de cumplir todas las condiciones de un compuesto ideal.

### Agradecimiento

Se agradece la importante contribución de los señores W. E. Simpson y P. I. A. Martin en el desarrollo de un compuesto de relleno perfeccionado.

### Referencia

[1] C. L. Cox, T. E. Tingley y H. A. Webster: Problems of Water in PIC Cable, Actas del 21 Simposio Internacional de Hilos y Cables, Atlantic City, 5 al 7 de diciembre de 1972, págs. 47-55.

Stanley G. Foord nació en Londres, Inglaterra, en 1910. Obtuvo el grado de BSc (Hons) en Química en 1930 y el de PhD en 1933, ambos por la Universidad de Londres. Después de trabajar 3 años en investigación como postgraduado en Cambridge, ingresó en Standard Telephones and Cables Limited, en North Woolwich, donde trabajó en el laboratorio de materiales. En 1946 pasó a Standard Telecommunication Laboratories, donde es ahora jefe del departamento de dieléctricos y conductores de la división de materiales. Ha intervenido en una gran variedad de proyectos de materiales y componentes electrónicos y se ha especializado en plásticos y materiales de cables.

# Empleo del aluminio en los cables de energía en Noruega

Las nuevas técnicas de empalme están permitiendo el empleo del aluminio en gran escala, con preferencia al cobre, como metal conductor en los cables de energía. El aluminio ha permitido el desarrollo de nuevos y mejores diseños de conductores. Se consiguen otras ventajas, además, utilizando cubiertas de aluminio en lugar de plomo, especialmente en los cables de alta tensión rellenos de aceite.

J. NORMANN JOHNSEN

Standard Telefon og Kabelfabrik A/S, Oslo, Noruega

## Introducción

Ya al principio de los años treinta se consideraba al aluminio como un prometedor sustituto del cobre y del plomo en los cables de energía. Sin embargo, el aluminio no adquirió importancia como conductor y como material de revestimiento para los cables de energía hasta la década de los años sesenta. Las razones de este cambio fueron:

- un aumento enorme del precio del cobre,
- el desarrollo de máquinas capaces de extruir directamente sobre el cable la cubierta de aluminio, al final de los años cincuenta.

Standard Telefon og Kabelfabrik A/S (STK), compañía noruega de ITT, fue una de las primeras compañías productoras de cables en tener una prensa de aluminio. Aunque al principio esta prensa estaba destinada a cables de comunicación, tuvo una gran repercusión en el desarrollo de cables de energía en STK.

El aluminio se utiliza ampliamente en la actualidad como metal conductor en todo tipo de cables de energía tanto enterrados como submarinos, para baja tensión o para los más altos voltajes. Se han introducido nuevos diseños de conductores, creados especialmente para el aluminio. Además, el aluminio ha reemplazado en gran parte al plomo como material de revestimiento en los cables de alta tensión rellenos de aceite, una vez descubiertos métodos apropiados de protección anticorrosiva y de instalación. En este aspecto, su menor densidad constituye una gran ventaja.

Estudios efectuados en STK han demostrado que las pérdidas del cable afectan considerablemente el dimensionado de éste y han dado lugar a una racionalización de los calibres de conductores empleados en los cables de energía hechos con aluminio.

## El aluminio como conductor

Hasta hace poco el cobre ha disfrutado de una posición dominante como material conductor para la transmisión de energía eléctrica, debido a su elevada conductividad eléctrica, su fácil trabajo y sus buenas propiedades mecánicas. Además, los cables que usan cobre son más sencillos de manejar en la instalación que los que utilizan casi todos los demás metales.

El precio del cobre solía ser moderado pero durante los últimos diez años ha crecido enormemente. Debido a las limitadas fuentes de suministro de cobre su precio ha variado considerablemente dentro de cortos intervalos de tiempo. Por consiguiente, los fabricantes de cables de todo el mundo han buscado otros metales utilizables como conductores para la transmisión de la

electricidad. El aluminio ha resultado ser el más prometedor sustituto del cobre, teniendo en cuenta especialmente que el precio de aquél ha permanecido virtualmente invariable en los últimos veinte años.

Se han estudiado otros metales, pero hasta ahora ninguno de ellos puede competir con el aluminio, si se tienen en cuenta todos los aspectos técnicos y económicos.

## Conductores de aluminio

En la tabla 1 se dan algunas propiedades importantes del cobre y del aluminio considerados como conductores.

Ya antes de la segunda guerra mundial, cuando aun eran razonables los precios del cobre, empezó a utilizarse el aluminio en líneas aéreas desnudas. Cuando se usan conductores desnudos, el coste de los materiales es predominante sobre los demás. La densidad del aluminio es alrededor del 30 % de la del cobre y la con-

Tabla 1 - Algunas propiedades físicas de metales conductores

	Aluminio	Cobre
Resistividad eléctrica ( $\Omega \text{ mm}^2/\text{km}$ ) a 20 °C	17,241*	28,264*
Coefficiente de resistividad (por grado centígrado)	0,00393	0,00403
Densidad ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	8,9	2,7
Resistencia a la tracción ( $\text{kp}/\text{mm}^2$ )		
Crudo	45	18
Recocido	24	8
Límite de elasticidad $\xi_{0,01}$ ( $\text{kp}/\text{mm}^2$ )		
Crudo	20	8
Recocido	4	1,5
Límite aparente de elasticidad $\xi_{0,2}$ ( $\text{kp}/\text{mm}^2$ )		
Crudo	40	3
Recocido	8	3
Alargamiento en la rotura $\delta_{250}$ (%)		
Crudo	1	2
Recocido	35	35
Módulo de elasticidad ( $\text{kp}/\text{mm}^2$ )	12.000	7.000
Conductibilidad térmica ( $\text{W}/\text{cm} \text{ } ^\circ\text{C}$ )	4,1	2,23
Capacidad térmica ( $\text{W}/\text{g} \text{ } ^\circ\text{C}$ )	0,39	1,0
Coefficiente de dilatación térmica (por grado centígrado) $\times 10^6$	16,5	23
Temperatura de fusión ( $^\circ\text{C}$ )	1.083	658

\* Se dan los valores establecidos de acuerdo con las especificaciones de la Publicación n° 141-1 del IEC para cables rellenos de aceite. Pueden encontrarse en publicaciones técnicas otros valores, dependiendo de las impurezas y el temple de los metales.

ductividad eléctrica, alrededor del 60 %. Para igual capacidad de corriente conducida y la misma caída de tensión, el precio por kilograma del aluminio puede llegar hasta el doble del precio del cobre, para que el material conductor tenga el mismo coste en ambos casos. Esta es la razón por la cual se veía al aluminio como un metal prometedor para líneas aéreas, ya en una etapa relativamente temprana de las técnicas de transmisión de energía eléctrica.

Sin embargo, en cuanto a conductores aislados se refiere, el aluminio presenta algunos inconvenientes en relación al cobre. Debido a la menor conductividad la sección transversal debe ser aproximadamente un 60 % mayor, lo que implica cables más voluminosos y, por tanto, también mayor consumo de otros materiales y mayores costes de fabricación. Además, la instalación era más difícil por no estar suficientemente desarrollada la técnica de realización de empalmes. El mayor coeficiente de dilatación térmica implica mayor movimiento del cable durante las variaciones de régimen de carga, lo que puede acarrear problemas en los terminales. En los cables destinados a las más altas tensiones la limpieza de los torones de aluminio después de la operación de estirado era más difícil que en el caso del cobre.

Durante varios años estas desventajas provocaron el retraimiento de los fabricantes en la utilización del aluminio, especialmente para los cables de las más altas tensiones. Sin embargo, los problemas tecnológicos relacionados con el empleo del aluminio como metal conductor en cables de energía aislados están superados y en Noruega se ha introducido hace varios años el aluminio como conductor en cables rellenos de aceite para las más altas tensiones.

Para las líneas aéreas pueden ser interesantes ciertas aleaciones de aluminio debido a sus mejores propiedades mecánicas. Sin embargo, para los cables aislados de alta tensión la conductividad tiene generalmente mayor importancia y como tanto la conductividad como el precio del aluminio puro son más ventajosos que los de las aleaciones la mejor solución es normalmente el aluminio puro.

Además del precio, el aluminio tiene también algunas ventajas técnicas en relación con el cobre. El peso del conductor no es más que el 50 % del de un conductor equivalente de cobre y la capacidad térmica de un conductor de aluminio es algo mayor que la del conductor de cobre equivalente, lo que mejora la capacidad en cortocircuito. Además, el cobre, como algunos otros metales, actúa como catalizador en relación con el envejecimiento de ciertos aislantes empleados en los cables, pero el aluminio no tiene este efecto perjudicial.

### Diseños de los conductores

Todos los diseños que se utilizan corrientemente para los conductores de cobre pueden aplicarse también a los de aluminio. Sin embargo, el empleo del aluminio ha inducido al desarrollo de nuevos diseños de conduc-

tores que prácticamente no pueden aplicarse al cobre a causa de su rigidez, incluso si está recocido.

### Conductores para cables de 3 núcleos

Para las líneas de hasta 150 kV de tensión pueden emplearse cables de 3 núcleos no circulares. Para las tensiones más altas se suelen utilizar los conductores redondos. Pueden estar constituidos por hilos redondos trenzados, como muestra la figura 1a, o por hilos perfilados, como en la figura 1b. También pueden constar de un solo conductor sólido, figura 1c, habiéndose empleado en este caso el aluminio para secciones de hasta 50 mm<sup>2</sup> y a veces incluso para conductores mayores. El límite superior del cobre es normalmente 25 mm<sup>2</sup>, lo que supone un diámetro de conductor demasiado pequeño para tener aplicación práctica en los cables rellenos de aceite.

Para las tensiones más bajas se emplean a menudo conductores de sección sectorial u oval. Pueden trenzarse y luego darles forma y prensarles mediante laminación; véase las figuras 1d y 1e. Comprimiendo y perfilando los conductores hasta darles la dimensión y la forma ideales (que varían para los diferentes tipos de cables y tensiones) pueden conseguirse ahorros considerables en otros materiales constituyentes del cable. Además se reduce notablemente el diámetro del cable, así como su peso. Los conductores de cobre obtenidos por este procedimiento deben recocerse después del tratamiento de compresión; de lo contrario el conductor queda muy rígido y resulta incómodo para la instalación. Sin embargo, este tipo de conductores de aluminio se utiliza normalmente sin necesidad de recocido después del proceso de compresión, ya que el recocido dejaría el conductor demasiado blando y,

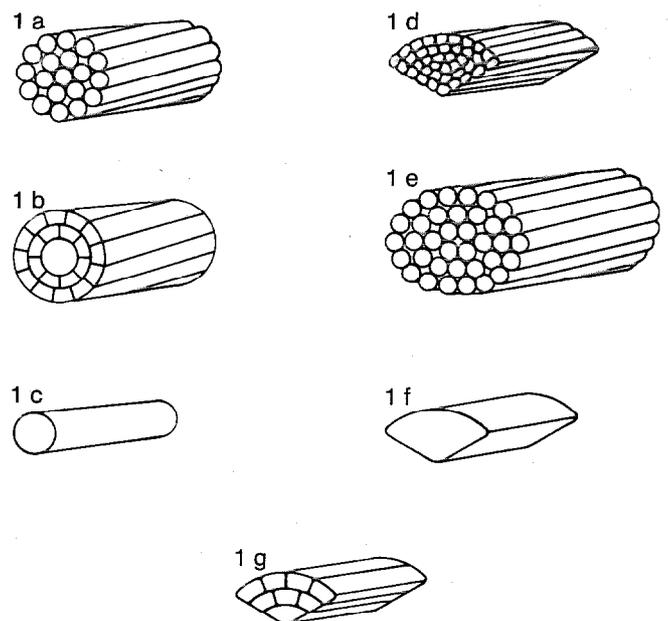


Fig. 1 Tipos de conductores para cables de 3 conductores.

- a) hilos redondos trenzados
- b) hilos perfilados trenzados
- c) hilo sólido único
- d) conductor de sección sectorial
- e) conductor de sección oval
- f) conductor sólido de sección sectorial
- g) conductor sectorial constituido por hilos perfilados.

por tanto, haría más dificultosas algunas de las fases de fabricación. Se han utilizado conductores sólidos de sección sectorial, como el de la figura 1f, para conductores de cobre de 35 a 50 mm<sup>2</sup>. Sin embargo, la introducción del aluminio ha aumentado considerablemente el límite superior de las dimensiones de los conductores sólidos de sección sectorial, y en algunos países se ha empleado para obtener secciones de hasta 300 mm<sup>2</sup>. La principal ventaja de este conductor, denominado conductor "Solidal", reside en su compacidad, que supone un ahorro adicional en otros materiales constitutivos del cable. No obstante, las secciones más grandes resultan muy rígidas, incluso con recocido.

Con objeto de mejorar la flexibilidad de los conductores de aluminio, manteniendo al tiempo un alto grado de compacidad, se ha desarrollado un nuevo tipo de conductor en STK. En la figura 1g se muestra este conductor, que está constituido por unos pocos hilos perfilados recocidos que se colocan paralelos al eje del conductor (sin trenzar). Se le conoce como conductor "Borge", que es el nombre de su inventor, y se ha empleado durante casi cinco años en Noruega con gran éxito. Presenta la ventaja de una mayor compacidad y mejor flexibilidad que el conductor sectorial de muchos hilos trenzados y comprimidos que muestra la figura 1d. En la actualidad se utiliza regularmente para conductores de hasta 240 mm<sup>2</sup>. El conductor fue aceptado en 1964 por la Comisión Electrotécnica Nacional Noruega.

### Conductores para cables monoconductores rellenos de aceite

La figura 2a muestra el tipo tradicional de conductor hueco para los cables monoconductores. Consiste en una o más capas de hilos de cobre (o de aluminio) trenzados sobre una espiral constituida por una banda de acero donde se apoyan los hilos y que forma el conducto para el aceite en el centro del conductor.

En la figura 2b puede verse un conductor de diseño más moderno. Se da a los hilos forma de clave de arco mediante laminado o trefilado con lo cual se sostienen por sí mismos, es decir que pueden trenzarse en forma de conductor hueco sin que precisen la espiral central de acero, que es relativamente cara. Este conductor tiene la ventaja de poseer un diámetro exterior considerablemente menor que el de un conductor tradicional de igual sección e igual diámetro del conductor central del aceite. Esto se debe en parte a la mayor compacidad del propio conductor y en parte a la ausencia de la espiral de acero.

Además, los conductores de hilos perfilados de este tipo presentan una superficie más uniforme que los de hilos redondos, disminuyendo así las presiones electrostáticas locales del conductor. Como éstas tienen gran influencia en la vida del aislante, los cables que se utilizan para las mayores tensiones, dichos conductores son también ventajosos desde este punto de vista con relación a los conductores de hilos redondos.

Una desventaja que presenta esta solución es que

resulta algo difícil fabricar los conductores de secciones más pequeñas, que constituyen tubos de pequeño espesor, de forma que tengan suficiente resistencia contra fuerzas mecánicas exteriores aplicadas radialmente. Como el conductor no posee sostén alguno interior, tendrá tendencia a aplastarse bajo la acción de esas fuerzas. Ciertamente puede utilizarse también en este caso una espiral interna de acero que sirva de soporte de los hilos, pero esto elevaría considerablemente el coste del conductor. Otra desventaja es que el proceso de fabricación exige operarios muy experimentados, atentos y seguros en el manejo de las máquinas para poder obtener un conductor con la debida precisión.

Con el propósito de superar estas desventajas, STK ha desarrollado un nuevo tipo de conductor apropiado para el empleo del aluminio. Este conductor, que se muestra en la figura 2c, consiste en un tubo con ranuras en su superficie, preferiblemente paralelas al eje del conductor. A fin de establecer una vía de comunicación del aceite que rellena el conducto central con el aislante, se hacen orificios a intervalos determinados a lo largo del conductor en el fondo de las ranuras. El objeto de las ranuras es simplificar la distribución del aceite en la superficie exterior del conductor a todo lo largo del cable. Sin estas ranuras el tubo conductor necesitaría muchos más orificios repartidos en toda la longitud del cable (véase la figura 2d), y aún así estos tendrían tendencia a obstruirse con el aislante. Además, la disposición de los orificios en el fondo de las ranuras simplifica su perforación. El conductor se obtiene en una prensa de aluminio con herramientas especiales y la perforación de los agujeros se hace en la misma operación. A fin de evitar la concentración de las fuerzas del campo eléctrico en los bordes de las ranuras, se recubre el conductor de papel carbón que se aplica durante el proceso de solape del aislante. El primer conductor comercial de este tipo se empleó en un cable de 300 kV con una sección de 185 mm<sup>2</sup>.

Este tipo de conductor está indicado para secciones de hasta 300 y 400 mm<sup>2</sup>. Para conductores mayores se trenza sobre este conductor de forma tubular una o más capas de hilos redondos o perfilados como se muestra en la figura 2e. El tubo, con las ranuras en su superficie exterior, proporciona entonces el conducto para el aceite, además de ser parte integrante del conductor. La experiencia demuestra también que se simplifica la operación de trenzado por constituir el tubo un excelente soporte para los hilos.

### Conductor Milliken

Con objeto de reducir las pérdidas adicionales del conductor debidas al efecto pelicular y a la inducción se introdujo el conductor Milliken. Se trata de un conductor redondo que consta de un conjunto de conductores perfilados trenzados con un ligero aislamiento entre ellos (véase la figura 2f). Los segmentos se cablean con un paso relativamente pequeño, reduciéndose de esta forma considerablemente la suma de las corrientes

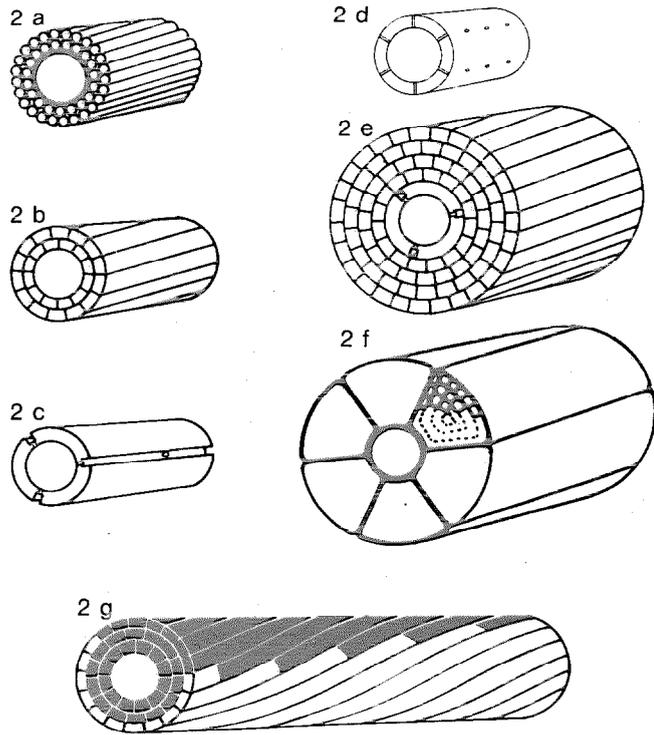


Fig. 2 Tipos de conductores para cables de un solo conductor rellenos de aceite.

- a) hilos conductores trenzados sobre una banda de acero en espiral.
- b) hilos conductores perfilados autosoportados
- c) conductor sólido tubular con ranuras para el aceite
- d) conductor sólido tubular sin ranuras para el aceite
- e) conductores perfilados trenzados sobre un conductor tubular sólido con ranuras para el aceite
- f) conductor Milliken
- g) conductores de aluminio y cobre con empalmes espaciados.

inducidas en cada hilo, presuponiendo que los hilos están aislados entre sí. Sin embargo, se ha comprobado experimentalmente que para el cobre el efecto pelicular se reduce mucho menos de lo que se esperaba con este diseño. Esto es debido, probablemente, al hecho de que una parte de las corrientes inducidas puede pasar de un hilo a otro, pues el aislamiento entre hilos tiene poco espesor en un cable impregnado. Sin embargo, con el aluminio se suprime el efecto pelicular en mucho mayor grado, a causa de la acción aislante de la película de óxido que cubre los hilos.

El conductor Milliken se ha empleado profusamente en varios países para conductores de cobre de 800 a 1.000 mm<sup>2</sup> y más. No obstante, como este conductor tiene un factor de relleno bajo y es más complicado de fabricar cuando el metal conductor es el aluminio, resulta más económico utilizar conductores trenzados concéntricos, como se ve en la figura 2e, hasta por lo menos 2.000 mm<sup>2</sup>.

#### Conductor de aluminio y cobre

Recientemente se han desarrollado en STK un conductor constituido en parte por aluminio y en parte por cobre, y su correspondiente proceso de fabricación.

Los cables de energía se diseñan normalmente de forma que se mantengan invariables las pérdidas a lo largo del cable, para corriente y tensión constantes.

Sin embargo, hay dos factores que pueden dar lugar a una temperatura del núcleo más alta de lo deseable si no se toman medidas para compensar las pérdidas.

En primer lugar, las características de disipación de calor del medio ambiente pueden variar considerablemente a lo largo del tendido del cable, provocando un aumento en su temperatura en los puntos donde la disipación de calor es escasa. Ejemplo típico es un cable submarino para el que la disipación de calor en el mar es generalmente mucho mejor que en los extremos de costa, donde el cable va normalmente enterrado en el suelo. En el dimensionado de un conductor para un cable submarino los extremos de costa son críticos y, por consiguiente, el cable trabaja en el mar a una temperatura mucho menor de la máxima permisible por no estar cargada esta parte del cable a plena capacidad de corriente, a causa del efecto producido en los extremos de costa. En otras palabras, el cable está sobredimensionado en su parte bajo el mar y, como ésta es normalmente muchísimo más larga que los extremos de costa, la utilización del metal conductor en este cable es muy pobre y antieconómica. Desde luego, puede conseguirse una mejor utilización del metal conductor empleando en el mar una sección menor que la de los extremos de tierra y uniendo los tramos de cable mediante empalmes que tienen que colocarse en el mar. Sin embargo, el uso de estos empalmes es generalmente poco deseable.

En segundo lugar, la disipación de calor en los empalmes es normalmente menor que en el propio cable debido a que en aquéllos, el aislante tiene mayor espesor. Por tanto, el conductor se calentará más en el empalme que en el resto del cable, pudiendo ser la temperatura del primero entre 10 y 20 °C más alta que en el propio cable. En consecuencia, al introducir "puntos calientes" en el cable, los empalmes son los factores limitadores en el dimensionado del mismo. Normalmente se considera que la temperatura máxima permisible del conductor en un cable relleno de aceite es de 85 °C. Con la calidad actual del papel y del aceite de impregnación, esta temperatura podría ser de 10 a 15 °C más alta si no fuera por los empalmes.

Sin embargo, a fin de eliminar estos inconvenientes, se ha aplicado una nueva solución en lo que respecta a los conductores de aluminio. La idea consistió en crear un conductor de aluminio con extremos de cobre de iguales sección y diámetro exterior que el conductor principal de aluminio. De esta forma, todas las fases sucesivas de fabricación, como el proceso de aislamiento, el forrado, etc., se realizan continuamente sin interrupción y con las mismas dimensiones en toda la longitud del cable.

El paso de cobre a aluminio, y viceversa, se consigue empalmando los hilos de cobre y los de aluminio de las mismas dimensiones mediante un método especial antes de cablear el conductor. Con objeto de evitar un cambio brusco en la rigidez del conductor, estos empalmes se espacian a lo largo del mismo a intervalos determinados (véase la figura 2g).

En los cables submarinos es importante asegurarse de que la parte del cable que lleva esos empalmes se

tienda dentro del agua. Entonces los tramos de cable enterrados en tierra firme tendrán conductores de cobre, mientras que los del mar los tendrán de aluminio. De esta forma se aumenta la capacidad de corriente de los cables submarinos con conductores de aluminio hasta un 25 %, dependiendo del tipo de cable, condiciones del tendido, etc.

Los cables enterrados con conductores de aluminio y extremos de cobre tendrán también mayor capacidad de carga, aunque no en igual grado que en el caso de los cables submarinos. Por otra parte, se reduce la temperatura máxima del empalme, lo que se considera también ventajoso, ya que la calidad específica del aislamiento de un empalme no será nunca tan buena como la del aislamiento del mismo cable. En la figura 3 se representan las curvas de temperatura de un enlace de un cable con conductores de aluminio, con y sin los extremos de cobre. Otra ventaja es que es más fácil empalmar cobre con cobre que aluminio con aluminio. También debe mencionarse que con empalmes de este tipo disminuirá el desplazamiento debido a las variaciones de carga, en parte debido al menor coeficiente de dilatación térmica del cobre con respecto al aluminio y en parte por la menor temperatura máxima del empalme.

### Cubiertas de aluminio

Desde un punto de vista puramente técnico, el aluminio sólo tiene unas pocas ventajas sobre el cobre en cuanto a sustituto suyo como metal conductor. Sin embargo, para cubiertas de cables las ventajas técnicas y económicas del aluminio frente al plomo son más importantes.

En la tabla 2 se indican algunas características físicas importantes de los metales empleados en cubiertas. Las que se dan para el aluminio son las obtenidas para cubiertas extruídas en una moderna prensa de aluminio, y con una pureza del 99,75 % aproximadamente.

Debido a que sus propiedades mecánicas son mucho mejores, puede reducirse considerablemente el espesor

Tabla 2 - Algunas propiedades físicas de metales para cubiertas

	Aluminio	Plomo	Aleación de plomo F-3
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	2,7	11,4	11,4
Resistencia a la tracción (kp/mm <sup>2</sup> )	8	1,8	2,2
Alargamiento en la rotura $\delta_{250}$ (%)	35	40	30
Dureza (escala de Vickers)	22	5	8
Límite elástico $\xi_{0,01}$ (kp/mm <sup>2</sup> )	4	0,7	1,0
Límite aparente de elasticidad $\xi_{0,2}$ (kp/mm <sup>2</sup> )	5,5	1,0	1,3
Ciclos de flexión, para un esfuerzo del 0,35 %, valores relativos	1.000	100	150
Vibraciones, para un esfuerzo del 0,2 %, valores relativos	1.000	100	200
Coefficiente de dilatación lineal (por grado centígrado) $\times 10^6$	23	27	27
Conductibilidad térmica (W/cm °C)	2,23	0,352	0,352
Capacidad térmica (W/g °C)	1,0	0,13	0,13
Resistividad ( $\Omega$ mm <sup>2</sup> /km)	28,4	210	220
Coefficiente de resistividad (por grado centígrado)	0,0040	0,0037	0,0037
Temperatura de fusión, °C	658	327	327

de la cubierta de aluminio con respecto a la de plomo para el mismo núcleo conductor del cable. Y, como la densidad del aluminio es menos de la cuarta parte de la densidad del plomo, el peso por metro de un cable forrado de aluminio disminuye considerablemente. Esta ventaja es aún más acusada cuando se utilizan conductores también de aluminio. Como ejemplo puede mencionarse que el peso de un cable para 300 kV con conductor y cubierta de aluminio es menos del 60 % del de un cable equivalente con conductor de cobre y cubierta de aleación de plomo reforzado. Esto constituye una gran ventaja para el manejo del cable durante la fabricación, el transporte y la instalación.

Como es bien sabido, la buena conductividad eléctrica del aluminio permite utilizar la cubierta de aluminio como cuarto conductor en las redes de baja tensión con neutro a tierra. También puede emplearse la cubierta de aluminio como parte del sistema de conexión a tierra en las redes de alta tensión.

Una desventaja del aluminio con respecto al plomo como material de recubrimiento es su rigidez. Esto puede subsanarse utilizando una cubierta corrugada, empleándose en la actualidad esta solución en prácticamente todos los cables para las tensiones más altas, a fin de evitar que las dimensiones de las bobinas y los radios de curvatura sean excesivos. Gracias a esta corrugación los cables con cubierta de aluminio pueden doblarse con el mismo radio que los cables con cubierta de plomo de iguales dimensiones. En la figura 4 puede verse un cable para 400 kV con cubierta de aluminio corrugada y conductor de aluminio de 2.000 mm<sup>2</sup>.

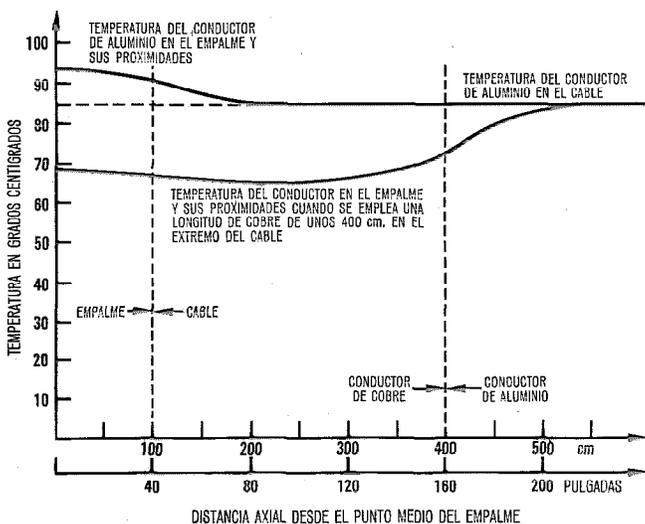


Fig. 3 Distribución de temperatura en un empalme de un cable con conductor de aluminio con y sin extremos de cobre.

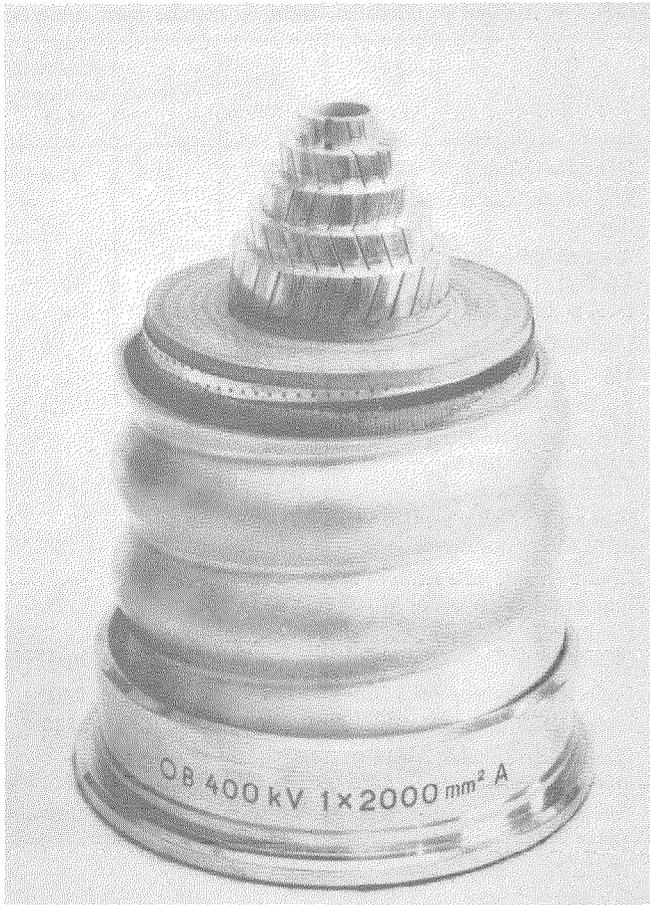


Fig. 4 Cable de 400 kilovoltios con conductor de aluminio de 2.000 mm<sup>2</sup> y cubierta de aluminio corrugado.

### Corrosión de las cubiertas de aluminio

El aluminio presenta en general una buena resistencia a la corrosión, debido a la película de óxido que se forma con gran rapidez sobre su superficie cuando se le expone al aire. Sin embargo, si se destruye esa capa de óxido de tal forma que no pueda volver a formarse otra nueva, el metal se corroerá. Esto puede ocurrir incluso en un medio ambiente donde, en condiciones normales, el aluminio presenta una buena resistencia a la corrosión.

En medios húmedos, como el suelo, el agua del mar, etc., la corrosión es generalmente de carácter electroquímico, ya sea electrolítico o galvánico. La corrosión electrolítica puede deberse a corrientes dispersas en el suelo, por ejemplo originadas por una vía férrea de corriente continua que esté próxima. Es más importante, sin embargo, la corrosión galvánica. Se forma una célula galvánica cuando se introducen dos metales diferentes en un electrolito. También puede originarse cuando los dos electrodos son del mismo metal si en las proximidades de éstos es diferente la concentración del electrolito. Puede incluso formarse una célula galvánica, siendo los electrodos del mismo metal y no habiendo diferencia de concentración del electrolito, si las temperaturas de los electrodos son diferentes.

Cuando hay corrosión galvánica del aluminio, ésta aparece normalmente bajo el aspecto de picaduras del metal debidas a la formación de células galvánicas locales. Sin embargo, se presentará corrosión uniforme si el aluminio se somete a la acción de un electrolito de pH menor de 3 ó mayor de 9. En estos electrolitos la película de óxido se disuelve y la corrosión del aluminio comienza inmediatamente. En la figura 5 se indica la solubilidad de la capa de óxido en función del pH del electrolito, pudiendo verse que el riesgo de corrosión uniforme de un cable enterrado no es normalmente muy grande, ya que el pH del suelo no suele sobrepasar límites peligrosos. También se ve que los electrolitos alcalinos son más peligrosos que los ácidos.

Así pues, puede verse, que el mayor peligro de corrosión procede generalmente de las células electro-líticas, que se forman de una u otra manera. Una vez ha comenzado la formación de picaduras, éstas se extienden por la cubierta en breve tiempo. Por consiguiente, es importante aplicar una buena capa protectora contra la corrosión a la cubierta de aluminio de los cables que vayan a instalarse en tierra. Actualmente suele utilizarse con este fin un revestimiento exterior de plástico duro extruido de cloruro de polivinilo o de polietileno. Se recomienda aplicar, además directamente sobre la cubierta de aluminio, una capa de algún compuesto viscoso, antidifusor, por ejemplo algún material bituminoso. Si se produjera un agujero en la cubierta de plástico, este compuesto evitará la corrosión y también impedirá que penetre el agua y se disemine a lo largo del cable entre las dos cubiertas. La figura 6 muestra un cable de 300 kV con forro de aluminio corrugado y una cubierta exterior de plástico extruido con fines anticorrosivos.

### Elaboración de las cubiertas de aluminio

Debido a la alta temperatura de fusión del aluminio con relación al plomo se invirtieron varios años en resolver los problemas tecnológicos relativos al diseño de una prensa de aluminio preparada para extruir la cubierta directamente sobre el cable de la misma forma que se hace para el forrado de plomo. Los problemas

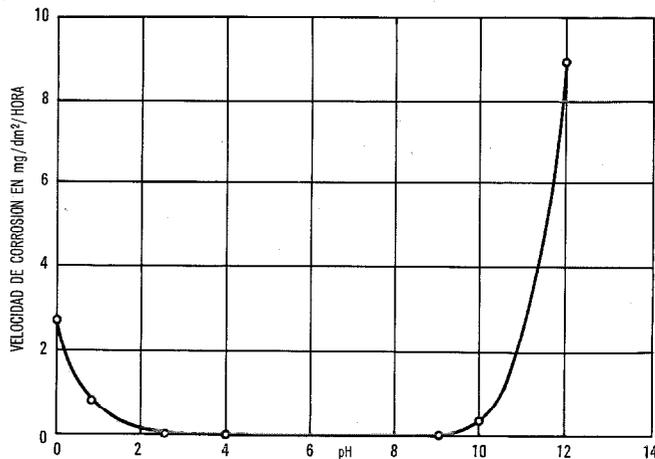


Fig. 5 Velocidad de corrosión de la película de óxido del aluminio en función del pH del electrolito.

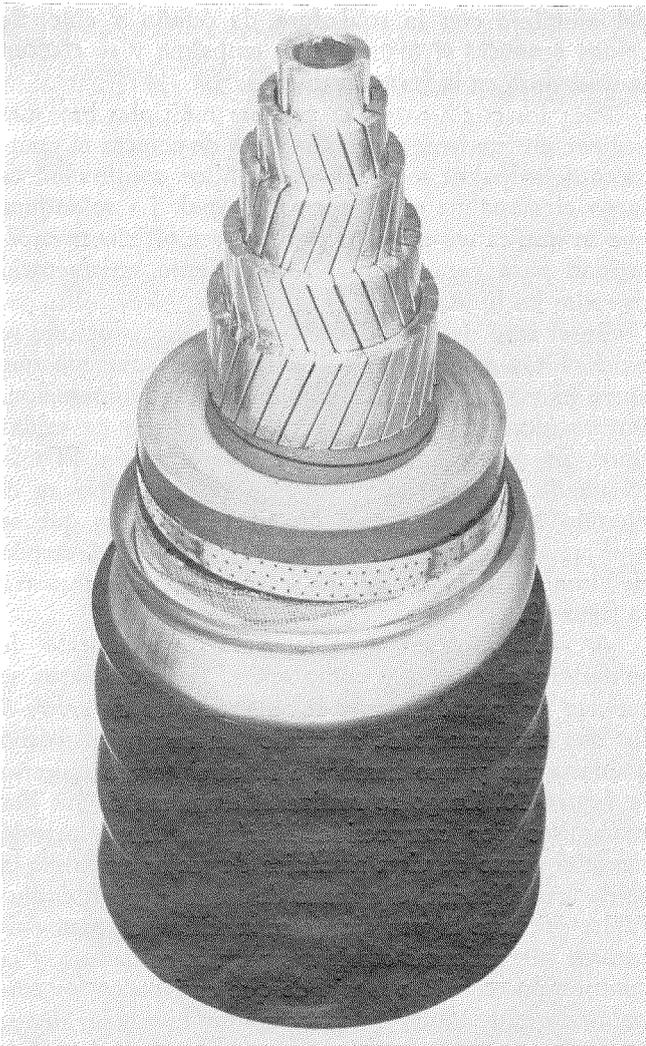


Fig. 6 Cable de 300 kilovoltios con cubierta de aluminio corrugado y revestimiento exterior anticorrosivo de plástico extruido.

se debían en parte a la escasez de conocimientos sobre los materiales a utilizar en la prensa, puesto que éstos deben soportar esfuerzos mecánicos extremadamente altos y a temperaturas elevadas. Sin embargo, también había problemas con el cable en sí, ya que los aislantes sólo pueden soportar temperaturas mucho más bajas que las que confieren al aluminio la adecuada plasticidad para la extrusión.

Entretanto se idearon otros dos procedimientos, que todavía se emplean en cierto grado. Uno de ellos consiste en fabricar un tubo de aluminio de mayor diámetro del necesario, introducir el cable después en el tubo y reducir éste al tamaño correcto. Es evidente que este método limita considerablemente la longitud. En el otro método se hace el tubo arrollando una banda de aluminio alrededor del cable en sentido longitudinal y haciendo pasar el cable con la banda a través de máquinas adecuadas constituidas por rodillos y matrices. Inmediatamente después de pasar la banda por estas máquinas se sueldan en forma continua sus bordes mediante soldadura eléctrica por resistencia a alta frecuencia con la protección de un gas inerte.

Ninguno de estos dos procedimientos puede em-

plearse si se utiliza el moderno método de "impregnación masiva" en la elaboración de cables rellenos de aceite. En este método se seca e impregna el cable antes de aplicar la cubierta metálica. Durante el proceso de revestimiento se introduce el cable en la prensa a través de un tubo hermético relleno de aceite desgasificado que se mantiene a cierta presión por encima de la atmósfera a fin de evitar que el aire contamine el aceite y el aislante del cable.

Es notable que se haya conseguido solucionar la mayor parte de los problemas tecnológicos relacionados con la extrusión continua de cubiertas de aluminio sobre cables aislados sólo unas pocas años después de haber introducido STK, antes que ninguna otra compañía, este procedimiento de impregnación para cables rellenos de aceite, al principio de la década de los cincuenta, tras varios años de desarrollo que culminaron en la explotación anticipada del método por parte de STK.

La refrigeración es especialmente importante. Las primeras prensas para forrado de aluminio, que aparecieron comercialmente al final de los años cincuenta, no podían usarse directamente con el método de impregnación masiva. El aluminio se extruye a una temperatura de unos 500 °C y, como se emplea un aceite muy fluido e inflamable para estos cables rellenos de aceite, hubo que introducir modificaciones en la prensa con el fin de evitar temperaturas demasiado altas que pudieran deteriorar el aceite.

La corrugación de la cubierta se hace en serie con la extrusión y es una misma operación.

En la figura 7 puede verse el equipo de corrugación en funcionamiento junto con la prensa de aluminio. La figura 8 muestra el arrollamiento de un cable de 400 kilovoltios en un tambor giratorio.

### Empalme de cables de alta tensión con conductores y cubiertas de aluminio

La conexión de conductores de aluminio es más difícil que la de conductores de cobre y exige mejores herramientas de empalme, así como empalmadores mejor instruidos y más eficaces.

Se emplean tres métodos principales para el empalme de conductores de aluminio en cables de energía:

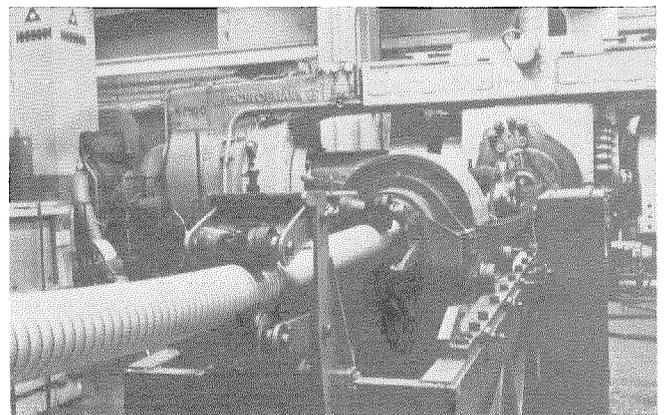


Fig. 7 Equipo de corrugación y prensa de aluminio.



Fig. 8 Arrollamiento de un cable de 400 kilovoltios en un tambor giratorio después de la corrugación de la cubierta.

- empalme por compresión,
- soldadura al estaño,
- soldadura eléctrica.

Aunque durante muchos años el empalme de conductores de cobre por compresión ha sido un método muy seguro, esta técnica no pudo utilizarse para el aluminio sin modificarla. El problema consiste en eliminar la película de óxido de la superficie del aluminio, que es muy dura y de gran resistencia, y conseguir en la misma operación una soldadura satisfactoria por presión en frío de los extremos de los dos conductores. Existen varios tipos de herramientas de compresión especialmente destinados al empalme del aluminio. Debido a su sencillez se emplea mucho este procedimiento para cables con aislamiento de papel impregnado de aceite y cables con aislamiento de plástico. Sin embargo, no parece ser muy seguro para conductores gruesos.

En el caso de la soldadura al estaño el problema sigue siendo la eliminación de la capa de óxido para conseguir resultados satisfactorios. En Noruega se emplean dos procedimientos que proporcionan buenos empalmes.

En el caso de conductores sólidos (o de muy pocos hilos) se calientan los extremos hasta 250 ó 300 grados centígrados. A estas temperaturas se debilita la película de óxido que se elimina fácilmente con una soldadura que contenga cinc. Los cristales de cinc actúan como pulidores y al mismo tiempo se metaliza la superficie

del aluminio con la soldadura de estaño y cinc. Se coloca entonces el manguito de empalme y se efectúa la soldadura en la forma ordinaria.

Para los conductores de torones múltiples hay que utilizar un fundente especial. Antes de colocar el manguito de empalme se metalizan los hilos, continuándose luego el empalme en la forma normal. La soldadura que se emplea en este caso debe poseer suficiente capilaridad para garantizar el revestimiento satisfactorio de todos los hilos.

En el caso de la soldadura eléctrica, el aluminio se oxidará rápidamente si no se impide al oxígeno que entre en contacto con el aluminio durante la operación. Por consiguiente, debe protegerse el punto de soldadura con un gas inerte, por ejemplo el argón. El más avanzado sistema de protección de este tipo es el método MIG (gas inerte metalizado), en el que se aplican automáticamente el gas argón y el electrodo de aluminio al punto que debe soldarse, como muestra la figura 9.

A veces se consigue el empalme por mezcla de soldadura al estaño y compresión. En estos casos se sueldan un par de manguitos enchufables de cobre a los dos conductores de aluminio (un manguito macho a una punta y uno hembra a la otra), como muestra la figura 10. Luego se realiza el empalme de los dos manguitos por compresión hidráulica. Aun cuando desde el punto de vista mecánico da mejor empalme la soldadura eléctrica, el método de los manguitos enchufables presenta la ventaja de su sencillez. Pueden emplearse herramientas corrientes para la soldadura y la compresión, con la ventaja de que casi todos los empalmadores de cables las conocen muy bien y las tienen normalmente a mano, lo que no ocurre con el equipo MIG, más complicado y caro.

### Tendido de cables con cubierta de aluminio

En la instalación de cables con cubierta de aluminio debe tenerse mucho cuidado de evitar que sufra daño alguno el revestimiento exterior anticorrosivo. En tiempo muy frío deben calentarse los cables antes de tenderlos. Si se tira del cable con un torno, el dispositivo de arrastre debe estar unido firmemente al

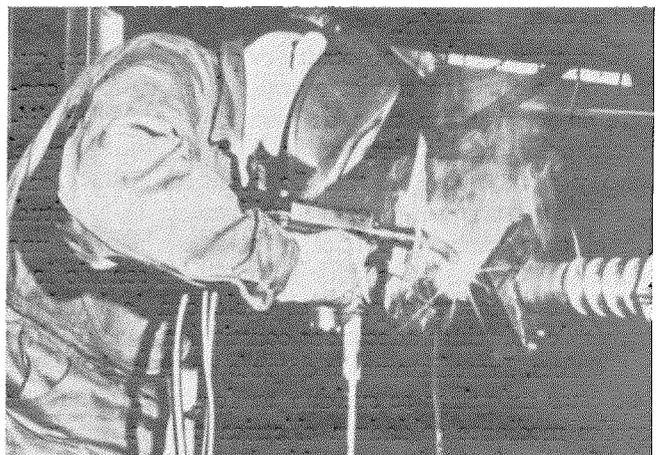


Fig. 9 Soldadura de aluminio por el procedimiento MIG.

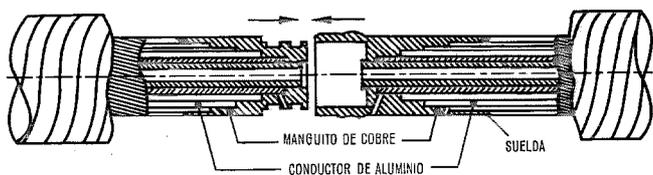


Fig. 10 Empalme de conductores de aluminio mediante manguitos enchufables de cobre soldados y compresión hidráulica.

conductor; de lo contrario, hay el peligro de que la cubierta de aluminio corrugado se estire sobre el núcleo como un fuelle. Se recomienda en general tender los cables gruesos de un conductor rellenos de aceite en forma de onda en la zanja para evitar que el cable se deslice longitudinalmente debido a la dilatación térmica del conductor, con el riesgo de que se acumule el desplazamiento en ciertos puntos indeseables, por ejemplo en empalmes o en los terminales. Este fenómeno puede ser más grave para los cables con conductores de aluminio que para los de conductores de cobre, ya que el aluminio tiene un mayor coeficiente de dilatación térmica.

No obstante, si se toman estas precauciones, los cables de aluminio/aluminio no son más difíciles de instalar que los de cobre/cobre. Además, por su menor peso su manipulación exige menos personal.

### Consideraciones económicas especiales

Al dimensionar una nueva instalación de cables hay que tener en cuenta el valor de las pérdidas. El coste de las pérdidas depende de varios factores. Sin embargo, pueden representarse estas pérdidas por un valor capitalizado, según el factor de carga de los cables. Este valor capitalizado puede considerarse parte de la inversión total. Una vez conocido, es fácil calcular las dimensiones óptimas del cable para una tensión y una capacidad de corriente determinadas. La inversión de un cable, incluida la instalación, crece casi linealmente con la sección del conductor, mientras que las pérdidas están aproximadamente en proporción inversa a dicha sección. Si se incluye el valor capitalizado de las pérdidas en el precio del cable (instalación incluida), la inversión total será normalmente mínima para una sección mayor que la sección mínima necesaria para una determinada capacidad de corriente. Cuanto mayor sea el valor capitalizado de las pérdidas mayor será la sección más económica. El significado de este hecho es más profundo de lo que normalmente se cree. En algunos casos el valor capitalizado de las pérdidas del cable es mayor que el precio del propio cable.

En la figura 11 se da un ejemplo en que aparecen los costes relativos del cable y las pérdidas en función de la sección del conductor para el caso particular de cables de tres conductores. El coste del cable más el valor capitalizado (coste) de las pérdidas viene representado por la curva "Coste total". Desde un punto de vista térmico sería suficiente una sección de 50 milímetros cuadrados. Sin embargo, en el gráfico se ve que es mucho más económico emplear un cable de conductor bastante más grueso. Mientras que el coste total

en el caso de un cable de 50 milímetros cuadrados es 1,0, en el que el cable en sí solo representa el 20% y las pérdidas el 80% de la inversión total, el coste total de un cable de 150 milímetros cuadrados, por ejemplo, es alrededor de 0,65. También se ve en el gráfico que la curva del coste total es relativamente plana en la zona del mínimo. Esta relación entre el coste y la sección es mucho más significativa en los cables de conductores de aluminio que en los de cobre, por el hecho de ser el aluminio mucho más económico que el cobre.

En Noruega estas consideraciones han constituido la base de una racionalización del número de secciones diferentes de los conductores de aluminio para cables enterrados. Desde un punto de vista económico no importa en ciertos casos si se emplea un conductor de 120, 120 ó 185 milímetros cuadrados. Por consiguiente, la serie de secciones de 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300 y 400 milímetros cuadrados, que era la normal en Noruega y en otros varios países europeos, se ha reducido a las siguientes dimensiones normalizadas, que han sido aceptadas por los organismos nacionales de electricidad de Noruega: 50, 95, 150, 240 y 400 milímetros cuadrados. Como esta última se usa sólo rara vez, la serie normal queda limitada prácticamente para los conductores de aluminio a 4 secciones, para este tipo de cables.

Las ventajas de esta racionalización son:

- Menor inventario de cables para el fabricante, el distribuidor, el instalador y el cliente.
- Menor plazo de entrega.
- Menos desperdicios.
- Menor variedad de equipo y herramientas de instalación.
- Se simplifica la cooperación entre los usuarios en lo que respecta a las reservas de cables comunes.

### Experiencia del servicio

Cables rellenos de aceite con conductores de aluminio

A finales de 1971, STK ha suministrado en Noruega un total de 114 instalaciones de estos cables con un

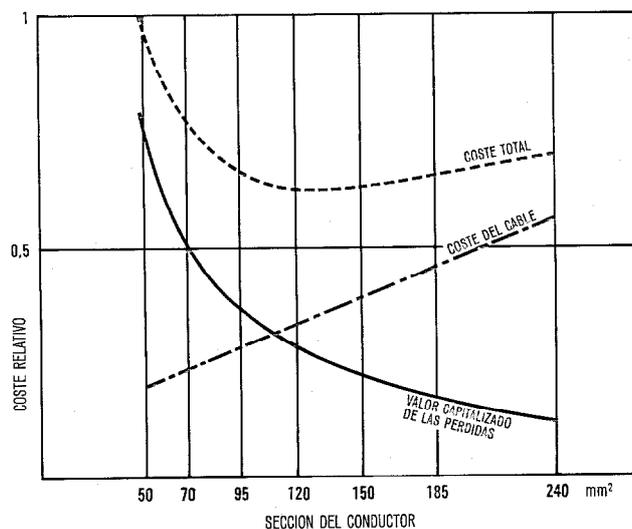


Fig. 11 Costes relativos de cables y valores capitalizados de las pérdidas en función de la sección del conductor.

## Aluminio en cables de energía

Tabla 3 - Cables rellenos de aceite con conductores de aluminio, hasta 1971

Tensión de línea (kilovoltios)	Número de instalaciones	Vida de servicio (kilómetros × años)
33	7	118,0
45	15	48,2
66	39	64,4
132	20	301,4
150	8	53,1
300	25	191,0
Total	114	776,1

servicio total (expresado en kilómetros × años) que se da en la tabla 3. Las instalaciones comprenden cables enterrados y submarinos.

Hasta ahora no se ha producido ninguna avería atribuible a los conductores de aluminio en ninguna de las instalaciones, ni en los cables ni en el equipo auxiliar.

### Cables rellenos de aceite con cubierta de aluminio

El primer cable comercial relleno de aceite y con cubierta de aluminio se diseñó para 150 kilovoltios, y se puso en servicio en 1963. Hasta fin de 1971 se ha instalado en Noruega un total de 102 instalaciones para tensiones de 33 a 300 kilovoltios, incluyendo cables de 3 conductores y de un solo conductor. Como muestra la tabla 4, representan un total de 715 kilómetros × años de servicio. Hasta ahora no se ha dado en ninguno de estos cables avería alguna atribuible al empleo de la cubierta de aluminio.

Tabla 4 - Cables rellenos de aceite con cubiertas de aluminio, hasta 1971

Tensión (kilovoltios)	Número de instalaciones	Vida de servicio (kilómetros × años)
33	12	287,0
45	14	80,8
66	59	275,9
132	7	24,7
150	4	16,7
300	6	29,5
Total	102	714,6

Los primeros cables comerciales de STK rellenos de aceite y con conductores y cubierta de aluminio para 400 kilovoltios se instalaron en 1972 en una central hidroeléctrica en plena montaña. Estos cables, de un solo conductor, se entregaron en bobinas para 900 metros sin empalmes y se instalaron con conexión eléctrica en un punto único aislando la cubierta de aluminio de tierra a fin de evitar las pérdidas por corrientes parásitas en la cubierta.

**J. Normann Johnsen** se graduó en electricidad por la Universidad Técnica de Noruega en 1942. Después de un corto período en el departamento de planificación eléctrica del Comité de Energía de Oslo ingresó en 1943 en el departamento de cables de energía de Standard Telefon og Kabelfabrik A/S, donde es ahora ingeniero jefe de diseño y desarrollo de cables de energía.

El Sr. Johnsen es miembro del comité nacional noruego del IEC y actualmente es presidente del Comité Técnico de cables de energía. También es miembro del Comité de Estudio n° 21 del CIGRE para cables de energía.

# Receptor de comunicaciones de la serie CR 300 en la banda de 10 kHz a 30 MHz (BLU/BLI, BF/MF/AF)

CR 300 es una familia de receptores de comunicaciones de alta frecuencia desarrollados y fabricados por Standard Radio & Telefon AB, Suecia. Los receptores están diseñados para cumplir requisitos profesionales, militares y civiles, para comunicaciones de alta calidad y seguridad.

K. G. BERG  
R. G. JONSSON  
Standard Radio & Telefon AB, Estocolmo, Suecia

## Resumen histórico

Desde 1940 Standard Radio & Telefon AB (SRT), asociada sueca de ITT, ha estado presente en las comunicaciones por alta frecuencia (AF) produciendo transmisores y receptores principalmente para los mercados de la defensa nacional, la marina y la administración PTT. En 1960 comenzó el desarrollo de una familia completa de nuevos equipos de AF para el ejército sueco; esta familia incluía todas las novedades técnicas conocidas en esa época, tales como generación sintetizada de frecuencia, modulación BLU, transmisores y receptores autosintonizados y control remoto. En 1969 se decidió desarrollar una nueva familia de equipos de AF adaptada a satisfacer las exigencias de un mercado más amplio, tanto militar como civil. El primer resultado de este desarrollo, un prototipo del receptor CR 302, fué presentado a las Fuerzas Aéreas suecas en febrero de 1970. En competición con otros receptores evaluados por la Fuerza Aérea, se recibió en el mismo año, una orden para una primera serie.

## Introducción

La moderna tecnología y particularmente la técnica de estado sólido ha permitido a las comunicaciones por AF mantener un papel importante en la comunicación de larga distancia. A pesar de la perfeccionada regularidad en las comunicaciones de largo alcance vía satélite, la técnica de AF retendrá durante largo tiempo su posición como la más económica y más flexible solución para muchas aplicaciones.

Los progresos realizados en las últimas décadas en el diseño de equipos de comunicaciones de AF, no sólo ha aumentado la fiabilidad y reducido el tamaño de los equipos, sino que también han contribuido a una comunicación más fiable y directa con una menor supervisión del operador y un funcionamiento más simplificado. La técnica de sintetización de frecuencia permite el mismo tipo de comunicación canalizada que en las bandas de VHF y UHF sin sacrificar la flexibilidad. Además, de esta forma se logra también la alta estabilidad de frecuencia necesaria para la modulación de banda lateral independiente (BLI) y modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK) de banda estrecha.

Además de la fiabilidad y calidad mejoradas los modernos receptores como el CR 302, se caracterizan también por el funcionamiento con "pulsador" y control remoto o posibilidades de conmutación automática para todas las funciones.

Ya en la última parte de los años 1950 se hizo pa-

tente la ventaja de utilizar conversión a una primera FI de frecuencia muy elevada ya que podía omitirse la engorrosa y costosa selectividad del circuito de entrada. El primer receptor de AF que utilizaba esta técnica se diseñó en SRT en 1961.

Estudios teóricos y pruebas sobre los circuitos de conversión mostraron que la FI tenía que ser más elevada que, al menos, el tercero y preferiblemente el quinto armónico de la frecuencia de entrada. Se eligió la frecuencia de 140 MHz como un buen compromiso. En el receptor CR 302 se ha elegido la misma FI para satisfacer la especificación de una elevada supresión de espúrios.

Con objeto de lograr una buena caracterización de intermodulación de tercer orden, la ganancia del receptor, hasta la selectividad final de FI, es casi cero. Un filtro altamente selectivo en la primera FI haría más fácil obtener una buena característica de intermodulación, pero debido a que no se dispone de filtros de cristal a esta frecuencia con atenuación suficiente para una separación de 10 kHz, es necesario utilizar otras soluciones.

La selectividad de dos señales especificada para el receptor la consideramos más importante para la calidad que los productos de intermodulación, ya que normalmente sólo está presente una señal interferente fuerte.

En un receptor sintetizado este valor está fundamentalmente determinado por el ruido generado en el oscilador local, de manera que continuamente estamos forzando el avance de esta técnica hacia una disminución de la anchura de banda del ruido en los osciladores de sincronización de fase.

Otro problema difícil en el diseño de un receptor integrado con un sintetizador es el de reducir al mínimo la oscilación espúria generada interiormente que, de otra manera, podría degradar la calidad del receptor.

Una buena planificación de la frecuencia, un diseño cuidadoso del circuito y un apantallamiento individual de las subunidades han reducido todas las señales espurias internas por debajo de  $0,2 \mu V$ .

El diseño de un receptor encuentra varios obstáculos en su camino ya que han de satisfacerse diversos compromisos con objeto de lograr la mejor calidad del conjunto y cumplir diferentes demandas de los diversos usuarios. La evaluación de un receptor es también muy difícil ya que la especificación de los méritos no es uniforme en todo el mundo. Cuando se comparan los datos dados para diferentes receptores, es impor-

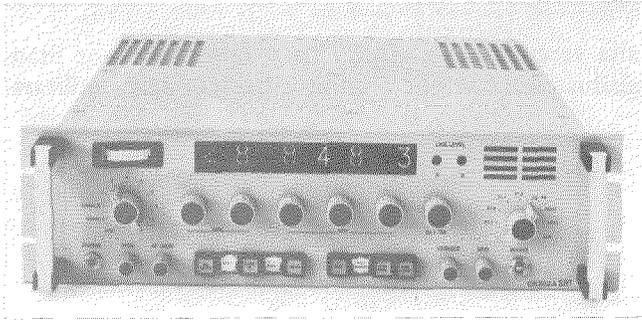


Fig. 1 Receptor CR 302 A.

tante tener en cuenta la manera en que han sido medidos esos datos.

### Requisitos de funcionamiento

La aplicación de un receptor de comunicaciones moderno puede, en general, asociarse con uno de los siguientes servicios:

- Fijo de punto a punto
- Estación fija
- Móvil
- Emergencia
- Estación de barco.

En la figura 2 se resumen algunos de los diferentes requisitos más importantes para estos servicios.

Los nuevos patrones de calidad establecidos por la adopción de BLU para la comunicación telefónica y de datos, juntamente con nuevos conceptos tales como control remoto, conmutación rápida y control por ordenador han hecho cada vez más difícil la realización del tradicional receptor "para uso general". Sin embargo, es deseable, tanto para el usuario como para el fabricante, limitar el número de receptores especializados, lo que desviará los grandes volúmenes de ventas hacia receptores más caros, capaces de cumplir todas las demandas mencionadas anteriormente.

### El receptor CR 302 A

El CR 302 A es un receptor de BLI, totalmente de estado sólido, que cubre el margen de 10 kHz a 30 MHz. El receptor está diseñado para satisfacer requisitos profesionales civiles y militares para comunica-

ciones telefónicas y de datos y puede funcionar con una entrada de control independiente DCB (decimal codificado en binarios), lo que permite control remoto y, de esta forma, la incorporación en los sistemas modernos de comunicaciones automáticas.

En la figura 3 se muestra un diagrama de bloques del receptor CR 302 A.

### Circuito de entrada del receptor

En los modernos receptores que utilizan conversión de frecuencia superior, la necesaria eliminación de la frecuencia imagen e intermedia se obtiene mediante filtros paso bajo. Todavía se requiere una cierta selectividad en el circuito de entrada como protección contra subarmónicos e intermodulación de segundo orden en la entrada. Una selectividad suficiente para este objeto se obtiene mediante filtros de suboctava de sintonía fija. En el CR 302 A se emplean 10 filtros de suboctava.

Estos filtros pueden conmutarse mediante relés de varilla, con lo que se obtiene un corto tiempo de sintonía del receptor.

Desgraciadamente los filtros de suboctava no son suficientes cuando se trata de tráfico duplex y existe un pobre aislamiento entre las antenas transmisora y receptora.

En este caso, deben utilizarse circuitos de entrada de sintonía continua para obtener la necesaria atenuación de 30 a 40 dB para una separación de frecuencia del 10%.

Si estos circuitos se incluyesen en el receptor, tendría que emplearse un servosistema bastante complicado, lo que haría al receptor más costoso y voluminoso e impediría una rápida sintonía en caso de control remoto o por ordenador. La solución obvia empleada en el receptor CR 302 A es colocar filtros pasobanda de suboctava y sintonía fija en el receptor y utilizar un preselector exterior sintonizado manualmente cuando sea necesario, ya que la demanda de esta unidad no es probable que ocurra al mismo tiempo que la demanda de control remoto o por ordenador.

Para obtener un buen resultado con el método mencionado anteriormente, es importante que la linealidad del circuito de entrada sea tal que los canales no ocupados no estén saturados por los productos de inter-

Figura 2 - Requisitos para diferentes aplicaciones.

	Selectividad del circuito de entrada		Control remoto	BLI	Margen de temperatura (°C)		Requisitos de choque y vibr.	
	Suboctava	Sintonizado			0/+ 55	- 30/+ 55	Bajo	Alto
Punto a punto	×		×	×	×		×	
Estación fija	×		×		×		×	
Móvil	×					×		×
Emergencia		×				×		×
Estación de barco		×			×			×



modulación de orden tercero y superior procedentes de las numerosas señales que alcanzan la entrada. En el CR 302 A se utilizan transistores de efecto campo en el amplificador de RF de banda ancha y baja ganancia y en el primer amplificador de FI. Se obtiene una excelente linealidad en el primero y segundo mezclador mediante diodos de portadores minoritarios (diodos de barrera Schottky) equilibrados.

### Amplificadores de FI

La elección de una primera FI de 139,3 MHz proporciona más de 100 dB de eliminación de imagen y FI. La ganancia es sólo la suficiente para compensar la pérdida en el primer mezclador. El control automático de ganancia se aplica mediante un diodo PIN.

La segunda FI de 10,7 MHz utiliza un filtro de cristal de paso bajo con una anchura de banda de 7,5 kHz y un rechazo de más de 90 dB.

Los amplificadores de la tercera FI de 200 kHz están precedidos por filtros mecánicos de alta calidad. La ganancia se mantiene muy baja para asegurar un perfecto comportamiento de la señal. Todos los amplificadores de FI están diseñados para dar una intermodulación dentro de banda mejor que 50 dB para el receptor total, que es más que suficiente para recepción multicanal FSK (A7A). Las unidades de la tercera FI también incluyen el detector, que se conmuta automáticamente entre el detector de producto y de envolvente, a través del conmutador de modo.

### Amplificadores de audio

Cada canal de FI va seguido de un amplificador de línea de audio que proporciona una salida de 600 ohmios ajustable hasta +10 dBm. El amplificador de potencia de audio para la salida de altavoz puede conmutarse para observar la banda lateral superior o la inferior en el modo de BLI.

### OFB (oscilador de frecuencia de batido)

La unidad OFB entrega cuatro señales diferentes al detector de producto: 200 kHz derivados de la fuente estabilizada de 5 MHz para los modos BLU y BLI,  $200 \pm 2$  kHz ajustables desde la placa frontal para A1 en modo local, 200,8 kHz controlados por cristal para A1 cuando el receptor funciona con control remoto y finalmente para F1, una señal controlada por cristal, de 202,55 kHz, para obtener una frecuencia centrada de audio de 2550 Hz para la señal FSK.

### Sistema de CAG

Si un receptor ha de funcionar correctamente en los modos BLU o A1, o en sistemas que suponen rápidos cambios de frecuencia, es esencial que el tiempo de establecimiento del bucle de CAG sea lo más corto posible. Esto implica que el tiempo de ataque del CAG sea tan corto como sea posible. Sin embargo, en los sistemas convencionales de CAG, no puede utilizarse un tiempo de ataque muy corto ya que el sistema de CAG podría saturarse por las interferencias de tipo

impulsivo y el receptor quedaría silenciado durante el tiempo de amortiguamiento que puede ser del orden de segundos. El receptor CR 302 A utiliza un sistema de CAG de detección dual único en el que el tiempo de amortiguamiento para impulsos de entrada cortos es del mismo orden que el tiempo de ataque. Las ventajas de un tiempo de ataque real corto (2 ms) pueden entonces utilizarse plenamente y el sistema de CAG se comporta de una manera uniforme en todos los modos de funcionamiento. La parte principal de la regulación del CAG se aplica a las unidades de la tercera FI y el CAG retardado se aplica al amplificador de RF y a la primera FI. El cambio de nivel de salida es inferior a 4 dB para un cambio de nivel de entrada de 100 dB ( $1 \mu\text{V}$  a 100 mV).

### Sintetizador de frecuencia

El sintetizador de frecuencia es la clave de la mayor parte de las características encontradas en los modernos receptores. Componentes modernos tales como circuitos integrados digitales de alta velocidad y transistores de alta calidad han hecho posible vencer la mayor parte de los inconvenientes encontrados en los anteriores diseños de sintetizadores.

Los parámetros más importantes del sintetizador del receptor son:

- Estabilidad de frecuencia.
- Tiempo de sintonía.
- Atenuación de espúrios.
- Ruido modulado de fase.
- Inestabilidad de fase (jitter).

El oscilador maestro de cristal para el sintetizador del CR 302 A tiene un régimen promedio de  $2 \times 10^{-8}$  por día y la estabilidad de frecuencia a largo plazo para el sintetizador será la misma.

El sintetizador, ver figura 4, está controlado por dos bucles de sincronismo de fase. El bucle secundario entrega 1,1000 a 1,1999 MHz en incrementos de 100 Hz correspondientes a las tres últimas décadas del ajuste de frecuencia. En este bucle, un oscilador controlado

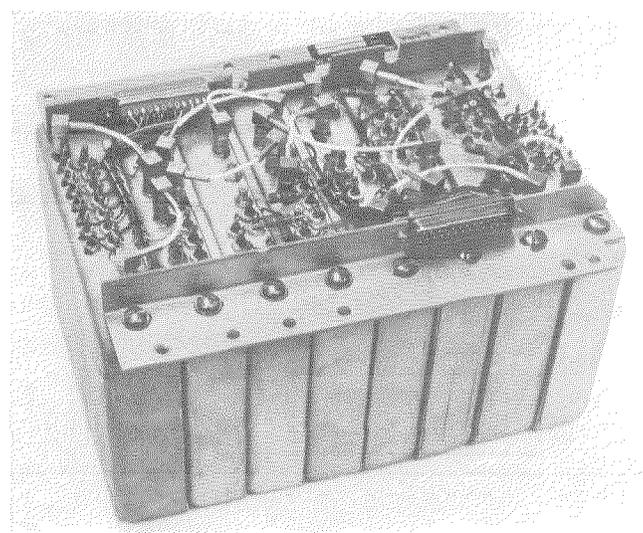


Fig. 4 Sintetizador CR 300.

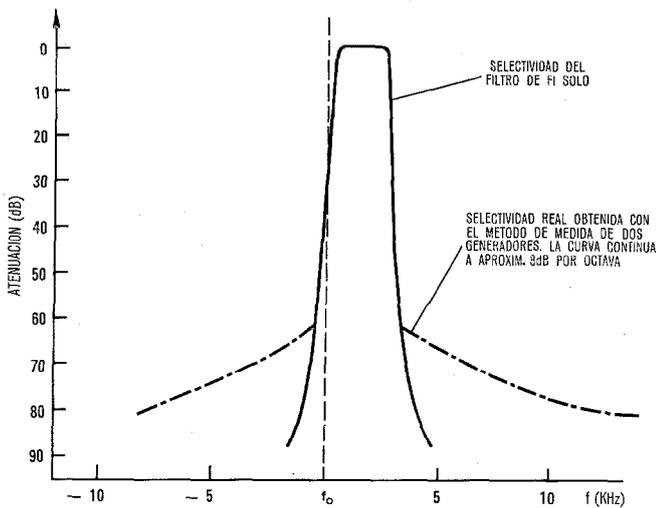


Fig. 5 Influencia del ruido del sintetizador en la selectividad total.

por voltaje (OCV) que cubre el margen de 11,000 a 11,999 MHz está enclavado al oscilador maestro a través de un divisor de frecuencia variable y un detector de muestreo y retención que trabaja a 1 kHz. La frecuencia de salida del OCV se divide luego por 10 antes de mezclarse en el bucle principal. De este modo, el tiempo de sintonía del bucle secundario puede ser menor de 100 ms que era el objetivo para el receptor total. Los pasos de 100 Hz se introducen en el bucle principal por mezcla con 5 MHz, 150 MHz y el OCV del bucle principal, respectivamente. De esta manera, el error de frecuencia del oscilador de cristal de 150 MHz queda cancelado y la frecuencia del OCV principal de 139,3—109,3 MHz se reducirá a 4,6—34,5 MHz antes de aplicarse a la entrada del divisor de relación variable. La frecuencia de salida del divisor se compara con los 100 kHz obtenidos del oscilador maestro. En el OCV pueden conmutarse en forma binaria seis condensadores para dar una sintonía aproximada en 64 pasos. Estos condensadores están conectados a un divisor binario de seis etapas que es avanzado automáticamente hasta que el bucle se sincroniza, en cuyo momento desaparecen los impulsos del divisor.

De esta manera el margen de sintonía del diodo varactor del OCV puede mantenerse pequeño, lo que es esencial para obtener un bajo ruido de fase en la salida.

El ruido de fase del sintetizador es inferior a 130 dB por Hz para una separación de 25 kHz y las salidas espurias están, al menos, 80 dB por debajo. En la figura 5 se muestra la influencia del ruido de fase del sintetizador en la selectividad del receptor. La inestabilidad de fase (jitter) está por debajo del objetivo de 3 grados por 10 ms.

### Modularidad

Como puede verse en la figura 6, el sintetizador, así como la parte del camino de señal, están constituidos con subunidades para hacer más adecuado el mantenimiento. Se utilizan unidades apantalladas y tarjetas enchufables. En la figura 7 se muestra el diseño mecánico. El receptor está equipado con un aparato

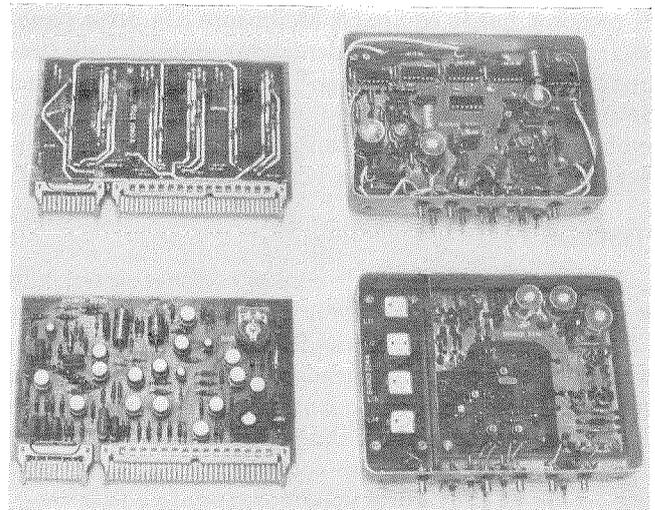


Fig. 6 Subunidades típicas del receptor CR 300.

de medida que puede conmutarse para medir en distintos puntos de prueba.

Una unidad averiada puede sustituirse sin necesidad de realizar ajuste alguno.

### Control Decimal Codificado en Binario (DCB)

Los controles de la placa frontal no están acoplados directamente a las subunidades del receptor. De otra manera, dan información sobre la frecuencia, modo de operación, constantes de tiempo del CAG, etc., en forma binaria utilizando niveles lógicos compatibles con circuitos integrados TTL ordinarios.

Esta información se aplica a un conmutador de datos bidireccional multipolar que permite introducir la información correspondiente procedente del conector de control remoto, situado en la parte posterior del receptor. El código DCB utilizado para ajustar la frecuencia puede aplicarse al sintetizador directamente, pero en general, debe realizarse una conversión de código antes de que se produzca la conmutación real dentro del receptor.

Gracias al control binario, existe sólo una conexión eléctrica entre el panel frontal y el resto del receptor.

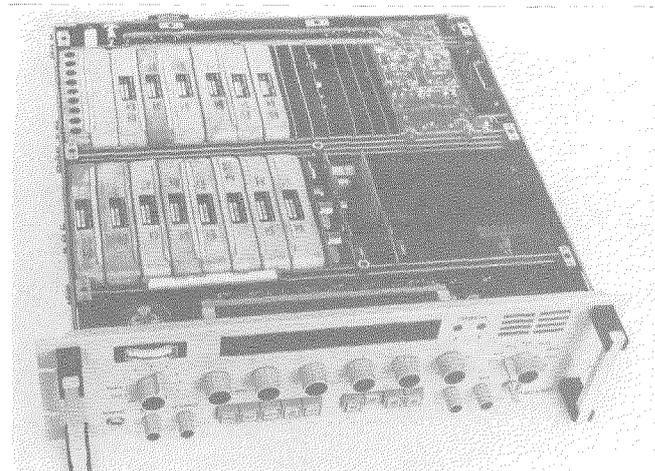


Fig. 7 Receptor CR 302 A, con la tapa superior quitada.

## Receptor de la serie CR 300

El receptor puede equiparse fácilmente con otros paneles frontales para cumplir demandas especiales de funcionamiento. Por ejemplo, se ha desarrollado un panel sintonizado con un mando que facilita sintonía de exploración continua mediante contadores y un codificador óptico que forma la versión CR 303.

### Fiabilidad

Un receptor moderno de comunicaciones sintetizado es un equipo de alta complejidad. En el receptor CR 302 A se utilizan cerca de cien transistores y un centenar de circuitos integrados digitales y es evidente que han de elegirse componentes de alta calidad y que ha de ponerse especial cuidado en el diseño del circuito para asegurar que todos los componentes trabajan muy por debajo de los valores máximos especificados.

El tiempo medio entre fallos (MTBF) calculado para el receptor CR 302 A es, aproximadamente, de 5.000 horas y pruebas de fiabilidad de larga duración han confirmado que el MTBF está por encima de este valor.

### Resumen

El receptor CR 302 A descrito, representa una de las diversas versiones del concepto básico del equipo CR 300. Otra versión en producción es el CR 305 en el que se han omitido las facilidades de BLI y control remoto y en el que se han sustituido los filtros de subestación de entrada por un preselector externo. El conmutador de modo y la anchura de banda de los filtros de FI se han diseñado de acuerdo con las especificaciones de la marina.

Hoy día los receptores CR 300, cada uno en su clase, representan el estado de la técnica en cuanto a comportamiento de un receptor. Es de esperar que componentes mejorados y nuevos conceptos continúen perfeccionando los patrones existentes pero, sin embargo, los receptores CR 300 pueden considerarse suficientemente avanzados como para seguir siendo competitivos durante muchos años.

Karl Gösta Berg nació en Hudiksvall, Suecia, en 1920. En 1945 se graduó en la Universidad de Ingeniería de Tecnología Eléctrica, en Gothenburg. Trabajó para la Marina Sueca hasta 1955 y después de cuatro años con Philips en Suecia, ingresó

### Resumen de especificaciones del receptor CR 302 A

Margen de frecuencias	10 kHz a 30 MHz
Sintonía	Décadas por pasos de 100 Hz
Modos de funcionamiento	A1, A2, ASH, A3, A3H, A3A, A3J, A3B y F1
Sensibilidad	Factor de ruido menor que 10 dB
Supresión de FI e imagen	Más de 100 dB
Espurios	Menor que 80 dB
Intermodulación dentro de la banda en A3J	Menor que 50 dB
CAG	Menor que 4 dB de variación para cambio del nivel de entrada entre 2 $\mu$ V y 200 mV Tiempo de ataque: 2 ms Tiempo de caída seleccionable: 0,1, 1 ó 5 sg.
Estabilidad de frecuencia	3 minutos de calentamiento a $10^{-7}$ envejecimiento menor que $2 \times 10^{-8}$ por día.
Entrada de antena	50 $\Omega$ desequilibrados, T.O.E. menor que 3
Salidas de audio	En línea de 600 ohmios, salida ajustable hasta + 10 dBm Salida de altavoz 1 W a 5% de distorsión
Margen de temperatura	- 30 a + 55 °C
Alimentación	105, 115, 127, 220, 230, 240 V $\pm 10\%$ 45—400 Hz a aprox. 60 VA
Dimensiones	Panel con 482 mm de ancho, 410 mm de fondo y 133 mm de altura
Peso	18 kg

en Standard Radio & Telefon AB en 1959. Ha estado dedicado al desarrollo de equipos para radiocomunicaciones.

Desde 1964, es ingeniero jefe y dirige las actividades de desarrollo e investigación en la división de comunicaciones por radio de SRT.

Robert G. Jonsson nació el 8 de noviembre de 1940 en Estocolmo, Suecia. En 1960 se graduó en la Escuela de Ingeniería de Estocolmo y en 1961 ingresó en Standard Radio & Telefon. Ha estado dedicado al desarrollo de equipos de comunicaciones de onda corta y en la actualidad dirige el grupo de desarrollo de receptores y sintetizadores de frecuencia.

# Nueva generación de equipos para comunicaciones militares de campaña en HF y BLU

Las radiocomunicaciones en HF son todavía muy útiles. La gama de equipos de BLU que se describe en el presente artículo comprende versiones de equipos para transportar a hombros, para uso en vehículos y para estaciones. Se adapta a diversas especificaciones, particularmente en lo que se refiere a la explotación por muy diferentes usuarios, desde personal no especializado hasta operadores de estaciones de radio fijas. La potencia de salida cubre el margen de 15 a 400 vatios y la frecuencia de 1'5 a 30 MHz.

J. LISIMAQUE  
J. L. RIBOUR  
Le Matériel Téléphonique, Paris, Francia

## Introducción

El transceptor portátil de HF y banda lateral única actualmente en producción para el Ejército francés, se describió en un artículo anterior en Comunicaciones Eléctricas [1]. Este transceptor, de diseño totalmente francés, se desarrolló durante los años de 1960 a 1968 por el Laboratorio de Comunicaciones de La Matériel Téléphonique.

Este Laboratorio, que desde 1945 se ha especializado en transmisión por banda lateral única y desde 1955 en sintetizadores de frecuencia, ha continuado los desarrollos en este campo, debido a las nuevas posibilidades ofrecidas por la microelectrónica, para diseñar una nueva generación de equipos de banda lateral única, utilizando todos un sintetizador digital de estado sólido completo y de alta estabilidad. Esta nueva generación de equipos se diferencia de la anterior por una considerable reducción en tamaño, en consumo de potencia y en complejidad mecánica lo que repercute en una economía en el coste y una fiabilidad mejorada.

Los estudios de microminiaturización comenzaron en 1966, aplicándose a un equipo para utilización aérea (el 3527-A) y el primer prototipo de laboratorio se describió anteriormente en un número de Comunicaciones Eléctricas [2].

Estas nuevas técnicas y tecnologías se aplicaron luego al diseño de una gama completa de equipos de uso militar o paramilitar en tierra, comprendiendo versiones portátiles o para vehículos y versiones de bajo coste fijas o semifijas, con potencias de salida que van desde 15 W a 1 kW, incluyendo en particular los tipos que figuran en la tabla 1.

## Margen de aplicaciones

A pesar del innegable progreso hecho posible por las técnicas de modulación de banda lateral única, asociadas con los sintetizadores de alta estabilidad, el uso de la banda de HF para equipos de campo o utilizados en la red, ha producido mucha controversia.

Antes de describir estos equipos, el autor desea se-

Tabla 1

Tipo	Portátil		Montado en vehículos	Fijo	Semi-fijo
	(3452)	(3451)	(3451 + 3492) + 3494	Tipo 3480	Tipo 3471
Margen de frecuencia	2—12 MHz	1,5—30 MHz	1,5—30 MHz	2—12 a 1,5—30 MHz	2—12 a 1,5—30 MHz
Margen de temperatura	-10 + 55 °C	-40 + 55 °C	-40 + 55 °C	0 a + 55 °C ó -20 a + 55 °C	0 a + 55 °C ó -20 a + 55 °C
Número de canales	10.000 + interpolador	28.500 + interpolador	28.500 + interpolador	280.000	280.000
Potencia de salida	15 W cresta y O. C.	15 W cresta y O. C.	100 + 150 W cresta y O. C.	50/100 W cresta 40 W O. C.	300/400 W cresta 200 W O. C.
Modos	A3J, A3H, A1	A3J, A3H, A1	A3J, A3H, A1, F1 (ext.)	A3J, A3H, F1, A1	A3J, A3H, A1, F1
Peso	10 kg incluyendo batería	10 kg incluyendo batería	28 kg Suministro externo	60 kg incluyendo unidad suministro energía de red	90 kg incluyendo unidad suministro energía de red
Tamaño (en cm)	10 × 30 × 29	10 × 30 × 26	44,7 × 30,0 × 30,4 (T/R) 14,0 × 17,0 × 30,0 (ATU)	50 × 52 × 44	50 × 43 × 44

Las características técnicas detalladas de estos equipos se dan en folletos comerciales.

ñalar lo que es, en su opinión, el campo de aplicación de los equipos de HF y por qué en 1973, estos "monstruos prehistóricos" todavía ocupan un puesto legítimo en las modernas comunicaciones militares.

Con excepción de unos pocos apasionados de la radio, que se deleitan en el deporte de las comunicaciones de larga distancia, los usuarios no especializados que desean establecer un enlace de HF, inmediatamente descubren una serie de problemas: interferencia en muchos canales, antenas engorrosas y sintonía difícil, mayor peso y complejidad en comparación con equipos de VHF, anchura de banda restringida y mayor coste de la unidad. La calidad de las comunicaciones es, en general, mucho mejor por enlaces de microondas, por hilos o por satélites. Para distancias cortas (inferiores a 20 km) y cuando la obstrucción del terreno no es problema, el transceptor de VHF MF es el medio más ampliamente usado para comunicaciones de campaña y, evidentemente, el equipo de HF no puede competir en esta área.

Por otra parte, cuando la propagación de VHF se hace difícil en terreno montañoso, resulta ventajoso la utilización de HF que posee un mayor alcance para menor potencia. Para distancias de 50 a 100 km y superiores, la VHF no puede ya competir con la HF, que es la única solución que queda en este caso. La comunicación mediante líneas requiere una ocupación total del territorio en el que se establece. Los enlaces de microondas también implican la posesión de las zonas elevadas para la instalación de los repetidores. Las comunicaciones por satélite requieren transmisores y receptores terrestres de extremada complejidad y en tiempo de guerra las naciones capaces de instalar tales equipos también poseen los medios para destruirlos.

En conclusión, puede establecerse, especialmente en caso de combate armado u operaciones de guerrilla, que las comunicaciones por HF proporcionan el único medio seguro de establecer un enlace por radio entre tropas aisladas y su base. En tiempo de paz, las fuerzas militares pueden prescindir de las comunicaciones por HF, pero en tiempo de guerra, cuando la invulnerabilidad de las comunicaciones es vital, resultan insustituibles las comunicaciones por HF.

Los diversos equipos que se enumeran en la Tabla 1, cubren todos los requisitos especificados por los posibles usuarios, resumidos en la Tabla 2.

La tabla 2 indica los principales usos para los que han sido diseñados estos equipos. El equipo de campaña es hermético, extremadamente robusto y se ha construido con componentes miniatura de alta calidad. El equipo de red es también de alta fiabilidad y de elevada calidad pero está construido con componentes más voluminosos que están diseñados para condiciones ambientales menos severas.

**Observaciones:**

- Un transceptor de HF no puede usarse por sí mismo. Debe asociarse con accesorios adecuadamente adaptados a las condiciones particulares de uso y cuya calidad puede tener considerable influencia en

**Tabla 2**

<p><i>Uso táctico — pequeña potencia</i> Alcance: 40 km con onda terrestre (puede funcionar con onda ionosférica) Portátil o móvil</p>	<p>Todas las zonas climáticas: Tipo 3451</p> <p>Países templados: Tipo 3452 (modelo de bajo coste)</p>
<p><i>Uso táctico — potencia media</i> Alcance: 100 km con onda terrestre (puede funcionar con onda ionosférica) Solamente móvil</p>	<p>Equipo básico: Tipo 3451 + Amplificador: Tipo 3492 + Sintonizador de sistema: Tipo 3494</p>
<p><i>Estación de red — Gama modular</i> Alcance: 100 a 200 km con onda terrestre Alcance: 200 a 2000 km con onda ionosférica Para uso en estación fija, semifija o móvil</p>	<p>Transmisor: 100 a 400 W Tipo 3481 Transmisor-receptor: 100 a 400 W Receptor</p>

la eficacia del sistema. Estos accesorios se describen juntamente con los equipos para cada aplicación particular.

- La elección de las técnicas utilizadas en la realización de circuitos de sintetizadores, transmisores de BLU y receptores de BLU es muy crítica y encierra numerosos peligros que sólo pueden evitarse mediante considerable ingeniería y experiencia de fabricación. Los circuitos de todos los equipos de esta gama están basados en un diseño único y se describen en el capítulo que sigue.

**Descripción técnica**

**Diagrama general**

Las configuraciones y circuitos de los diversos equipos de esta nueva generación de transceptores de HF son similares (Fig. 1). El funcionamiento superheterodino utilizando dos frecuencias intermedias proporciona una calidad total excelente.

Los circuitos de entrada del receptor y las etapas de salida del transmisor son de banda ancha, estando las frecuencias de trabajo determinadas solamente por el sintetizador de frecuencia. Esta simplificación es posible gracias a las nuevas técnicas de cambio de frecuencia y a la calidad del espectro del sintetizador de frecuencia. Sin embargo, la selectividad tiene una mejora adicional debido al uso de filtros de armónicos de banda conmutada y circuitos de adaptación de antena en la salida del transmisor.

Partiendo de la entrada de audiofrecuencia en el micrófono, el canal transmisor consta de los siguientes elementos principales:

- compresión dinámica de audiofrecuencia, seguida por un modulador centrado en una frecuencia portadora, suministrada por la referencia de frecuencia.

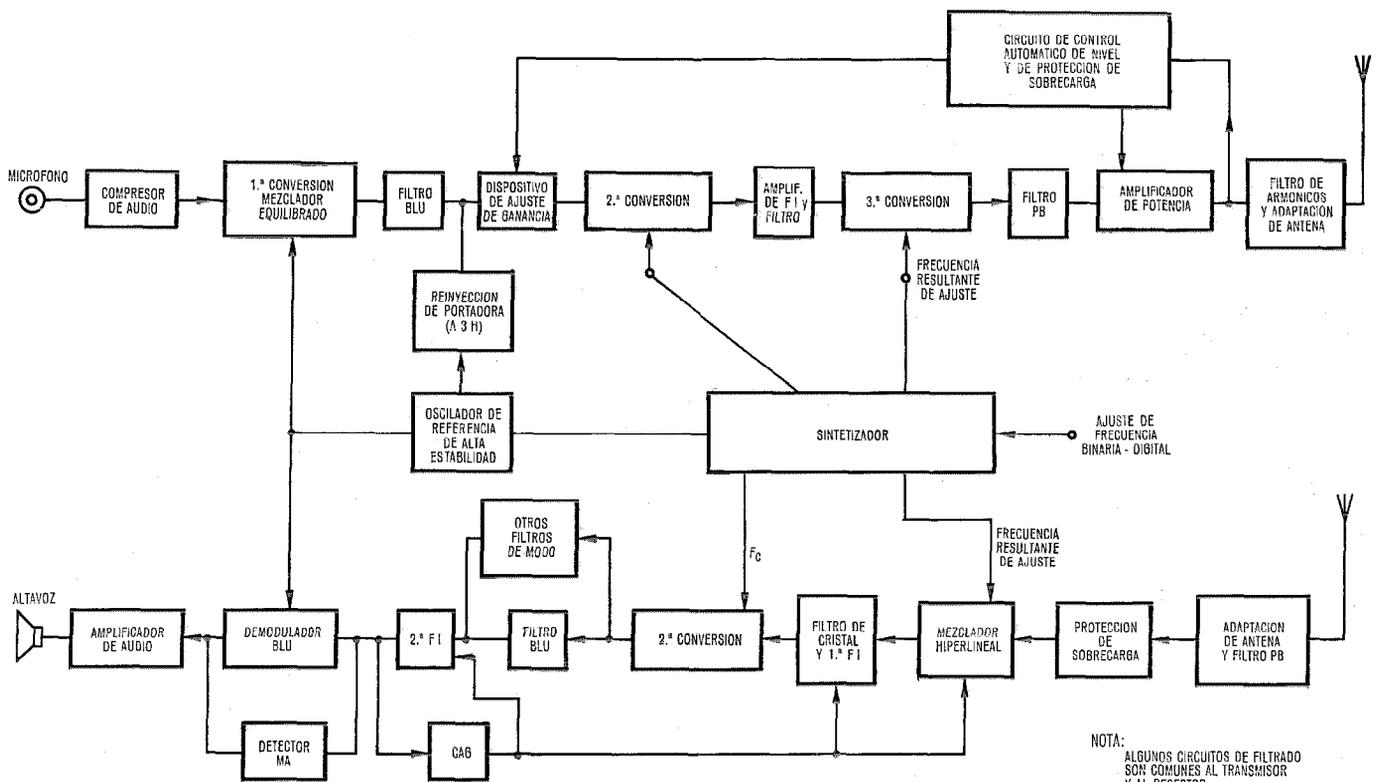


Fig. 1 Diagrama de bloques.

La señal pasa luego a través del filtro de banda lateral única, que es un filtro de cristal "en escala". Un conmutador electrónico permite reinyectar un cierto nivel de portadora para facilitar, si se requiere, el funcionamiento compatible A3H.

— El segundo cambio de frecuencia efectuado por una señal generada por el oscilador local controlado por cristal, de frecuencia  $F_L$ , introduce la señal útil en la segunda frecuencia intermedia que es superior a 100 MHz para todos los equipos salvo para los equipos del tipo 3452, cuya máxima frecuencia de funcionamiento es 12 MHz, lo que permite utilizar una frecuencia intermedia más baja, proporcionando, por otra parte, una protección excelente contra los productos de modulación no deseados.

— Un tercer cambio de frecuencia, obtenido con la señal de salida del sintetizador, produce la señal de salida útil en la banda de 1'5 a 30 MHz (2 a 12 MHz para el tipo 3452).

Los siguientes amplificadores son de banda ancha y el nivel de salida está determinado por un circuito de control que actúa sobre los atenuadores en las etapas de frecuencia intermedia.

Las mismas frecuencias intermedias se utilizan en el canal receptor. A continuación del mezclador de entrada hiperlineal, la selectividad del equipo está definida por un filtro de cristal monolítico cuya anchura de banda es suficientemente amplia para permitir la recepción de transmisiones A3 de doble banda lateral.

El segundo cambio de frecuencia se hace con la señal del oscilador local a una frecuencia  $F_L$ , antes mencionada, y produce la segunda frecuencia intermedia

a la que trabajan los filtros de modo, en particular, el filtro de banda lateral única. La demodulación de BLU se efectúa con la portadora de la frecuencia de referencia. Los circuitos de C. A. G. actúan en ambas etapas de frecuencia intermedia.

#### Diseño particular del circuito de entrada del receptor

Hasta ahora, los circuitos de entrada de un buen receptor tenían tradicionalmente alta selectividad y cierta amplificación antes de alcanzar el primer cambiador de frecuencia, cuyas características de ruido y linealidad nada tenían de extraordinario. Se ha demostrado [2] que la sintonía automática de los circuitos de entrada selectivos puede lograrse electrónicamente, pero la selectividad obtenida de esta manera incide considerablemente en el coste del equipo. Los métodos más recientes consisten en diseñar mezcladores que tengan un bajo factor de ruido, bajas pérdidas de inserción y muy alta linealidad, incluso para niveles de señal de entrada elevados. Esto permite tratar la totalidad del problema de selectividad en las etapas de frecuencia intermedia fijas, utilizando filtros de cristal de alta calidad.

En esta gama de equipos de HF, la conversión de frecuencia en la entrada del receptor es de tipo paramétrico; se consigue con diodos de capacidad variable, cuya característica de capacidad  $C$ , como función del voltaje aplicado  $V$ , es muy aguda, siendo del tipo constante  $CV^n$ , donde  $n$  es mayor que 1.

Aunque la máxima ganancia utilizable de este tipo de cambiador de frecuencia es igual a la relación de la

frecuencia de salida a la frecuencia de entrada (ley de Manley-Rowe), es posible estabilizar esta ganancia en el margen de 1'5 a 30 MHz en 6 dB, aproximadamente, mediante la elección adecuada de circuitos de adaptación. Con suficiente nivel de salida del sintetizador, se obtiene excelente linealidad de cambio de frecuencia hasta niveles de señal de entrada próximos a 5 mW con una relación señal/ruido del receptor muy alta.

Aunque esta técnica parece complicada en principio, en la práctica es sencilla y de bajo coste. Otros métodos que utilizan diodos de barrera Schottky o transistores de efecto campo conectados en puente dan resultados similares, pero técnicamente son bastante más complicados.

De hecho, la ventaja de los modernos mezcladores de banda ancha está limitada por la calidad del espectro de la señal de salida del sintetizador de frecuencia, que deberá examinarse particularmente desde este punto de vista. Este problema ya ha sido discutido en un artículo anterior [3].

Los restantes circuitos del receptor no envuelven innovaciones técnicas particulares: están diseñados cuidadosamente para satisfacer una distribución óptima de la ganancia en las etapas, en función de sus respectivas selectividades y márgenes dinámicos, con objeto de obtener una alta calidad total.

### Sintetizador de frecuencia

El sintetizador de frecuencia, que ya ha sido descrito en el artículo mencionado anteriormente [3], consta de un oscilador controlado por dos bucles sincronizados en fase que trabajan en cascada. La frecuencia se ajusta en pasos de 50 kHz en el primer bucle y de 1 kHz ó 100 Hz en el segundo bucle. La frecuencia de cada bucle se analiza digitalmente, mediante divisores de frecuencia, cuyas relaciones se definen digitalmente por las posiciones del conmutador decimal situado en la placa frontal. Todos estos circuitos utilizan circuitos integrados digitales TTL de fácil adquisición. Estos métodos digitales permiten una selección de frecuencia de forma rápida y sencilla.

Tanto la fabricación como el mantenimiento se facilitan por la casi completa ausencia de ajustes.

La configuración de frecuencias se ha elegido de manera que se evite la generación de productos de combinación de frecuencias que, de otra forma, producirían señales espurias internas, de donde resulta que no existen frecuencias no utilizadas entre los 28.500 ó 285.000 valores que pueden seleccionarse.

Además, se ha puesto especial cuidado en asegurar que el espectro de ruido de la salida del sintetizador está altamente atenuado: este tipo de sintetizador está caracterizado por niveles de ruido mejores que -145 dB/Hz. Esta calidad es necesaria para asegurar buena protección contra perturbaciones en los receptores que utilizan un mezclador de entrada de banda ancha. También es necesario en transmisión para que el ruido radiado no produzca interferencia en los receptores próximos.

### Amplificador de potencia

En la actualidad se dispone de transistores de potencia de HF con una buena característica de intermodulación, lo que hace posible la producción de unidades de potencia media.

Los equipos portátiles con una potencia de cresta de salida de 15 W, tienen en la etapa de salida un amplificador en contrafase que utiliza transistores 2N 5070 con encapsulado TO 60. La alta conductividad térmica de estos transistores permite construir la etapa de potencia con disipador en la placa frontal del equipo, sin necesidad de utilizar ventilador.

Los amplificadores de 150 W ó 300 W utilizados en los equipos fijos o en los montados en vehículos, se hallan constituidos por módulos con una potencia de cresta de 50 W, formados por dos etapas de transistores 2N 5070, o módulos de 80 W de cresta, con una simple etapa en contrafase que utiliza los transistores BLX 14.

Las salidas de potencia de varios módulos se suman luego mediante transformadores híbridos hasta obtener la potencia de salida requerida. Los acopladores utilizan el conocido principio de acoplar varios receptores al mismo alimentador. Esta técnica aísla los módulos de tal manera que el fallo de uno no ocasiona la destrucción de los módulos vecinos.

El canal de transmisión produce una señal que tiene un espectro de muy alta calidad; el nivel de entrada de los amplificadores es suficientemente alto como para mantener el nivel de ruido de salida transmitido en un valor muy bajo, del orden de -140 dB/Hz.

Se ha incluido un cierto número de filtros conmutables para atenuar los productos armónicos creados en las etapas de salida hasta el grado requerido.

### Circuitos de protección

Estos equipos tienen una fiabilidad excelente, no solo en condiciones de funcionamiento normal, como resultado de la calidad de su construcción interna, sino también en condiciones de funcionamiento en campaña: ésto se logra por el uso de circuitos de protección especiales en todas las entradas y salidas del equipo. Para la recepción, el circuito de entrada se protege contra niveles de señal del orden de 30 V, de forma que no exista peligro alguno con la presencia de campos electromagnéticos intensos.

En transmisión, los circuitos de salida se protegen contra cualquier desadaptación de impedancia. La etapa de potencia del transmisor se desconecta automáticamente para una relación de onda estacionaria superior a 4. Puede conectarse de nuevo oprimiendo sencillamente el conmutador de transmisión. El excitador reduce automáticamente su potencia de salida en el caso de una desadaptación excesiva, protegiendo, por tanto, la etapa de salida de los fallos del operador. Finalmente, cuando el equipo trabaja con un suministro de potencia externo, los circuitos de filtraje activo situados en el chasis y alojados en el montaje amortiguador de choques, proporcionan protección contra sobretensiones y rizado residual en la línea de suministro de potencia.

Consumo de potencia y duración de la batería

El funcionamiento de la versión portátil del equipo, exige la mayor duración posible de la batería, para un peso dado de batería. Estos equipos utilizan baterías de Cadmio-Niquel, que son las más fiables en las condiciones ambientales exigidas. En espera de soluciones más atractivas, actualmente en desarrollo, tales como baterías de Cinc-aire o litio que tienen una mayor relación capacidad/peso, ha sido necesario obtener el menor consumo posible para estos equipos.

Se ha añadido, pues, un circuito que reduce el consumo de potencia durante los períodos de reposo en transmisión o recepción. Estos circuitos actúan el equipo durante una fracción de segundo cada segundo, de manera que el consumo medio de potencia es extremadamente bajo, en tanto que no se reciba señal útil alguna a la frecuencia seleccionada.

Diferentes tipos de equipo

Equipos militares

Equipo portátil tipo 3451

El equipo portátil (figuras 2, 3 y 4) representa el corazón del sistema, ya que contiene en forma muy condensada todos los circuitos del receptor, los circuitos del sintetizador y los del transmisor hasta un nivel de potencia de cresta de 15 W y todas las protecciones auxiliares y circuitos de economía de potencia.

Todos estos circuitos están contenidos en sub-ensamblables enchufables fácilmente removibles y cada sub-ensamblable contiene uno o más pequeñas tarjetas enchufables de circuito impreso.

Esta configuración tiene en cuenta un fácil mantenimiento a dos niveles:

- Sustitución de sub-ensamblables
- Sustitución de tarjetas

(ver Fig. 5).

El equipo portátil tiene un conmutador indicado como "PRUEBA" (TEST) que permite medir señales en ciertos puntos interiores al equipo. Analizando los resultados de prueba, el operador puede localizar rápidamente un sub-ensamblable averiado y cambiarlo en pocos minutos. Las herramientas necesarias para esta operación son muy pocas y pesan solamente algunos gramos.

Esta facilidad de mantenimiento para un equipo de mediana complejidad, (aproximadamente 1500 piezas) y que contiene un gran número de circuitos analógicos, ha sido reconocida por los servicios técnicos de varios países donde se ha ensayado este equipo, como una de sus principales ventajas.

El equipo portátil se utiliza normalmente en el suelo (ver Fig. 3) con una antena de varilla extensible de 3 a 5 metros y contrapeso, que proporciona la máxima eficiencia y alcances de onda terrestre del orden de 40 km. El equipo puede instalarse en el suelo en pocos minutos y con sus dispositivos controlados por cristal, está en condiciones de transmisión o recepción inmediata a la frecuencia seleccionada.

Son posibles otros tipos de funcionamiento:

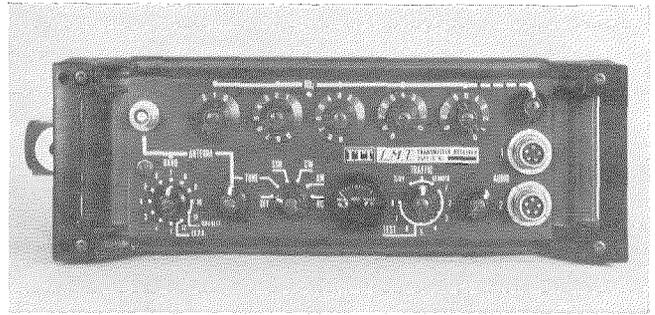


Fig. 2 Equipo militar tipo 3451. Vista frontal.



Fig. 3 Equipo militar tipo 3451 para funcionamiento en el suelo.



Fig. 4 Equipo militar tipo 3451 para funcionamiento a espaldas.

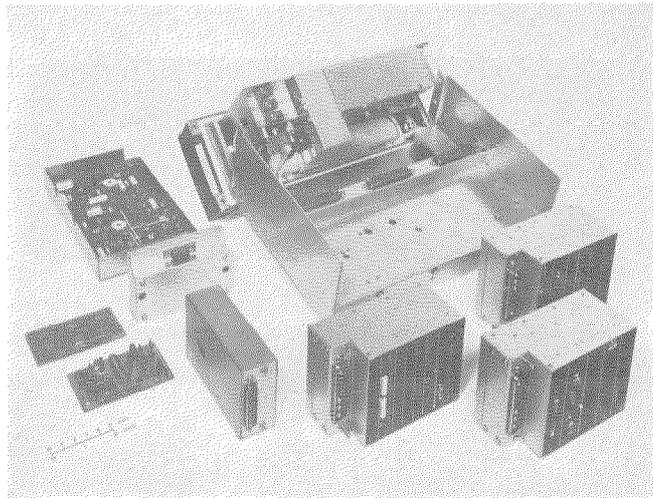


Fig. 5 Conjunto de subensambles de fácil montaje en el equipo militar tipo 3451.

— En un equipo portátil a la espalda, para mantener contacto durante los movimientos, en este caso, el plano de tierra se coloca por detrás del arnés y se acopla por capacidad a espaldas del operador (ver Fig. 4).

En esta configuración son preferibles antenas cortas (2 a 2,5 metros) y el extremo superior de la banda de frecuencias, obteniéndose alcances de 20 km.

— Funcionamiento semiestático, para comunicaciones por onda ionosférica de alcance medio (200 a 500 km) con antena de dipolo orientado. El dipolo puede fijarse a soportes existentes (árboles, postes etc.). También puede utilizarse una larga antena en L, con una de las ramas como dipolo. La potencia

normalmente se suministre mediante baterías herméticas de cadmioniquel, recargables que se sujetan con abrazaderas por debajo del transceptor. Se dispone de dos tipos de baterías: batería de 4 AH para duración media (aproximadamente 14 horas) y batería de 7 AH para duración de 24 horas. Estas baterías pueden recargarse a un régimen de C/10 mediante cargadores, que son de peso muy ligero, sencillos y de bajo coste. También se dispone de cargadores para carga muy rápida (aproximadamente 1 hora) para baterías especialmente diseñadas para este fin. Estos cargadores rápidos son mucho más grandes que los modelos de peso ligero, pero pueden ser ventajosos para ciertos tipos de instalación.

Si el operador no dispone de fuente de energía para recargar las baterías y tiene que permanecer aislado durante varios días, puede utilizar la versión portátil con un generador accionado a mano, lo que proporciona una duración ilimitada. Este generador que tiene el mismo peso que la batería de 7 AH, consta de un alternador accionado por dos manubrios que entrega, después de rectificación, un voltaje estabilizado conectado a una batería de 1 AH mediante un conmutador electrónico. El operador debe hacer girar los manubrios a cierta velocidad, por debajo de la cual la batería no se carga. Esta velocidad mínima se muestra en un indicador visual. Cuando la batería está totalmente cargada, el equipo puede funcionar con esta sola batería durante 24 horas en condición de reposo, ó 6 horas en recepción, o media hora en transmisión. El equipo puede llevarse fácilmente en el mismo arnés y el generador puede fijarse a cualquier soporte existente (árbol, roca, etc.), separado unos metros del equipo. La figura 6 muestra varios accesorios para el transmisor-receptor 3451.

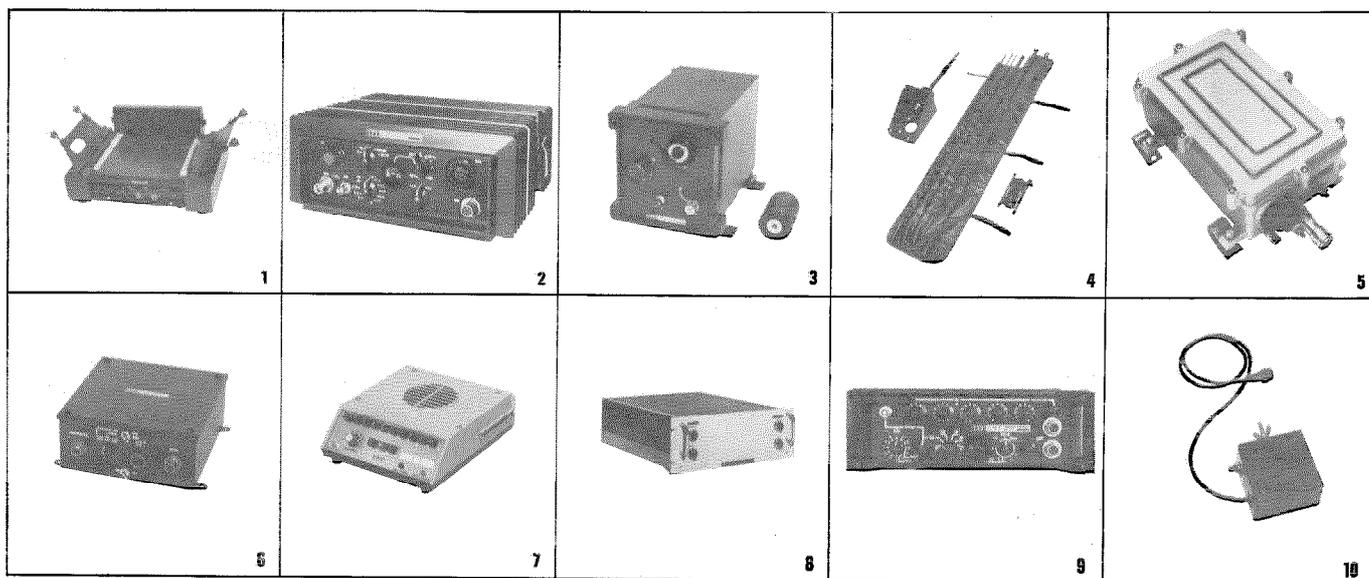


Fig. 6 Accesorios del equipo portátil tipo 3451.

- |                      |                      |                  |
|----------------------|----------------------|------------------|
| 1. Baterías          | 5. Antena de varilla | 9. Microteléfono |
| 2. Cargador          | 6. Contrapeso        | 10. Manipulador  |
| 3. Generador         | 7. Dipolo            |                  |
| 4. Arnés portaequipo | 8. Casco telefónico  |                  |

Tipo 3452

Se ha diseñado una versión simplificada del tipo 3451 utilizando técnicas de bajo coste. Esta versión, que exteriormente es similar al tipo 3451, está destinada a condiciones de baja temperatura menos severas (países templados).

Equipo móvil

El equipo básico (tipo 3451) puede utilizarse en varias versiones destinadas a vehículos terrestres o a barcos, en unión con diversos accesorios.

La versión más sencilla consiste en montar el equipo en un vehículo ligero (un Jeep, por ejemplo) mediante un montaje absorbente de choques. Este montaje aloja un filtro de suministro de energía de 26 V (obteniéndose la energía de la batería del vehículo), un amplificador de audiofrecuencia y circuitos auxiliares de protección (fusibles, etc.). Se obtiene así un equipo móvil con potencia de cresta de 15 W, con una antena de 5 metros montada en el vehículo (ver Fig. 7).

Sin embargo, con frecuencia es deseable aprovechar la mayor capacidad de energía proporcionada por el vehículo, con objeto de aumentar la potencia del transmisor. Para este objeto, se ha diseñado un amplificador lineal completamente transistorizado (tipo 3492). Está alojado en una unidad hermética equipada con aletas de refrigeración y entrega una potencia de cresta de 100 a 150 W (ver Fig. 8).

Este amplificador está protegido contra cualquier desadaptación que pueda producirse cuando es manejado por personal sin experiencia. Puede funcionar continuamente en una temperatura ambiente de +55 °C y ha sido probado con éxito en el desierto en condiciones de pleno sol. El acoplamiento de antena para la versión de 150 W se hace mediante una unidad externa de adaptación con control remoto (ver Fig. 9-3).

El montaje absorbente de choques de la versión de 150 W utiliza el mismo armazón que la versión de 15 W, salvo que tiene soportes de fijación para el amplificador, que está situado en la parte superior del transceptor (ver Fig. 8).

Para estas versiones se dispone de un accesorio adicional: un adaptador F<sub>1</sub> (tipo 3493, ver Fig. 9-6). Este adaptador permite al equipo transmitir y recibir telegrafía por desplazamiento de frecuencia. Son posibles desplazamientos de frecuencia de ±200, ±400 ó ±500 Hz a 50 ó 75 baudios. Este adaptador que trabaja en el canal de BF está totalmente construido con circuitos integrados lógicos y está destinado para funcionar con teleimpresores convencionales.

Con la versión móvil o semiestática puede también utilizarse un dispositivo de llamada selectiva multifrecuencia, tipo LMT 3491 (ver Fig. 9-7), fabricado por LMT en gran cantidad para la Policía francesa. La utilización de tal sistema para funcionamiento con BLU se hace posible por la extremadamente alta estabilidad de los osciladores del equipo.

Puesto que la unidad de adaptación de antena puede situarse a una distancia de 20 a 30 metros del equipo, el de 150 W resulta particularmente adecuado



Fig. 7 Instalación en Jeep. Versión de 15 W (Tipo 3451).



Fig. 8 Instalación en Jeep. Versión de 150 W (Tipo 3451).

para instalar a bordo de un barco, donde su pequeño tamaño permite equiparlo sin dificultad en la embarcación más pequeña. En este caso, la energía se suministra bien de la batería de 28 V del barco, o más frecuentemente, del suministro monofásico de 115 V, 50 a 60 Hz, del barco. En este caso, la batería se sustituye por un suministro de energía estabilizado de 17 A (ver Fig. 9-8).

Debido a las altas tensiones de HF radiadas por la antena, todas las instalaciones que utilizan una antena de varilla próxima al transceptor deberá tener una tierra muy eficiente, adecuadamente diseñado por el fabricante del equipo.

Si es necesario, los equipos 3451 y 3492 pueden suministrarse con control remoto total. En este caso, las placas frontales se equipan con conectores solamente y todos los controles se montan en una unidad de control del mismo tamaño que la placa frontal del equipo 3451 (ver Fig. 9-9).

Opcionalmente, puede añadirse al equipo 3451 selección de frecuencia en pasos de 100 Hz. El aumento correspondiente en coste resultará pequeño para una cierta cantidad de unidades.

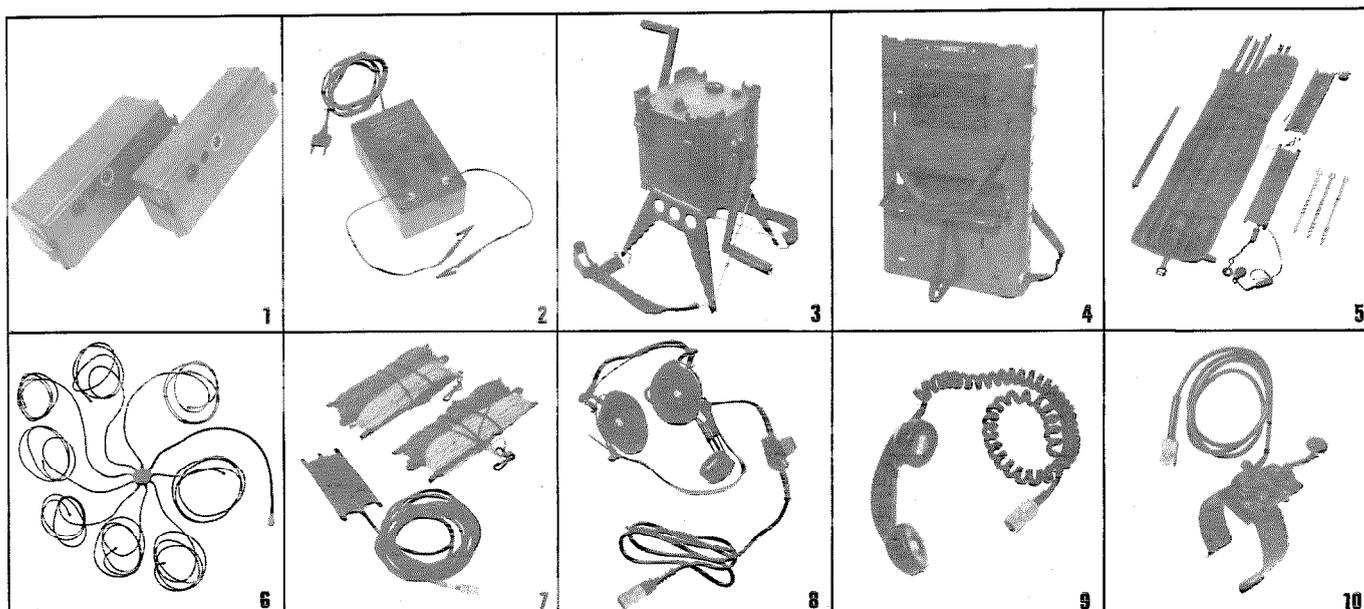


Fig. 9 Accesorios de la versión móvil.

- |   |  |
|---|--|
| 1. Montaje absorbente de choques                | 6. Adaptador $F_1$                           |
| 2. Amplificador de 150 W                        | 7. Llamada selectiva                         |
| 3. Unidad de antena montada en vehículo         | 8. Unidad de alimentación utilizada en barco |
| 4. Antena de varilla de 5 m montada en vehículo | 9. Unidad de control remoto                  |
| 5. Unidad de antena de barco                    | 10. Altavoz                                  |

Finalmente, aun no representando la utilización óptima del equipo, estos equipos de 15 W ó 150 W pueden usarse para instalaciones estáticas o semiestáticas, utilizando los accesorios de la versión portátil (antena dipolo o antena larga).

#### Instalaciones fijas o semifijas

Los equipos militares anteriormente descritos, se han diseñado para condiciones ambientales muy severas y para ser manejados por personal sin experiencia. Son completamente estancos cuando han de trabajar bajo el agua y el equipo básico portátil es muy compacto. Todas estas características hacen a estos equipos relativamente costosos para utilizarlos en instalaciones fijas o semifijas donde las condiciones ambientales y de funcionamiento son menos severas.

Aprovechando los diseños básicos de la versión militar y utilizando prácticamente la misma configuración y circuitos comprobados por cuatro años de experiencia, fué relativamente sencillo, a partir de estos equipos militares, derivar otros destinados más particularmente para redes fijas, resultando para el usuario una relación ventajosa precio/calidad.

Se dispone de dos niveles de potencia de salida: 50/100 W y 300/400 W (ver Figs. 10 y 11), lo que no supone limitación alguna, ya que la adición o división de potencia mediante transformadores híbridos de fase se consigue fácilmente, como se viene haciendo desde hace tiempo en instalaciones de radio.

Como los requisitos de estos equipos varían considerablemente y la demanda anual es bastante pequeña, los esfuerzos se han dirigido no a hacer un solo equipo, sino una gama de equipos compuestos de subensambles comunes.

El sintetizador es exactamente el mismo para todos los equipos, incluso para los que cubren márgenes de frecuencia más pequeños ya que un estudio del coste ha demostrado que no sería económico producir versiones especializadas de este sub-ensamble. Este sintetizador, diseñado para ser manejado por personal especializado, tiene una separación entre canales de 100 Hz, correspondiendo a las asignaciones de frecuencia actualmente en vigor. Puede utilizarse en todo el margen de HF, hasta 30 MHz.

Los equipos pueden de esta manera cubrir márgenes de frecuencia que varían desde 2—12 MHz hasta 1,5—30 MHz, según se requiera, y la extensión del margen de frecuencia es simplemente una cuestión de añadir los adecuados filtros de armónicos.

El carácter modular del equipo hace posible satisfacer requisitos particulares introduciendo sub-ensambles enchufables que no se incluyen sistemáticamente en el equipo básico, por ejemplo, telegrafía por desplazamiento de frecuencia ( $F_1$ ). Partiendo de sub-ensambles comunes, es posible constituir transmisores, transmisores-receptores simplex o receptores. La potencia del transmisor puede aumentarse por encima de los valores normales actuales añadiendo el número necesario de módulos de 80 W.

Se dispone, pues, de una gama completa de equipos que sería prolijo enumerar aquí por su número de referencia. La variedad de tipos no supone, sin embargo, alto coste de fabricación debido, principalmente, a los métodos de producción con ayuda de ordenador.

Estos equipos están destinados normalmente a instalaciones fijas o semifijas donde con frecuencia se conectan a antenas de banda ancha que tienen una relación de onda estacionaria del orden de 2. Aun-

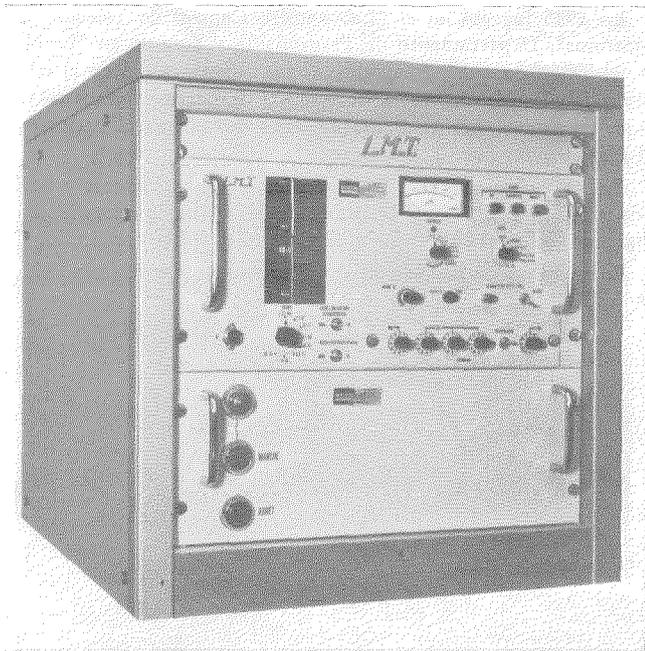


Fig. 10 Transceptor fijo tipo 3481 C para la gama 50/100 W de salida en las bandas de 1'5—30 MHz.

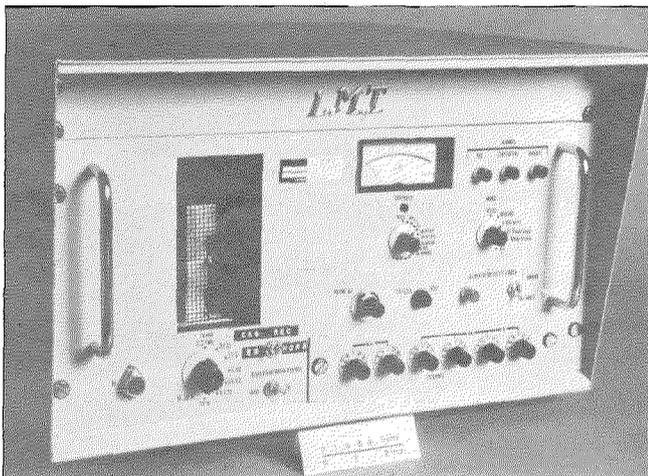


Fig. 11 Transceptor fijo tipo 3481 D para la gama 300/400 W de salida en las bandas de 1'5—30 MHz.

que ésto no es, en modo alguno, peligroso para el amplificador de salida, resulta útil aumentar la eficiencia del transmisor añadiendo unidades que reducen la r.o.e. a 1'3 ó 1'5. Esto puede lograrse mediante una unidad de antena especial que conmuta componentes fijos por medio de relés de acuerdo con un programa controlado por la frecuencia seleccionada. Esta unidad se coloca al pie de la antena.

Además, evidentemente es también posible utilizar estos equipos en albergues cerrados o en camiones donde están sujetos a condiciones ambientales menos severas. En este caso, pueden utilizarse antenas de varilla de 5 a 12 metros, conectadas a las unidades de antena mencionadas en la descripción de las versiones militares del equipo. Los accesorios que pueden utilizarse con estos equipos son los mismos que los usados en las versiones militares, incluyendo llamada selectiva. Los

suministros de energía disponibles para esta gama, para conexión a la red de 115/220 V, corresponde a la potencia de salida requerida: 10 A para instalaciones de 50/100 W y 28 A para instalaciones de 300/400 W.

### Tecnología

El objetivo ha sido reducir al mínimo la inversión en la producción y los esfuerzos se han dirigido hacia la utilización de componentes de más reciente diseño, pero homologados y disponibles en el comercio. Este principio facilita también la fabricación en el exterior bajo licencia, que es un requisito de muchos clientes.

Estos equipos son de alta fiabilidad, con un MTBF (tiempo medio entre fallos) calculado de 3000 a 4000 horas, dependiendo de las condiciones ambientales, y ha sido satisfactoriamente homologado por las autoridades militares alemanas, francesas, suizas y pakistaníes.

Los equipos para instalaciones fijas se fabrican a un coste más bajo, con menos partes mecánicas complicadas y con componentes más voluminosos, siendo la temperatura de trabajo más baja 0 °C ó - 25 °C, según los casos considerados, pero también con una alta fiabilidad y seguridad de funcionamiento.

Dependiendo de los límites de las condiciones ambientales, el MTBF de las configuraciones más complejas de la gama que contienen menos de 2000 componentes, es próximo a las 4000 horas.

### Conclusión

Esta nueva generación de equipos de comunicaciones, se ha diseñado para satisfacer tanto los requisitos nacionales como los de exportación, con objeto de satisfacer las necesidades no sólo de uno, sino del mayor número posible de usuarios. Esto ha conducido a un gran número de versiones y tipos de accesorios que se han probado en varios países durante las demostraciones de pruebas de homologación.

### Agradecimiento

Se quiere manifestar aquí el agradecimiento a los ingenieros de los Servicios de las tres Armas de Francia y especialmente de Suiza, Alemania Federal y Pakistán por la contribución aportada con su experiencia y opinión como usuarios, cuando el equipo pasó de la etapa de prototipo de laboratorio a la etapa de producción, en la que ahora está disponible esta nueva generación.

### Referencias

- [1] J. J. Muller y J. Lisimaque: Equipo portátil de HF de banda lateral única, tipo TR-TM 4; *Comunicaciones Eléctricas*, Vol. 43 (1968), Nº 4, págs. 350—359.
- [2] J. Lisimaque y J. L. Ribour: Microminiaturización en transmisores-receptores de onda corta; *Comunicaciones Eléctricas*, Vol. 42 (1967), Nº 3, págs. 63—69.
- [3] J. L. Ribour: Características de ruido en sintetizadores para transmisores-receptores móviles; *Comunicaciones Eléctricas*, Vol. 47 (1972), Nº 2, págs. 80—89.

J. L. Ribour nació en Laon, Francia, en 1932. Obtuvo el diploma de ingeniero en 1955 en la "Ecole Supérieure des Arts et Métiers", en París, y otro diploma de ingeniería en 1958 en la "Ecole Supérieure d'Electricité" de París.

## Nueva generación de equipos militares HF y BLU

Fue oficial de radar en la marina francesa de 1958 a 1961. Ingresó después en Le Matériel Téléphonique, donde trabajó en el desarrollo de equipos móviles de banda lateral única en la banda de alta frecuencia.

Se especializó en el estudio de sintetizadores de frecuencia en las bandas de HF y VHF. Ha estado activamente relacionado en el estudio y desarrollo del equipo de HF descrito en el presente artículo.

**J. Lisimaque** nació en París, en 1921. Después de estudiar en la "Ecole Supérieure de Physique et de Chimie", obtuvo el diploma de físico en 1942.

En 1945 ingresó en el "Laboratoire Central de Télécommunications", Departamento de Transmisión y después en "Le Matériel Téléphonique", Boulogne, donde se especializó en el estudio y fabricación de transmisores BLU de potencia y sus receptores asociados para telefonía de larga distancia, utilizados por el Ejército y el Post Office francés.

En 1955 comenzó el trabajo técnico en sintetizadores y equipos móviles de BLU en la banda de HF y en la actualidad es ingeniero jefe del Laboratorio de Comunicaciones por Radio.

Es miembro de la "Société des Electriciens, des Electroniciens et des Radio-Electriciens".

# Métodos de localización por síntesis con diagramas de radiación virtuales

El diagrama radiado por un grupo de radiadores puede sintetizarse empleando lo que aquí se llama "diagramas virtuales".

Difieren de los diagramas reales en que son mucho más flexibles y pueden realizarse mucho más fácilmente por los modernos métodos de proceso de datos.

De este modo pueden procesarse independientemente muchos procedimientos de localización.

K. KOHLER

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart

## Introducción

Los diagramas de radiación de las antenas directivas pueden realizarse, según sea necesario, para los sistemas de localización y detección de dirección mediante la compresión especial de la energía electromagnética generada por un transmisor. Estos diagramas pueden generarse mediante radiadores separados o elementos radiantes individuales en los que la distribución de la energía del transmisor en el espacio y la forma de los diagramas de los radiadores se controla por la amplitud y las fases de las corrientes de cada elemento. El diagrama resultante puede entonces evaluarse midiendo la intensidad del campo en diferentes puntos del espacio utilizando un receptor adecuado. En lo que sigue, se demostrará que con la ayuda de los métodos adecuados de proceso de datos se puede realizar la síntesis de los diagramas de radiación directivos de los diversos puntos del espacio, aunque no exista ningún diagrama real, y que en cualquier momento los diagramas virtuales generados por síntesis pueden tener ventajas significativas, particularmente para la detección de dirección, comparados con los diagramas reales.

## Principio y generación de los diagramas virtuales

Para un mejor entendimiento debe recordarse como se genera un diagrama real. Supongamos, para mayor sencillez, que disponemos de un grupo de elementos radiantes en el espacio libre formado por una fila de radiadores isotrópicos colocados a igual distancia unos de otros ( $A_1 \dots A_n$ , Fig. 1). Estos elementos están alimentados con corrientes de amplitud y fase definidas.

La intensidad de campo resultante  $E_r$  en cualquier punto  $P$  del espacio es una consecuencia de la superposición de las intensidades de campo  $E_1, E_2 \dots E_n$  bajo diferentes condiciones de amplitud y fase, es decir, por suma vectorial de todos los campos simples. La figura 2 explica este ejemplo para un total de cuatro radiadores alimentados con corrientes de igual amplitud y fase, de forma que también las intensidades de campo  $E_1 \dots E_4$  son iguales. Todo esto es también válido para las diferencias de fase entre los campos ( $E_1$  y  $E_2$ ) generados por dos radiadores sencillos (por ejemplo,  $A_1$  y  $A_2$ ) en el punto de recepción  $P$  en la condición de que  $P$  esté alejado de las antenas, lo que significa, que las ondas que le llegan son planas. La diferencia de fase depende de la diferencia de longitud  $\Delta S$  entre el radiador y el punto  $P$ . Esta diferen-

cia de longitud es  $\Delta S = d \sin \varphi$ , donde  $d$  es la separación entre radiadores y  $\varphi$  es el ángulo formado por la perpendicular a la fila de radiadores  $A_1 \dots A_n$  y la línea indicadora de la dirección del punto  $P$ . La diferencia de fase es, entonces,

$$\Delta\psi = \frac{2\pi \cdot \Delta S}{\lambda} = \frac{2\pi d \cdot \sin \varphi}{\lambda} \quad (1)$$

Midiendo la intensidad del campo resultante  $E_r$  según diferentes ángulos  $\varphi$  y con la misma distancia a la antena, se obtiene la distribución relativa en el espacio del campo generado, lo que se denomina diagrama de radiación. La curva  $A$  de la figura 3 muestra aproximadamente dicho diagrama para una agrupación lineal de radiadores, formada por varios elementos simples, en el caso de que la amplitud y fase de todas las co-

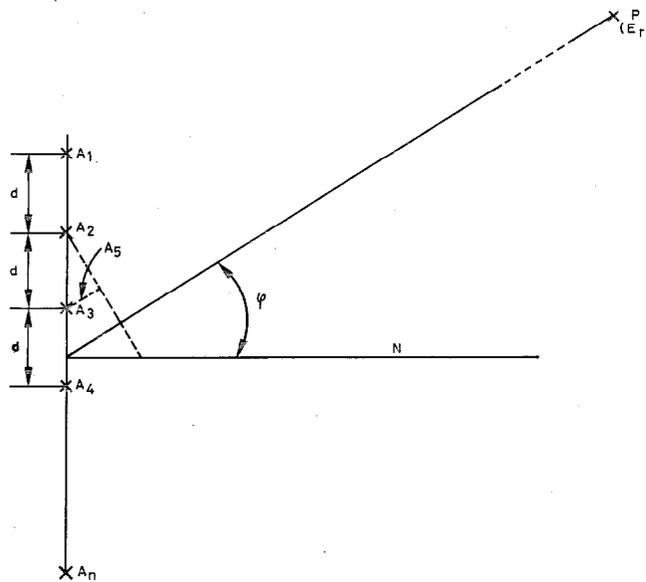


Fig. 1 Antena compuesta por radiadores isotrópicos equidistantes.

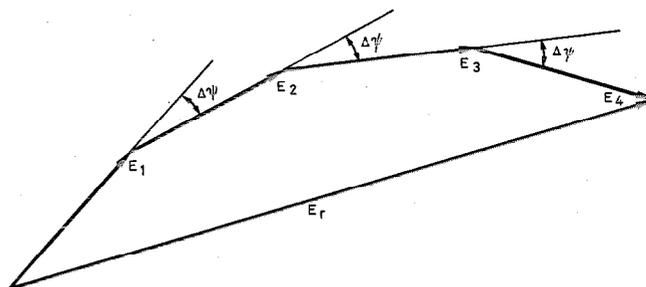


Fig. 2 Campo producido a gran distancia por una alineación de cuatro radiadores idénticos alimentados por la misma corriente (en fase y amplitud).

## Localización mediante diagramas de radiación virtuales

rientes de alimentación sean iguales. Si se alimentan simultáneamente todos los elementos, como normalmente se hace, un receptor normalizado mide los resultados que se muestran en la figura 2 como consecuencia de la suma vectorial de todos los campos con una tensión de salida proporcional al vector suma  $E_r$ .

La igualdad de alimentación de varios elementos en cuanto a amplitud y fase (lo que se indicó en nuestro ejemplo solamente por simplicidad) produce, sin embargo, diagramas no adecuados para los propósitos de detección de dirección o localización (A, Fig. 3), ya que, aparte del máximo principal ( $\varphi = 0$ ), existen lóbulos laterales adicionales importantes. La magnitud de estos lóbulos laterales puede disminuirse esencialmente si disminuye la amplitud de la corriente de alimentación de los elementos radiantes hacia los extremos de la agrupación lineal, partiendo desde el centro. Para un grupo normal de radiadores, la figura 4 muestra en forma esquemática como se alimentan las corrientes, desde el transmisor a cada elemento, a través de los atenuadores  $B_1 \dots B_n$  con los correspondientes factores de ponderación y la curva B, de la figura 3, muestra la efectividad de este procedimiento en relación con los lóbulos laterales.

Resulta obvio, ahora, que se podría obtener también el vector suma  $E_r$ , si fuese posible recibir los campos simples  $E_1, E_2 \dots E_n$  por separado, medir sus valores vectoriales y definir la magnitud del campo resultante  $E_r$  por síntesis construyendo el vector suma.

De hecho, los campos simples pueden recibirse por separado de forma sencilla si los elementos radiantes están alimentados secuencialmente en vez de estar alimentados simultáneamente; lo que se demuestra en la figura 5. Los elementos simples  $A_1$  a  $A_n$  se conectan al transmisor secuencialmente a través del conmutador  $W_s$ . Inicialmente, no han de considerarse los elementos designados como  $E_1 \dots E_n$ . Los campos simples, separados secuencialmente, en la antena receptora  $A_e$  se miden ahora en el receptor en cuanto a amplitud y fase. El resultado complejo de esta medida se distribuye a las memorias  $S_1 \dots S_n$  a través de un conmutador de recepción  $W_e$ , controlado en sincronismo por el conmutador del transmisor  $W_s$ ; las memorias se corresponden con los elementos radiantes simples. Tan pronto como se procese en el receptor la última señal procedente del radiador  $A_n$  y se alimente a la memoria  $S_n$ , todos los datos almacenados se suman vectorialmente en el ordenador C. El resultado del ordenador corresponde entonces a la magnitud del campo resultante  $E_r$ . Tal montaje puede realizarse en forma relativamente sencilla con dispositivos electrónicos normalizados. La sincronización entre los conmutadores del transmisor y del receptor  $W_s$  y  $W_e$  puede realizarse utilizando impulsos de sincronización adecuados. Para la medida de fase de las señales correspondientes a cada radiador se pueden utilizar varios procedimientos que no vamos ahora a discutir.

Un observador que midiese la señal de salida de un receptor especial (salida de ordenador), dependiendo de su posición relativa al transmisor, deduciría la presen-

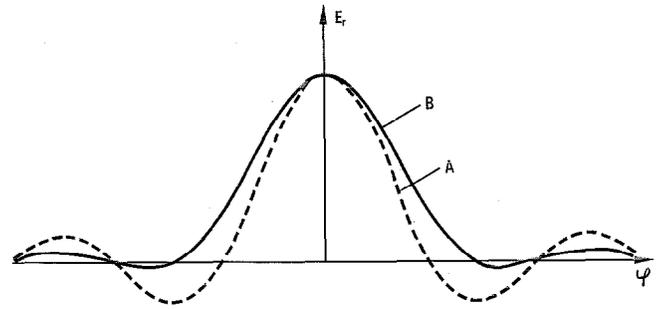


Fig. 3 Diagrama de radiación de una distribución lineal de varios elementos alimentados con corrientes de iguales amplitud y fase.

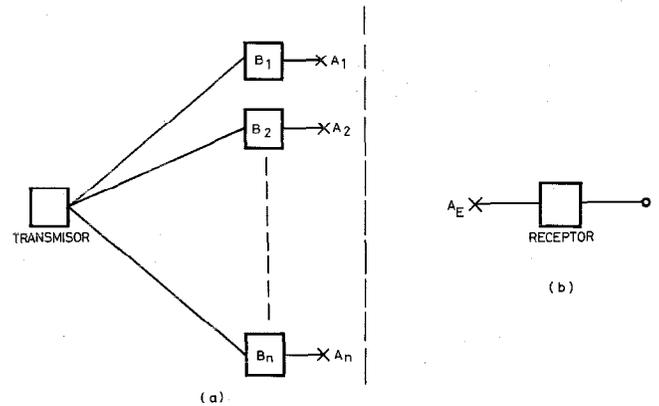


Fig. 4 Producción y recepción de un diagrama de radiación real. Disposición de alimentación de corriente a los radiadores con inclusión de elementos de ponderación y el correspondiente receptor.

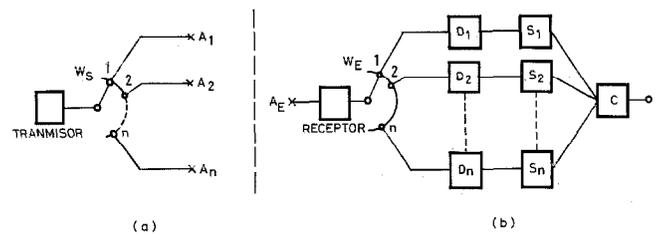


Fig. 5 Producción de un diagrama virtual. Alimentación de los radiadores en secuencia temporal y el correspondiente receptor con los elementos de conmutación y las memorias.

cia de un diagrama de radiación de una antena real que, sin embargo no existe en realidad, como consecuencia de la alimentación secuencial de cada uno de los elementos radiantes y, por lo tanto, nunca hubiera podido registrarse mediante un receptor normal. Aunque este diagrama ficticio no existe realmente, sin embargo, sus señales, después de procesadas por el dispositivo transmisor-receptor descrito, conducen a resultados útiles, llamándose a este resultado, diagrama virtual. El procedimiento de ponderación de las corrientes del transmisor para controlar los diagramas reales, según se describe en la figura 4, puede también utilizarse para la generación de diagramas virtuales según se muestra en la figura 5. Los radiadores simples  $A_1 \dots A_n$  se conectan inmediatamente con el transmisor a través del conmutador  $W_s$ , mientras que en la parte del receptor, los atenuadores  $D_1 \dots D_n$  se insertan entre el conmutador sincronizado  $W_e$  y las memorias  $S_1 \dots S_n$ .

Si las relaciones correspondientes  $W_1/D_1$  a  $W_n/D_n$  mantienen el mismo criterio de atenuación, el diagrama

virtual generado con la agrupación, según la figura 5, iguala totalmente al diagrama real correspondiente a la figura 4, con la condición de que todos los demás valores críticos sean idénticos.

De otra forma, se puede influir sobre la amplitud de los lóbulos laterales de un diagrama virtual de radiación de una antena, de la misma forma que en el diagrama real, empleando para el diagrama virtual en la parte de recepción los mismos métodos de ponderación que los utilizados normalmente en el lado del transmisor. Puede entenderse, que el mismo principio es también aplicable para modificar los diagramas de radiación según otros métodos que no se van a describir en este artículo. Es posible, por ejemplo, conseguir una exploración electrónica para agrupaciones de radiadores en fase también con métodos virtuales. El diagrama de radiación del grupo de radiadores  $A_1 \dots A_n$  de la figura 4 puede explorarse electrónicamente si los dispositivos  $B_1 \dots B_n$  se han diseñado como desfases adyacentes (por ejemplo,  $B_1$  y  $B_2$ ,  $B_2$  y  $B_3$ , etc.) se mantiene siempre constante, el máximo principal del diagrama de radiación se gira un ángulo  $\varphi_s$ , donde

$$\text{Sen } \varphi_s = \frac{\lambda \Delta \Psi_s}{2 \pi d} \quad (2)$$

De la misma forma en que se pueden reducir los lóbulos laterales de un diagrama virtual, tal diagrama virtual puede también explorarse electrónicamente si los dispositivos (desfases  $B_1 \dots B_n$  de la figura 4) se transfieren del lado del transmisor al del receptor. De nuevo, se obtiene conformidad total entre los diagramas virtual y real si el correspondiente desfase  $B_1/D_1$  produce la misma atenuación de fase. El diagrama virtual puede modificarse tanto en forma (lóbulos laterales) como en dirección (máximo del diagrama). En lugar de controlar las fases y amplitudes por medios analógicos como se muestra en la figura 5 para más fácil demostración, se puede realizar el control por métodos matemáticos. Se puede realizar, por ejemplo, de forma que la influencia de los dispositivos de atenuación se realice por multiplicación de la intensidad del vector por los factores correspondientes y la influencia de los desfases por adición de los correspondientes valores de fase a los valores del vector. Mediante estas consideraciones se puede reconocer que, generalmente, cada diagrama de radiación real que se pueda producir por un grupo de elementos radiantes, se puede obtener en el lado del receptor como un diagrama virtual si se utilizan los componentes correspondientes.

### Posibilidades de la aplicación de diagramas virtuales para los propósitos de localización y detección de dirección

La importancia general de los diagramas virtuales es obvia si se considera que todos los receptores, equipados con dispositivos adecuados para el proceso de datos, son capaces simultánea e independientemente entre sí de producir los más variados diagramas de forma virtual. El transmisor proporciona solamente información sobre los campos de cada uno de los radiadores que le componen, es decir, "materia prima de loca-

lización" que se procesará por los diversos receptores según su propósito navegacional individual. En lo que sigue, se mostrará como una pareja de procedimientos de navegación aérea bien conocidos podrían simularse mediante conformación por diagramas virtuales. Posteriormente se mostrarán algunas ventajas que presentan los diagramas virtuales respecto a los reales generados en forma convencional.

### Método de exploración

Un diagrama muy directivo se explora en el espacio mediante desfases electrónicos que emplean la variación en el tiempo del incremento de fase  $\Delta \varphi$ . La tensión en el receptor alcanza su máximo en el instante en que el máximo del diagrama está dirigido hacia el receptor. Por lo tanto, hay que definir en el receptor el momento exacto en que se consigue la tensión máxima. El incremento de fase  $\Delta \Psi_s$  correspondiente a este instante proporciona la dirección (azimut o elevación) del receptor respecto al transmisor de acuerdo con la ecuación (2).

En relación con el procedimiento de exploración virtual, se omiten los desfases de la estación terrestre. Los procedimientos de ponderación y de desplazamiento de fase se realizan matemáticamente en el receptor antes de la suma vectorial. Modificando  $\Delta \Psi$ , la suma de vectores da lugar a una función  $E(\Delta \Psi)$  que es idéntica a la función del receptor en el procedimiento de exploración real. La posición de  $\Delta \Psi_s$  al máximo de  $E(\Delta \Psi)$  y, por tanto, la dirección del receptor al transmisor se puede definir por cálculo.

Incluso los procedimientos de exploración trabajando con dos lóbulos principales pueden simularse mediante diagramas virtuales. El procedimiento de exploración virtual tiene la ventaja de que, en contraste con los procedimientos de exploración real, no hay que transmitir ninguna codificación de ángulos, y no puede aparecer ningún transitorio en el receptor; la velocidad de exploración así como la cobertura de la exploración no están limitadas por el receptor y, finalmente, que la libre elección del receptor hace posible utilizar un procedimiento con un haz o con dos haces gemelos.

### Procedimiento del cociente

Para el guiado horizontal de aeronaves en la fase de aproximación, en las del tipo ILS se generan dos diagramas reales que tienen posiciones fijas en el espacio. Mientras el primer diagrama tiene un nulo en la línea de aproximación, el segundo diagrama tiene un máximo. El cociente entre los valores de ambos diagramas es, dentro de un área estrecha, proporcional a la desviación del avión respecto a la línea de aproximación deseada. Realizando el procedimiento del cociente de acuerdo con la figura 5, los vectores almacenados en las memorias  $S_1 \dots S_n$  se multiplican inicialmente por el primer grupo de factores de ponderación y se añaden después vectorialmente para obtener el primer valor del diagrama. Se multiplican, después, los vectores con un segundo grupo de factores de ponderación correspondientes y se suman vectorialmente. Esto produce el

## Localización mediante diagramas de radiación virtuales

segundo valor del diagrama. A partir de estos dos valores se puede obtener el cociente que incluye el signo correcto y es proporcional a la desviación de la posición del avión respecto de la línea central de la pista de aterrizaje prolongada.

Se estableció anteriormente que con el procedimiento de exploración, los diagramas, con su máximo si se utilizaba un solo haz o con un nulo si se utilizaban dos haces, podían girarse hacia cualquier dirección deseada. Esto también es posible con el procedimiento del cociente. Este efecto también puede obtenerse por el método del diagrama virtual. La ventaja de este método es la de que el receptor de a bordo puede posicionar su guía para que el avión se aproxime en cualquier dirección deseada.

### Otras ventajas de los diagramas virtuales

Mediante el ejemplo de un sistema de aterrizaje instrumental pueden mostrarse otras ventajas de los diagramas virtuales. Para asegurar una precisión de guía suficiente en azimut en aterrizajes de baja visibilidad y, particularmente, disminuir los errores de medida resultantes de la propagación por caminos múltiples (reflexiones en la tierra y en estructuras artificiales) es deseable disponer de diagramas de radiación altamente directivos. Esta alta concentración, realmente, no perjudica la última fase de aproximación pero dificulta el encuentro del plano de guía durante la fase de captación. Para resolver este problema, el sistema ILS (Instrument Landing System) emplea un sistema de ajuste adicional, que superpone su propio diagrama de radiación sobre el diagrama del transmisor indicador de la dirección (localizador). De esta forma, sin embargo, se generan interferencias adicionales y errores de medida como consecuencia de la propagación por caminos múltiples. Estas dificultades se pueden evitar mediante los diagramas virtuales. Con ayuda de incrementos de fase  $\Delta\psi$  se puede llevar la línea de guía a cualquier dirección deseada en el espacio. Surge así la posibilidad de que el avión que se está acercando empiece la aproximación con un programa de búsqueda (search program). La fase se varía en forma similar a como se realiza en el procedimiento de exploración. Mediante un programa de ordenador adecuado se da el valor  $\Delta\psi$  para el cual el diagrama virtual, definido por la línea de guía, quede dirigido precisamente hacia el receptor del avión. A continuación, otro programa de ordenador simula un procedimiento de seguimiento hasta que se encuentra el punto correcto de captación. A partir de este momento, se puede utilizar el programa de aproximación adecuado.

En la figura 6 se resumen otras posibilidades. Se muestra un avión en su línea de aproximación utilizando para su guiado horizontal el método del cociente (simulación ILS) con sus dos diagramas virtuales B y C.

Un segundo avión G se aproxima al mismo tiempo siguiendo la misma línea de guiado y emplea, por ejemplo, un procedimiento de exploración con su diagrama virtual. De esta forma, los diagramas virtuales aumentan la flexibilidad de los procedimientos de aproxima-

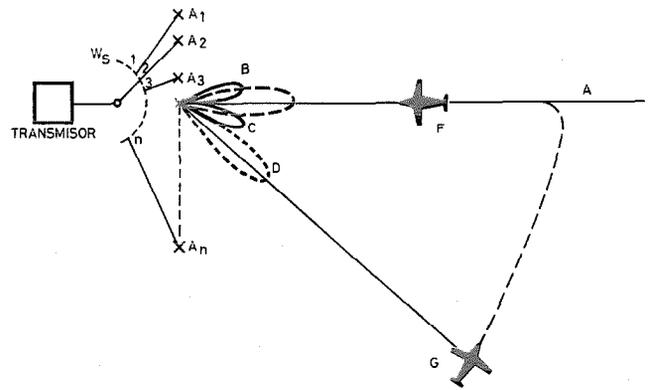


Fig. 6 Dos aviones en vías de aproximación empleando diferentes diagramas virtuales.

ción y aterrizaje y mejoran la frecuencia de tráfico. Los diagramas virtuales producen ventajas también en cuanto a la medida de los ángulos de elevación. Para evitar errores de propagación por caminos múltiples, el diagrama de antena es altamente directivo en el plano vertical y se genera un ángulo de deslizamiento fijo. Esto limita operacionalmente la capacidad del aeropuerto ya que los perfiles y envolventes adecuados de los diferentes tipos de aviones (V/STOL o CTOL) son muy diferentes y pueden requerir caminos de aproximación curvados. Incluso este problema puede resolverse mediante diagramas virtuales de forma sencilla, generalmente, un avión VTOL podría aproximarse según un plano de deslizamiento virtual de gran pendiente mientras que otro avión con un perfil de aproximación plano empieza su aproximación con un ángulo pequeño de su plano de deslizamiento.

El último ejemplo de aplicación de los diagramas virtuales es para demostrar que, en aquellos casos en que los diagramas de radiación muy directivos no son suficientes para evitar los errores de medida, se pueden alcanzar verdaderas mejoras en relación con la precisión de las mediciones. Este ejemplo afecta también a la medida del ángulo de elevación de un avión que se está aproximando. La superficie del suelo produce interferencias y falsifica las medidas. Si, por ejemplo, el lóbulo principal  $A_0$  del diagrama de radiación de la antena (Figs. 7a y 7b) está dirigido hacia el avión que se aproxima y, en ese instante, el lóbulo lateral del diagrama de radiación ( $A_1$ ) señala en la dirección de la radiación, reflejado por el suelo (ángulo de reflexión imagen  $-\varphi$ ), se pueden producir errores considerables. Se puede disminuir bastante este error de medida de ángulo girando el diagrama de radiación del transmisor, de forma que, el lóbulo lateral máximo no señale en esta dirección en la que coincide con la radiación reflejada por el suelo ( $B_1$  Fig. 7b). Ahora, al medir el ángulo de elevación  $\varphi$  en el receptor, conocemos también la dirección  $-\varphi$  de la interferencia, si suponemos que el suelo alrededor de la estación es relativamente horizontal. Podemos girar, por tanto, el diagrama virtual sin dificultad hasta que su nulo señale la dirección  $-\varphi$ . Esto elimina la porción de terreno crí-

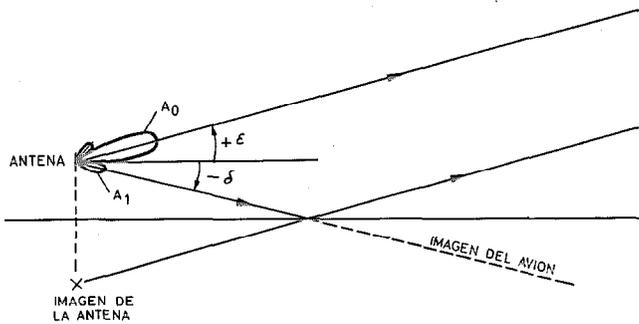


Fig. 7a El lóbulo principal del diagrama se dirige hacia el avión y el primer lóbulo lateral hacia la imagen.

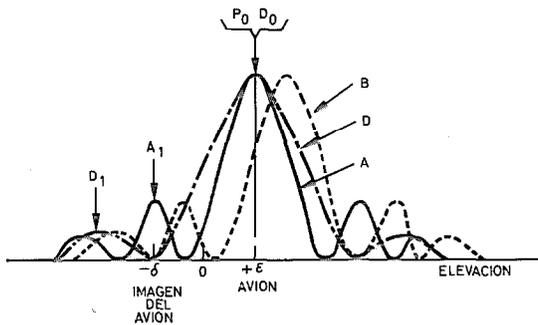


Fig. 7b Curva A: Diagrama de campo correspondiente a la Fig. 7a. Curvas B y D: Diagrama de campo después de corregido. La dirección de la imagen del avión corresponde a un cero del diagrama.

tica. Si se trata de emplear este método de mejora de precisión en la determinación del ángulo de elevación influenciando los diagramas de antena convencionales daría lugar a grandes gastos para los sistemas de antenas terrestres controladas remotamente. Aparte del hecho de que tal sistema en un momento dado podría servir solamente a un solo avión que se aproximase, todas estas desventajas se omiten con el uso de los diagramas virtuales. Se puede aún considerar una extensión posible del procedimiento descrito; en lugar de girar el diagrama de radiación de la posición B (ver Fig. 7b) hasta que desaparezca la interferencia de reflexión, se puede conseguir el mismo efecto reconfigurando el diagrama de radiación (curva D de la figura 7b). Por el giro del diagrama de radiación de A a B, la señal se debilita debido a que el avión ya no se desplaza según el máximo de radiación del diagrama. Con el diagrama D, sin embargo, el avión permanece en el máximo principal. Operacionalmente, se puede probablemente combinar ambas posibilidades modificando no solo la amplitud sino también la fase de cada uno de los elementos radiantes. En correspondencia con las señales recibidas y dependiendo de las variaciones del valor medido, se pueden controlar estas modificaciones mediante un programa de ordenador.

#### Comparación entre los diagramas virtual y real

En lo que sigue, se consideran brevemente algunas de las características particulares de los diagramas virtuales.

#### Directividad

La directividad máxima que puede conseguirse con un diagrama virtual para una agrupación de antenas dada es, para cualquier dirección, igual a la directividad que pueda tener el diagrama real de esta agrupación. La directividad del diagrama real, sin embargo, puede disminuir según se quiera. Mediante el uso de antenas transmisoras adecuadas, se pueden generar diagramas virtuales con una ganancia constante dentro de un área grande (por ejemplo, en un área de 360° utilizando una agrupación circular).

#### Propagación por caminos múltiples

La propagación por caminos múltiples que resulta, por ejemplo, de la reflexión sobre la superficie de la tierra o sobre estructuras de cualquier tipo modifican los diagramas virtuales de igual forma que a los diagramas reales, lo que no está en conflicto con la hipótesis de que se pueden evitar más fácilmente las interferencias debidas a reflexiones utilizando técnicas virtuales. La eficacia del diagrama virtual frente a las interferencias se basa sencillamente en el hecho de que puede reconfigurarse más sencilla y rápidamente, de forma que se pueda mejorar la relación de la señal útil a la de interferencia. La eficacia de los procedimientos de localización con diagramas virtuales en presencia de interferencia se aumenta porque el receptor, como resultado de sus propias observaciones de medida, puede detectar errores y, por lo tanto, está en posición de utilizar esta información para el control del diagrama de radiación, como se ha demostrado en el ejemplo de la medida del ángulo de elevación.

#### Características del elemento radiante simple

La descripción inicial se basó en la suposición de que la agrupación de radiadores opera en espacio libre y emplea radiadores isotrópicos alineados. Cada radiador, desde luego, tiene su propia directividad que, como las agrupaciones geométricas de los elementos simples y las condiciones ambientales, tiene una influencia sobre la forma del diagrama. No existe diferencia de influencia sobre un diagrama real o virtual. Con generalidad se puede decir que el diagrama de un radiador que pueda generarse con cualquier agrupación de radiadores en cualquier posición del espacio, puede simularse con un diagrama virtual en todos sus detalles. El tipo de antena, la disposición geométrica así como la magnitud y fase de las corrientes de alimentación se seleccionan arbitrariamente. La única condición es que el receptor obtenga la información correspondiente y la utilice con el procedimiento de proceso de datos apropiado.

#### Acoplamiento entre los radiadores simples

Se sabe que el acoplamiento mutuo de elementos radiantes simples próximos produce cierta dificultad para el diseño de agrupamientos complejos de radiadores ya que su efecto puede difícilmente definirse en forma matemática. Esta dificultad se evita en el diseño de agrupaciones de radiadores dedicadas especialmente para su utilización con diagramas virtuales ya que en

un momento dado solamente un elemento radiante está alimentado y todos los demás pueden estar totalmente desacoplados para este período de tiempo. Esto se realizará mediante métodos adecuados, por ejemplo, desintonizando mediante diodos conmutadores. Por esta razón, los diagramas virtuales arbitrariamente complejos pueden calcularse con un alto grado de precisión y pueden realizarse con la ayuda de un ordenador debidamente programado.

### Relación señal/ruido

Un requisito importante para la realización de diagramas virtuales es la posibilidad de medir con precisión la fase y amplitud de señales transmitidas por los elementos radiantes simples así como la suma correcta de la fase y amplitud de aquellas señales. Si esta condición se verifica particularmente por una medida precisa de fase, la comparación entre un sistema que genere un diagrama real y otro sistema que genere el mismo diagrama en forma virtual, producirá exactamente la misma relación señal/ruido para cualquier dirección, si son iguales también las potencias de salida de los transmisores. Este supuesto puede resultar inicialmente sorprendente ya que la señal recibida y, por tanto, la relación señal/ruido del receptor normalizado en un máximo del diagrama real de radiación es proporcional a la suma de la potencia radiada por  $n$  elementos radiantes simples mientras que la relación señal/ruido de un receptor colocado en el máximo de un diagrama de radiación virtual corresponde solamente a la potencia radiada por un solo elemento. Para  $n = 100$ , la diferencia debería ser de 20 dB. Esta aparente contradicción se explica sencillamente por el hecho de que la proposición básica de la generación de los diagramas virtuales es la posibilidad de una adición en fase real de las señales recibidas de forma que se verifiquen las características de integración de una predetección coherente. La integración coherente de  $n$  señales simples recibidas según el máximo de un diagrama virtual, sin embargo, mejora la relación señal/ruido de la señal resultante en comparación con una señal simple en el factor  $n$  aproximadamente de forma que la señal resultante y su relación señal/ruido es proporcional a la suma total de la potencia radiada. Esto es también cierto con el diagrama virtual en el campo del diagrama real.

### Resumen

El empleo de diagramas virtuales conduce a un concepto de localización nuevo, particularmente adaptable a usos generales, en el cual para una multitud de apli-

caciones de localización y navegacionales solamente son necesarios una instalación transmisora y receptores uniformes. La antena transmisora, diseñada como agrupación de radiadores, define, basada en su disposición geométrica, únicamente la directividad de energía máxima y el margen de funcionamiento de los diagramas virtuales mientras que los receptores diseñados uniformemente definen, a través de un proceso de datos programado, la forma del diagrama virtual. Un número ilimitado de receptores puede producir, sin interferencia mutua, una multitud de diagramas virtuales de lo más variado si se dispone de los programas de ordenador adecuados. Con estos diagramas diferentes puede realizarse un gran número de tareas de localización y navegación. Generalmente, un receptor podría realizar simultáneamente varios servicios.

La facilidad y sencillez con que se pueden influenciar o cambiar los diagramas virtuales o procedimientos de síntesis de localización, con solo cambiar los programas de proceso de datos, conduce a un principio que puede ganar gran importancia en el futuro, llamado el principio de un receptor de navegación auto-adaptable. Se sabe que a partir de un elevado número de observaciones de medida con la ayuda de la aproximación de Gauss de los mínimos cuadrados, se pueden realizar conclusiones sobre las magnitudes de los errores de las medidas, si se conoce la ley para el caso libre de errores. Independientemente de la magnitud de los errores de medida se puede influir sobre el diagrama virtual de forma que se reduzca el error de medida. La influencia sobre el diagrama puede estar bien limitada sobre ciertas partes, es decir, posición y magnitudes de los lóbulos laterales o comprender un cambio completo, es decir, conmutación desde un diagrama de interferencia de medida a un diagrama de determinación de dirección máxima en el caso de aparición de ambigüedad de fase. En cualquier caso, la adaptación en situaciones de interferencia, se puede facilitar grandemente por la posibilidad de una rápida variación del diagrama mediante un simple cambio del programa de tratamiento de datos. Se puede incluso imaginar el control de los diagramas virtuales mediante un circuito cerrado de control que, a su vez, se controla por la salida del dispositivo de proceso de datos. Esto da lugar a un "receptor pensante" que se adapta automáticamente a la situación de interferencia reduciendo los errores de medida de localización que se considera normalmente practicable.

**K. Kohler** se graduó en Matemáticas en la Technische Hochschule Stuttgart. En 1952 ingresó en Standard Elektrik Lorenz AG y desde entonces ha trabajado en circuitos, antenas y sistemas de navegación.

# Notas de investigación

## Sistema de conversión óptima de potencia para satélites

Y. ROBIN-JOUAN

Laboratoire Central de Télécommunications, París, Francia

Este desarrollo se refiere a satélites de órbita cercana a la Tierra, cuya energía procede de dos fuentes convencionales: generador solar (fuente primaria) y baterías (fuente secundaria). El sistema de conversión asociado suele tener una estructura triangular: tres reguladores de conmutación de alto rendimiento interconectan entre sí las fuentes y la barra de distribución (bus bar) de c.c., y constituyen los tres nodos de la estructura.

Partiendo de esta estructura, de uso común, LCT ha desarrollado nuevos circuitos de proceso y control para unidades de potencia, y ha establecido un plan de optimización del sistema (Fig. 1).

La meta de la optimización es mantener al sistema suministrador de potencia trabajando permanentemente en el punto de máxima potencia (PMP) (o en inglés, MPP) de la característica del generador solar. Por tanto, las constantes de carga y descarga se ajustan de tal manera que el consumo total de potencia se adapte exactamente a la disponible.

El sistema debe soportar algunas perturbaciones que ocurren en cada uno de los tres nodos de la estructura.

nodo 1: variación en la actividad de la generación solar, en función de:

- la intensidad del flujo luminoso incidente
- la temperatura del acumulador
- el envejecimiento

nodo 2: posibles limitaciones, de acuerdo con el estado de carga y descarga de la batería;

nodo 3: variación del consumo de potencia de los equipos.

Las amplitudes de estas variaciones son verdaderamente elevadas en órbitas cercanas a la Tierra, debido a que en ellas el satélite se encuentra en la zona de sombra terrestre durante una gran parte de su período orbital.

En la solución desarrollada, se utilizan cuatro niveles de servocontrol, que son:

- 1<sup>er</sup> nivel: cada regulador tiene su propio servocontrol:
  - regulación del voltaje de la barra distribuidora ( $R_1$ )
  - control de carga y descarga de la batería ( $R_2$  y  $R_3$ )
- 2<sup>o</sup> nivel: control de la característica global de carga presentada al generador solar ( $R_1 + R_2$ ) y eliminación del riesgo de inestabilidad física del punto de trabajo.
- 3<sup>er</sup> nivel: control de los reguladores, en función de sus dinámicas respectivas y de los parámetros que caracterizan a los tres nodos del sistema. En consecuencia, se definen cuatro modos de trabajo:

- modo 1  $R_1$  y  $R_2$  con.  $R_3$  descon. } plena iluminación
- modo 2  $R_1$  y  $R_3$  con.  $R_2$  descon. } iluminación débil o pico de consumo de potencia  
o bien  $R_2$  y  $R_3$  con.  $R_1$  descon.
- modo 3  $R_1$  con.  $R_2$  y  $R_3$  descon. } batería completamente descargada
- modo 4  $R_3$  con.  $R_1$  y  $R_2$  descon. } satélite en la zona de sombra terrestre

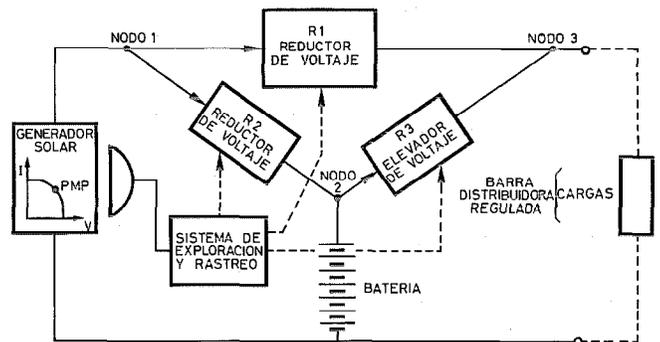


Fig. 1 Diagrama de bloques del sistema de alimentación optimizada.

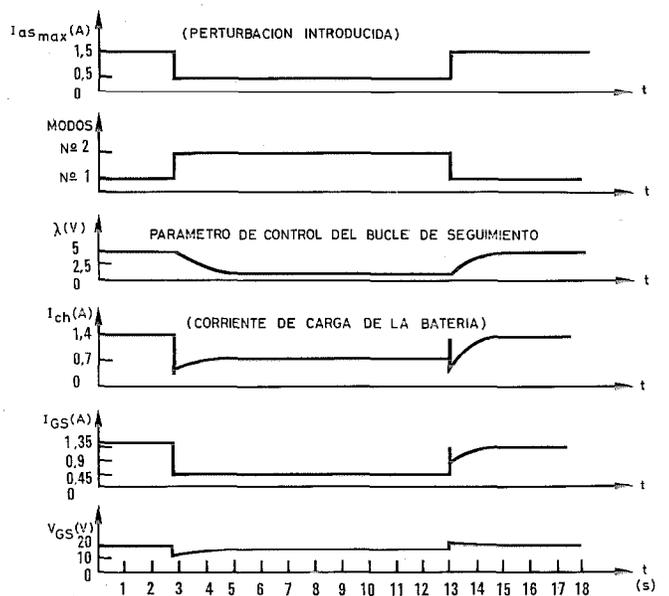


Fig. 2 Respuesta de una fuente de potencia optimizada a una perturbación del tipo función escalón.  
Consumo de la barra distribuidora: 10 W.  
Voltaje de la barra distribuidora regulado a 15 V.  
Características del generador solar:  
 $V_{GS}$  max.: 20 V  
 $I_{GS}$  max. conmutada entre 0,5 A y 1,5 A

## Nota de investigación

4º nivel: exploración de la curva característica del generador solar, usando una modulación superpuesta en una señal de control del regulador.

: trazado del punto de trabajo de máxima potencia, a partir de los datos obtenidos en la exploración.

En cualquier caso, se consideran como funciones prioritarias la estabilización de la barra distribuidora y la protección de la batería. Se ha dedicado un cuidadoso estudio teórico de la estabilidad a cada bucle de servocontrol.

En el diseño del sistema de seguimiento y de los circuitos de control se ha tenido presente su normalización gracias a ello, se les puede adaptar prácticamente a cualquier dispositivo alimentador de potencia convencional de estructura triangular. Por lo que se refiere a los reguladores, la verdad es que no se han hecho hipótesis demasiado exigentes.

Se ha construido un modelo representativo (potencia entregada: 20 a 25 vatios). Ello ha permitido una buena determinación de las características de funcionamiento del sistema de rastreo:

- estabilidad asegurada en un margen más amplio que el necesario,
- exactitud de optimización: alrededor del 1 al 2 %, medida en términos de potencia,
- tiempo de respuesta a una perturbación de tipo escalón: alrededor de 1 segundo (Fig. 2).

La optimización ha dado por resultado una ganancia del orden del 20 % de la energía en el recorrido simulado de una órbita (altitud 1000 km).

El número de componentes adicionales es bajo, comparado con una fuente de potencia convencional alrededor de 15 circuitos integrados TO 5 con sus elementos asociados. No se necesita circuito de potencia. Todos estos circuitos adicionales se han diseñado a base de componentes cualificados para aplicaciones espaciales (lista CNES), y caben en el volumen de cuatro módulos "cordwood" (componentes montados paralelamente entre dos placas de circuito impreso) de  $20 \times 20 \times 40$  mm.

Por supuesto se puede extender el método de optimización adaptado a cualquier otro dispositivo de potencia conectado a una fuente de potencia no lineal, cuya característica varíe con el tiempo.

# Los teléfonos en el mundo el 1 de Enero 1972\*

Sigue siendo característico el rápido crecimiento de la red telefónica mundial con casi 19 millones de teléfonos más que en 1970. Durante 17 años consecutivos se ha sobrepasado el 6% en el crecimiento, lo que lleva el total de teléfonos a 291 millones.

El número de países con más de medio millón de teléfonos es ahora 38, habiéndose añadido Bulgaria en el pasado año. Los EE.UU. mantienen su primacía con 125,1 millones de teléfonos en servicio y como en los ocho años anteriores Japón y el Reino Unido conservan el segundo y tercer puestos con 29,8 y 16,1 millones respectivamente.

Ya hay 19 ciudades en el mundo con más de 1 millón de teléfonos, 4 más que el año pasado; de ellas 8 están en EE.UU.

El número de conversaciones por persona sigue siendo una importante medida de la penetración de los teléfonos en la vida social y de negocios. En este aspecto los primeros son: EE.UU. (830 por persona), Canadá (781) y Suecia (687).

Durante 1971 el incremento de llamadas internacionales llevó a 31 millones de llamadas entre EE.UU. continental y ultramar, con un importante aumento del 24% respecto al año anterior. Este aumento en el número de llamadas ha significado un aumento del 15% en el número de circuitos telefónicos ultramarinos, también respecto al año anterior.

Los datos presentados se ha recogido a lo largo de un año y reflejan el estado al primero de enero de 1972.

Como esta información no sería posible sin la cooperación de muchas administraciones y compañías telefónicas de todo el mundo, expresamos nuestro agradecimiento a todas ellas.

\* Según "The World Telephones as of January 1, 1972", publicado por el servicio de estadísticas de American Telephone and Telegraph Company, Nueva York.

Distribución de teléfonos por continentes en 1 Enero 1972

Continente	Número de teléfonos en servicio				Explotados por Compañías privadas		Automáticos	
	1971	1972			Cantidad en 1972	% del total	Cantidad en 1972	% del total
		Cantidad	% del total mundial	Por 100 hab.				
América del Norte	129.518.000	134.961.000	46,3	58,4	133.099.000	98,6	134.822.000	99,9
América Central	2.776.000	3.077.000	1,1	3,1	2.427.000	78,9	2.915.000	94,7
América del Sur	6.137.000	6.419.000	2,2	3,3	2.486.000	38,7	5.980.000	93,2
Europa	90.301.000	97.986.000	33,6	14,8	17.933.000	18,3	92.853.000	94,8
Africa	3.342.000	3.531.000	1,2	1,0	16.000	0,5	2.927.000	82,9
Asia	34.704.000	39.216.000	13,5	1,8	28.536.000	72,8	35.725.000	91,1
Ocenia	5.879.000	6.139.000	2,1	29,2	482.000	7,9	5.656.000	92,1
Total	272.657.000	291.329.000	100,0	7,8	184.979.000	63,5	280.878.000	96,4

Cantidad de conversaciones telefónicas durante 1971

País	Millares de conversaciones			Promedio por persona
	Local	Larga distancia	Total	
Abu Dhabi	15.600	239	15.839	220,0
Africa Central, Rep. de	6.410	15	6.425	3,2
Africa del Sudoeste	30.072	4.212	34.284	52,7
Africa del Sur, Rep. de	2.882.745	100.534	2.983.279	133,6
Alemania, Rep. Dem.	960.202	406.639	1.366.841	80,2
Alemania, Rep. Fed. de	8.004.865	3.673.852	11.678.717	190,6
Angola	34.951	2.911	37.862	6,8
Antigua	3.550	69	3.619	60,3
Antillas holandesas	59.577	592	60.169	267,4
Argentina	4.306.302	79.234	4.385.536	186,2
Australia	2.848.000	226.209	3.074.209	243,2
Bahrain <sup>2</sup>	15.563	108	15.671	59,3
Barbados <sup>2</sup>	127.800	149	127.949	535,4
Bélgica	968.456	321.638	1.290.094	132,9
Bermuda <sup>1</sup>	23.960	304	24.264	449,3
Bolivia	30.431	361	30.792	6,1
Brasil	12.389.700	248.134	12.637.834	132,5

# Los teléfonos en el mundo

Cantidad de conversaciones telefónicas durante 1971				
País	Millares de conversaciones			Promedio por persona
	Local	Larga distancia	Total	
Burundi	7.062	10	7.072	2,0
Canadá	16.450.190	512.075	16.962.265	780,9
Congo, Rep. Popular de <sup>3</sup>	14.769	464	15.233	15,9
Corea, Rep. de	2.229.856	112.035	2.341.891	73,4
Costa Rica	190.458	13.011	203.469	113,9
Chad	4.797	55	4.852	1,3
Checoslovaquia	1.397.361	165.695	1.563.056	108,3
Chile	1.025.457	35.746	1.061.203	107,5
China, Rep. de	1.739.528	32.095	1.771.623	119,4
Chipre	71.005	2.867	73.872	115,6
Dinamarca	1.412.510	562.639	1.975.149	397,7
Dominica <sup>2</sup>	2.175	22	2.197	30,5
El Salvador <sup>2</sup>	1.582	146	1.728	0,5
Estados Unidos	163.795.000	8.002.000	171.797.000	830,0
Etiopia	74.360	3.341	77.701	3,1
Filipinas	4.500	2.853	7.353	0,2
Francia <sup>5</sup>	n. d.	n. d.	5.361.477	104,6
Gambia	1.419	45	1.464	3,9
Ghana	14.257	44	14.301	1,6
Gibraltar	8.002	62	8.064	298,7
Grecia	1.936.488	139.230	2.075.718	237,0
Groelandia <sup>6</sup>	3.123	44	3.167	66,0
Guadalupe <sup>5</sup>	n. d.	n. d.	6.421	19,4
Guatemala	121.058	593	121.651	22,7
Guayana	17.193	1.029	18.222	25,6
Guinea francesa <sup>5</sup>	n. d.	n. d.	1.825	37,2
Guinea portuguesa	2.348	129	2.477	4,4
Holanda	1.687.686	1.191.526	2.879.212	218,2
Honduras británicas	2.647	64	2.711	21,9
Hungría	657.998	36.232	694.230	67,0
India	2.533.000	164.308	2.697.308	4,9
Indonesia	182.426	9.746	192.172	1,6
Irlanda	310.902	45.479	356.381	120,0
Islandia	120.071	10.643	131.614	638,9
Islas Bahamas	84.970	975	85.945	482,8
Islas Cabo Verde	3.946	26	3.972	14,5
Islas Caimán <sup>2</sup>	3.737	19	3.756	341,5
Islas Chanel	35.589	3.562	39.151	318,3
Islas Fiji <sup>4</sup>	15.948	808	16.765	31,6
Islas Gilbert & Ellice	100	120	220	3,9
Islas Norfolk	17	0	17	17,0
Islas Oceanas	300	50	350	62,5
Islas Ryukyu	240.128	2.421	242.549	255,3
Islas Vírgenes (R. U.) <sup>2</sup>	2.848	81	2.929	266,3
Islas Vírgenes (U.S.A.) <sup>7</sup>	19.777	759	20.536	315,9
Israel <sup>6</sup>	425.936	603	426.539	141,6
Italia	8.834.642	1.702.612	10.537.254	195,2
Japón	32.987.000	8.981.372	41.968.372	400,8
Jordania	44.916	992	45.908	19,1
Kenia <sup>5</sup>	48.867	90	48.957	4,2
Kuwait <sup>2</sup>	280.000	136	280.136	361,9
Laos	2.194	27	2.221	0,7
Lesotho	2.866	426	3.292	3,5
Libia, Rep. árabe	44.500	1.748	46.248	23,0
Liechtenstein <sup>8</sup>	3.464	3.878	7.342	349,6
Luxemburgo <sup>2</sup>	73.316	4.150	77.466	227,2
Macao	39.423	186	39.609	123,4
Madagascar	28.200	721	28.921	4,2
Maldivas, Rep. de	317	0	317	2,8
Malta	20.168	95	20.263	62,3
Martinica <sup>5</sup>	n. d.	n. d.	6.146	18,2
Mauricio & Dep. <sup>5</sup>	6.669	5	6.674	8,1
México	4.091.324	84.635	4.175.959	82,2
Mónaco	5	8.462	8.467	338,7
Montserrat <sup>2</sup>	930	15	945	78,8
Mozambique	39.165	3.795	42.960	5,2
Muscat & Oman <sup>2</sup>	1.783	18	1.801	1,8

Cantidad de conversaciones telefónicas durante 1971				
País	Millares de conversaciones			Promedio por persona
	Local	Larga distancia	Total	
Nepal	26.900	48	26.948	2,4
Nigeria <sup>6</sup>	63.712	2.968	66.680	1,0
Noruega	800.000	125.800	925.800	237,1
Nueva Caledonia	5.802	342	6.144	60,8
Pakistán	13.781	30.440	43.221	0,4
Panamá	130.436	5.596	136.032	89,3
Papua y Nueva Guinea	16.055	628	16.683	6,7
Paraguay	71.652	907	72.559	29,7
Perú	860.985	12.068	873.053	62,3
Polinesia francesa	5.800	176	5.976	52,4
Portugal <sup>9</sup>	287.952	290.780	578.732	67,1
Puerto Rico	515.035	17.107	532.142	193,0
Qata <sup>2</sup>	14.582	70	14.652	124,2
Reino Unido	10.396.024	1.721.259	12.117.283	217,6
Reunión <sup>5</sup>	n. d.	n. d.	6.851	15,3
Santa Lucía <sup>2</sup>	3.954	50	4.004	38,9
San Marino	1.883	482	2.365	131,4
San Pedro y Miguelón	798	8	806	161,2
San Vicente <sup>2</sup>	3.665	41	3.706	41,2
Sao Tome & Principe	487	59	546	8,3
Sarawak	33.942	2.184	36.126	36,3
Seychelles <sup>2</sup>	1.227	1	1.228	23,2
Singapur	770.732	1.928	772.660	366,2
Siria, Rep. árabe	154.288	5.451	159.739	24,8
Sri Lanka, Rep.	88.038	5.415	93.453	7,4
Suecia <sup>10</sup>	4.748.000	834.000	5.582.000	686,8
Suiza <sup>8</sup>	1.051.998	1.175.730	2.227.728	353,0
Surinam <sup>2</sup>	24.235	85	24.320	63,5
Swazilandia	5.241	1.293	6.534	15,5
Tailandia	219.473	3.828	223.301	6,5
Tanzania <sup>5</sup>	21.905	32	21.937	1,6
Terr. francés de Afars & Issas	1.709	35	1.744	37,2
Timor portugués	584	47	631	1,0
Togolese, Rep.	6.420	125	6.545	3,2
Trinidad y Tobago	157.602	31.748	189.350	183,8
Turquía	630.480	35.788	666.268	18,4
Uganda <sup>5</sup>	25.544	38	25.582	2,5
Vietnam, Rep. de	103.317	818	104.135	5,7
Yugoslavia <sup>2</sup>	1.048.424	1.237	1.049.661	51,1
Zaire, Rep. de <sup>6</sup>	49.373	563	50.936	2,3
Zambia <sup>2</sup>	7.267	568	7.835	1,8

<sup>1</sup> Los datos excluyen los sistemas telefónicos de las fuerzas armadas.

<sup>2</sup> Local incluye datos interurbanos.

<sup>3</sup> Local incluye datos de llamadas interurbanas marcadas por el abonado.

<sup>4</sup> Local incluye algunas llamadas marcadas por el abonado y deducidos de los impulsos empleando el factor 3,25.

<sup>5</sup> Solamente los datos obtenidos y los deducidos de los impulsos utilizando el factor 3,25 de conversión.

<sup>6</sup> Datos locales deducidos de los impulsos mediante el factor de conversión 3,25.

<sup>7</sup> Local incluye los datos interurbanos obtenidos y los deducidos de los impulsos mediante el factor de conversión 3,25.

<sup>8</sup> Datos interurbanos e internacionales deducidos de los impulsos mediante el factor de conversión 3,00.

<sup>9</sup> Datos locales e interurbanos parcialmente suministrados en impulsos. La parte medida en impulsos se ha transformado mediante el factor de conversión 3,25.

<sup>10</sup> Datos referidos al 30 de junio de 1972.

## Los teléfonos en el mundo

Países con más de 500.000 teléfonos en 1 Enero 1972								
País	Teléfonos en servicio						Automático	
	Cantidad			% de aumento		Por 100 hab.	Cantidad en 1972	% del total
	1972	1971	1962	1971	1962			
Alemania de Este	2.165.235	2.089.216	1.366.199	3,6	58,5	12,70	2.165.235	100,0
Alemania del Oeste	15.245.686	13.834.827	6.508.664	10,2	134,2	24,88	15.245.686	100,0
Argentina	1.825.532	1.746.015	1.360.205	4,6	34,2	7,68	1.741.901	95,4
Australia <sup>1</sup>	4.151.622	3.913.167	2.382.478	6,1	74,3	32,62	3.831.402	92,3
Austria	1.546.719	1.427.333	750.309	8,4	106,1	20,74	1.544.284	99,8
Bélgica	2.161.744	2.018.827	1.211.449	7,1	85,0	22,24	2.161.744	100,0
Brasil	2.064.950	2.000.726	1.115.934	3,2	78,4	2,12	1.883.612	91,2
Bulgaria	534.257	473.047	189.648	12,9	181,7	6,24	420.381	78,7
Canadá	10.290.305	9.750.011	6.014.015	5,5	71,1	47,35	10.214.480	99,3
Colombia	1.005.771	974.415	326.542	3,2	208,0	4,62	979.484	97,4
Corea, Rep. de	748.474	633.818	121.671	18,1	515,2	2,29	595.664	79,6
Checoslovaquia	2.111.996	2.003.421	1.114.049	5,4	89,6	14,63	2.012.231	95,3
Dinamarca	1.793.926	1.696.765	1.193.555	5,7	50,3	35,84	1.735.469	96,7
España	5.129.501	4.604.368	1.949.156	11,4	163,2	15,02	4.240.133	82,7
Estados Unidos	125.142.000	120.218.000	77.422.000	4,1	61,6	60,13	125.080.000	99,9
Finlandia	1.289.592	1.180.785	654.167	9,2	97,1	27,83	1.181.678	91,6
Francia	9.546.173	8.774.261	4.648.896	8,8	105,3	18,54	8.091.260	84,8
Grecia	1.229.630	1.044.777	268.564	17,7	357,9	14,01	1.207.031	98,2
Holanda	3.720.817	3.409.842	1.740.110	9,1	113,8	28,05	3.720.817	100,0
Hong-Kong	691.616	583.222	128.535	18,6	438,1	17,03	691.616	100,0
Hungría	873.194	823.600	471.102	6,0	85,4	8,42	693.358	79,4
India	1.351.200	1.245.352	518.036	8,5	160,8	0,25	1.097.200	81,2
Israel	563.569	510.550	132.429	10,4	325,6	18,23	563.569	100,0
Italia	10.321.581	9.368.732	3.860.849	10,2	167,3	19,09	10.321.581	100,0
Japón <sup>2</sup>	29.827.936	26.233.360	8.057.858	13,7	270,2	28,18	27.551.396	92,4
México	1.714.960	1.507.363	567.316	13,8	202,3	3,37	1.598.205	93,2
Nueva Zelanda <sup>2</sup>	1.281.105	1.262.427	801.875	1,5	59,8	44,04	1.140.357	89,0
Noruega	1.204.153	1.144.795	773.421	5,2	55,7	30,70	1.027.025	85,3
Polonia	1.970.856	1.867.086	957.022	5,6	105,9	6,0	1.728.949	87,1
Portugal	809.380	749.963	426.787	7,9	89,6	9,34	712.841	88,1
Reino Unido	16.143.102	14.966.748	8.609.000	7,9	87,5	28,88	15.981.509	99,0
Rumania	726.554	n. d.	316.854	—	129,3	3,53	609.873	83,9
Sudáfrica, Rep. de <sup>2</sup>	1.623.805	1.553.825	970.223	4,5	67,4	7,17	1.300.132	80,1
Suecia	4.679.691	4.505.802	2.904.173	3,9	61,1	57,58	4.679.069	100,0
Suiza	3.213.065	3.025.779	1.761.946	6,2	82,4	50,91	3.213.065	100,0
Turquía	654.452	576.943	254.535	13,4	157,1	1,79	506.974	77,5
U.R.S.S.	11.980.000	11.000.000	5.119.061	8,9	134,0	4,86	10.480.000	87,5
Yugoslavia	820.860	736.045	276.487	11,5	196,9	3,99	795.362	96,9

<sup>1</sup> Datos en 30 junio 1971.

<sup>2</sup> Datos en 31 marzo 1971.

## Nuevas realizaciones

### Encargo de centrales móviles PC-32 para España.

La Compañía Telefónica Nacional de España ha solicitado a Standard Eléctrica, S.A., una asociada a ITT, el suministro de 15 centrales móviles PC-32 de 700 líneas y 39 enlaces universales, con señalización MF entre registradores y del tipo C.C. o fuera de banda (E & M) en línea.

Este tipo de centrales es equipado en contenedores de 6,05 m (20 pies). En 6 de dichas centrales, el equipo de transmisión estará instalado dentro del propio contenedor.

Un prototipo de estas centrales móviles está dando servicio con plena satisfacción en el pueblo de Vegadeo desde el pasado mes de diciembre.

Se ha empezado a fabricar otro prototipo de central móvil PC-32 de 1.000 líneas con fuerte tráfico. Se equipa en un furgón semirremolque de 12,5 metros de longitud.

Standard Eléctrica, S.A., España

### Simposio sobre técnicas ITT de transmisión en Baden/Viena.

Durante los días 20 al 22 de febrero de 1973, se celebró un simposio sobre técnicas ITT de transmisión para la PTT austriaca en la Kongresshaus de Baden, a 30 km al sur de Viena. Expertos de ITT procedentes de siete países europeos se reunieron con los más destacados ingenieros de telecomunicación de la PTT austriaca, tanto de Viena como de las provincias, entre los que se encontraba Mr. Kurmayer, director técnico de este organismo.

El simposio versó sobre todas las líneas de productos para la transmisión, abarcando no sólo los sistemas ITT ya existentes, sino también las técnicas de planificación y las expectativas futuras. El primer día se dedicó a PCM. En el programa del segundo día figuraban los sistemas de cable coaxial, los radioenlaces, la canalización y los nuevos modems. Durante el tercer día se presentaron comentarios sobre transmisión de datos, sistemas de abonado y de corrientes portadoras y sistemas por satélite.

Se resaltaron de modo especial los desarrollos llevados a cabo en el Centro de Investigación ITT de Standard Eléctrica (España) de los que ha resultado una perspectiva científica del crecimiento telefónico, así como un esquema óptimo de los sistemas de telecomunicaciones nacionales. Otros puntos destacados del programa de investigación y desarrollo son los referentes a la TV por cable y la transmisión por medio de guías de ondas ópticas.

ITT Austria, Viena

### La Comandancia de Electrónica del Ejército adjudica un importante contrato sobre terminales para satélites a ITT Defense Communications.

ITT Defense Communications anunció a primeros de abril la recepción de un importante contrato, concedido por la Comandancia de Electrónica del Ejército (Fort Monmouth), cuyo objetivo es el desarrollo de terminales portátiles para comunicación por satélite y equipo asociado, con destino a la Agencia de Comunicaciones por Satélite del Ejército de los EE.UU.

De acuerdo con este contrato, la Compañía diseñará, desarrollará, fabricará, probará y entregará cuatro unidades experimentales de terminales para superalta frecuencia (SHF). Se proveerán también cinco circuitos integrados terminales nodales y piezas de recambio, herramientas, equipo de prueba, documentación y entrenamiento.

Se diseñarán los terminales de tal forma que puedan manejar datos de voz, teleimpresor y facsímil más un circuito de servicio para teleimpresor.

ITT Defense Communications, miembro del ITT Defense Space-Group, está especializada en el diseño, desarrollo y producción de terminales terrestres para satélites militares, sistemas de transmisión, comunicaciones submarinas, equipo espacial y sistemas de conmutación para comunicaciones.

ITT Defense Communications Division,  
Estados Unidos de América

### Cables combinados electromecánicos submarinos.

STC ha desarrollado una extensa gama de cables combinados electromecánicos submarinos. Estos cables de funcionamiento seguro y avanzada técnica, proporcionan circuitos para muchos tipos de funciones tales como control, señalización, alumbrado, telemetría, audio y video. Están complementados por una experimentada serie de juntas, cajas estancas y terminaciones aplicables a cualquier tipo de cable que se utilice en estructuras subacuáticas y objetos remolcados.

Cada cable está diseñado para cumplir las especificaciones de una determinada aplicación. Casos típicos son los cables para helicópteros y sonar de profundidad variable; cables para arrastre de cámaras de televisión submarina; cables para boyas de sonar y de señalización, cables para habitáculos submarinos y umbilicales para diversas aplicaciones tales como perforaciones submarinas en alta mar y para telemetría. Se han proporcionado cables de estos tipos para exploraciones en alta mar y proyectos de defensa en todo el mundo.

Standard Telephones and Cables Limited, Reino Unido

### Sistema de transmisión digital para la British Post Office.

La British Post Office (B.P.O.) ha adjudicado un contrato a STC para el diseño, desarrollo, instalación y puesta en marcha de un sistema experimental por cable coaxial capaz de transportar información a una velocidad de 120 Mbits/seg. sobre cables coaxiales ya existentes de pequeño diámetro. El sistema se basará en la experiencia adquirida durante los recientes estudios sobre calidad llevados a cabo por STC. La capacidad del sistema es de 1680 canales de voz o un canal de televisión en color. La prueba de campo del sistema experimental se llevará a cabo en el enlace entre Guildford y Portsmouth y se ha establecido que empezará a funcionar dentro de dos años.

Las técnicas de transmisión digital se pondrán en práctica sobre enlaces por cable ya existentes. Gracias a que la separación entre repetidores intermedios es la misma que en el caso del sistema analógico existente, será posible emplazar los generadores en los mismos alojamientos que los repetidores actuales. Esto facilitará durante la próxima década la introducción de sistemas de transmisión digital en las redes existentes.

La B.P.O. será la primera administración europea de telecomunicaciones que trabajará con un sistema de 120 Mbits/seg.

Standard Telephones and Cables Limited, Reino Unido

### Nuevo centro de radio para la Policía de Viena.

Con el fin de poder satisfacer el continuo crecimiento de sus necesidades, las organizaciones policíacas de las grandes ciudades necesitan centros de control unidos constantemente por radio con todos los agentes, motorizados o no.

El Ministerio austriaco del Interior, a través de ITT Austria, encargó a SEL un contrato cuyo objeto es el suministro e instalación de un centro de llamadas por radio de este tipo. En el momento de planear la instalación, de cuatro millones y medio de marcos alemanes que deberán ser transferidos en 1974, se tuvo también en cuenta el incremento futuro previsto de su capacidad.

Diez pupitres de conmutación de radio están conectados al centro. Cada pupitre tiene asignado uno o dos canales de radio y es capaz de conmutar llamadas de radio a líneas telefónicas. Un mapa mural de tres por cuatro metros muestra a los agentes que atienden los pupitres de llamadas de emergencia y los pupitres de conmutación de radio, la siguiente información, en 24 campos de 6 dígitos: el número de identificación del coche patrulla en acción, estatus operacional (luz de alarma encendida, servicios especiales), distrito inspeccionado y canal de radio utilizado. La unidad de control del coche patrulla controla la presentación de esta información. Cuando va de servicio, el agente introduce la llave de contacto en la unidad de control y actúa el pulsador asignado el distrito en el que se encuentra. Un procesador traduce esta información para presentarla en el mapa mural. El pupitre de control central añade además el número del canal radiofónico. En los pupitres de

## Nuevas realizaciones

comutación de radio se presenta la identificación del coche patrulla al comienzo de la llamada mientras que el número del canal se indica durante toda ella. Se dispone de un total de 13 canales duplex y 6 simplex en la banda de 2 metros, tanto para el tráfico radiofónico con los coches patrulla como para el de otros agentes (por ejemplo, centro de control de tráfico, policía criminal, inspector general, centro de mando). Además se ha previsto la adición de 2 canales duplex en la banda de 70 cm. El centro de radio actúa por control remoto las estaciones distribuidas por toda la ciudad y las supervisa continuamente.

Se pueden suministrar hasta 35 posiciones adicionales de respuesta. A su vez pueden introducirse canales de radio para escuchar o hablar. Por último, el contrato cubre el suministro de estaciones móviles, estaciones de supervisión y estaciones fijas de los tipos FuG9 y SE57.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana

### Servicio de tarificación de llamadas.

En el laboratorio de Milán, Tennessee, se está desarrollando un método único para acumular teledatos en un sistema de conmutación telefónica paso a paso.

El método reemplaza a los contadores existentes por el ordenador ITT 1650. El ordenador se conecta al sistema a través

de circuitos adaptadores insertados entre el buscador de línea y el primer selector. El número del abonado llamado se obtiene por exploración de los impulsos del disco marcador en los hilos a y b del adaptador. El número del abonado que llama se obtiene por identificación del hilo c. Los tiempos de respuesta y desconexión se obtienen supervisando la inversión de batería en el adaptador. Todos los datos necesarios para tasar cada llamada se almacenan permanentemente en una cinta magnética, para su consiguiente tratamiento.

El sistema se ofrecerá en configuración SIMPLEX y DUPLEX, con posibilidad de colección remota de datos.

ITT Telecommunication, Estados Unidos de América

### Radiofaros omnidireccionales de efecto Doppler, a VHF, para el Reino Unido.

La British Civil Aviation Authority (CAA), encargó a Standard Elektrik Lorenz AG (SEL) cinco radiofaros omnidireccionales de efecto Doppler, a VHF (DVOR-S), incluidas las antenas y los anillos para montaje de las mismas. Dos de los sistemas fueron suministrados en diciembre de 1972 y los tres restantes en julio de 1973.

Los dispositivos que utilizan el efecto Doppler, proporcionan información exacta sobre la orientación, incluso bajo condicio-

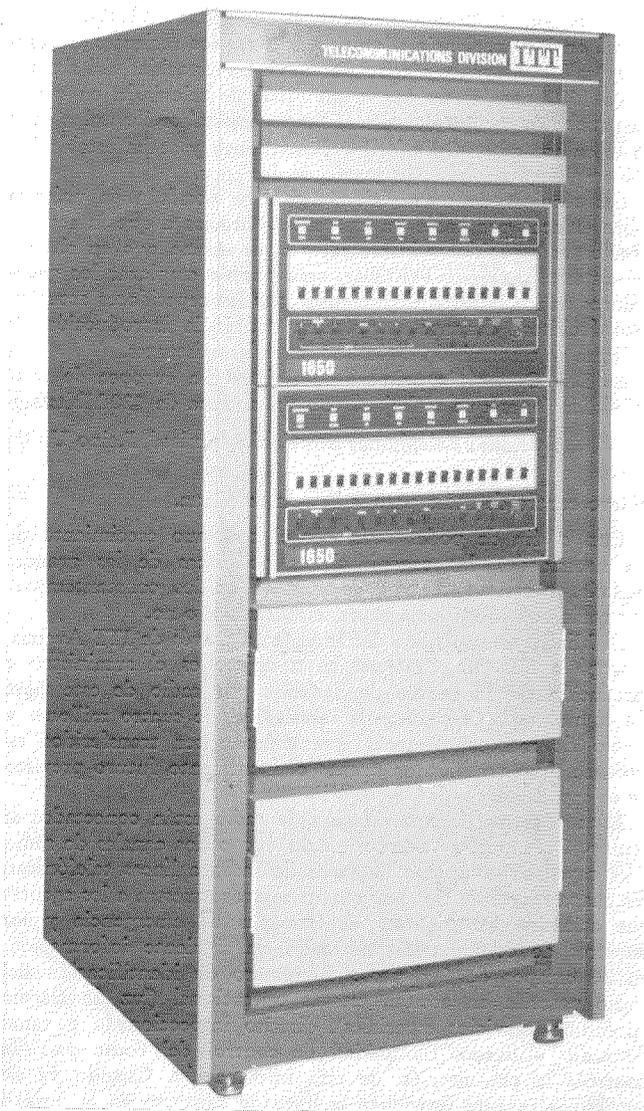


Fig. 1 Unidad de control duplex del servicio de tarificación de llamadas, con dos equipos para interconexión (interface) telefónica entre ordenadores 1.650 y sistemas paso a paso.

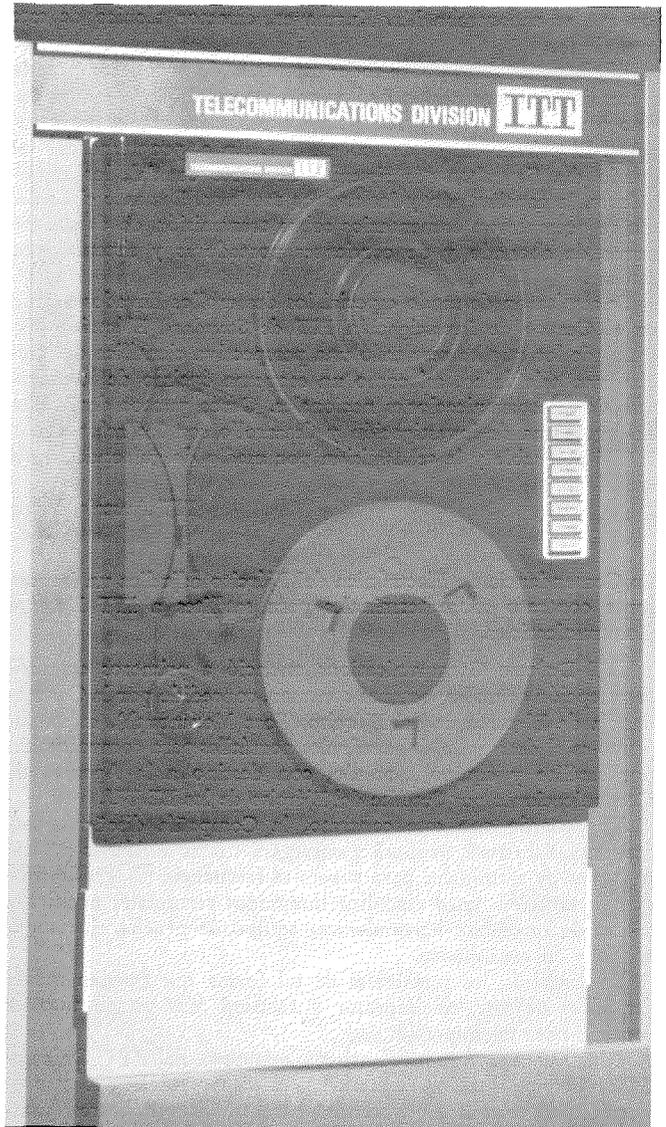


Fig. 2 Unidad de cinta del servicio de tarificación de llamadas, capaz de almacenar los datos de las llamadas no asociadas en bobinas de 731 metros (2.400 pies) y 9 pistas, a razón de unos 315 bits por cm (800 bpp).

nes adversas de propagación, y son completamente compatibles con los receptores de a bordo ya existentes.

El DVOR-S es un sistema que utiliza en su totalidad componentes de estado sólido (S = solid state = estado sólido) al igual que el resto de la nueva generación de equipos para ayudas a la navegación de SEL, tales como el VOR-S, el VOT-S y el ILS-S. Varios países, entre ellos Suecia, Reino Unido y República Federal Alemana, planean una introducción de los radiofaros omnidireccionales de efecto Doppler, a VHF, en gran escala. Hasta ahora, diez países han encargado a SEL un total de más de 40 sistemas Doppler.

En los últimos años, las autoridades del control aéreo de varios países efectuaron numerosas pruebas de los sistemas DVOR instalados por SEL. Los resultados fueron sobresalientes: mientras SEL fija oficialmente la estabilidad radial a largo plazo en  $\pm 1^\circ$ , las pruebas demostraron sin excepción que la tolerancia estaba incluso por debajo de  $\pm 0,5^\circ$ . Esto se obtuvo aun en sitios donde las condiciones de propagación eran tan extremadamente desfavorables que hacían inservible un VOR convencional.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana

#### Mejora sustancial del timbre telefónico mediante un nuevo soporte de la armadura.

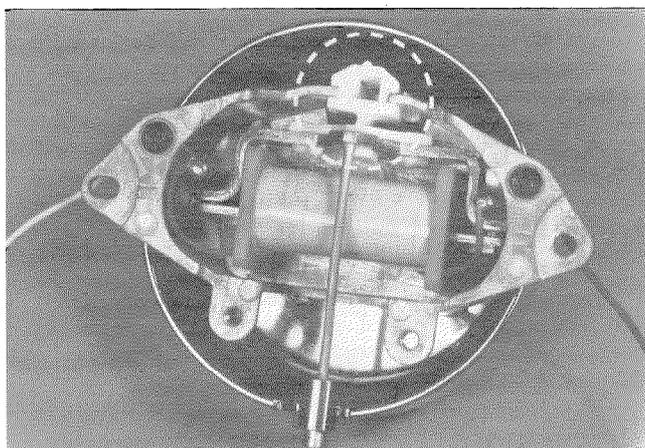
Los timbres de CA utilizados en aparatos telefónicos, deben satisfacer una gran variedad de condiciones de diseño así como ciertos requisitos acústicos y eléctricos.

A menudo, los fabricantes de esta clase de equipos encuentran dificultades a la hora de satisfacer dichos requisitos, que a veces eran contradictorios entre sí. Por ejemplo, los timbres deben tener una sonoridad mínima relativamente alta incluso en las condiciones de funcionamiento más desfavorables. Por otra parte, no está permitido que el voltaje microfónico sobrepase ciertos límites (el voltaje microfónico indica la tensión medida en los hilos del cable conductor cuando el timbre del aparato telefónico está funcionando).

Los soportes axiales y de cuchillas que se han venido usando casi exclusivamente hasta la fecha, presentan algunos inconvenientes respecto a las propiedades microfónicas, por culpa de sus respectivas holguras axial y radial. Por si esto fuera poco, resultan caros.

Se podría obtener un soporte de armadura sin holgura introduciendo una articulación a charnela de plástico flexible (ver fotografía). Esto trae como consecuencia una considerable reducción del voltaje microfónico. Al mismo tiempo, permite mejorar otras propiedades del timbre, en particular las referentes a sensibilidad y regularidad.

El soporte de armadura de plástico va provisto de un corchete de resorte y unas ranuras de referencia que garantizan un montaje simple y un buen asentamiento de la armadura. Una ventaja muy importante de este tipo de soporte es la firmeza con que queda amarrada a la caja del timbre; como con-



Timbre telefónico con nuevo soporte para la armadura.

secuencia de ello, las buenas propiedades de este componente se mantienen incluso después de sufrir caídas y vibraciones y apenas existen defectos de fabricación.

El material de que está hecho el soporte es una poliamida que supone una solución óptima respecto a absorción de agua, propiedades del moldeo por inyección, rigidez, resistencia a la flexión y precio.

El timbre de CA con este tipo de soporte corresponde a la clase JWF de la Norma Alemana DIN 40040.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana

#### Encargos de Pentaconta y Sistema de Datos DS4.

CGCT ha recibido del Ministerio de Gobernación francés el encargo de un sistema de conmutación de mensajes electrónico, "DATASYSTEM DS4\*" cuyo corte se llevará a cabo dentro de año y medio.

Este conmutador de datos será el único automático del centro de conmutación para todos los mensajes telegráficos entre el Ministerio de Gobernación y las Prefecturas. El centro, que estará equipado con dos ordenadores CT 21 construidos por CGCT, comprenderá inicialmente 62 líneas entrantes y 58 salientes, de baja velocidad.

Este nuevo encargo representa el número 25 de los DATA-SYSTEM DS4 vendidos por el Departamento de Transmisión de Datos de CGCT.

Por otra parte, se acaban de recibir varios pedidos de centrales telefónicas automáticas Pentaconta desde Iberoamérica. Así, el Departamento de Teléfonos Públicos de CGCT está a punto de instalar 9.100 nuevas líneas en Costa Rica, que posteriormente se convertirán en las 19.650 líneas que componen el total de las vendidas por CGCT a este país. Por último, el Departamento de Transmisión de Datos de CGCT, proporcionará 15 centrales automáticas Pentaconta de tránsito 4 hilos/2 hilos para la red de fuerza del Golfo de Maracaibo por cuenta de CADAFE, que es la administración de la energía eléctrica venezolana.

Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques,  
Francia

\* Marca registrada del sistema ITT

#### Aceptación de la Central Metaconta L, en versión Miniswitch, para Rabat por el Centre National d'Etudes de Télécommunications (CNET = Centro Nacional francés de Estudios de Telecomunicación).

La central telefónica Metaconta L, en versión Miniswitch, de Rabat-Agdal fué inaugurada el 26 de febrero de 1972 con cerca de 270 líneas de abonados. Hacia mediados de mayo de 1972, se conectaron 1.400 líneas más, y a finales de año, el número total de líneas llegaba a las 2.000 de las 3.000 que se han de instalar, ampliables a 10.000. A petición de la administración marroquí, un equipo de probadores del CNET, procedió a realizar la prueba de aceptación de la central entre el 29 de noviembre y el 20 de diciembre de 1972.

Las pruebas versaron sobre muchos aspectos de la central, tales como el grado de servicio, el buen funcionamiento de la unidad de control de entrada/salida, los dispositivos de mantenimiento y operación, los dispositivos de abonado, etc.

El equipo Metaconta L en versión Miniswitch superó las pruebas con éxito.

Por ejemplo, el grado de servicio observado, con la exclusión de los casos normales de congestión y fallos originados en la red del cable, se situó entre 0,10 y 0,15% según el tipo de llamada.

Además, se podría resaltar que este grado de servicio incluso ha sido mejorado recientemente, después de corregir el funcionamiento de un circuito, actuando sobre sus tolerancias operacionales.

Los nuevos grados de servicio son de 0,01% para las llamadas locales y 0,03% para las llamadas entrantes o salientes.

El informe de la prueba contiene observaciones muy útiles

## Nuevas realizaciones

que fueron tenidas en cuenta no solamente para este caso sino también de cara a equipos futuros.

En su conclusión, el informe muestra una favorabilísima opinión sobre la calidad del equipo Metaconta L en versión Miniswitch, como puede verse en la siguiente cita traducida.

“Lógicamente se puede esperar que este esfuerzo (la mejora de la calidad de la red de cable), junto con el del fabricante, que ha limitado la severidad de las pruebas de línea al objeto de mejorar el grado aparente de servicio, permitirán aumentar plenamente el valor de un sistema cuya técnica avanzada y cuyas ventajas facilitan un funcionamiento muy flexible y una excelente calidad de servicio.”

En esta cita, la expresión “grado aparente de servicio” se refiere a lo percibido por el abonado; realmente era preferible, desde este punto de vista, mantener en servicio aquellas líneas que no fueron consideradas como satisfactorias por el sistema y que por ello dejaron de prestar servicio.

Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques, Francia

### Inauguración de la Central Pentaconta Gigante “TUILERIES”.

El día 15 de mayo se ha procedido a la inauguración de la primera fase de la central girante “TUILERIES” (Tullerías), con la participación del Primer Ministro, Excmo. Sr. D. Pierre Messmer, y del Ministro de Correos y Telecomunicación, Excmo. Sr. D. Hubert Germain.

Instalada bajo los jardines de la histórica explanada, esta cen-



Fig. 1 El Presidente y Director General de LMT, Sr. D. Claude Etchegaray conversando con el Primer Ministro.

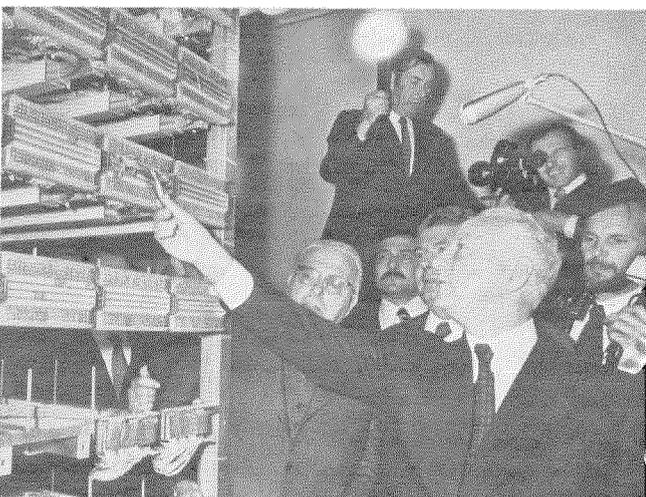


Fig. 2 Funcionarios observando el cuadro de distribución general.

tral proporciona un moderno servicio a los abonados de la zona de negocios sita en el centro de la capital, disminuyendo así la congestión de tráfico en las centrales que ya existían en dicha zona.

La capacidad final de esta central será la equivalente a 250.000 líneas de abonado ordinario.

Laboratoire Central de Télécommunications, Francia

### Centrales locales Metaconta 10 C para Hong-Kong.

La Hong Kong Telephone Company ha hecho un pedido a BTM para el suministro de centrales Metaconta 10 C del tipo local medio.

BTM va a proveer dos unidades de diez mil líneas que serán instaladas en Kennedy Town, isla de Hong-Kong.

Las centrales serán cortadas, respectivamente en enero y abril de 1975.

Las centrales locales Metaconta 10 C de tipo medio fueron seleccionadas por su flexibilidad, el poco espacio que necesitan y su moderado consumo de potencia.

Bell Telephone Manufacturing Company, Bélgica

### Centro de control ferroviario en funcionamiento, en Stuttgart-Zuffenhausen.

A fines de marzo de 1973 la Federal German Railways inauguró uno de los más modernos sistemas de control en las estaciones ferroviarias Stuttgart Zuffenhausen. Este sistema de señalización geográfica del tipo SpDrL 60, suministrado y producido por SEL, actúa como punto central de control para las estaciones de Stuttgart-Nord, Stuttgart-Feuerbach y Stuttgart-Zuffenhausen, así como para la estación de pasajeros de Kornwestheim. Controla unos 500 recorridos ferroviarios de larga y corta distancia y 940 maniobras al día. La nueva instalación sustituye a 12 sistemas mecánicos y electromecánicos, el más viejo de los cuales data de 1895. Ahora se pueden asignar 40 de las 52 personas empleadas a otros puestos de trabajo, a fin de paliar la gran escasez de mano de obra en la Dirección de Ferrocarriles de Stuttgart.

Dada la gran extensión del área controlada, el diagrama de seguimiento se representa en un panel vertical de 7 m de largo y 1,9 de alto, que consta de 192 x 20 mosaicos. Todo el sistema está controlado por dos supervisores sentados ante los pupitres de control, frente al panel. Cada pupitre de control está provisto de un teclado numérico en el que figura, con 3 dígitos cada uno, los números de las señales, los puntos, los itinerarios, etc. Los números seleccionados aparecen inmediatamente en un pequeño tubo de rayos catódicos. Pulsando dos de los números es posible, por ejemplo, identificar los puntos de partida y destino de una ruta, que a su vez se puede entonces señalar mediante la actuación de otras dos teclas. Cada uno de los pupitres de control está equipado además con 12 posiciones iluminadas para preparativos de entrada de rutas muy frecuentadas. El panel también tiene indicaciones luminosas con los números correspondientes a los trenes que le recorren, de acuerdo con el movimiento real de los mismos. Mediante aparatos que indican la situación de vía despejada/ocupada, se observa continuamente cada una de las secciones individuales de vía. Gracias a la evaluación de los resultados obtenidos en esta observación, se pueden establecer “operaciones” de ruta automática, es decir, las rutas se programan automáticamente, sección por sección tan pronto como un tren entra en la sección precedente. Este funcionamiento automático también cumple todos los requisitos de seguridad por ejemplo haciendo pruebas sobre protección lateral.

Aunque el equipo para señalización y telecomunicaciones está alimentado por la red pública de CA, un corte en el suministro de energía eléctrica no dañaría el buen funcionamiento o el flujo de tráfico. Una batería de emergencia se convertirá en fuente energética, a través de los convertidores, hasta que comencese a funcionar un motor Diesel.

En lo referente al trabajo de instalación exterior se han proporcionado 171 puntos con mandos eléctricos. Además se



SEL ha equipado la estación Stuttgart-Zuffenhausen con un sistema de control de tráfico centralizado, para el control de tráfico local y principal en un campo que abarca las estaciones de Kornwestheim, Stuttgart-Feuerbach y Stuttgart-Nord. El diagrama de rutas está equipado con una nueva presentación electrónica de los números de los trenes.

han sustituido 308 viejas señales de disco por señales luminosas y se han equipado 240 secciones de vía con equipos para observación. 208 km de cables interconectan el centro de control con el equipo exterior.

La estación ferroviaria de Stuttgart-Zuffenhausen es el punto de cruce de las arterias principales Stuttgart-Heidelberg-Mannheim, Stuttgart-Pforzheim-Karlsruhe y la línea de la Selva Negra. Para hacerse una idea de su importancia piénsese que la línea entre la estación principal de Stuttgart y Ludwigsburg ha sido ya cuaduplicada en los 20 últimos años.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana

#### Sistema de Comunicación de Teleimpresores para la Deutscher Depeschen Dienst.

A finales de diciembre de 1972, la nueva agencia de noticias alemana "Deutscher Depeschen Dienst" (ddp) de Bonn, Konrad-Adenauer-Haus, encargó a SEL un sistema de comunicación de datos y teleimpresor 650 ADX, que empezará a funcionar en octubre de 1973. La Deutscher Depeschen Dienst será la segunda agencia de noticias que utilice un sistema de este tipo, tras la dpa (que cuenta con un 6400 ADX).

El ADX 650, simplificará y acelerará, para la ddp la recopilación, manejo y distribución de noticias, tanto para los editores de los periódicos como para las estaciones de radio y televisión. El procesador central del sistema ADX 650, que permite la conexión de 24 líneas de teleimpresores, con velocidades de 50 y 100 baudios, es un ordenador PDP 8E con una memoria de núcleo de ferrita de 8 kilopalabras (de 12 bits cada palabra) y otra de tambor magnético de 256 kilopalabras. Además el sistema tiene 2 impresores de datos de salida que operan con una velocidad de 44 caracteres/s.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana

#### Dos bibliotecas universitarias compran a SEL sendos sistemas transportadores de tipo contenedor.

No solamente empresas industriales, administraciones y hospitales, sino también grandes bibliotecas, están reemplazando sus servicios de envío por sistemas transportadores. En las bibliotecas estos sistemas contribuyen a racionalizar el trabajo, acelerando y automatizando el transporte de libros desde las estanterías hasta el emplazamiento de la oficina de registros de salida. Durante el curso de este desarrollo, SEL ha recibido encargos para sistemas transportadores por contenedor del tipo 15 a cargo de las bibliotecas universitarias de Salzburg y Erlangen.

Los sistemas transportadores por contenedor del tipo 15 están especialmente configurados para el transporte de libros y carpetas de un tamaño inferior o igual al DIN C3, pero también admiten cualquier otro material de este tamaño. Los contenedores, hechos con un plástico muy robusto, ofrecen un espacio útil interior de 500 × 330 × 200 mm y transportan cargas de hasta 15 kg. Dependiendo de las condiciones del edificio y de la capacidad de funcionamiento solicitada, se pueden combinar montacargas, grúa con cabina y en general dispositivos elevadores para el transporte vertical, con las cintas transportadoras del horizontal.

Los elevadores van provistos de estaciones de carga y descarga, así como de conductos para enlace con las cintas transportadoras, que pueden ir equipadas con controladores de ruta accionados eléctricamente. El destino de los contenedores se puede identificar gracias a las llamadas placas de destino, donde éste va grabado. Los indicadores de campo magnético responden a las marcas magnéticas grabadas en las placas. Este dispositivo identificador de destino, sin contactos, no necesita mantenimiento.

En tres edificios distintos se instalaron en la Universidad de Salzburg cuatro elevadores con plataformas para carga y des-

## Nuevas realizaciones

carga automáticas, y transportadores de enlace, cuya longitud total será de unos 160 m. En la biblioteca de la Universidad de Erlangen, se instalará un montacargas que remontará unos 24 m y servirá a 11 estaciones. Podrá transportar hasta 450 contenedores por hora. Adicionalmente, se suministrará un elevador con cabina para 16 m de recorrido y ocho estaciones. Su capacidad de funcionamiento llegará hasta los 90 contenedores por hora. La ruta de doble sentido del transportador de enlace tiene una longitud de unos 220 m. Está prevista una doble vía transportadora de 15 m entre el registro de salida y el montacargas.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana

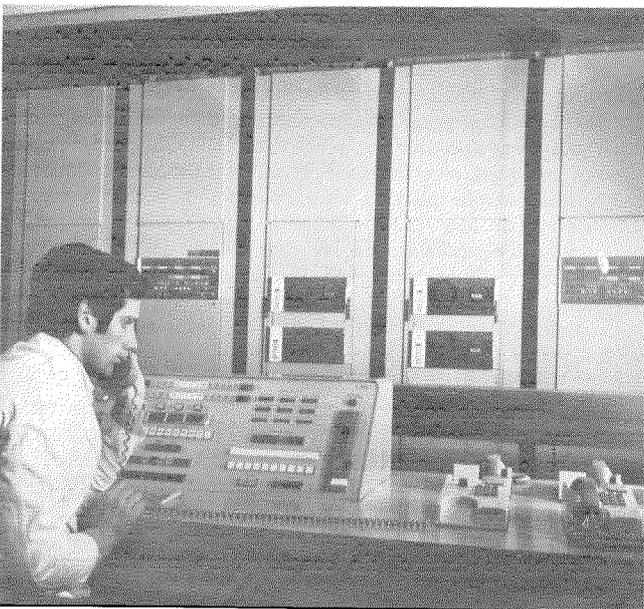
### Central telefónica Metaconta\* L para el aeropuerto Roissy-en-France.

LMT ha suministrado al aeropuerto de París la central telefónica de Roissy-en-France, con una capacidad inicial de 6.000 líneas, ampliable a 30.000. El corte se realizó el 11 de diciembre de 1972. Se trata de un miembro de la familia Metaconta L, que es una versión del sistema Metaconta de conmutación telefónica electrónica con programa almacenado, recientemente descrito en los números 46/4, 47/3 y 47/4 de "Comunicaciones Eléctricas".

A fin de satisfacer las necesidades particulares de este aeropuerto, probablemente el más moderno de Europa, se ha elegido el más avanzado de los conceptos: la central está conectada a la red telefónica, de la misma forma que cualquier otra central pública y ofrece a numerosas organizaciones el servicio PABX (Private Automatic Branch Exchange = central automática privada) incorporado; se puede proporcionar ciertos servicios adicionales a todos los usuarios, tales como renovación de llamadas en caso de abonado ocupado, selección abreviada de números, conferencias, y, por otra parte, todos los teléfonos tienen teclado. Se puede conmutar cualquier tipo de llamada sin intervención de operadora con identificación de marcaje saliente y selección entrante directa.

Este sistema, similar al servicio Centrex de Norte América, es nuevo en Europa y su realización ha sido posible gracias a los potentes y flexibles ordenadores ITT 3200, que constituyen el cerebro del sistema. Este tipo de ordenador fue desarrollado en el Laboratoire Central des Télécommunications, y se fabrica en las plantas industriales que LMT tiene en Laval y Nantes; es en la actualidad, el más potente de cuantos ordenadores se emplean en el mundo para conmutación telefónica.

\* Marca registrada del sistema ITT.



Sala de operaciones y ordenadores.

El Centre National d'Etudes des Télécommunications ha patrocinado el desarrollo y construcción de esta central, como contribución a los estudios y pruebas de campo referentes al sistema de conmutación E1 contratado por el PTT francés.

La Matériel Téléphonique, Francia

### ITT logra una nueva concesión de FAA sobre equipos de radio.

La Aerospace/Optical Division de la International Telephone and Telegraph Corporation ha anunciado en esta localidad la existencia de un importante contrato, concedido por la Federal Aviation Administration (FAA). La División de ITT, con sede en Fort Wayne, fabricará conforme a este contrato reiterativo, los emisores-receptores a utilizar en los sistemas de comunicación para refuerzo automático en casos de emergencia que se instalarán en los 20 centros de control de tráfico que la FAA tiene en la parte continental de los Estados Unidos.

La Aerospace/Optical Division de ITT desarrolló en su día, y fabrica en la actualidad, este nuevo emisor-receptor de estado sólido y alta potencia, que sintoniza automáticamente 720 frecuencias en la banda de VHF. Los emisores-receptores están instalados en puestos de radar de largo alcance distribuidos por todo el país, actuando como sistemas de refuerzo para casos de emergencia, es decir, cuando se pierden las comunicaciones con el avión. Si un controlador de vuelo observa la pérdida de comunicación, pulsa un botón y, a los dos o tres segundos, la recupera a través del sistema de refuerzo por el canal adecuado.

La FAA ha descrito el equipo de apoyo como "un sistema que proporciona comunicación virtualmente libre de fallos entre controladores y pilotos".

El proyecto forma parte del plan de la FAA sobre mejora de las comunicaciones mediante la adquisición del mejor equipo utilizable en el manejo del volumen de tráfico actual, mientras se preparan para hacer frente al incremento de tráfico aéreo previsto para la presente década. El plan de largo alcance de la FAA también garantiza la utilización de los nuevos emisores-receptores de ITT en la banda estrecha, proporcionando así los canales adicionales necesarios para controlar este incremento de tráfico aéreo.

Las instalaciones equipadas con aparatos de radio ITT, producidas conforme al contrato inicial en enero de 1970 y actualmente en funcionamiento, han alargado el tiempo medio entre cortes de comunicación. Estas instalaciones, ya han restablecido el contacto con los aviones bajo condiciones de emergencia, según los oficiales de la FAA.

ITT Aerospace-Optical Division,  
Estados Unidos de América

### El satélite TIROS-N llevará un instrumento desarrollado por ITT para la NASA.

Un dispositivo fabricado por la Aerospace/Optical Division de ITT para la National Aeronautics and Space Administration, recogerá información de tipo geofísico tal como altura de las nubes, temperatura de la superficie del mar y concentración de vapor de agua. Recientemente la NASA otorgó un importante contrato a la división de la International Telephone and Telegraph Corporation localizada en Fort Wayne, referente a un radiómetro de muy alta resolución, con cuatro canales y diseño muy avanzado.

El radiómetro, que será puesto en órbita a bordo del satélite meteorológicos TIROS-N proporcionará fotografías, tanto de día como de noche, del globo terráqueo por encima de las nubes en 4 bandas del espectro, que van desde las frecuencias visibles hasta más allá del infrarrojo. La gran complejidad de datos recogidos por el instrumento de ITT será utilizada para llevar a cabo predicciones meteorológicas a escala mundial.

El programa, dirigido por el Goddard Space Flight Center, de la NASA en Greenbelt (Maryland), requerirá de los esfuerzos de investigación y desarrollo necesarios para proporcionar un prototipo de calidad para afrontar las condiciones de vuelo.

La Aerospace/Optical Division ha producido bastantes cámaras e instrumentos espaciales para las series de satélites NIMBUS

y ATS. Estos equipos han contribuido a las producciones meteorológicas mundiales y a una variedad de programas de investigación en el campo de esta ciencia. Otros programas sobre meteorología y recursos terrestres patrocinados por la NASA, y en los que también se utilizan sensores de ITT, se aplican en los campos de la geología, cartografía, geografía, conservación del suelo, oceanografía, agronomía y silvicultura.

ITT Aerospace-Optical Division,  
Estados Unidos de América

#### Sistema de comunicaciones para Spirit of London.

La International Marine Radio Company ha proporcionado e instalado un equipo para comunicaciones a larga distancia, a bordo del nuevo crucero de P & O Spirit of London. Este barco con capacidad para 750 pasajeros, que es el primero de P & O especialmente diseñado para el mercado americano, tendrá su base en San Francisco.

Se consideró como esencial la instalación de un equipo de comunicaciones de primera categoría en barcos como estos que están circulando lejos de su base constantemente. Así, transmisores principales duales del tipo 1400 C proporcionarán dos circuitos para comunicaciones salientes en las bandas de frecuencia media, intermedia o alta. Los radiotelegrafistas pueden escoger a voluntad cualquiera de estas frecuencias permitidas, gracias a la selección de frecuencia digital de las bandas del radioteléfono. Estos transmisores, de gran potencia y funcionamiento seguro, que radian 1.500 vatios PEP (Peak Envelope Power = potencia de cresta) se encuentran actualmente en servicio en cerca de un millar de barcos.

Dos receptores IMR 5000 facilitan la recepción del canal dual. Mediante el uso de preseletores de receptor del tipo MA 197 C se ha eliminado la interacción entre los canales. Las llamadas radiotelefónicas de los pasajeros se controlan mediante unidades de distribución duales, del tipo DU 1, que llevan incorporadas a su vez unidades híbridas para conectar los canales de radio con cualquier camarote a través de la central telefónica automática. Además, se han instalado tres líneas especiales cuya finalidad es la de proporcionar al capitán un acceso directo a la sala de radio bien desde el puente o bien desde su camarote.

Hay una estación de reserva para emergencia total, del tipo MRU E, que opera con baterías de níquel-cadmio de larga duración y proporciona todo tipo de comunicaciones en la banda media.

Se prestó una especial atención a las características de seguridad de la estación y se mantiene una vigilancia continua de las llamadas telegráficas de socorro sobre los 500 kHz con un receptor de alarma automático del tipo AA 204. Hay un bote salvavidas equipado con una audioestación completa a batería y otro con una radio del tipo SOLAS III\* accionada manualmente.

International Marine Radio Company, Reino Unido

\* Marca registrada del sistema ITT.

#### Hawái inaugura un servicio trasatlántico de telex para los residentes de todo el Estado.

El establecimiento de un servicio mundial de telex en todo el Estado de Hawái, se ha convertido hoy en una realidad, gracias al acuerdo celebrado entre la Hawaiian Telephone Company e ITT World Communications, asociado a International Telephone and Telegraph Corporation.

Funcionarios de ambas Compañías calificaron la inauguración del nuevo servicio como el mayor avance en el desarrollo de las comunicaciones internacionales de Hawái.

Bajo la nueva tarifa de ITT, los abonados al sistema Datatel de la Compañía Hawaiana, pueden ahora enviar y recibir mensajes por telex a y de cualquier parte del mundo mediante la interconexión con la red de telex internacional de ITT Worldcom.

El Vicepresidente ejecutivo de ITT Worldcom, Valerian Podmolik, dijo que a su Compañía le satisfacía la oportunidad de

unirse con Hawtelco para extender este moderno servicio a todas las partes de la isla.

En el pasado, el servicio telex de las áreas lejanas de Hawái sólo se podía realizar a través de líneas alquiladas, conectadas al centro de conmutación internacional Worldcom en Honolulu. Gracias a la nueva organización, los abonados al sistema Datatel de Hawái pueden utilizar ahora el sistema internacional de telex de ITT Worldcom, sin el pago de una tasa adicional. Los precios del nuevo servicio son los mismos que los aplicables en la propia Honolulu.

ITT World Communication Inc.,  
Estados Unidos de América

#### Una asociada a ITT desempeñó un papel clave en las misiones Apolo.

El lanzamiento del Apolo 17 marcó el punto culminante del programa americano de exploración lunar tripulada, y de los esfuerzos realizados por ITT World Communications Inc. para proporcionar los necesarios equipos de comunicaciones en apoyo del programa espacial tripulado de la NASA.

Inmediatamente después del lanzamiento, comenzaron a fluir entre la cápsula y los equipos de la NASA situados en Bermuda las señales correspondientes a las instrucciones y telemetría, de importancia crucial, que contribuyeron a la seguridad y el éxito de la misión. Un circuito especial de ITT World Communications ayudó a enlazar la estación de Bermuda con los EE.UU., mientras otros circuitos de ITT por satélite y cable submarino proporcionaron el control de la misión mediante líneas de comunicación seguras y eficientes conectadas con otras estaciones terrestres de la NASA distribuidas por todo el mundo.

La asociada a la International Telephone and Telegraph Corporation, mediante una permanente red transatlántica, ha permitido enlazar a la NASA con las remotas estaciones de seguimiento espacial situadas en Australia y España como soporte de todas las misiones espaciales. Además ha proporcionado un cierto número de circuitos de uso alternativo para voz y datos (AVD = Alternate Voice/Data = circuito para uso alternativo de voz y datos), así como un circuito de 48 kHz para España, que actualmente se usa como un sistema de 12 circuitos AVD. Para futuros programas espaciales se reconfigurará la distribución de la banda ancha a fin de permitir la transmisión directa de datos desde el espacio hasta el centro de control de la misión sin el proceso intermedio por ordenador que actualmente se requiere en las estaciones terrestres transatlánticas. ITT Worldcom ha venido alquilando a la NASA los enlaces con las estaciones de seguimiento orbital de Bermuda, Guam y Hawái de una manera temporal durante las duraciones de cada misión Apolo.

Además del apoyo directo a la NASA y al programa Apolo anteriormente expuesto, ITT Worldcom ha proporcionado un apoyo indirecto bajo la forma de instalaciones para la prensa y los servicios de radio y televisión, gracias a los cuales una gran parte de la población mundial ha podido ver y leer la más grande aventura espacial del hombre.

Los centros de control de ITT World Communications, situados en Nueva York y en San Francisco, recibían las imágenes de televisión procedentes de las profundidades del espacio, a través de circuitos por satélite entre los Estados Unidos y las estaciones de seguimiento española y australiana. Entonces, la NASA distribuía esas imágenes desde sus centros de control a las redes de televisión nacionales y extranjeras. De manera similar, un gran número de corresponsales extranjeros utilizaba los equipos de los centros de Prensa que ITT World Communications posee en Cabo Kennedy y Houston para mantener totalmente informados a sus lectores de todo el mundo acerca de las diferentes etapas de la misión Apolo 17.

Aunque el amerizaje del Apolo 17, supone el final del programa de exploración lunar, ITT World Communications continuará prestando sus servicios a la NASA en futuras misiones espaciales, entre las que se encuentran la del Skylab, la plataforma de lanzamiento espacial, y los vuelos tripulados en colaboración entre EE.UU. y Rusia.

ITT World Communication Inc.,  
Estados Unidos de América

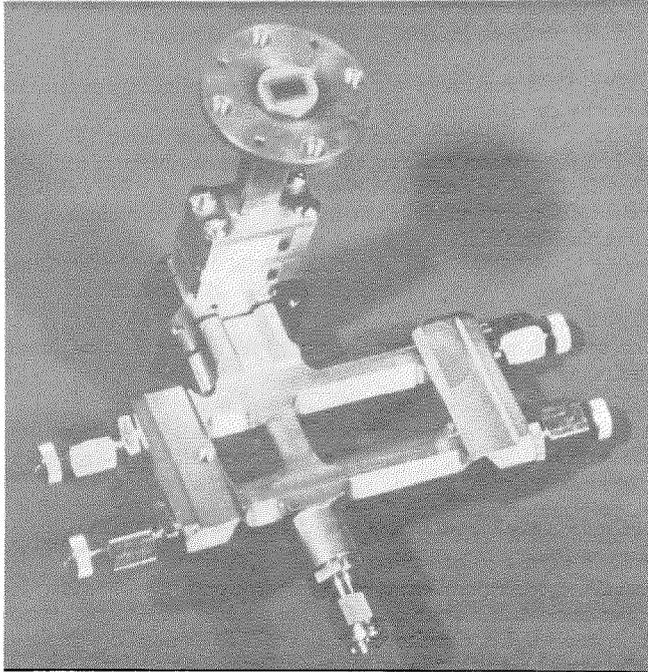


Fig. 1 Paso amplificador paramétrico del amplificador de 4 GHz y 65 °K.

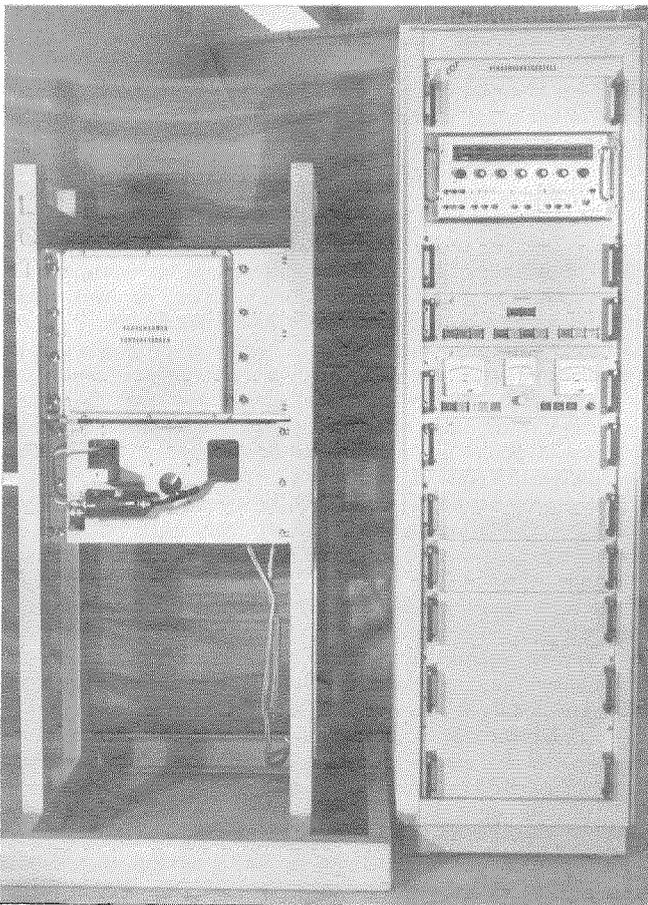


Fig. 2 Vista general del amplificador paramétrico en la estación alemana del proyecto Symphonie. A la izquierda el amplificador paramétrico, a la derecha el bastidor de control.

Un nuevo amplificador paramétrico no refrigerado, con todos sus componentes de estado sólido que tiene una temperatura de ruido de 65 °K, una anchura de banda de 500 MHz, y una ganancia de 43 dB.

El Laboratoire Central de Télécommunications acaba de desarrollar un amplificador paramétrico cuyas características son: anchura de banda de 500 MHz, centrada en 4 GHz y ganancia de unos 43 dB, con una temperatura de ruido equivalente de 65 °K.

Este amplificador no refrigerado, que comprende dos etapas paramétricas y una etapa de salida a transistores, se estabiliza por efecto Peltier. Las etapas paramétricas utilizan generadores fundamentales Gunn de bajo ruido para el bombeo. Una de ellas actúa a 33 GHz y la otra, a 46 GHz.

He aquí alguna de las características de este amplificador, totalmente de estado sólido y de bajo ruido:

- Rizado de ganancia a lo largo de banda:  $\pm 0,3$  dB máx.
- Estabilidad de ganancia:  $\pm 0,2$  dB/mes
- Variación del retraso de grupo: 1,3 ns/MHz en 40 MHz

Hace unos meses se entregó otro amplificador con idénticas características, pero con una temperatura de 100 °K. Está instalado en la estación terrestre del proyecto alemán Symphonie.

La serie de amplificadores con todos sus componentes de estado sólido, desarrollada y producida en el Departamento de Microondas de LCT, comprende otros varios modelos.

Uno de ellos, cuya frecuencia de funcionamiento es de 14 GHz y cuyo peso es de 900 gramos, ha sido desarrollado bajo contrato con ESRO y se le puede utilizar a bordo de un satélite.

En otros modelos, a fin de reducir la temperatura de ruido, se introduce la parte activa del amplificador en un criostato de helio gaseoso que la mantiene a -260 °C.

Concretamente, el amplificador refrigerado de 12 GHz destinado a la estación terrestre alemana del programa Sirio, es de este tipo. Presenta una temperatura de ruido de 40 °K, una ganancia de 30 dB y una anchura de banda de 500 MHz.

Laboratoire Central de Télécommunications, Francia

#### Primer enlace telefónico por cable entre Sudamérica y Europa.

El primer cable telefónico submarino y transatlántico que une Sudamérica y Europa, fue abierto oficialmente al tráfico el viernes 4 de mayo de 1973 con una conferencia inaugural entre los jefes de Estado de Brasil y España.

El Presidente de Brasil, General Medici, llamó desde Brasilia al Generalísimo Franco, en Madrid, a través del recién inaugurado cable telefónico submarino BRACAN-1, tendido en el Atlántico entre Recife y las Islas Canarias.

El BRACAN-1 fue totalmente fabricado, entregado e instalado por Standard Telephones and Cables Limited, una compañía británica de International Telephone and Telegraph Corporation (ITT), bajo un contrato único otorgado tras varias ofertas internacionales. Este importantísimo encargo, lo recibió STC de parte de la Empresa Brasileira de Telecomunicações (EMBRATEL) de Brasil y la Compañía Telefónica Nacional de España (CTNE), en mayo de 1971. Las fechas de finalización y puesta en servicio del sistema se ajustaron exactamente a las especificadas.

El BRACAN-1 es el primer enlace directo por cable telefónico de Brasil con Europa y viene a complementar los enlaces por satélite ya existentes. Comprende 160 circuitos. EMBRATEL encargó este sistema para salvaguardar los vitales enlaces de comunicación entre Brasil y el resto del mundo, tan necesarios para una moderna potencia económica.

La conexión entre Las Palmas de Gran Canaria y el territorio peninsular español se lleva a cabo mediante dos cables. El PENCAN-1 de 160 circuitos, que está en servicio desde 1965, y el PENCAN-2 de 1840 circuitos, que comenzó a funcionar hace 2 años.

El extremo europeo del BRACAN-1 también conecta con SAT-1, ya que el recorrido de éste entre Lisboa (Portugal) y Ciudad del Cabo (Sudáfrica) pasa por las Islas Canarias.

Con la realización del BRACAN-1, STC ha contribuido hasta ahora en 6 de los 7 cables telefónicos submarinos que cruzan

el Atlántico, siendo éste a su vez el primer cable encargado a una sola Compañía en lo que respecta a su total planteamiento, fabricación, abastecimiento, tendido e instalación. El sistema cuya longitud es de 2.700 millas náuticas, incluye 138 repetidores transistorizados, además del equipo terminal.

Para el proyecto, STC contrató 3 barcos de Cable and Wireless Limited. El barco cableero "Mercury", buque insignia de la flota de Cable and Wireless, realizó el tendido del cable, y los otros dos barcos, "Recorder" y "Retriever", el trazado de la extensa ruta que cubría una gran área de Sudamérica.

STC está a la cabeza de cuantas empresas se dedican en el mundo a la fabricación de sistemas telefónicos por cable submarino, y hasta la fecha ha entregado ya unas 60.000 millas náuticas de cable y más de 3.000 repetidores, que han servido para enlazar 34 países.

Los cables para uso submarino se fabrican en la Submarine Systems Division que STC tiene en Southampton, mientras que los repetidores se producen en North Woolwich y Greenwich. El equipo terminal se fabrica en la Transmission Division de STC, situada en Basildon; en la Electronics Division que la compañía tiene en Newport, en Monmouthshire y en North Woolwich.

Standard Telephones and Cables Limited, Reino Unido

#### **Ya funciona en la Haya la primera central Metaconta del mundo para telex.**

El Sr. P. Leeman, Director General del PTT holandés inauguró el día 2 de mayo de 1973 en la Haya la primera central Metaconta del mundo para telex.

El sistema de conmutación electrónica Metaconta es del tipo de control por programa almacenado, se utiliza en centrales telefónicas y de telex, y su desarrollo ha corrido a cargo de un equipo internacional de científicos e ingenieros pertenecientes a las asociadas europeas a ITT. Es más compacto, ofrece una velocidad de conmutación más alta y tiene un control más flexible que los sistemas tradicionales.

Se espera llevar a cabo la instalación de nuevas centrales de Metaconta para telex en Noruega, Bélgica y Holanda, durante los próximos 18 meses.

Ya hay centrales telefónicas Metaconta en servicio en Bélgica, Francia, Finlandia y Marruecos, mientras que se han recibido encargos procedentes de Noruega, Bélgica, EE.UU., Finlandia, México, Francia, Suiza, Italia, Australia, Yugoslavia, Bermudas y Hong-Kong.

Nederlandsche Standard Electric Maatschappij, Holanda

#### **Un equipo espacial de SEL en perfecto funcionamiento a bordo del AEROS.**

Standard Elektrik Lorenz AG (SEL) desarrolló y suministró para el satélite alemán de investigación AEROS el sistema

digital de telemetría y telemando, así como el equipo para tratamiento y condensación de los datos obtenidos de los experimentos y el subsistema de conservación. Después de más de 2.000 circunvalaciones del satélite, que se lanzó el 12 de diciembre de 1972, los dispositivos proporcionados por SEL (decodificador de mando, distribuidor de mando, codificador de telemetría, contador temporizador, dos memorias tampón intermedias) todavía funcionan perfectamente. Es la primera vez que alguna de las características de diseño y funcionamiento de estas unidades se introducen en sistemas instalados a bordo de satélites, por lo que merecen una especial atención.

a) El sistema de proceso de datos incluye el llamado equipo de sincronización rotatoria. Controla el escrutinio de los datos procedentes de aquellos experimentos que efectúan medidas dependientes de la dirección, y entonces sincroniza el proceso y transmisión de dichos datos de acuerdo con la rotación del satélite.

b) Debido a que los datos procedentes de medidas de experimentos dependientes de la dirección llegan de golpe, en grandes cantidades, y hay que adaptarlos al flujo de datos más lento y continuo de la memoria de cinta magnética y del equipo de transmisión de datos, ha sido necesario instalar memorias tampón. Con esta finalidad, SEL utilizó en el AEROS (por primera vez) dos memorias de núcleo de ferrita con una capacidad de 8.192 bits cada una, y que constituyen una versión especial de las memorias de núcleo de ferrita de gran capacidad desarrolladas por SEL.

c) El sistema de mando digital de tono (TDC) ha sido diseñado no solamente para la transmisión de órdenes ON/OFF (bivalente) sino también para órdenes cuantificadas. De este modo, es posible predeterminar la hora, así como la duración de un control de posición y de una operación de cambio de rumbo.

d) Las unidades del sistema de proceso de datos están equipadas (sin centralizar) con convertidores de voltaje que producen las diferentes tensiones, sin regulación ni sincronización, a partir de la fuente instalada a bordo del satélite (16 V).

e) El intercambio de información entre las unidades de proceso de datos y el resto de los subsistemas se lleva a cabo (con excepción de las señales analógicas de telemetría) mediante señales que tienen aproximadamente la misma amplitud y operan a un mismo, y bajo, nivel de energía. Como consecuencia de ello, en el margen de los milivoltios, no hay fuentes de señales analógicas ni amplificadores adicionales en las entradas y salidas de las unidades.

f) En el equipo del AEROS se han utilizado, por primera vez en satélites, redes resistivas de películas delgadas de tántalo. Sus ventajas más sobresalientes son: alta estabilidad, reducido tamaño y adecuada compatibilidad de diseño con la práctica de equipo desarrollada por SEL.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana

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

78 140 — Vélizy-Villacoublay, France

Solamente pueden aceptarse pedidos por cantidades de al menos 100 separatas de cada artículo.