

# Comunicaciones Eléctricas

Edición española de ELECTRICAL COMMUNICATION

revista técnica publicada trimestralmente por

INTERNATIONAL TELEPHONE and TELEGRAPH CORPORATION

## RESUMEN

## VOLUMEN 46 (1971) NÚMERO 1

En este número .....	2
Equipos internacionales de corrientes portadoras, por <i>L. C. Deschuytere, F. Scheible, S. Serdakowski y K. H. Johansson</i> .....	4
Radioenlaces en el sudeste de Asia, I Parte — Generalidades, por <i>R. N. Burton</i> .....	23
II Parte — Enlace principal de Malasia, por <i>R. H. Gorringe</i> .....	25
III Parte — Sistemas de radioenlaces VHF para la red secundaria de Malasia, por <i>L. G. Thomas</i> .....	28
IV Parte — Radioenlaces de larga distancia para el norte y sur de Tailandia, por <i>G. Lupke</i> .....	33
El ordenador ITT-3200, por <i>G. Yelloz, T. Cagnac, A. P. Le Gall y C. J. Fruchard</i> .....	38
Técnicas de transmisión de datos a alta velocidad por canales telefónicos, por <i>J. T. L. Sharpe</i> .....	47
Quinto simposium internacional sobre factores humanos en la telecomunicación — Londres 1970, por <i>E. P. G. Wright</i> .....	55
Análisis de los aspectos práctico y económico del empleo de fuentes de tráfico no equilibradas, por <i>J. P. Dartois</i> .....	57
Disco de teléfono H.P. 5, por <i>C. Ciborra</i> .....	66
Modernas tendencias en la fabricación de cables de telecomunicación, por <i>D. C. Alexander</i> .....	71
Conductores de aluminio para cables telefónicos con aislamiento de politeno, por <i>D. K. Smith y K. I. Kincaid</i> .....	73
Nota de investigación — Prevención del efecto corona en las terminaciones de cable subterráneo para alta tensión, por <i>J. S. Varreng</i> .....	81
Nuevas realizaciones .....	82
Premio: CGCT recibe el Gran Premio a la Exportación .....	32
Nuevos libros .....	70



Editor principal: Pierre Mornet

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

## En este número

### Equipos internacionales de corrientes portadoras

Como resultado del programa coordinado de desarrollo y diseño, en que han participado varias compañías ITT, se dispone actualmente de una serie completa de equipos múltiplex internacional. Esta generación de equipo múltiplex cubre el programa de canales, grupos, supergrupos y filtros de transferencia para equipos y supergrupos.

Las características de los equipos se basan en las recomendaciones esenciales del CCITT y en las exigencias de mercado de las compañías ITT de todo el mundo. El diseño mecánico se hizo con las normas ISEP (International Standard Equipment Practice), adaptada a una mayor densidad de equipo. Principalmente la construcción ISEP proporciona una gran flexibilidad en la distribución de equipos en los bastidores, de los que se describen varios en este trabajo.

### Radioenlaces en el sudeste de Asia

Este conjunto de cuatro artículos está dedicado a los radioenlaces instalados por ITT en el sudeste de Asia. En el primero se da una versión retrospectiva y de conjunto de los proyectos en que han intervenido cinco asociadas ITT. Su participación en la red principal y secundarias se traduce en un amplio margen de capacidades de banda base, desde 24 a 1800 canales, y en una gran variedad de frecuencias, desde 150 MHz a 7 GHz.

El artículo siguiente trata del radioenlace principal de Malasia, la primera instalación de microondas (4 GHz, 600 canales) en banda ancha de gran envergadura, realizada en aquellas regiones por ITT. Este proyecto corrió a cargo de Standard Telephones and Cables, de Londres. Seguidamente se instalaron enlaces secundarios trabajando en la banda de 7,4 GHz, extensiones en 4 GHz y elementos para la transmisión de programas de TV. La descripción abarca las pruebas de propagación, los diversos equipos utilizados (RL4C, D y G y RL7A) y una instalación tipo.

En el tercer artículo se trata de instalaciones relativas a equipos en VHF y banda baja de UHF suministrados por Standard Telephones and Cables Pty. Ltd. de Sidney para enlaces secundarios y cortos, con capacidades de 24 y 60 canales. Igualmente se hace un estudio comparativo de ventajas e inconvenientes entre VHF y microondas, detallando seguidamente las características de los equipos ML1K y ML5T.

En el último artículo se detallan las instalaciones realizadas por Standard Elektrik Lorenz en Tailandia dentro de la banda de 6 GHz. Después de unas consideraciones sobre las pruebas de propagación y trabajos civiles, se estudia la constitución del sistema así como las características de los equipos involucrados, tales como el FM 1800-TV/600 de SEL para la ruta principal, combinado con el FM 60/7000 de Bell Telephone Mfg. Co. para los enlaces secundarios.

### El ordenador ITT-3200

El ordenador ITT-3200 se diseñó para controlar sistemas de conmutación telefónicos y de mensaje.

Se le ha preparado especialmente para tener muy alta fiabilidad y gran eficacia en estas aplicaciones.

El artículo analiza:

- El sistema
- Las diferentes partes componentes
- La tecnología
- El soporte de programación.

### Técnicas de transmisión de datos a alta velocidad por canales telefónicos

El artículo estudia los problemas que lleva consigo el diseño de modems que aprovechen totalmente la capacidad de una red telefónica para la transmisión de datos de tipo digital. En el

diseño del modem es preciso considerar todos o algunos de los cinco problemas básicos siguientes:

- Conformación del canal
- Modulación
- Demodulación
- Igualación del canal de transmisión
- Sincronización de símbolos (o de bits).

Estos problemas se estudian sucesivamente y se explican algunas formas prácticas de resolverlos con particular referencia a los canales telefónicos (300–3000 Hz).

El artículo concluye con la descripción de un modem para canal de frecuencias vocales que admite velocidades de transmisión de datos de hasta 7200 bits por segundo sobre circuitos alquilados punto a punto.

### Quinto simposium internacional sobre factores humanos en la telecomunicación — Londres 1970

El simposium se celebró en Londres en la semana que comenzó el 21 de septiembre de 1970 para dar a conocer y discutir las investigaciones descritas en 24 comunicaciones. Entre los temas figuraba la formación de operadoras con ayuda de máquinas, la simplificación del trabajo de las operadoras que manejan la guía y el estudio de la reacción del cliente ante el deterioro de la calidad de conversación. Se condenó la falta de uniformidad entre los países por lo que respecta a las relaciones entre el usuario y la red de telecomunicación. Un campo que sigue siendo de interés general es el del establecimiento de modelos verdaderamente representativos y la deducción de conclusiones correctas de las observaciones.

Hubo comunicaciones y una interesante discusión sobre la importancia de los factores humanos en la transmisión simultánea de sonido e imagen; se describieron experimentos que analizaban desde qué puntos de vista era más eficaz la transmisión de palabra e imagen que la del sonido solo. Este tema tiene cada vez más interés para los urbanistas.

El simposium se celebró bajo el patrocinio del British Post Office, que publicará el informe correspondiente. Se ha previsto que el sexto simposium tenga lugar en Estocolmo en 1972.

### Análisis de los aspectos práctico y económico del empleo de fuentes de tráfico no equilibradas

El objeto principal de este estudio es exponer los aspectos prácticos y económicos relativos al problema de considerar unas fuentes de tráfico no equilibradas conectadas a sistemas de llamadas perdidas no retenidas. El estudio numérico se realiza sobre ejemplos típicos de grupos de una etapa con accesibilidad completa y sistemas de mallas con concentración en la primera etapa de selección; la mayoría de los resultados pueden considerarse como generales para este tipo de configuraciones. Se presentan las posibles ventajas de considerar fuentes desequilibradas en lugar de fuentes idénticas, y se evalúan numéricamente en función de las ganancias y capacidad de tráfico. Se proponen curvas de tráfico que muestran las variaciones de las ganancias en función del parámetro que caracteriza el desequilibrio de tráfico.

Se discute el establecimiento de un criterio realista para el cálculo de órganos, proponiendo soluciones.

La parte teórica de este estudio comprende la presentación de un modelo matemático general para los sistemas de llamadas perdidas no retenidas. Este modelo cubre todas las posibles configuraciones de fuentes de tráfico, sean o no equilibradas. En la aplicación práctica a sistemas telefónicos se particulariza este modelo para grupos de una etapa con accesibilidad completa, dándose la función de distribución de probabilidades de estado en estado estacionario en su formulación más general.

### Disco de teléfono H.P. 5

En el artículo se describe un disco giratorio de alta calidad (el disco H.P. 5 de ITT).

Se explica como fué diseñado el disco, con la utilización para casi todas sus piezas de un plástico moderno, resistente a los rozamientos sin necesitar lubricación y con pruebas de vida sin averías de más de 1,2 millones de operaciones.

Finalmente se presentan sus características y los métodos de prueba correspondientes.

### Modernas tendencias en la fabricación de cables de telecomunicación

La tecnología de los cables de telecomunicación, como ocurre en otros campos, está sufriendo sucesivamente numerosos cambios revolucionarios. Este artículo sirve de revisión e introducción a otros más detallados sobre las particularidades de los modernos cables de telecomunicación. Se examinan los conductores (aluminio y cobre), se pasa revista a los sistemas de ais-

lamiento con papel o con plástico celular o macizo y a los métodos de aplicación, y se comparan las técnicas de revestimiento y de impermeabilización contra el agua.

### Conductores de aluminio para cables telefónicos con aislamiento de polietileno

El aluminio está obteniendo creciente aceptación como conductor en los cables telefónicos aislados con plásticos. El reducido peso y relativamente bajo y estable precio de este material comparado con el cobre, han resultado incentivo suficiente para superar las dificultades de fabricación y uso. La División de Cables Telefónicos de Plástico de Standard Telephones and Cables ha acumulado una considerable experiencia de fabricación en la manufactura de grandes cantidades de cable de aluminio durante los últimos cinco años. Esta comunicación explica algunas de las consideraciones de diseño y fabricación, e indica la posibilidad de más extensiva aplicación del aluminio, o aleaciones especiales de aluminio, a otros cables telefónicos con aislamiento de plástico en la red local de la central de abonados.

# Equipos internacionales de corrientes portadoras

Nueva generación de equipos según las recomendaciones CCITT extremándolas en ocasiones para recoger necesidades especiales o futuras modificaciones esperadas en las recomendaciones del organismo internacional.

L. C. DESCHUYTERE

Bell Telephone Manufacturing Company, Amberes, Bélgica

F. SCHEIBLE

Standard Elektrik Lorenz AG, Alemania Federal

S. SERDAKOWSKI

Standard Eléctrica, S.A., Madrid, España

K. H. JOHANSSON

Standard Radio & Telefon, Solna, Suecia

## Introducción

Hace algunos años una generación previa de equipos ITT de corrientes portadoras fué diseñada conjuntamente entre varias compañías ITT obteniéndose un marcado éxito [1].

Con las mismas directrices de trabajo en equipo, entre las compañías de ITT de Alemania, Bélgica, España y Suecia se ha desarrollado una nueva familia de equipos de corrientes portadoras que cubre canales, grupos y supergrupos para sistemas de hasta 2700 canales telefónicos.

Dado que el objetivo del desarrollo era obtener un producto que cubriese la mayor parte de las exigencias de los clientes, se obtuvo una gran información de la mayor parte de las compañías ITT que informaron sobre las exigencias de sus respectivos mercados. También se han tenido en cuenta las recomendaciones del CCITT extremándolas en aquellos puntos donde se esperan incrementos de los requisitos motivados por los actuales estudios de los Comités del CCITT.

El equipo está construido según la ampliamente conocida técnica ISEP (International Standard Equipment Practice) [3] adaptada para los nuevos diseños más compactos.

## Esquema de traslación de frecuencias

Los tipos de equipos de corrientes portadoras considerados son de canales, grupos y supergrupos, de acuerdo con las recomendaciones del CCITT.

El equipo de canal traslada 12 canales de audio a la banda del grupo básico B (60—108 kHz). Los canales espaciados cada 4 kHz ocupan una posición invertida en la citada banda. Como en la anterior versión ISEP se emplea el esquema de doble modulación con pregrupos. Primeramente se trasladan los canales en grupos de tres a la banda de pregrupo 12—24 kHz y posteriormente por modulación de los 4 pregrupos se forma la banda 60—108 kHz. El esquema de la traslación se muestra en la figura 1.

El equipo de grupo traslada 5 grupos básicos, tipo B, a la banda de supergrupo básico 312—552 kHz. El método se muestra en la figura 2.

En la figura 3 se muestra la distribución de los supergrupos en la banda 60 y 4028 kHz. Esta es la distribución conseguida por el equipo de traslación de supergrupos para 16 de ellos. Otras combinaciones son también posibles, por ejemplo, la de los supergrupos

1 a 5 para sistemas de 300 canales; de los supergrupos 4 a 8, que constituye el grupo terciario ("mastergrupo") básico que se usa asociado con los equipos de traslación de orden superior [2] en sistemas de hasta 2700 canales; o la de los supergrupos 1 a 2 para sistemas de 120 canales.

## Consideraciones del diseño

El principal objetivo de la totalidad del desarrollo fué obtener un sistema de corrientes portadoras con unas características extremadamente buenas y fiables.

Desde el punto de vista de componentes, fueron únicamente empleados aquéllos de comprobada fiabilidad después de haber sido homologados por los centros de prueba de ITT.

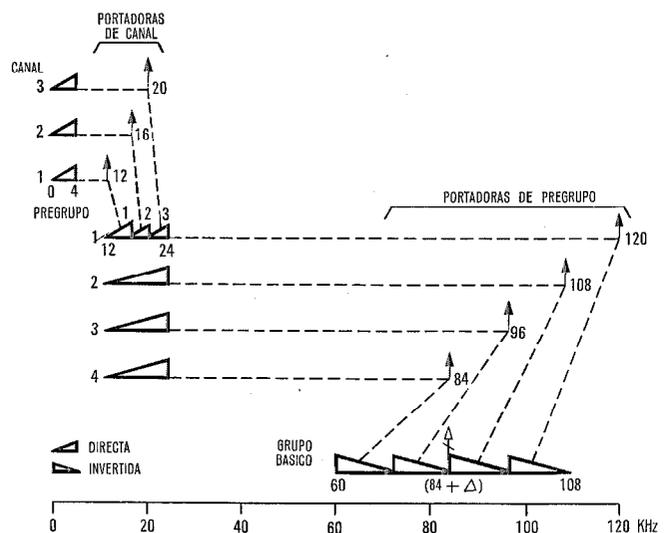


Fig. 1 Distribución de frecuencias en el equipo de traslación de canal con uso de pregrupos.

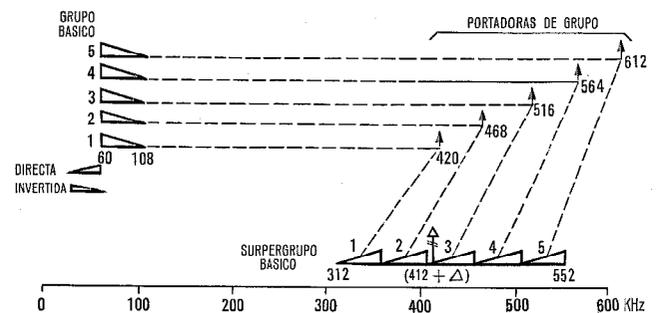


Fig. 2 Distribución de frecuencias en el equipo de traslación de grupo.

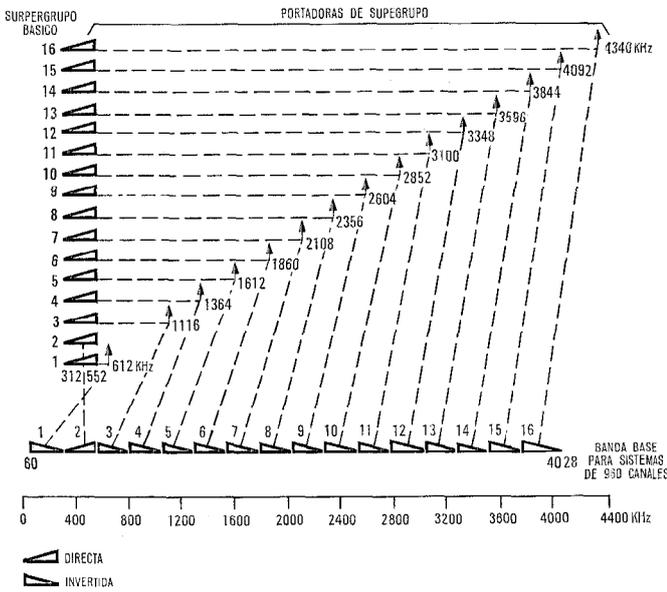


Fig. 3 Distribución de frecuencias en el equipo de traslación de supergrupos. Banda base de 960 canales.

En el equipo de señalización y en los circuitos de conmutación de frecuencias portadoras fueron utilizados únicamente contactos sellados.

Los parámetros del diseño se fijaron con un adecuado margen a fin de garantizar las características de los equipos. Todo ello ha sido comprobado mediante análisis con ordenador, teniendo en cuenta las características de los componentes y su tolerancia, y también realizando pruebas exhaustivas de los prototipos.

Basados en la experiencia obtenida con anteriores diseños, el utilizar la práctica ISEP de equipos en éste se considera como un factor que contribuye a alcanzar el objetivo de fiabilidad marcado. En este aspecto las características del conector enchufable ISEP juega un importante papel.

El diseño de los equipos garantiza completamente sus características en el margen de temperatura de  $+10^{\circ}\text{C}$  ó  $+45^{\circ}\text{C}$  con una humedad relativa de hasta el 90 por ciento.

Características satisfactorias pero ligeramente degradadas, sin deformaciones permanentes, se alcanzan en el margen de temperatura de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $+55^{\circ}\text{C}$  con una humedad relativa de hasta el 10 por ciento. Para alcanzar tales características en equipos tan compactos, ha sido necesario utilizar circuitos de bajo consumo de potencia además de conseguir un alto rendimiento en las unidades suministradoras de potencia.

Se han tenido en cuenta consideraciones especiales en lo que respecta a funcionamiento y mantenimiento de los sistemas. Ello se refleja en la flexibilidad de esta generación de equipos de portadoras para trabajar con una gran variedad de equipos de línea y sistemas de radioenlace, junto con el amplio margen de sistemas de señalización que permite. En cuanto a facilidades de mantenimiento es interesante destacar que el equipo posee puntos de prueba frontales, así como puntos de acceso al cableado de central.

## Construcción

Los equipos están diseñados en técnica ISEP adaptada para una mayor compacidad de los mismos.

La descripción de la técnica mecánica ISEP y sus aplicaciones ha sido descrita con anterioridad [1, 3].

La adaptación del ISEP consiste principalmente en el uso de nuevas armazones que ahorran espacio y en el uso de circuitos impresos con una mayor superficie para montaje de componentes.

## Unidades enchufables

Una unidad enchufable puede comprender uno o más circuitos impresos con los componentes incorporados a ellos.

El ancho de una unidad es siempre un número entero de unidades de 5,08 mm (0,2 pulgadas) mientras que la altura y la profundidad son siempre 39 módulos y 70 módulos respectivamente. (En el antiguo ISEP la profundidad era de 63 módulos y el módulo era igual a 2,54 mm ó 0,1 pulgada).

En la placa frontal son accesibles puntos de seccionamiento y puntos de prueba para mantenimiento.

La figura 4 muestra una unidad modem de canal compuesta por dos tarjetas.

## Armazones

Las armazones son conjuntos mecánicos alambrados en fábrica en las cuales se incorporan las unidades enchufables.

La armazón de un nivel usado en los equipos en la llamada versión de tres rieles, por tener dos rieles fijos que tienen la misión de soportes en la parte posterior de la armazón y un riel giratorio en la parte baja frontal. Este último, que también sirve como soporte, tiene dos posiciones; en su posición normal fija las unidades de la armazón e impide su movimiento mientras que en su segunda posición,  $90^{\circ}$  girado con respecto a la primera, permite que las unidades puedan ser extraídas. Se pueden montar sobre el riel cintas deslizantes de designación.

La armazón permite el montaje de unidades con una profundidad de 63 ó 70 módulos.

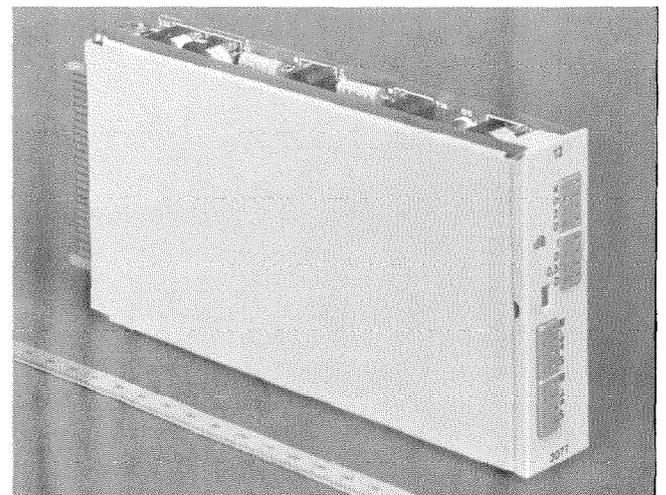


Fig. 4 Unidad modem de canal (cerrada).

La anchura de la armazón es de 175 módulos con un espacio útil de 168 módulos para incorporación de unidades. La armazón se puede montar en un bastidor de 520 mm (20 pulgadas) de anchura. La altura de la armazón es de 41 módulos exigiendo para su montaje en bastidor un espacio de solo 42 módulos (en el antiguo ISEP la altura necesaria era de 48 módulos).

Armazones compuestas por otras varias de un nivel, también pueden ser conseguidas con esta técnica.

Los cableados de central y de bastidor son conectados al alambrado de la armazón a través de bloques de terminales. Estos pueden ser montados en los laterales de la armazón como se ilustra en la figura 5 (armazón de canales). Además se pueden montar jacks ISEP coaxiales o simétricos en estantes situados bajo la armazón. La altura de estos estantes es de 18 módulos en el caso de tener una sola fila de jacks, incrementándose esta última en 12 módulos por cada nueva fila necesaria.

### Bastidores

Los bastidores son del tipo de acceso frontal y pueden ser montados espalda contra espalda. Las dimensiones son 520 mm (20 pulgadas) de ancho por 225 mm (9 pulgadas) de profundidad y con una altura variable.

El espacio entre taladros verticales es de 6 módulos en el caso de un bastidor de 2743 mm de altura (aprox. 9 pies) el espacio útil de montaje es de 1050 módulos. Como existe compatibilidad entre las armazones de 42 módulos y la versión antigua de 48 módulos, ambos tipos pueden ser montados en el mismo bastidor.

### Equipo de traslación de canal

El equipo de traslación de canal constituye la parte básica de cualquier sistema de portadoras siendo, por tanto, el equipo más abundante en las centrales.

La elección del esquema de doble modulación con pregrupo se hizo por la gran experiencia obtenida con el mismo en la anterior familia de portadoras. La modulación del pregrupo ha demostrado ser una solución económica en los equipos de canales ya que en la banda de 12–24 kHz se pueden conseguir con filtros LC todas las exigencias en cuanto a filtrado. La segunda etapa de modulación comprende 4 modems de pregrupo con necesidades de filtrado sencillas en la banda de 60–108 kHz.

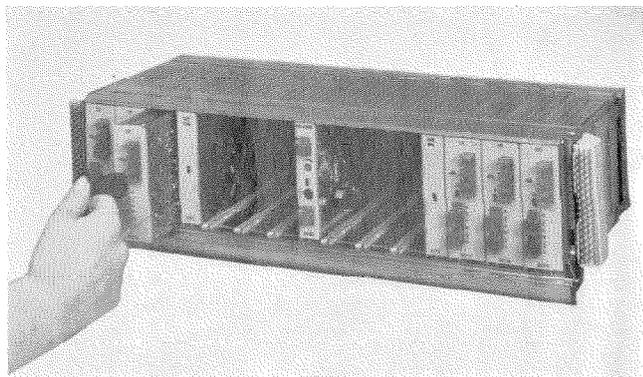


Fig. 5 Armazón de traslación de canales.

Se da un esquemático de bloques en la figura 6, que muestra los elementos que constituyen el circuito.

En los puntos de audio a 4 hilos se incorporan dos juegos de atenuadores, emisión recepción, para permitir un amplio margen de niveles. Cuando se requiera, se puede añadir una red híbrida resistiva de 2/4 hilos.

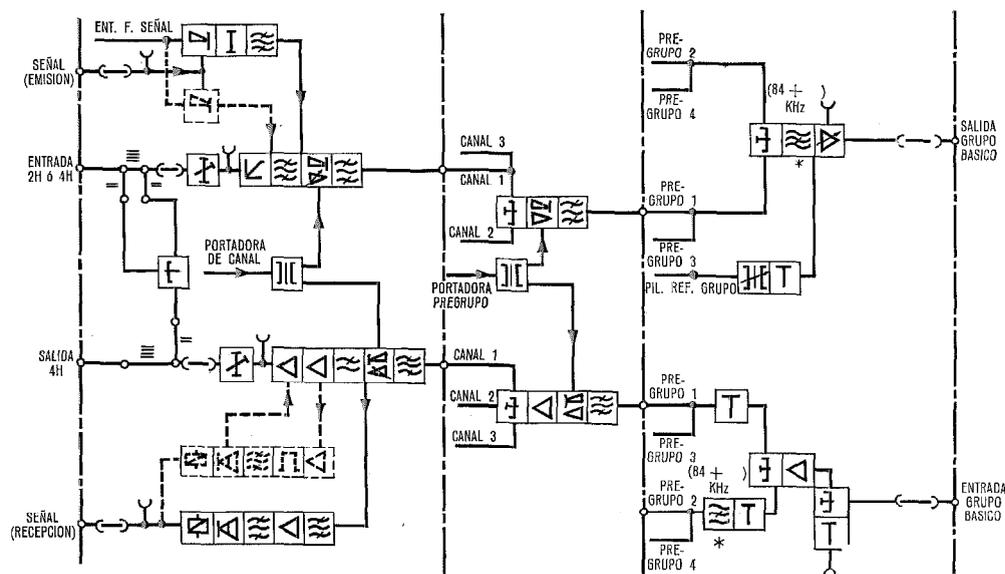
El limitador de amplitud en el lado emisión reduce los picos excesivos de voltaje de las frecuencias vocales, o de otras fuentes en el equipo de conmutación, evitando así la sobrecarga de los equipos o las perturbaciones en la señalización de los canales. El circuito limitador está compuesto por un puente resistivo en el cual una rama incorpora una pareja de diodos de silicio. Para señales vocales con niveles normales, el circuito es lineal ya que los diodos están polarizados lejos de su tensión de codo, pero cuando aparecen tensiones de pico altas en la entrada de audio la conducción de los diodos en combinación con los efectos de equilibrio del puente producen una limitación brusca.

Moduladores activos equilibrados, con transistores de silicio, se utilizan en todo el diseño. Para mejorar la estabilidad de los circuitos moduladores y las características con el tiempo, se utilizan transistores duales con un alto grado de equilibrio entre sus secciones. Como la potencia necesaria de portadora para excitar a estos transistores es muy baja, el consumo de la misma se ha dividido por 10 en comparación con los moduladores de diodos en anillo. Otra ventaja de estos moduladores se deriva de su característica de amplificación, la cual permite obtener un bajo factor de ruido, al entregar un mayor nivel relativo mínimo sin necesidad de pasos amplificadores adicionales. La realimentación que se aplica se traduce en una mejora del margen de intermodulación y una característica estable conservada dentro de un ancho margen de temperatura y con fluctuaciones de potencia de alimentación o de portadoras. Dado que el aislamiento entre entrada y salida del modulador es alto, las técnicas de diseño de filtros se simplifican por la gran mejora que se obtiene en la pérdida de reflexión, dando como resultado una mejor característica de respuesta con la frecuencia para una determinada configuración del filtro.

Las características y coste del equipo de canales dependen mucho de los filtros, por lo que se puso considerable esfuerzo y cuidado en su diseño.

Brevemente, podemos decir que el filtraje se utiliza para evitar la interferencia mutua entre las bandas de frecuencia vocal, la señalización y los pilotos de referencia de grupo (supergrupo), así como para suprimir fugas de portadora, bandas laterales indeseadas y ruido perturbador fuera de la banda útil vocal 300 a 3400 Hz. Bandas laterales indeseadas, fugas de portadoras y señales de entrada al modulador o demodulador que aparecen en su salida son suprimidas por el filtro paso-banda de emisión y el filtro de audio en recepción.

La respuesta especificada para un canal emisión o recepción completo, incluyendo a los modems de pregrupo, es mejor que la mitad de la citada en la recomendación G 232, diagrama N° 2A, del CCITT. Para alcanzar estos límites se ha tenido que introducir una



UNICAMENTE SE INCORPORAN FILTROS DE  $(84 + \Delta)$  KHz CUANDO SE UTILIZA EL PILOTO DE REF. DE GRUPO  $(84 + \Delta)$  KHz

Fig. 6 Diagrama de bloques del equipo de traslación de canales (— — — sólo para señalización dentro de banda).

distorsión previa en los extremos 300 y 3400 Hz, a fin de compensar las pérdidas del filtro paso-banda a estas frecuencias. Para este diseño fué necesario utilizar técnica de síntesis de redes con ordenador. Dado que la señalización se transmite a través de los filtros paso-banda, la respuesta de éstos ha tenido que ampliarse hasta 3825 Hz para incluir la señalización fuera de banda.

En el caso de señalización fuera de banda, la interferencia de la banda vocal en la misma es evitada mediante el filtro paso-banda de la señalización en el lado emisor. En recepción se utiliza un filtro de tres polos; la frecuencia de señalización se filtra y detecta en el receptor de señalización. La figura 7 muestra una característica típica del filtraje en el lado emisión.

En pregrupos, la pendiente de la respuesta atenuación-frecuencia es menos abrupta ya que se tiene un intervalo de frecuencias bastante ancho entre las bandas lateral superior e inferior.

La interferencia mutua entre las señales de frecuencia vocal y el piloto de referencia de grupo (84,08 u

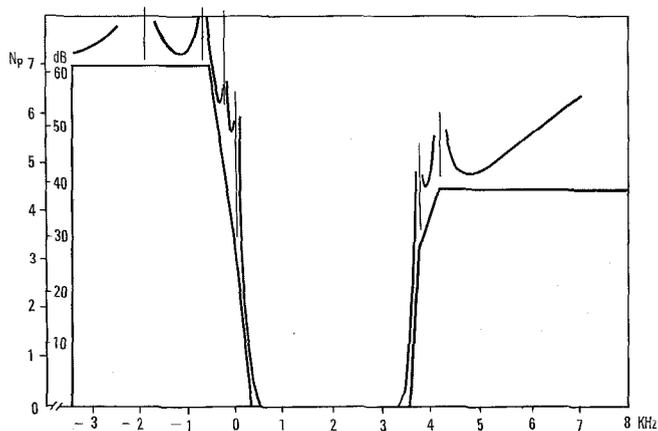


Fig. 7 Característica típica del filtraje en canal. Lado emisión.

84,140 kHz) inyectado en la unidad combinadora o el piloto de referencia de supergrupo (411,92 ó 411,86 kHz) es evitada mediante la combinación de filtros de audio y de paso banda de canal. Sin embargo cuando se utiliza señalización fuera de banda se incorporan filtros de cristal de cuarzo de banda eliminada (84,08 kHz) en emisión y en recepción a fin de proteger el piloto y la señalización respectivamente.

Varios tipos de señalización incorporada al canal pueden ser suministrados: fuera de banda a 3825 Hz con posibilidad de bajo nivel (-18 dBm0 ó -20 dBm0) o alto nivel (-5 dBm0) y señalización dentro de banda a una frecuencia vocal (por ejemplo, 2280 Hz). Para otras aplicaciones existe una versión de canal sin señalización. La distribución de la frecuencia de señalización es común para los 12 canales y valedera para un amplio margen de niveles. En la entrada al modulador, la frecuencia de señalización se aplica mediante un conmutador estático controlado por el hilo de emisión de señalización.

En el caso de señalización fuera de banda, el receptor está compuesto por un amplificador de c.a. selectivo seguido por un detector y un amplificador de c.c. que alimenta, a través de unos circuitos fijadores del umbral, a una etapa accionadora del relé.

Mediante puentes el receptor puede trabajar con alto o bajo nivel, así como con tono en reposo o en trabajo. El relé receptor de señalización es del tipo "reed" sellado de probada fiabilidad y similar al utilizado con anterioridad.

En el caso de señalización dentro de banda, el evitar la interferencia de la frecuencia vocal con la de señalización, no puede conseguirse únicamente a base de técnicas de filtrado. Se necesita además un circuito de guarda, sensible a un subarmónico de la frecuencia de señalización, que evita se accione el receptor de señalización en condiciones de frecuencia vocal pre-

sente. Otra característica de este diseño de señalizador es la posibilidad de la interrupción del camino de transmisión de la frecuencia vocal conforme a lo recomendado por el CCITT. Esta interrupción se realiza mediante un relé estático en el lado emisión, mientras que en recepción se hace en el amplificador de audio, bajo el control del receptor de señalización. El receptor de señalización dentro de banda puede ser una unidad separada o estar incorporado al modem de canal según la preferencia del cliente. En el primer caso trabaja asociado con el equipo de canal sin señalización (receptor antiguo).

En el equipo, se han incorporado una serie de facilidades para pruebas y mantenimiento.

En las entradas y salidas de audio y grupo básico se encuentran puntos de seccionamiento y prueba que permiten la comprobación del equipo y del cableado de central; en el lado de grupo básico los puntos de prueba están desacoplados del camino de transmisión a fin de evitar posibles interrupciones del sistema causadas por cortocircuitos accidentales durante operaciones de mantenimiento.

También tiene el equipo facilidad para el seccionamiento de los hilos de señalización conectados a los circuitos de conmutación. Como ya hemos descrito anteriormente, conjuntos atenuadores en el lado de audio permiten la selección entre varios niveles relativos. Para el ajuste fino del nivel de audio en salida recepción, a fin de compensar las variaciones de nivel a la entrada de grupo básico, cada modem de canal posee una capacidad de ajuste frontal de  $\pm 3$  dB, este ajuste puede ser continuo o en pasos de 0,5 dB. El nivel de salida de grupo básico puede ser ajustado también con un potenciómetro dentro de un margen  $\pm 1$  dB.

Un punto de prueba y facilidades de ajuste para la inyección del piloto de referencia de grupo están incorporados en la unidad combinadora; el ajuste es continuo mediante variómetro dentro de un margen de  $\pm 1,7$  dB.

**Datos técnicos**

*Niveles e impedancias en audio*

Entrada a 4 hilos: -17 a -4 dBr en pasos de 1 dB, 600 ohmios equilibrados.

Salida a 4 hilos: -6 a +9 dBr en pasos de 1 dB, 600 ohmios equilibrados.

La ganancia en el lado de recepción es ajustable en pasos de 0,5 dB o continuamente dentro de un margen de  $\pm 3$  dB.

*Niveles e impedancias en grupo básico*

Lado emisión: Son posibles dos niveles normalizados -37 dBr (-36 dBr) 150 ohmios equilibrados ó 75 ohmios desequilibrados, y -26 dBr, 75 ohmios desequilibrados.

A petición puede ser incorporado ajuste continuo del nivel de salida con margen de  $\pm 1$  dB.

Lado recepción: Son posibles dos niveles normalizados con ajuste en el margen  $\pm 1$  dB, -30 dBr, 150 ohmios equilibrados y -8 dBr, 75 ohmios desequilibrados.

*Linealidad*

El cambio de la pérdida equivalente de un canal en bucle cuando el nivel en el punto de entrada a 4 hilos cambia desde 0 dBm0 a +3,5 dBm0, no excederá de 0,3 dB.

Si se emite por el punto a 4 hilos un tono, dentro de la banda 300 a 3400 Hz, con un nivel de 0 dBm0, el nivel del segundo armónico será menor que -35 dBm0 y el del tercer armónico será menor que -40 dBm0.

*Limitación*

Si se eleva el nivel en el punto a 4 hilos hasta +20 dBm0, el nivel de salida no excederá de +10 dBm0.

*Respuesta de frecuencia*

Para un equipo con bucle realizado en el punto de grupo básico, la respuesta de la banda del canal con 800 Hz está dentro de la recomendación del CCITT G 233 (Libro Azul, volumen III) Gráficas N° 2A y 2B. Para el lado emisión o recepción solamente, esta respuesta está dentro de los límites marcados en la recomendación G 233, Gráfica N° 2C.

*Fuga de portadora*

En salida audio o grupo básico el nivel de cualquier fuga de portadora será menor de -32 dBm0.

*Distorsión de retardo de grupo*

Una curva típica de los resultados detenidos con bucle en grupo básico se muestra en la figura 8.

*Diafonía inteligible*

La diafonía entre canales, con bucle en grupo básico, es mayor de 70 dB.

- en grupo básico mayor de 56,5 dB,
- en audio mayor de 70 dB.

*Ruido*

El ruido básico de un canal, hecho bucle y sin frecuencia piloto ni señalización, es menor de -70 dBm0p.

La interferencia del canal adyacente con un nivel de entrada de 0 dBm0 y con un filtro "simulador de la voz", como recomienda CCITT, será menor de -65 dBm0p.

La interferencia del canal adyacente sobre un determinado canal, emitiendo un ruido blanco de nivel 0 dBm0 por cualquier otro canal será menor de -56 dBm0p.

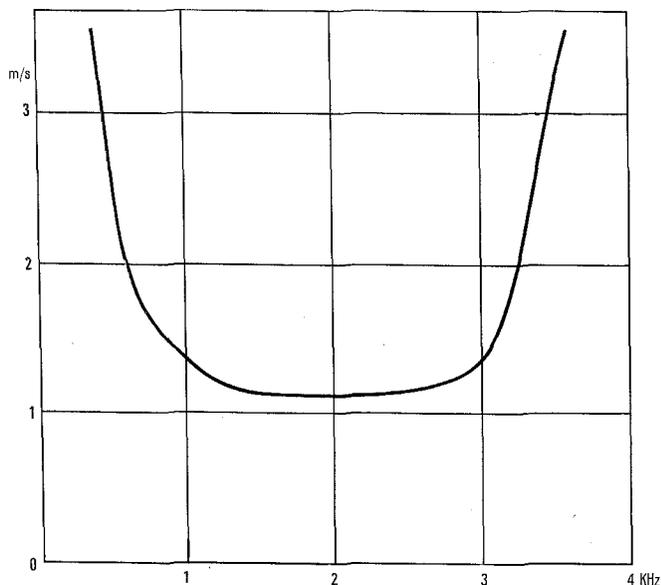


Fig. 8 Curva típica de la distorsión de retardo de grupo.

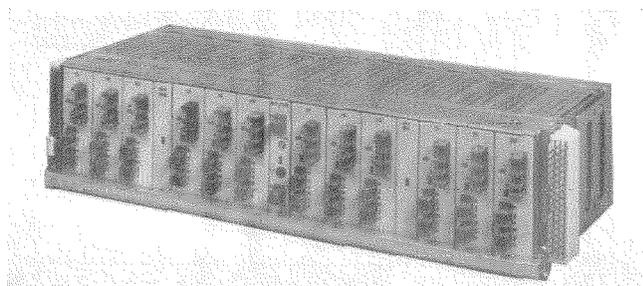


Fig. 9 Armazón de traslación de canales.

**Señalización fuera de banda (3825 Hz)**

- Señalización a bajo nivel - 18 ó - 20 dBm0
- Señalización a alto nivel - 5 dBm0
- Para una máxima velocidad de transmisión equivalente a impulsos o interrupciones de 30 ms y con variaciones del nivel y la frecuencia con respecto a valores nominales de  $\pm 6$  dB y  $\pm 10$  Hz respectivamente, la máxima distorsión de señalización no excederá, sin el piloto de grupo, de 5 ms
- 6 ms

**Señalización dentro de banda**

- Son posibles gran variedad de frecuencias de señalización dentro de banda: 2280, 2400, 2500 y 3000 Hz.
- Nivel a 2280 Hz - 6 dBm0
- Nivel a 2400 ó 2500 Hz - 6 dBm0
- Nivel a 3000 Hz - 8 dBm0
- Para una máxima velocidad de transmisión de impulso o de interrupción de 20 ms y con una variación del nivel y frecuencia, con respecto a valores nominales, de  $\pm 9$  dB y  $\pm 15$  Hz respectivamente, la máxima distorsión de señalización no excederá de 5 ms

**Consumo de potencia de portadora por grupo básico**

- Para cada portadora de canal 0,4 mW a 1 V
- Para cada portadora de pregrupo 0,8 mW a 1 V

**Consumo de potencia por grupo**

- Suponiendo señalización continua a bajo nivel, el consumo será menor de 350 mA a 24 V

**Diseño mecánico**

En la figura 9 se muestra una armazón de canales totalmente equipada con 12 modems de canal más circuito de señalización, 2 unidades de modem de pregrupos y una unidad combinadora.

La unidad modem de canal está compuesta por dos tarjetas impresas, como se muestra en la figura 10. Una tarjeta incluye los circuitos moduladores y los filtros de audio y alta frecuencia. Por medio de clavijas ponteadoras (en U) a introducir en los bloques de conexión accesibles en el frente, se puede incorporar en el camino de recepción, un atenuador situado en la tarjeta, que permite un margen de ajuste de la ganancia de  $\pm 3$  dB. La segunda tarjeta aloja la parte restante del circuito de audio y los circuitos de señalización, emisión y recepción; los niveles relativos de entrada y salida pueden ser ajustados a su valor nominal por medio de clavijas atenuadoras enchufables o juegos de atenuadores ponteables según las necesidades del cliente. Opcionalmente se puede incorporar una terminación híbrida resistiva de paso de 2 a 4 hilos. Facilidades para seccionamiento se tienen en los puntos de entrada y salida de audio y de señalización. Puntos de prueba en paralelo

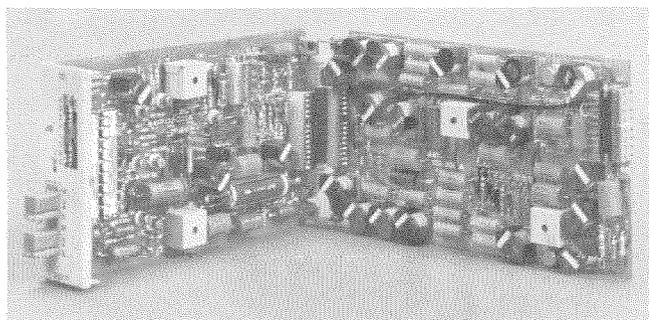


Fig. 10 Unidad modem de canal (abierta).

permiten la medida de los niveles de audio en emisión y recepción.

Dos modems completos de pregrupo se montan en la unidad de pregrupo como se muestra en la figura 11.

En la unidad combinadora los cuatro pregrupos se reúnen para formar la banda de grupo básico 60-108 kHz. Los amplificadores permiten ajustes de los niveles e impedancias del lado grupo básico. Facilidades para seccionamiento y prueba de los circuitos están dispuestos a la entrada y salida. El circuito de piloto comprende la inyección, con punto de medida, el ajuste del mismo y los filtros de supresión de piloto a la entrada y a la salida de grupo básico.

El equipo de traslación de canal a grupo básico, ocupa una armazón standard de 42 módulos de alto (107 mm) con regletas conectoras a los lados.

**Equipo de traslación de grupo**

Un diagrama de bloques del equipo de traslación de grupo se muestra en la figura 12.

El circuito modulador, del mismo tipo que el usado en etapas de traslación de orden superior, es activo y doblemente equilibrado; está formado por dos transistores duales similares a los utilizados en los moduladores de canal. Con esta configuración, tenemos de nuevo las ventajas del bajo consumo de potencia de portadora, las altas pérdidas de reflexión y la ganancia que dan los moduladores activos. Otra caracterís-

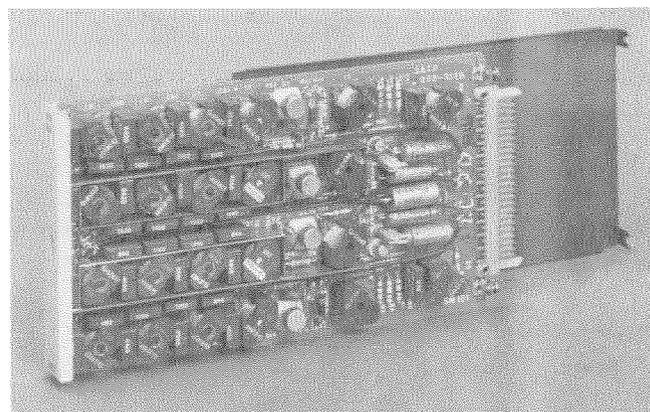


Fig. 11 Unidad modem de pregrupo.

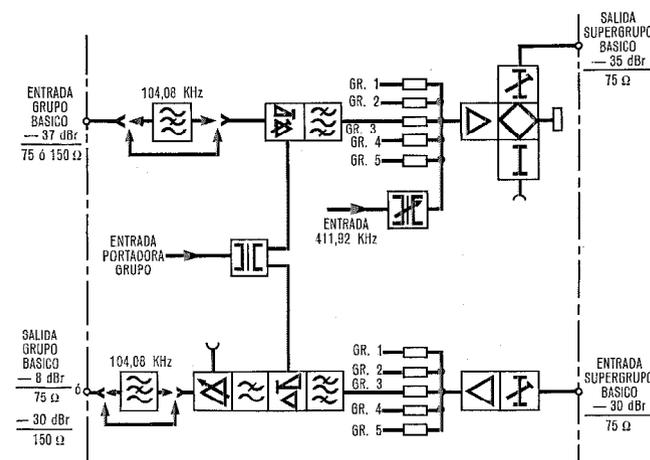


Fig. 12 Diagrama de bloques del equipo de traslación de grupo.

## Equipos de corrientes portadoras

tica es la estabilidad de la ganancia gracias a la realimentación, que es, dentro de un determinado margen, insensible a las variaciones de alimentación y a las de nivel de portadora; la relación de compresión entre potencia de portadora y fluctuaciones de la ganancia del modulador es mayor de 10 dentro de un amplio margen de niveles.

Para conseguir, con un mínimo número de elementos las exigentes características de respuesta dentro de la banda de paso, fué necesario introducir una distorsión previa en la característica del filtro a fin de compensar las pérdidas de las bobinas.

La combinación de los cinco grupos se realiza mediante acoplamiento resistivo a la entrada y salida (baja impedancia) de los amplificadores de supergrupo básico para emisión y recepción respectivamente.

El amplificador de grupo, en recepción, tiene dos etapas y posee un control manual y continuo de la ganancia dentro de un margen de  $\pm 4$  dB con respecto al valor nominal, que utiliza para ajustar el nivel de salida de grupo básico al valor correcto cuando tenemos un nivel distinto del nominal en la entrada de supergrupo básico. Si se desea este amplificador puede ser adaptado para tener una regulación automática mediante la incorporación de un termistor, que se alimentaría de un receptor de piloto de supergrupo en unidad aparte.

Filtros de banda eliminada, realizados con cristales de cuarzo, pueden ser equipados opcionalmente para suprimir la frecuencia correspondiente en grupo básico a la de piloto de referencia de supergrupo básico. Se incorporan, asociados con el grupo tercero, en el lado de grupo básico emisión y recepción. Estos filtros se equipan para evitar en emisión las interferencias del piloto con la frecuencia de señalización fuera de banda, y en recepción para proteger la señalización del piloto. Esta función es similar a la realizada por los filtros de eliminación de piloto de grupo básico en canales.

### Datos técnicos

#### Niveles e impedancias en grupo básico

Entrada emisión:	- 38 a - 36 dBr, 150 ohmios equilibrados o 75 ohmios desequilibrados, -26 dBr, 75 ohmios desequilibrados.
Salida recepción:	- 30 dBr, 150 ohmios equilibrados, -7 a -8 dBr, 75 ohmios desequilibrados.

#### Niveles e impedancias en supergrupo básico

Lado emisión:	- 35 dBr, ajustables dentro de un margen de $\pm 1,5$ dB por grupo y por supergrupo y en pasos de 0,5 dB; impedancia 75 ohmios desequilibrados.
Lado recepción:	- 30 dBr, ajustables continuamente en un margen de $\pm 4$ dB por grupo, y en pasos de 0,5 dB, margen $\pm 1,5$ dB por supergrupo; impedancia 75 ohmios desequilibrados.

#### Respuesta con la frecuencia

— Dispersión máxima en cada dirección con respecto a 84 kHz	$\pm 0,25$ dB
— Dispersión máxima en banda de canal 4 kHz	0,25 dB

#### Fuga de portadora

La máxima fuga de cada portadora en emisión es	- 43 dBm0
--	-----------

#### Diafonía inteligible

La diafonía entre grupos, entre transmisión o recepción del mismo grupo o entre canales dentro de un grupo no es peor de	80 dB
--	-------

#### Interferencia banda lateral superior

No es mayor de	80 dB
----------------	-------

#### Ruido del equipo en bucle

— El ruido básico no excede	
— El ruido total con todas las entradas cargadas con señales de ruido blanco, según recomienda CCITT, será menor de	40 pW0p - 72 dBm0p

#### Relación de compresión del modulador

Para niveles de portadora dentro de $\pm 3$ dB con respecto al nominal, no será más baja de	10:1
---	------

#### Potencia de portadora por modem de grupo

No excederá de	1 mW a 1 V
----------------	------------

#### Consumo de potencia por supergrupo básico

No excede de	200 mA a 24 V
--------------	---------------

En la figura 13 se muestran tres supergrupos básicos montados en una armazón de un nivel.

El equipo de traslación por supergrupo básico comprende cinco tarjetas de modems de grupo, una tarjeta que incorpora los filtros, emisión y recepción, de eliminación del piloto de referencia de supergrupo y una tarjeta combinadora.

La figura 14 muestra una tarjeta modem de grupo, totalmente equipada con los circuitos modulador y demodulador, los filtros asociados y el amplificador de salida, lado recepción.

La unidad combinadora está compuesta por dos amplificadores de supergrupo básico, emisión y recepción, a los cuales se conectan los modems de grupo a

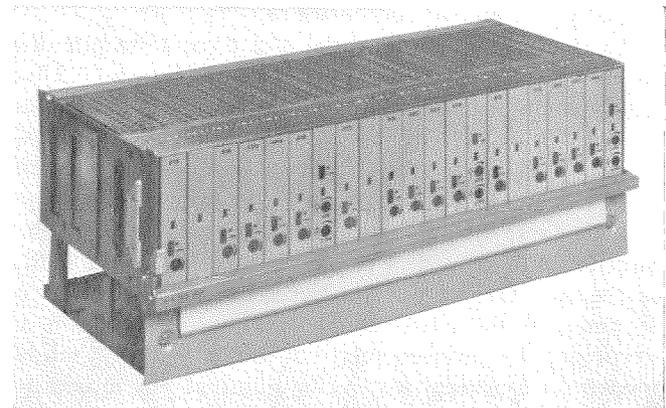


Fig. 13 Armazón de traslación de grupo.

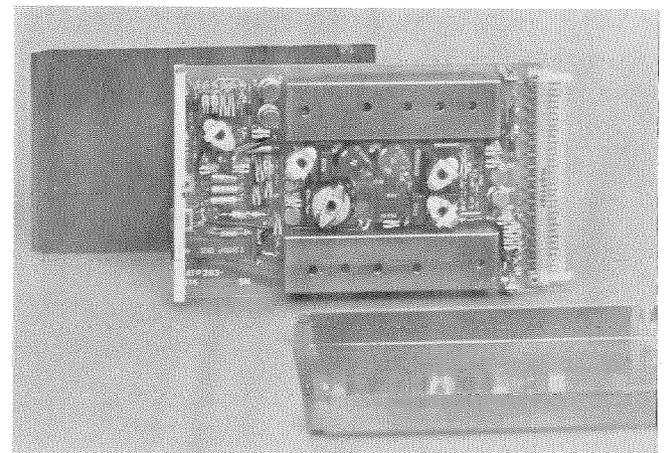


Fig. 14 Tarjeta modem de grupo.

través de redes resistivas combinadoras. En el lado emisión existe un circuito de inyección del piloto de referencia de supergrupo que incluye un ajuste del nivel de salida del mismo.

Existen facilidades de mantenimiento para el ajuste de la ganancia en las unidades modem de grupo, tanto en emisión como en recepción. Puntos de medida desacoplados existen en las salidas de emisión en las unidades combinadoras y en las salidas de recepción en las unidades modem de grupo.

La armazón tiene posibilidad para interrumpir la conexión a la central, entradas y salidas, mediante la utilización de conexiones enchufables. Estas están situadas horizontalmente en la parte baja de la armazón. El cableado de bastidor también es enchufable.

### Equipo combinado de traslación de canal y de grupo

Los diagramas bloque del equipo de traslación de canal, figura 6, y del equipo de traslación de grupo, figura 12, son aplicables a este equipo.

En una estructura mecánica compuesta por cinco armazones, ver figura 15, se incorporan los equipos de traslación de canal para la formación de cinco grupos básicos y el equipo de traslación de grupo para formar el supergrupo básico. El espacio ocupado por el equipo de canal en cada armazón es el ya indicado de 42 módulos, mientras que el equipo de traslación de grupo se distribuye en las cinco armazones. Esto exige un bastidor más ancho, de 600 mm ó 670 mm, dependiendo de cómo se equipe el bastidor y del cableado de central que se requiera. Distribuido también en las cinco armazones se encuentra el equipo receptor de piloto con bloqueo de la señalización.

Este equipo de bloqueo se incorpora cuando se utiliza señalización fuera de banda con tono en reposo y bajo nivel, a fin de evitar llamadas masivas que se

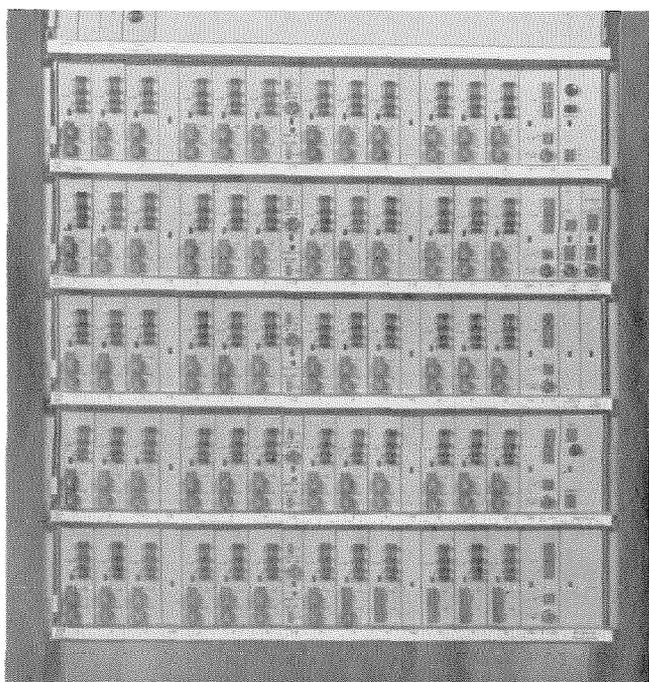


Fig. 15 Equipo combinado de traslación de canal y de grupo.

originarían por fallo en el camino de transmisión y que podrían producir el bloqueo de los circuitos de enlace.

La detección del fallo se realiza con el piloto de supergrupo 411,92 kHz. Cuando el nivel del piloto cae, el receptor de señalización de los canales no ocupados queda bloqueado casi instantáneamente y en los canales ocupados se desconecta después de 10 a 15 segundos. El equipo de bloqueo comprende tres unidades; un receptor selectivo para el piloto 411,92 kHz; una unidad de bloqueo que proporciona las señales de salida que controlan los relés en las unidades de canal e incorpora los circuitos que dan la alarma de bastidor; una unidad discriminadora de ruido que evita que cualquier ruido que venga del camino de transmisión pueda ser interpretado como piloto y produzca un falso desbloqueo.

El equipo combinado de traslación de canal y grupo se utiliza principalmente en redes donde el supergrupo básico es el módulo (número de canales agrupados) más pequeño que se utiliza. Sin embargo los accesos a los cinco grupos básicos están dispuestos en los bloques de terminales de la armazón, lo que permite su conexión al bastidor de repartidor de grupo o el empleo de *bandas de grupo básico separadas para transmisión de datos o de canales de programa*.

### Equipo de traslación de supergrupo

En la figura 16 se muestra un esquemático de bloqueo del equipo de traslación de supergrupo para 960 canales, incluyendo equipo de regulación para el piloto de referencia de supergrupo.

En la transmisión, la señal de entrada se aplica al modulador a través de un transformador híbrido que permite la inyección de frecuencias de pruebas para fines de comprobación de los circuitos.

El circuito modulador es del tipo activo en "push-pull". A continuación del modulador, tenemos un filtro paso-banda que suprime la banda lateral superior y los productos de modulación indeseados. A continuación el supergrupo trasladado se amplifica hasta un nivel de -24 dBr. Este amplificador tiene un margen de  $\pm 1$  dB para ajustar su ganancia en 12 pasos. Este nivel de salida, relativamente alto, evita la necesidad de un amplificador común a los cinco supergrupos en la unidad combinadora previa.

El desacoplo entre las cinco entradas a la unidad combinadora previa, no es crítico, ya que las impedancias de salida de los amplificadores de cada supergrupo son casi independientes de la frecuencia. El circuito combinador de salida tiene un filtro supresor de piloto, 60, 808 ó 1552 kHz según se requiera, a fin de suprimir las posibles interferencias sobre la frecuencia piloto que se inyecta en etapas posteriores.

La segunda red combinadora forma la banda 60-4028 kHz, mediante la combinación de las salidas de los supergrupos 1 a 5, 6 a 10, 11 a 15 y 16. Está compuesta por un amplificador en banda base común, el cual proporciona el desacoplo necesario entre las bandas de frecuencia entrantes. Existen también puntos de

## Equipos de corrientes portadoras

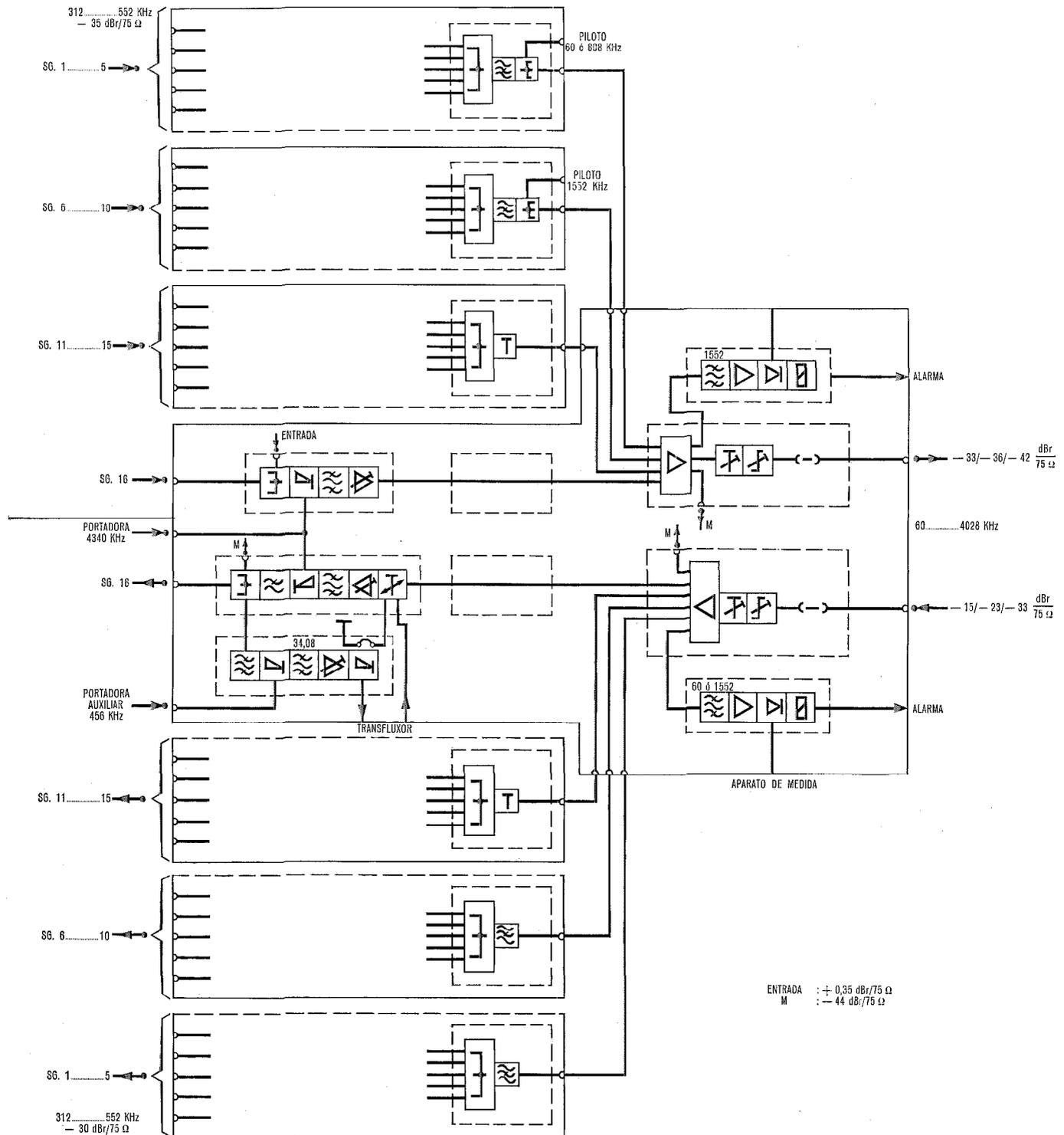


Fig. 16 Diagrama de bloques del equipo de traslación de supergrupo.

prueba desacoplados, así como salida desacoplada para alarma del piloto. Un igualador de cable, ajustable, permite igualar en la central distancias de cable de hasta 50 metros.

El nivel de salida en la banda de alta frecuencia es ajustable mediante atenuadores. Existe facilidad de seccionamiento del circuito. El piloto de salida de 1552 kHz se controla en la salida de la banda base.

La banda entrante de alta frecuencia se aplica al amplificador de entrada a través de un igualador de

cable y de un juego de atenuadores para ajuste. El amplificador tiene muy baja impedancia de salida, obtenida usando realimentación de voltaje negativa, la cual permite que las siete salidas estén perfectamente desacopladas entre sí. Tres de estas salidas, se conectan a las tres redes combinadoras secundarias, la cuarta se conecta a la etapa de traslación del supergrupo 16 y la quinta se conecta al punto de prueba M. Las salidas restantes pueden ser conectadas según se requiera a las entradas de los receptores de piloto de 60, 808 ó

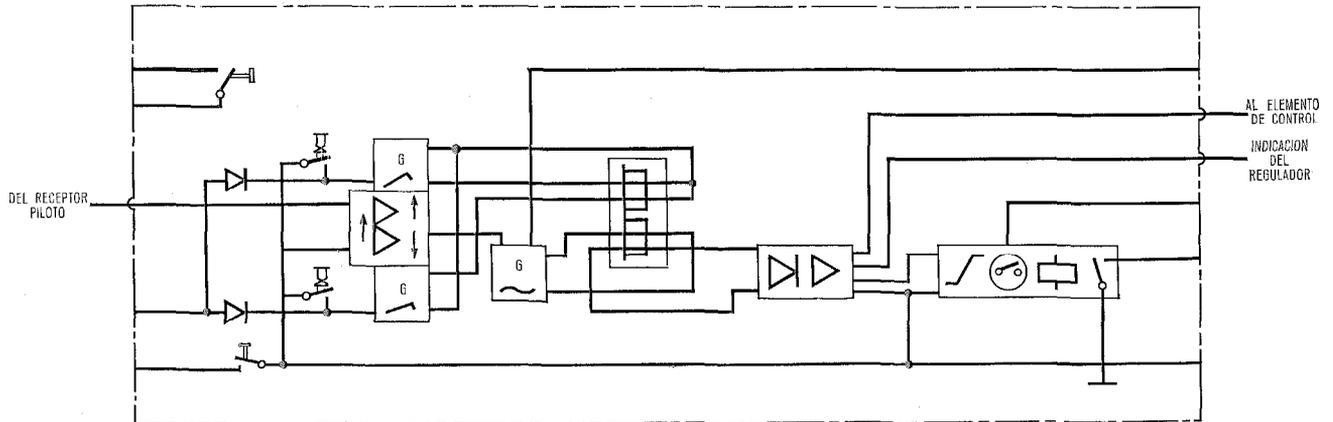


Fig. 17 Diagrama de bloques de regulador con transfluxor.

1552 kHz, los cuales dan una indicación de alarma cuando el nivel del piloto se desvía más de  $\pm 4$  dB del valor nominal. Una salida de corriente continua desacoplada, permite medir el piloto detectado mediante un equipo de prueba especial. El receptor del piloto de 60 kHz tiene una salida adicional para comparación de frecuencia.

Se puede usar regulación automática de la ganancia de supergrupo en alta frecuencia, antes de la demodulación, por medio de un circuito tipo variómetro con un diodo de silicio. Ajuste manual del nivel, dentro de un margen de  $\pm 4$  dB, se puede realizar mediante un conmutador de 12 posiciones. Para evitar la distorsión no lineal excesiva, el nivel en el variómetro debe ser bajo; éste se eleva posteriormente con un amplificador y se aplica la señal al demodulador a través del filtro paso-banda de supergrupo. En la salida del demodulador, un filtro paso bajo suprime la banda lateral superior no deseada y la fuga de portadora. A continuación una red híbrida por transformador proporciona tres salidas desacopladas, que son conectadas respectivamente a la salida de recepción, a un punto de prueba y a la entrada del receptor de piloto de supergrupo para regulación automática de ganancia, o para comprobación únicamente.

### Receptor de piloto de supergrupo

El receptor de piloto de supergrupo está compuesto por una unidad monitora y, si se usa una regulación automática de ganancia, de una unidad adicional con transfluxor\*.

En la unidad monitora, el piloto de referencia de supergrupo, se modula con la frecuencia de 496 kHz a fin de obtener la frecuencia de 84,08 kHz la cual se extrae con un filtro a cristal. El modulador está protegido contra la sobrecarga y las frecuencias imagen por un filtro paso-banda en la entrada. La frecuencia 84,08 kHz, después de extraída, es posteriormente amplificada, rectificada y distribuida en tres caminos; hacia la unidad con transfluxor, hacia una salida para registro de nivel y a un punto de prueba en c.c. Los

límites de alarma están dentro del margen  $+3,5$  dB a  $+5,5$  dB por encima y  $-3,5$  dB a  $-5,5$  dB por debajo del nivel nominal.

En la figura 17 se muestra un diagrama de bloques de la unidad reguladora con transfluxor. La señal en c.c. procedente de la unidad monitora, se compara con un voltaje de referencia mediante un amplificador

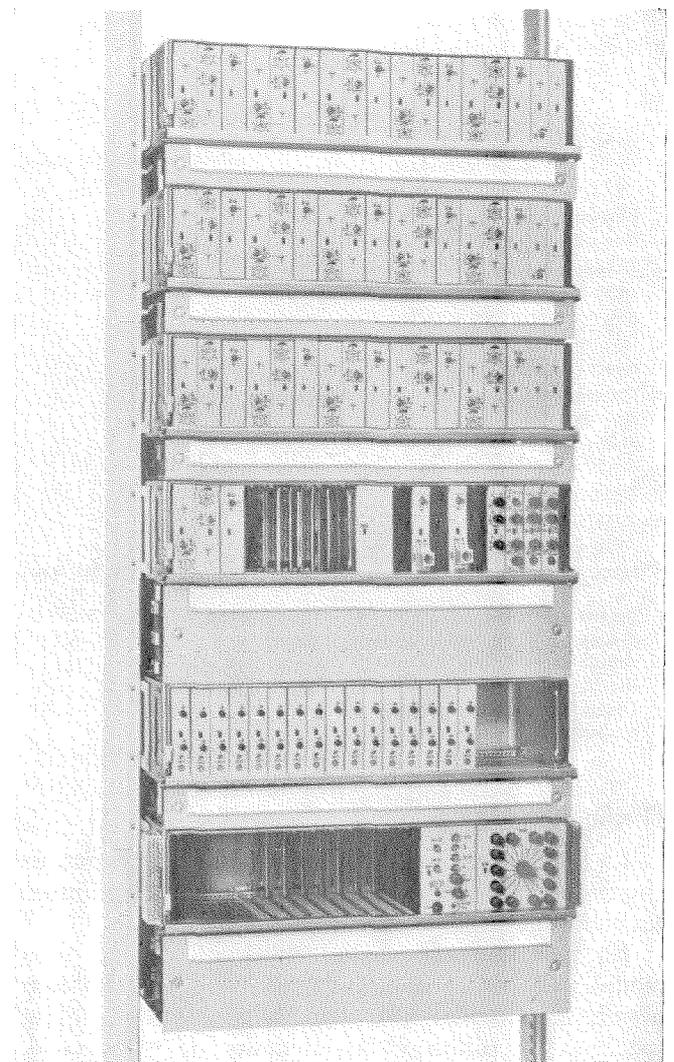


Fig. 18 Equipo de traslación de supergrupo con armazones para supergrupos 1 a 16 con regulación.

\* Nota del editor: Transformador con núcleo polarizado magnéticamente en forma cuantificada.

## Equipos de corrientes portadoras

diferencial. Si la diferencia es mayor del  $\pm 5\%$  uno de los dos osciladores de bloqueo, se dispara y va cambiando el estado de memoria del transflujor, en pasos pequeños e idénticos, hasta que se produce el bloqueo o desbloqueo. El devanado de salida está permanentemente excitado con la ayuda del generador de señal de 150 Hz. La información para regulación está contenida en el área de la curva de salida tensión-tiempo. Esta señal, es rectificadora, amplificada y aplicada como corriente reguladora al circuito de pérdidas variables citado en el punto anterior. En el caso de que haya alarma en la unidad monitora, inclusive alarma por caída de tensión de alimentación, el estado de memoria del transflujor mantiene la ganancia en el último valor que había antes de producirse la alarma. El regulador, posee también la facilidad de poder ser llevado manualmente a cualquier posición de la memoria del transflujor mediante sendos botones que existen asociados con los dos osciladores de bloqueo. Si se equipa un instrumento de medida en la armazón central, se puede leer la corriente reguladora.

### Datos técnicos

a) Lado supergrupo básico (312—552 kHz)	
Niveles e impedancias.	
Nivel nominal de entrada	-35 dB/75 ohmios
Nivel nominal de salida	-30 dB/75 ohmios
b) Lado alta frecuencia. Niveles e impedancias.	
— Sistema de 960 canales (60—4028 kHz)	
Nivel nominal emisión	-33 dB/75 ohmios
Nivel nominal recepción	-33 dB/75 ohmios
— Sistema de 300 canales (60—1300 kHz)	
Nivel nominal emisión	-36 ó -42 dB/75 ohmios
Nivel nominal recepción	-23 dB/75 ohmios
c) El ruido total del equipo en bucle, cargado como recomienda CCITT, no excede de	-71 dBm <sub>0p</sub>
d) Diafonía inteligible entre supergrupos y entre direcciones opuestas del mismo supergrupo es mayor de	80 dB
e) Dispersión máxima en cada dirección con relación a la respuesta a 411,92 kHz	$\pm 0,35$ dB
f) Máxima fuga de portadora en el lado emisión	-40 dBm <sub>0</sub>
Máxima fuga de portadora en el lado recepción	-25 dBm <sub>0</sub>
g) Potencia de portadora	1 V/75 ohmios
h) Regulación automática de ganancia de supergrupo	
Margen de regulación	$\pm 4,5$ dB con una tolerancia de $\pm 1$ dB
Número de pasos de regulación	100 a 150 aprox.
Frecuencia de recepción de los impulsos del oscilador de bloqueo	aprox. 3 Hz
Precisión de regulación	$\pm 0,5$ dB
Umbral de alarma con respecto a nivel nominal	-3,5 a -5,5 dB +3,5 a +5,5 dB

### Diseño mecánico

La distribución del equipo para 16 supergrupos, incluyendo regulación automática de ganancia, se muestra en la figura 18.

En una armazón de un nivel se equipan cinco modems de supergrupo, cada uno de los cuales comprende un modulador o demodulador y una unidad monitora de piloto y las unidades de combinación emisión y recepción. Los supergrupos 1 a 5, 6 a 10 y 11 a 15 se equipan en armazones de igual tipo, mien-

tras que la cuarta armazón incluye equipo para el supergrupo 16. Los amplificadores comunes de transmisión y recepción y los receptores de pilotos de línea.

Cuando se desee control automático de ganancia de supergrupo, en una armazón adicional se pueden montar las 16 unidades reguladoras, con memoria de transflujor.

### Filtros de paso

El filtro de paso de grupo es de tipo pasivo y permite la conexión en paso de 12 canales en la banda de grupo primario básico desde 60,120 a 107,7 kHz. Una curva típica de la respuesta del filtro se muestra en la figura 19. Este filtro paso banda, que suministra la selectividad necesaria, incorpora además un igualador, dos atenuadores ponteables y los transformadores para adaptar el filtro a distintos niveles e impedancias. El filtro fué desarrollado con ayuda de ordenador siguiendo el método de pérdidas de inserción y según un programa de proceso de datos realizado por SEL.

Para conseguir la abrupta característica del filtro en los extremos de la banda, así como para atenuar la frecuencia de señalización a 108,150 kHz ó 108,175 kHz se requieren circuitos resonantes de muy alta calidad y estabilidad. Estas resonancias se han alcanzado con circuitos a cristal introducidos en una red especial.

Las variaciones de la respuesta a la frecuencia de las bobinas del filtro con la temperatura son muy pequeñas ya que el coeficiente de temperatura de las bobinas se compensa con condensadores de mica y poliestireno. Para suprimir la influencia de la humedad sobre los circuitos críticos, se han empleado condensadores sellados en los circuitos resonantes.

La figura 20 muestra una unidad de filtro de paso de grupo. Una armazón de dos niveles puede ser equipada con seis filtros, cada uno de ellos de 50 módulos de ancho.

### Datos técnicos

Nivel entrada	-8 dB ó -30,4 dB
Impedancia	150 ohmios equilibrados o 75 ohmios desequilibrados
Nivel salida	-37 dB ó -36,5 dB
Impedancia	150 ohmios equilibrados o 75 ohmios desequilibrados
Banda de paso	60,6 a 107,7 kHz
Máxima atenuación a 84 kHz	6,1 dB ó 29 dB
Distorsión de la respuesta con la frecuencia en la banda de paso	$\pm 0,5$ dB, referida a 84 kHz
Distorsión de respuesta con la frecuencia en un ancho de banda de 4 kHz, para los canales 1 y 12	$1/5$ CCITT
para los otros canales	$1/10$ CCITT
Diferencia de atenuación entre 60,12 a 60,25 kHz y 63,20 kHz	$\leq 1,7$ dB
Bandas atenuadas	
Atenuación por debajo 55,6 kHz	mín. 80 dB, referida a 84 kHz
por encima 112,4 kHz	mín. 80 dB, referida a 84 kHz
55,6 a 59,7 kHz	mín. 70 dB, referida a 84 kHz
108,6 a 112,4 kHz	mín. 70 dB, referida a 84 kHz
Atenuación a las frecuencias de señalización 108,15 ó 108,175 kHz	mín. 40 dB, referida a 84 kHz

El filtro de paso de supergrupo de tipo pasivo, permite el paso de los 60 canales de un supergrupo básico dentro del margen de frecuencias 312,3 kHz a 551,4 kHz.

El filtro es una estructura en escala compuesta de un filtro paso banda, un igualador de nivel y un filtro

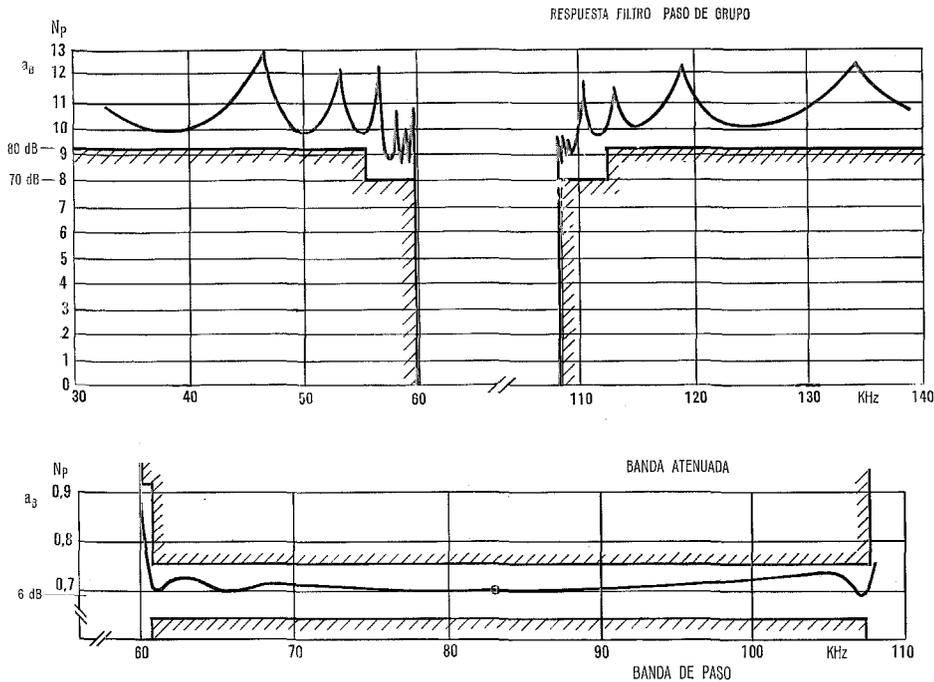


Fig. 19 Respuesta del filtro de paso de grupo.

banda eliminada a cristal. Los valores de los componentes del filtro paso banda fueron obtenidos con ordenador de la misma forma que hemos citado para el filtro paso de grupo. Una elección adecuada de la impedancia se ha traducido en una optimización en las bobinas en cuanto al  $Q$  que se ha obtenido. Los transformadores a la entrada y a la salida del filtro paso banda nos permiten acoplar la impedancia del filtro a la resistencia de terminación de 75 ohmios. El filtro de banda eliminada a cristal suministra una atenuación adicional a la frecuencia de 556 kHz la cual aparece entre el límite superior de la banda de paso y el límite inferior de la banda atenuada. Por las razones ya explicadas en el punto anterior, se emplean condensadores de poliestireno a prueba de humedad en los circuitos resonantes que proporcionan los polos de atenuación en los límites de la banda de paso. Este

filtro no necesita compensación especial con la temperatura.

En la figura 21 se muestra la construcción mecánica de la unidad de filtro.

El filtro de paso de supergrupo tiene 34 módulos de ancho; ocho filtros ocupan una armazón de dos niveles con cableado coaxial.

#### Datos técnicos

Nivel entrada impedancia	- 30 dBr 75 ohmios desequilibrados
Nivel salida impedancia	- 35 dBr 75 ohmios desequilibrados
Banda de paso	312,3 a 551,9 kHz
Atenuación a 411,92 kHz	5 dB $\pm$ 0,3 dB
Distorsión de la respuesta con la frecuencia, referida a 411,92 kHz	$\pm$ 0,5 dB
Distorsión de la respuesta con la frecuencia, referida a 4 kHz	máx. $1/10$ CCITT

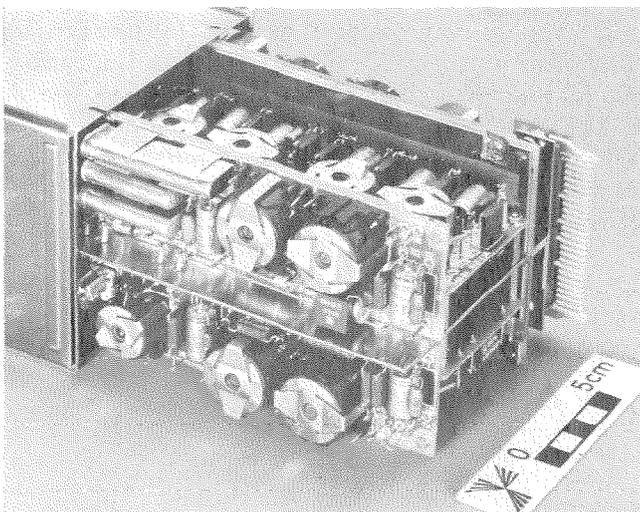


Fig. 20 Unidad de filtro de paso de grupo.

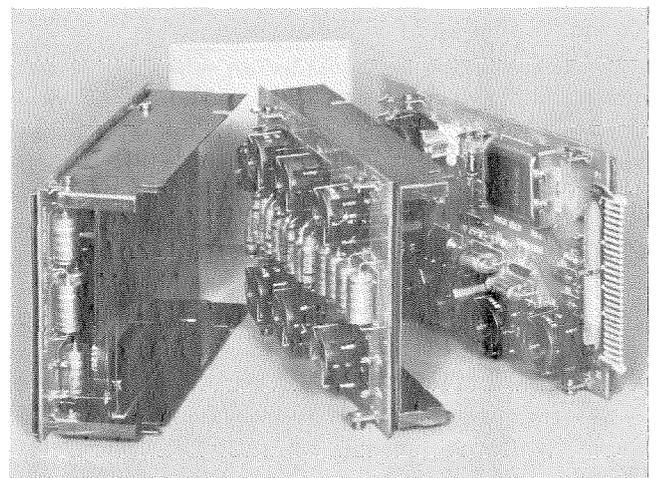


Fig. 21 Unidad de filtro de paso de supergrupo.

## Equipos de corrientes portadoras

Banda atenuada

Atenuación mínima referida a 411,920 kHz,  
en las bandas

hasta 297 kHz	80 dB
297 a 303,4 kHz	70 dB
560,3 a 567 kHz	70 dB
por encima 567 kHz	80 dB
y a las frecuencias	
308 kHz $\pm$ 3 Hz	40 dB
556 kHz $\pm$ 3 Hz	40 dB

### Suministros de portadoras

Para el funcionamiento de los circuitos de suministro de portadoras, se necesitan las siguientes frecuencias básicas:

4 kHz	generación portadoras canal y pregrupo;
12 kHz	generación portadoras de grupo;
60, 124, 372 y 496 kHz	frecuencias básicas para generación de portadoras de supergrupo, portadora auxiliar de 496 kHz y frecuencias piloto de 60, 84,08, 104,08, 330 ó 308, 411,92, 547,92, 808 y 1552 kHz.

124, 2480  
(ó 440) kHz generación de portadoras de grupo terciario o mastergrupo y supermastergrupo.

Todas estas frecuencias se derivan de un oscilador maestro a cristal de 4,96 MHz. Hay dos versiones de este oscilador que difieren en la estabilidad de frecuencia.

1ª versión:  $\frac{\Delta f}{f} = 0,1$  ppm máx. en tres meses. Para sistemas hasta 960 canales.

2ª versión:  $\frac{\Delta f}{f} = 0,05$  ppm máx. en tres meses. Para sistemas de hasta 2700 canales.

Es también posible el control exterior con 124 kHz.

El corazón de la generación de frecuencia es el oscilador maestro. Es un oscilador de 4,96 MHz controlado a cristal el cual alimenta a un amplificador separador de varios pasos. También incorpora un horno con temperatura controlada. Para el tipo de oscilador de más baja estabilidad, este horno contiene solo el cristal, mientras que en el caso de alta estabilidad dentro del horno se encuentran situados no solo el cristal sino la totalidad del circuito oscilador y el circuito regulador de temperatura.

De la frecuencia del oscilador de 4,96 MHz obtenemos mediante división por 2, 20 y 31 las frecuencias de 2480 kHz, 124 kHz y 4 kHz respectivamente. Mediante multiplicación se obtienen las frecuencias básicas 496 kHz y 372 kHz, de 124 kHz. La frecuencia 12 kHz de 4 kHz, la frecuencia básica 60 kHz de 12 kHz y la frecuencia piloto 300 kHz de 60 kHz. Las otras frecuencias, se obtienen por combinación, división, multiplicación y mezcla a partir de las frecuencias básicas 60, 124, 372 y 496 kHz. Mas detalles se pueden ver en la figura 22.

Las frecuencias básicas se distribuyen a través de amplificadores de potencia con salida de voltaje estabilizado y baja impedancia. Esta disposición permite que el nivel de salida sea ampliamente independiente

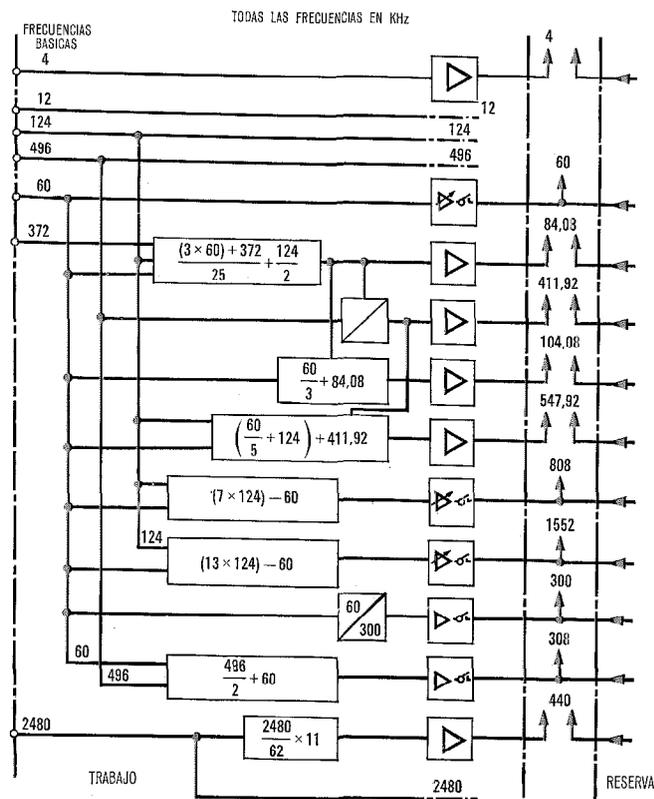


Fig. 22 Diagrama de bloques de la generación de las frecuencias básicas y pilotos.

de la carga. Cada amplificador tiene una llave de prueba que en la posición de no presionada conecta a un aparato de prueba centralizado un voltaje derivado del de salida.

Normalmente los grupos de amplificadores están supervisados por unidades monitoras asociadas ya que las salidas de trabajo y reserva se distribuyen separadamente a los respectivos suministros de portadoras, trabajo y reserva. Sólo los amplificadores del piloto para 300 ó 308 kHz y aquellos otros para la frecuencia auxiliar de 496 kHz tienen supervisión y circuitos de conmutación individuales. La frecuencia de 496 kHz se utiliza en los circuitos reguladores de la ganancia del supergrupo.

Se suministra un comparador de frecuencia para comprobar y reajustar la frecuencia del oscilador maestro. El comparador multiplica la frecuencia básica de 60 kHz y una frecuencia standard exterior de 60 ó 300 kHz para obtener 600 kHz en ambas. Mediante un discriminador obtenemos la frecuencia diferencia. El voltaje de salida del discriminador puede ser medido en la unidad de medida de la armazón central. Las dos frecuencias citadas de 600 kHz también se tienen en dos puntos de prueba accesibles por lo que la comparación de frecuencias se puede hacer con osciloscopio.

### Características eléctricas

— Frecuencias básicas	60, 124, 372, 496 kHz
— Voltaje de salida	1 V desequilibrado
— Resistencia interna	menor de 1 ohmio
— Potencia de salida	5 mW
— Frecuencias básicas	4, 12, 124, 84,08, 104,08, 411,92 y 547,92 kHz

Número de salidas	2×3
Voltaje de salida	1 V en 150 ohmios equilibrados
Resistencia interna	150 ohmios
— Frecuencias básicas	440 y 2480 kHz
Número de salidas	2×3
Voltaje de salida	1 V en 75 ohmios desequilibrados
Resistencia interna	75 ohmios
— Frecuencia piloto y	300 ó 308 kHz
— portadora auxiliar	496 kHz
Número de salidas	1×6
Voltaje de salida	1 V en 75 ohmios desequilibrados
Resistencia interna	75 ohmios

El oscilador maestro y los circuitos generadores de frecuencias básicas se equipan en dos armazones de un nivel cada uno. La primera armazón tiene 12 unidades enchufables y suministra las frecuencias básicas 4, 12, 60, 124, 372, 496 y 2480 kHz y la portadora auxiliar de 496 kHz. La segunda armazón tiene también 12 unidades y proporciona las frecuencias básicas 84,08, 104,08, 411,92, 547,92, 2480 ó 440 kHz, así como la frecuencia piloto 300 ó 308 kHz. Ambos tipos de armazones están duplicados a fin de tener equipo de trabajo y de reserva.

Otra armazón de un solo nivel, la armazón central, incorpora el comparador de frecuencia, la unidad de medida y los circuitos de supervisión y distribución de potencia.

Las redes de distribución de frecuencias básicas y portadoras de supergrupo ocupan dos bloques de distribución separados.

En el suministro de portadoras de canal se generan las frecuencias que a continuación se indican:

- 3 portadoras de canal      12, 16 y 20 kHz
- 4 portadoras de pregrupo    54, 96, 108 y 120 kHz

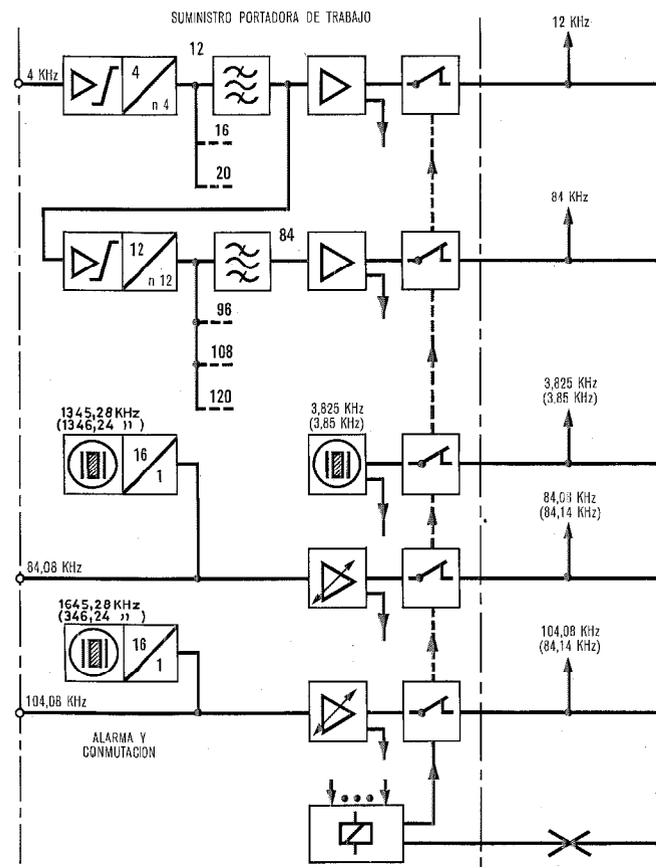


Fig. 23 Diagrama de bloques del suministro de portadoras de canal.

- 1 frecuencia de señalización 3,825 ó 3,850 kHz
- 2 frecuencias piloto entre 84,08, 84,14 y 104,08 kHz

En la figura 23 se muestra el esquema de bloques. Las portadoras de canal se obtienen como armónicos de la frecuencia básica de 4 kHz cuyo voltaje está limitado en un amplificador. De esta forma, los valores de salida se hacen independientes de las fluctuaciones de nivel de la frecuencia básica.

Un multiplicador de frecuencia que incorpora una bobina saturable proporciona el espectro de armónicos de 4 kHz del cual mediante filtrado obtenemos las portadoras de canal 12, 16 y 20 kHz. Otro multiplicador de frecuencia proporciona el espectro de armónicos de 12 kHz del cual se obtienen por filtrado las portadoras de pregrupo.

A la salida de los filtros paso banda se tiene un amplificador de dos etapas que proporciona un adecuado valor de potencia de portadora. La primera etapa limita la amplitud a fin de conseguir niveles de tensión en la salida independientes de las variaciones del nivel de entrada o cambios en la pérdida del filtro. La potencia de portadora es suficiente para alimentar hasta 1200 canales.

La frecuencia de señalización de 3825 kHz se obtiene de un oscilador controlado a cristal. Esta frecuencia puede pasar a ser 3850 Hz mediante cambio del cristal.

Las tres frecuencias piloto 84,08, 84,14 y 104,08 kHz también se obtienen a partir de osciladores controlados a cristal; la estabilización de sus niveles de salida se consigue con etapas sucesivas de amplificadores estabilizados.

Tanto las salidas de portadora, como de piloto y señalización son supervisadas.

Cuando un nivel de salida del suministro de trabajo excede de los límites especificados, se da una alarma y se conmuta automáticamente al circuito de reserva.

Reposición al suministro de trabajo sólo puede hacerse manualmente mediante una llave de reposición, y únicamente si todos los niveles de salida del suministro de trabajo están dentro de límites.

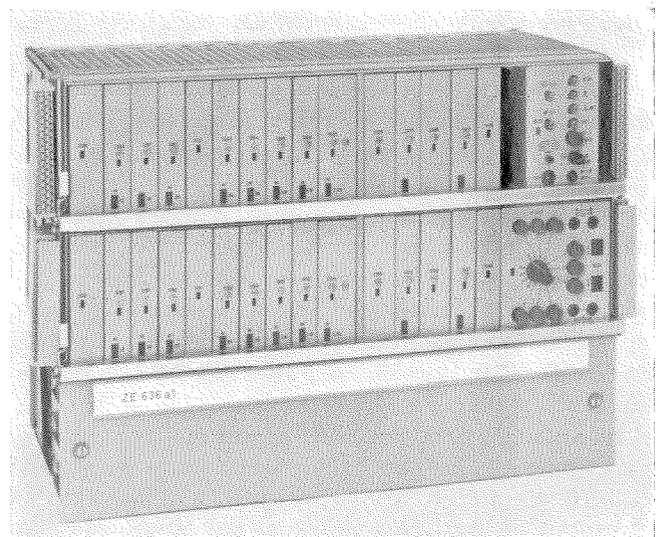


Fig. 24 Armazón de suministro de portadoras de canal. Unidades equipadas.

## Equipos de corrientes portadoras

Las unidades de supervisión y conmutación son idénticas para ambos suministros, trabajo y reserva. La diferencia en funcionamiento se consigue mediante cableado de la armazón. Normalmente la conmutación automática es común para todo un suministro, pero cuando se requiera, se puede proporcionar conmutación individual para portadoras, piloto y señalización, como una solución alternativa.

En cada amplificador de salida, existe un punto de medida frontal desacoplada que se puede utilizar para localización de fallos; con nivel nominal de salida, en este punto se mide 34,8 dB con el receptor terminado en 75 ohmios.

### Datos técnicos

- a) Entradas:
- Frecuencias básicas 4, 84,08, 104,08 kHz
  - Voltaje de entrada 1 V  $\pm$  50 %
  - Resistencia de entrada 7500 ohmios mínima (sin resistencia de terminación)
- b) Salidas:
- Portadoras de canal 12, 16, 20 kHz
  - Portadoras de pregrupo 84, 96, 108, 120 kHz
  - Voltaje de salida 1 V  $\pm$  10 %
  - Potencia de salida 180 mW (90 mW)
  - Resistencia de salida menor de 0,5 ohmios (0,7 ohmios)
  - Atenuación de las frecuencias a  $\pm$  4 kHz de la frecuencia portadora 70 dB mínimo (78 dB)
  - Frecuencia de señalización 3,825 ó 3,850 kHz
  - Estabilidad  $\pm$  3 Hz en 20 años
  - Voltaje de salida 1 V  $\pm$  5 %
  - Potencia de salida 40 mW
  - Resistencia interna 0,5 ohmios máxima
  - Frecuencias piloto 84,08, 84,14, 104,08 kHz
  - Estabilidad  $\pm$  0,5 Hz en 18 meses
  - Voltaje de salida 0,25 V  $\pm$  2 %
  - Potencia de salida mayor de 1 mW
  - Resistencia interna menor de 0,5 ohmios
- c) Unidad de supervisión y conmutación automática:
- Margen de respuesta cuando el valor medido se desvía del nominal
  - Salida de portadora -1,8 a -3,5 dB
  - Salida de frecuencia de señalización -0,9 a -2,2 dB
  - Salida de frecuencia piloto +0,2 a +0,9 dB; -0,2 a -0,5 dB
  - Tiempo de conmutación cuando el nivel cae lentamente (con reposición manual) máx. 8 ms (2 ms)
- d) Requisitos de potencia:
- Voltaje de trabajo 24 V c. c.  $\pm$  2 %, positivo a masa
  - Consumo de corriente en condiciones normales 1250 mA

En la figura 24 se muestra una armazón de suministro de portadoras, completamente equipado con  $2 \times 15 = 30$  unidades, para alimentación en trabajo y reserva de portadoras de canal, pregrupo, frecuencias de señalización y piloto. Dos unidades adicionales contienen los circuitos de distribución central de potencia con fusibles y aquellas otras de supervisión centralizada con lámparas indicadoras de alarma y llave de reposición. Una unidad extra de distribución de potencia, con cuatro fusibles, se puede equipar cuando se requiera.

La armazón tiene dos niveles para montar unidades y un estante de conexión con doce conectores de 25 puntos cada uno. Con diez conectores se alimentan los 20 grupos de traslación de canal del mismo bastidor mientras que los dos conectores restantes se utilizan para alimentar los equipos de traslación de bastidores

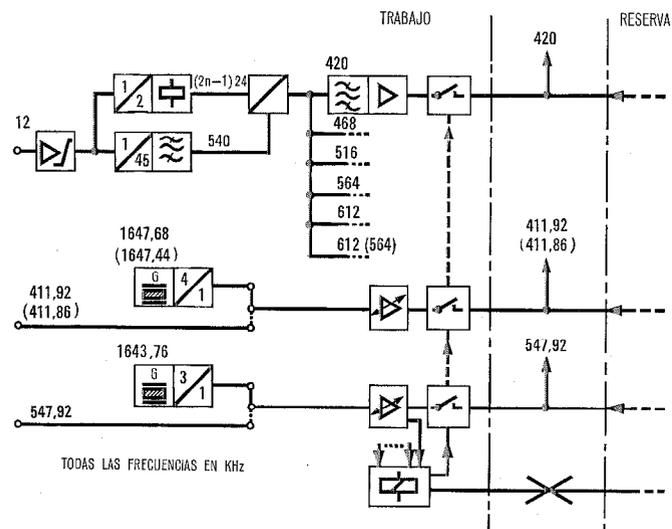


Fig. 25 Diagrama de bloques del suministro de portadoras de grupo.

adyacentes. En éstos se encuentran equipados en su posición central los armazones de distribución de portadoras. Estos son de un solo nivel y tienen únicamente una fila de conectores en su estante para conexionado. Equipan además unidades para distribución de potencia y supervisión.

En los laterales de los armazones centrales y de suministro de portadoras, se tienen dos regletas de terminales de 66 puntos para soldadura cada una, y que se utilizan para entrada de las frecuencias básicas, resistencias de terminación y conexiones en corriente continua.

Las portadoras de grupo 420, 468, 516, 564 y 612 kHz se obtienen como múltiplos de 12 kHz.

Con osciladores a cristal se generan las frecuencias piloto de referencia de supergrupo 411,92 y 411,86 kHz y 474,92 kHz. A los osciladores siguen amplificadores estabilizadores que proporcionan un nivel de salida constante e independiente dentro de amplios límites del nivel de entrada y de las condiciones de carga. Si se tienen frecuencias básicas adecuadas no es necesario utilizar la unidad osciladora.

El suministro de portadoras de grupo es duplicado con circuitos de conmutación automática del tipo relé.

En condiciones normales el suministro de trabajo alimenta los equipos de traslación mientras que el otro, el de reserva, está desconectado de los circuitos de distribución de portadoras.

En la figura 25 mostramos un esquema de bloques del suministro de portadoras de grupo.

El amplificador de 12 kHz que alimenta las posteriores etapas multiplicadoras, tiene un limitador con diodo en el circuito resonante de salida mediante el que conseguimos la independencia del nivel de salida de portadora de las fluctuaciones en voltaje de los 12 kHz de entrada. Este amplificador tiene una impedancia de entrada relativamente alta y por tanto un consumo de potencia bajo.

Un circuito rectificador de onda completa se utiliza como generador de 24 kHz mientras que los 540 kHz

se obtienen por multiplicación en un circuito generador de armónicos del tipo a diodo.

El circuito modulador es el corazón del suministro de portadoras de grupo. Estas se obtienen como productos de modulación de 540 kHz con  $(2n \pm 1) \times 24$  kHz, o sea:

$$420 \text{ kHz} = 540 - 5 \times 24 \text{ kHz}$$

$$468 \text{ kHz} = 540 - 3 \times 24 \text{ kHz}$$

$$516 \text{ kHz} = 540 - 1 \times 24 \text{ kHz}$$

$$564 \text{ kHz} = 540 + 1 \times 24 \text{ kHz}$$

$$612 \text{ kHz} = 540 + 3 \times 24 \text{ kHz}$$

Las frecuencias  $5 \times 24$ ,  $3 \times 24$  y  $1 \times 24$  kHz se obtienen a partir de un generador de armónicos de 24 kHz del tipo de bobina. Cuando esta bobina se alimenta por encima de su saturación, se obtienen estrechos impulsos de voltaje que contienen el espectro de todos los armónicos impares. Un amplificador de una sola etapa, suministra la potencia de saturación. A fin de evitar cortocircuitos de los armónicos deseados, la bobina se alimenta a través de un circuito resonante - serie a 24 kHz.

El espectro de frecuencia que aparece a la salida del modulador se aplica a través de un amplificador de impulsos de colector común, a las entradas de los filtros paso-banda, conectados en paralelo, tras los cuales tenemos los respectivos amplificadores de las portadoras de grupo. El amplificador de impulsos, citado anteriormente, tiene una baja resistencia de salida a fin de reducir la influencia mutua de los filtros.

Los amplificadores de portadora, de dos etapas, se conectan a la salida de los filtros. La primera etapa es limitadora a fin de estabilizar el nivel de portadora independientemente del nivel presente en la salida de los filtros. La segunda etapa es un circuito en colector común que presenta una baja impedancia de salida (0,6 ohmios) y una potencia de 30 mW a 1 V. Puntos de medida desacoplados, situados en la parte frontal de las unidades permiten la comprobación del nivel de salida.

Las portadoras de supergrupo 564 y 612 kHz se generan de una manera similar.

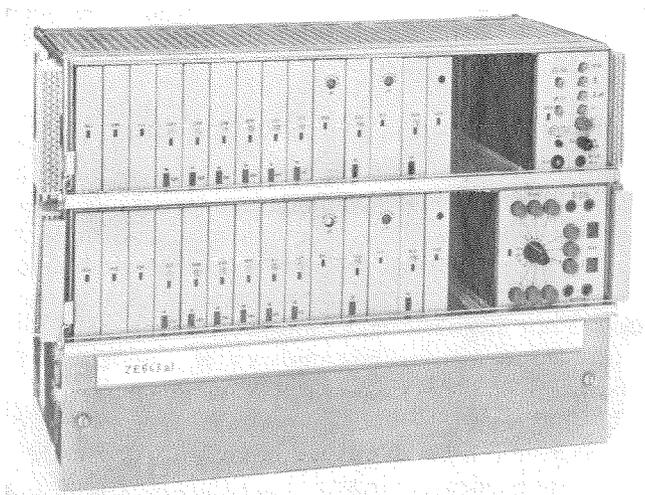


Fig. 26 Armazón suministradora de portadoras de grupo. Unidades equipadas.

La frecuencia piloto de 411,92 kHz se obtiene de un oscilador a cristal sin termostato seguido de un divisor. La frecuencia osciladora es 1647,68 kHz =  $4 \times 411,92$  kHz. Se ha elegido esta frecuencia porque para esos valores es posible fabricar cristales con alta estabilidad dentro de un margen amplio de temperaturas. Al oscilador siguen los circuitos divisores de relación 2:1 y un amplificador de salida de nivel constante que tiene un diodo como resistencia variable el cual consigue la estabilidad de nivel necesaria.

Los pilotos de supergrupo 411,86 y 547,92 kHz se obtienen de una manera similar con cristales de frecuencias de resonancia 1647,44 y 1643,76 kHz respectivamente; en el último caso se utilizan un divisor de relación 3:1.

#### Datos técnicos

- Frecuencias básicas externas:

a) Para suministro de portadora

Frecuencia	12 kHz
Voltaje de entrada	1 V $\pm$ 50 % equilibrado
Resistencia de entrada	7,5 kohmios mín.

b) Para amplificadores de piloto (cuando no tenemos osciladores de piloto)

Frecuencias	411,92, 411,86, 547,92 kHz
Voltaje de entrada	250 mV $\pm$ 50 %, desequilibrado
Resistencia de entrada	470 ohmios mínima

- Voltajes de salida:

a) Portadoras de grupo y supergrupo

Frecuencias	420, 468, 516, 564, 612 kHz
Voltaje de salida	1 V $\pm$ 10 %
Potencia de salida	mayor de 30 mW
Resistencia interna	menor de 0,6 ohmios
Atenuación a las frecuencias espúreas a 4 kHz o más de la portadora	90 dB mínima

b) Frecuencias piloto

Voltaje de salida	411,92, 411,86, 547,92 kHz
Potencia de salida	250 mV $\pm$ 2 %
Resistencia interna	1 mW
Desviación máxima de frecuencia con control interno	0,5 ohmios máx.
	$\pm$ 1 Hz en 2 meses

- Supervisión y conmutación:

como se ha explicado en el suministro de portadoras de canal

- Potencia necesaria:

Tensión de alimentación	24 V $\pm$ 2 %
Consumo de corriente totalmente equipado y en operación normal	1200 mA

El suministro de portadoras de grupo se monta en una armazón de dos niveles como se muestra en la figura 26. La regleta de conexiones comprende 11 conectores para alimentación de las armazones del mismo bastidor, un conector para suministrar frecuencias generadas a otro bastidor y un conector para la salida de la portadora de supergrupo.

Para un sistema de 300 canales, se necesitan las portadoras de supergrupo 612, 1116, 1364 y 1612 kHz; para un sistema de 960 canales se necesitan además de las anteriores las portadoras 1860, 2108, 2356, 2604, 2852, 3100, 3348, 3596, 3844, 4092 y 4340 kHz.

Estas portadoras y las frecuencias piloto 60, 808 y 1552 kHz se derivan de las frecuencias 60, 124, 372 y 496 kHz, las cuales se obtienen de la armazón generadora de frecuencias básicas.

El número de salidas existentes en las redes de distribución permiten alimentar doce sistemas de 300

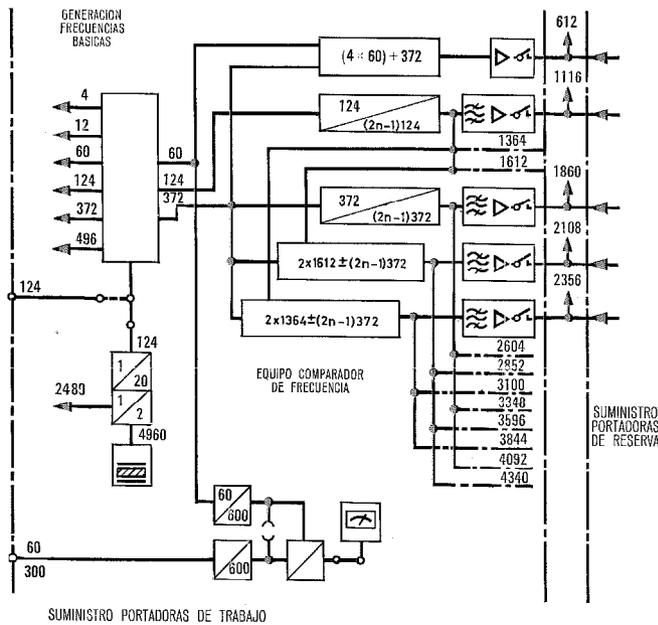


Fig. 27 Bastidor de traslación de canales con 240 canales.

canales, seis sistemas de 300 canales y seis de 960 canales, o doce mastergrupos básicos.

Como se puede ver en la figura 27, las frecuencias básicas 60, 124 y 372 kHz sirven para generar las portadoras de supergrupo. La portadora de 612 kHz se obtiene multiplicando 60 kHz y mezclando con 372 kHz. Las portadoras 1116, 1364 y 1612 se obtiene mediante filtrado a la salida del generador de los armónicos  $(2n - 1) \times 124$  kHz. Las otras portadoras de supergrupo se obtienen en tres grupos a partir de la frecuencia básica 372 kHz. Las frecuencia del primer grupo, 1860, 2604, 3348 y 4092 kHz, se obtienen del generador de armónicos  $(2n - 1) \times 372$  kHz. Las frecuencias del segundo grupo, 2108, 2852, 3596 y 4340 kHz, se obtienen como productos de la modulación  $(2 \times 1612) \pm (2n - 1) \times 372$  kHz y aquellas otras del tercer grupo 2356, 3100 y 3844 kHz como productos de la modulación de  $(2 \times 1364) \pm (2n - 1) \times 372$  kHz. Las frecuencias deseadas se seleccionan mediante los filtros de portadora necesarios.

Gracias al esquema de generación que se ha escogido, la selección de frecuencias se puede alcanzar con filtros LC sin necesidad de utilizar cristales. La señal de salida de los filtros, alimenta amplificadores de potencia, la salida de los cuales se conecta a las unidades de relés de distribución a través del contacto de un relé incorporado en ellos.

El suministro de portadoras de supergrupo se agrupa en cuatro partes a fin de que solo se necesiten cuatro unidades idénticas supervisoras y conmutadoras a la vez. Estas unidades supervisan el voltaje de salida del amplificador en la entrada y en la salida de los contactos del relé, y de esta forma un fallo en el contacto dará una alarma y se conmutará a los circuitos de reserva. Cuando un amplificador del suministro de trabajo falla, todos los amplificadores supervisados por la misma unidad conmutan a los respectivos ampli-

ficadores de reserva. Una lámpara indicadora en la unidad supervisora facilita la localización del fallo ya que se mantiene la alarma. La reposición manual mediante una llave solo es posible cuando los voltajes de salida de los amplificadores alcanzan su valor especificado. Como en el caso de los amplificadores de frecuencias básicas, los voltajes de salida pueden ser comprobados con la ayuda de un instrumento de medida centralizado.

Las frecuencias piloto 808 y 1552 kHz se derivan de las frecuencias básicas 60 y 124 kHz según se muestra en la figura 22. Aquéllas se extraen mediante filtrado y son posteriormente amplificadas y estabilizadas con los amplificadores de piloto de 808 y 1552 kHz.

El amplificador de piloto de 60 kHz se obtiene directamente con la frecuencia básica de 60 kHz. Los tres amplificadores de piloto, tienen circuitos de supervisión y conmutación individuales. La distribución y prueba de las frecuencias piloto es similar a la de las portadoras de supergrupo.

**Datos técnicos**

— Portadoras de supergrupo	612, 1116, 1364, 1612, 1860, 2108 y 2356 kHz
Número de salidas de la red de distribución	1 x 12
Voltaje de salida	1 V en 75 ohmios desequilibrados
Resistencia interna	75 ohmios
— Portadoras de supergrupo	2604, 2852, 3100, 3348, 3596, 3844, 4092 y 4340 kHz
y frecuencias piloto	60, 808 y 1552 kHz
Número de salidas de la red de combinación	1 x 6
Voltaje de salida	1 V en 75 ohmios desequilibrados
Resistencia interna	75 ohmios

El suministro de portadoras de supergrupo se equipa en dos armazones. Una armazón de un solo nivel incorpora diez unidades enchufables y suministra las portadoras 612, 1116, 1364 y 1612 kHz para un sistema de 300 canales y las frecuencias piloto 60 y 808 kHz.

La otra armazón, de dos niveles, está equipada con 19 unidades enchufables y proporciona las portadoras restantes para un sistema de 960 canales, esto es 1860, 2108, 2356, 2604, 2852, 3100, 3348, 3596, 3844, 4092 y 4340 kHz, así como la frecuencia piloto 1552 kHz.

Ambas armazones están duplicadas para tener suministro de trabajo y de reserva.

**Suministro de potencia y circuitos de alarma**

En la parte inferior de cada bastidor se tiene la posibilidad de montar dos unidades idénticas de suministro de potencia. Una sola unidad de potencia es capaz de alimentar un bastidor totalmente equipado, la segunda unidad se utiliza como reserva. Ambas unidades están interconectadas mediante diodos de silicio a fin de evitar interrupciones en el suministro de potencia cuando una unidad falla.

La salida de la unidad de potencia es de 24 V c.c. con positivo a masa. Unidades convertidoras o rectificadoras se pueden suministrar para trabajar con la red o con las baterías de la central. El suministro externo puede variar dentro de un amplio margen de tensiones

de entrada. En la unidad existen protecciones contra sobrecorrientes y sobretensiones.

**Datos técnicos**

Voltaje entrada: 24, 48 y 60 V c. c., -12 a +22 %  
 220 y 110 V c. a., -20 a +10 %  
 45 a 60 Hz  
 Voltaje salida: 24 V  $\pm$ 0,3 V para cualquier carga hasta 9,5 Amp.

Cada bastidor tiene una armazón que posee una unidad de alarma y otra de fusibles; por tanto esta armazón, puede ser de suministro o distribución de portadoras.

El suministro de potencia estabilizado pasa a través de fusibles de distribución montados en la unidad de fusibles y accesibles frontalmente.

La unidad de alarma proporciona una prolongación de las mismas a la central a la vez que da una indi-

cación visual para fallo de suministro de potencia estabilizada, fusibles, pilotos recibidos, frecuencia generada y alarma de voltaje.

La distinción en la central entre alarmas urgentes y no urgentes de acuerdo con la importancia del fallo, puede ser equipada también.

**Composición de los bastidores**

Los principios de la construcción ISEP permiten tener una flexibilidad máxima en el diseño de bastidores. Montaje y cableado de los bastidores pueden hacerse en instalación, mientras que las armazones salen cableadas de fábrica.

De esta forma, para cumplir con las exigencias del cliente, se pueden montar varias combinaciones de armazones sobre un bastidor. Otra ventaja de esta construcción, es el hecho de que la cantidad de equipo

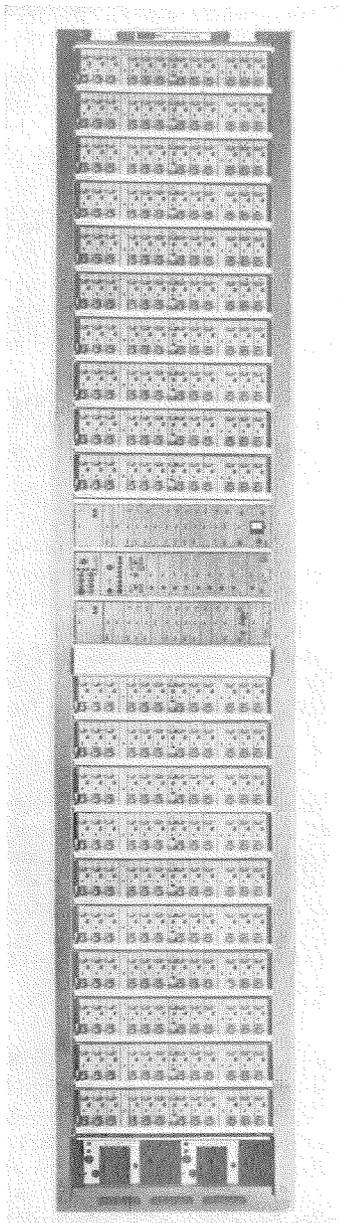


Fig. 28 Bastidor de traslación de canales con 180 canales, bloqueo de grupo y regulación automática de ganancia.

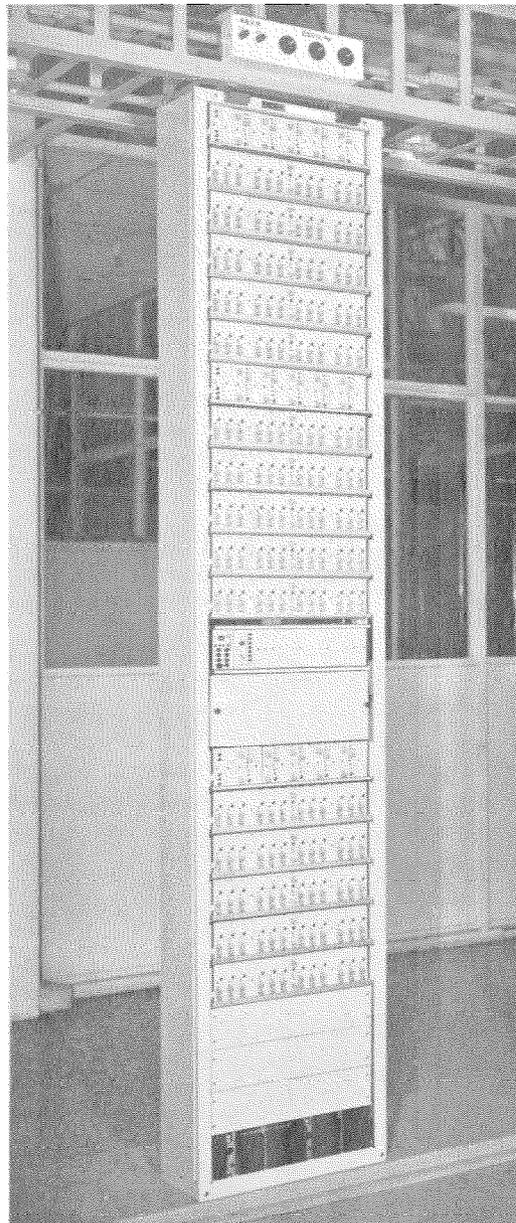


Fig. 29 Bastidor del equipo de traslación de grupo.

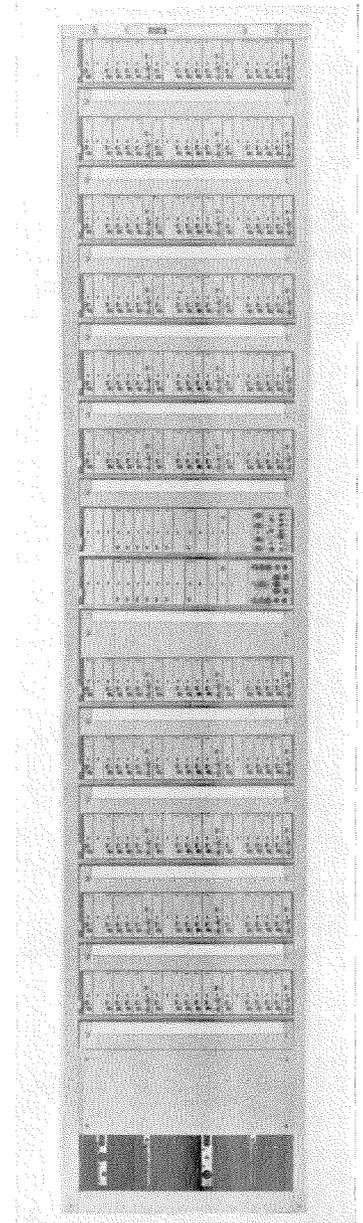


Fig. 30 Bastidor de traslación de grupo (primero instalado).

que ha de cablearse e instalarse inicialmente puede limitarse a las deseadas, adaptándose por tanto a las necesidades del cliente; posteriormente pueden realizarse ampliaciones de una manera sencilla.

Los siguientes ejemplos indican composiciones de equipos típicas en bastidores de 2743 mm (9 pies) de altura. En todos los casos, se incluyen suministros de potencia duplicados.

En la figura 28 se muestra el primer bastidor de canales instalado. Comprende equipo de traslación hasta 240 canales y suministros de portadoras para ser alimentado con una frecuencia básica de 4 kHz. Cuatro bastidores más, equipados con distribución de portadoras, pueden ser alimentados por esta generación de portadoras.

En las aplicaciones en las que se necesita tener bloques de grupo y regulación automática de ganancia, la capacidad del bastidor es de 15 grupos de canales como se muestra en la figura 29.

Otra composición del bastidor de canales puede tener unidades de terminación inductivas 4H/2H, convertidores de llamada y equipo supervisor piloto de referencia de grupo el cual puede también incluir bloqueo de grupo.

El primer bastidor de traslación de grupo contiene equipo de traslación para 33 supergrupos básicos y suministro de portadoras de grupo con capacidad para alimentar dos bastidores como se muestra en la figura 30.

En la figura 31 se muestra un bastidor para sistemas de 300 y 960 canales. Un bastidor standard puede contener dos sistemas de 960 canales u ocho sistemas de 300 canales, incluyendo equipo de regulación automática de ganancia.

**Agradecimiento**

Este artículo ha sido confeccionado basándose en los diseños realizados por los departamentos de transmisión de Bell Telephone Manufacturing Company, Standard Elektrik Lorenz, Standard Eléctrica, S.A. y Standard Radio & Telefon AB. Los autores agradecen la información y asistencia que han recibido de sus colegas.

**Referencias**

- [1] M. E. Collier, H. Lehnich y L. C. Deschuytere: "Transistor Carrier Multiplex Equipments — Part 1 — Broad Design and Salient Circuit Features", Electrical Communication, volumen 40, N° 1, págs. 34—47, 1965.  
M. E. Collier: "Transistor Multiplex Equipments — Part 2 — Deep Rack Construction (Mark 6 Multiplex)", Electrical Communication, volumen 40, N° 1, págs. 48—73, 1965.  
Richard Rabe and L. C. Deschuytere: "Transistor Carrier Multiplex Equipments — Part 3 — Front — Leadout Construction", Electrical Communication, volumen 40, N° 1, págs. 74—98, 1965.
- [2] L. C. Deschuytere y A. Maat: "Equipo multiplex de portadoras, grupo y supergrupo de orden superior", Comunicaciones Eléctricas, volumen 43, N° 2, págs. 138—151, 1968.
- [3] F. Boerbaum, J. Evans y F. Leyssens: "Standard Equipment Practice for ITT Europe", Electrical Communication, volumen 39, N° 2, págs. 199—211, 1964.

Leon C. Deschuytere nació en Zwevegem (Bélgica) el 18 de agosto de 1926. Obtuvo el diploma en ingeniería eléctrica en 1951 en la Universidad de Lovaina.

El mismo año empezó a trabajar en Bell Telephone Manufacturing Company en Amberes. En la actualidad ocupa en la citada compañía el cargo de ingeniero jefe de los sistemas de transmisión.

Fritz Scheible nació en Kornwestheim (Alemania) el 25 de Agosto de 1923. Estudió telecomunicaciones en la Technischen Hochschule de Stuttgart donde recibió el diploma de ingeniería el año 1954.

En 1954 se incorporó al equipo de trabajo de Standard Elektrik Lorenz AG. Desde 1967 el Sr. Scheible dirige, en la citada compañía, los laboratorios de multiplex por desviación de frecuencias y sistemas PCM.

Stanislaw Serdakowski nació en 1925 en Varsovia (Polonia). Desde 1946 a 1948 estudió en la Technische Hochschule de Hannover (Alemania). En 1953 obtuvo el título de ingeniero en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación en Madrid, y empezó a trabajar en Standard Eléctrica, S.A., Madrid.

El Sr. Serdakowski ocupa en la actualidad en SESA, Madrid, el cargo de jefe del departamento de transmisión y radio.

Kurt H. Johansson nació en Herrljunga (Suecia) en 1938. Obtuvo en 1965 el grado de "Master" en Ciencia y Electrónica de la Universidad Chalmers de Tecnología, Gothenburg, Suecia.

Se incorporó a Standard Radio & Telefon en 1963, trabajando en la división de transmisión, en el desarrollo de equipos modém de datos y más tarde en equipos múltiplex de portadoras. En 1968 fué nombrado ingeniero jefe de los laboratorios de transmisión para diseño de equipos múltiplex por división de frecuencia.

Mr. Johansson es miembro de la Asociación Sueca de Ingenieros Electrónicos.

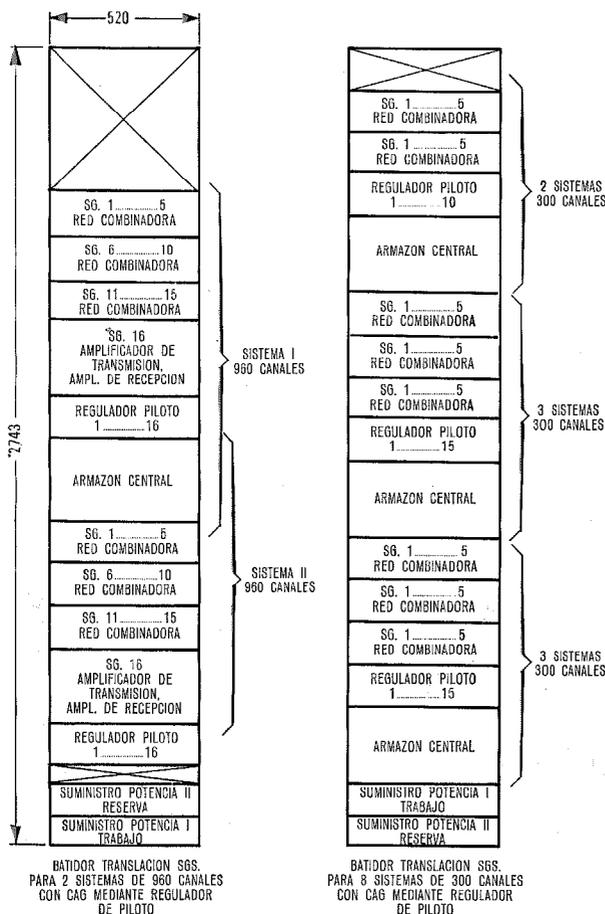


Fig. 31 Equipo de traslación de supergrupo. Distribución del bastidor.

# Radioenlaces en el sudeste de Asia

Se desarrollan con algún detalle tres de los proyectos ITT realizados en esta región. Se describe el enlace principal de Malasia, columna vertebral de sus comunicaciones, en cuya red secundaria se usan equipos de microondas totalmente transistorizados. También se describe los sistemas que trabajan en el margen inferior de la VHF en los enlaces secundarios de Tailandia, haciendo una comparación entre VHF y SHF. Finalmente se describen la instalación y equipos de gran capacidad instalados en el Norte y Sur de Tailandia.

## I Parte — Generalidades

R. N. BURTON  
ITT Far East and Pacific, Inc., Hong-Kong

Durante muchos años la ITT ha estado íntimamente relacionada con el desarrollo de los radioenlaces en el sudeste de Asia. En las páginas del presente trabajo aparecen descritos con algún detalle tres de los proyectos ITT realizados en dicha región. La presente introducción tiene por objeto encuadrar dichos proyectos en el conjunto de la zona, y al tiempo citar algunas otras aportaciones ITT al desarrollo de la red de radioenlaces (Fig. 1).

El artículo de Mr. Gorringe — “Enlace principal de Malasia” — describe el primer proyecto ITT de envergadura, y de hecho, la primera instalación de microondas para banda ancha (600 circuitos telefónicos por radiocanal) realizada en el sudeste de Asia. A partir de esta base, el departamento malayo de telecomunicación ha ampliado y extendido su red de radioenlaces hasta alcanzar lo que hoy día es, posiblemente, el más amplio y bien equilibrado sistema del continente asiático. La zona cubierta por el sistema principal ha sido ampliada (no con equipos ITT) hasta cerrar el vacío entre Ipoh y Penang en el norte, y desde Kuala Lumpur hasta la costa este de la península. Este esqueleto base soporta una creciente retícula de rutas secundarias de capacidad variable. El artículo de Mr. Thomas describe los equipos de STC-Sidney que, trabajando en VHF y en el extremo inferior de la UHF, han sido utilizados para los enlaces secundarios de pequeña capacidad (24 y 60 canales). Un primer pedido por 52 terminales dobles de los tipos ML1 y ML5 suscrito en 1968 ha sido recientemente seguido de otro análogo por cantidad semejante. Subiendo en la escala de capacidades y frecuencias a 120 canales y 2 GHz, se han utilizado sistemas suministrados por ITT Canadá en varias de las rutas más sobrecargadas comprendiendo diez terminales duplicados suministrados a Malasia para las rutas Kledang a Maxwell Hill, Maxwell Hill a Kuala Kangsar, Kledang a Sitiawan, Kledang a Kampar y Burit a Kuala Selangor. Este equipo, al igual que los ML1 y ML5 de Sidney, es totalmente transistorizado y muy compacto; en el instante de redactar el presente artículo se tienen registrados cero fallos en el servicio en Malasia.

El departamento malayo de telecomunicación ha utilizado también la banda de 2 GHz para sistemas de mayor capacidad, teniendo un enlace equipado por STC Sidney ML2A para 600 canales, en servicio.

Reservando las bandas de 4 GHz y 6 GHz para las rutas principales y estaciones terrenas para satélites, la red secundaria utiliza también la banda de 7 GHz. Mr. Gorringe describe algunas de las primeras instalaciones efectuadas con equipos RA7 de STC, habiendo sido suministrados por otro proveedor radioenlaces adicionales con equipos para 300 canales.

Tailandia entró en la era de las microondas después que Malasia, pero la administración tailandesa ha demostrado una notable capacidad de rápido desarrollo,

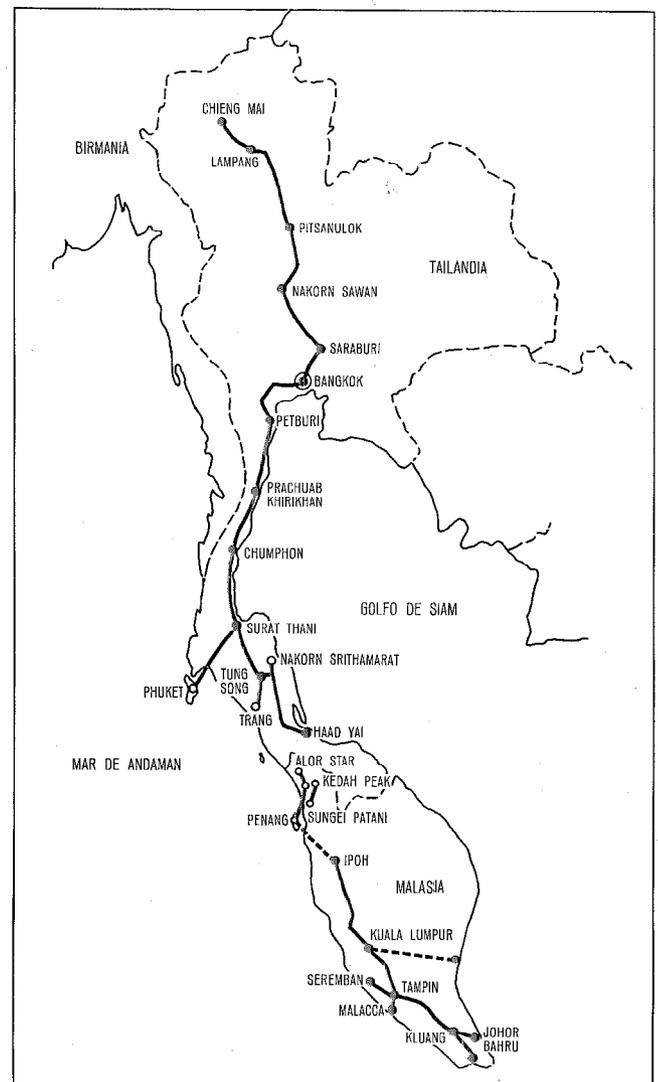


Fig. 1 Radioenlaces en el sudeste de Asia.

según demuestra ampliamente el artículo de Mr. Lupke. Los enlaces SEL 6 GHz de Norte y Sur, descritos en su artículo completan el plan general de todo el país.

La situación de las rutas secundarias en Tailandia era, y es, muy diferente de la de Malasia. La red malaya se ha ido ampliando y desarrollando durante muchos años, en una serie consecutiva de escalones individuales exentos de espectacularidad pero de efectos beneficiosos acumulativos. Las más recientes mejoras en las rutas secundarias mencionadas anteriormente son, por lo tanto, en conjunto, ampliaciones lógicas de aquello que ofrecía sustitución más sencilla por exigencias del aumento de tráfico, por antigüedad, o en el caso de líneas aéreas, a causa de su baja fiabilidad. Se establecieron previsiones de crecimiento de tráfico, de fiabilidad razonable, y la Administración pudo elegir una amplia gama de tipos de equipos, capacidades y frecuencias, acordes con las necesidades de cada caso.

Por otra parte, en Tailandia, hasta muy recientemente, muchas zonas rurales se encontraban aisladas, salvo por comunicaciones radio en AF o líneas aéreas, por lo que las previsiones de crecimiento del tráfico en condiciones de proporcionar buena calidad, con circuitos de alta fiabilidad, no habían tenido oportunidad de ponerse de manifiesto. Por ello la Administración, con muy buen criterio, decidió llevar a la práctica su primera fase de expansión de rutas secundarias — aquellas secundarias con mayor posibilidad de crecimiento y por lo tanto, en general, de mayor urgencia — totalmente a base de sistemas de 300 canales. Por ello se eligió el equipo totalmente de estado sólido de 7 GHz, y el contrato para el suministro e instalación de un total de 70 estaciones fué adjudicado el año pasado a otra compañía ITT, la Bell Telephone Manufacturing Company de Amberes. Este proyecto se encuentra aún en fase de realización. Un aspecto in-

teresante de la proposición hecha es utilizar portadoras de radio sin canal de reserva, lo cual contrasta grandemente con la inclinación malaya por reserva, incluso en sus enlaces de 24 canales. Probablemente, las amistosas relaciones existentes entre las dos administraciones involucradas permitan, dentro de los próximos uno o dos años, el intercambio de experiencias e ideas provechosas sobre este tema.

Broche adecuado para el presente artículo, será citar el hecho de haber sido elegidos equipos ITT para cubrir la laguna existente entre ambos países. El equipo SEL 6 GHz tipo 6000/1800/TV será utilizado entre Haad Yai, extremo más al sur de la red de Tai, y Penang, límite norte del sistema principal de Malasia. Será un enlace de dos vanos solamente, uno de los cuales trabajará con diversidad de espacio en atención a su longitud (unos 140 km) y a la naturaleza del terreno.

En conjunto, y en toda la zona, cinco asociadas ITT han colaborado con equipo, asistencia técnica, e incluso en muchos casos colaborando en la instalación propiamente dicha. La amplitud de dicha colaboración está reflejada en el amplio margen de posibilidades en banda base desde 24 a 1800 canales, en la variedad de frecuencias desde 150 MHz a 7 GHz, y en la continuidad en el tiempo transcurrido desde la primera instalación a la última.

**Roland N. Burton** nació el 9 de marzo de 1918 en Wakefield, Inglaterra.

Perteneció al British Post Office Engineering Departement desde 1937 a 1951, y al Sudan Posts & Telegraphs Dept. del cual se retiró en 1961 siendo Chief Engineer.

Incorporado a la ITT en 1961, fué primeramente nombrado Regional Manager para Malasia. Fué trasladado a las oficinas centrales de la ITT para la zona del Lejano Oriente y Pacífico en Hong-Kong en 1968, siendo responsable de los mercados relacionados con los sistemas de transmisión en el área de "países libres" de FEP.

Mr. Burton es miembro del "Institution of Electrical Engineers".

# Radioenlaces en el sudeste de Asia

## II Parte — Enlace principal de Malasia

R. H. GORRINGE

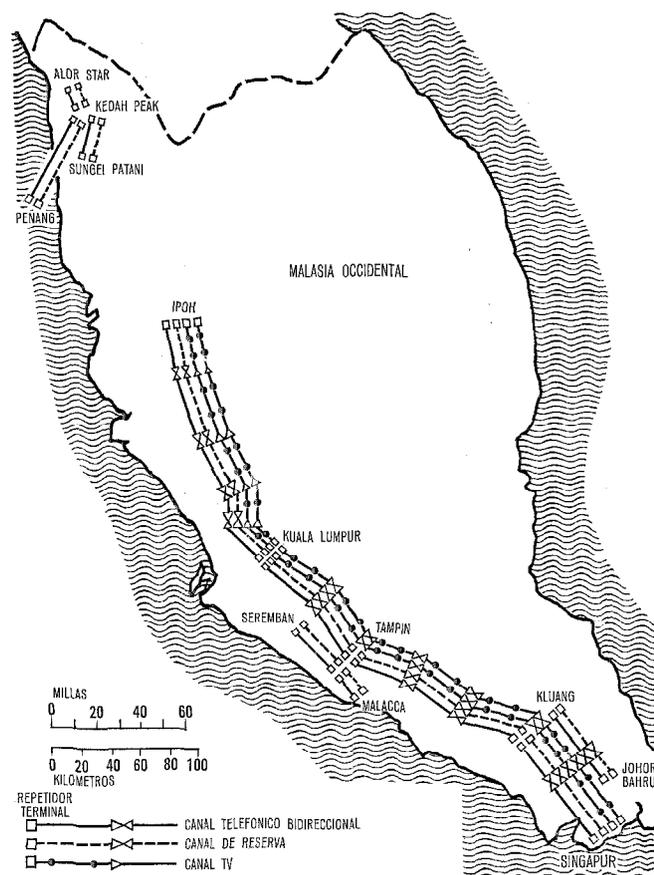
Standard Telephones and Cables Limited, Londres

La red de comunicaciones en Malasia (Malasia Occidental) ha sido ampliada considerablemente en años recientes con la aportación de redes de microondas entre Singapur y Kuala Lumpur, y entre Kuala Lumpur e Ipoh, así como en sus rutas secundarias. Los equipos suministrados por STC proporcionan actualmente los circuitos de comunicación según representa la figura 1. En el presente artículo se describen las necesidades de tráfico de la ruta, así como detalles del equipo, e igualmente se analizan algunos de los problemas relacionados con la instalación.

### Ruta

La ruta representada en la figura 1 ha sido realizada a lo largo de algunos años, a medida que ha ido aumentando la densidad y exigencias del tráfico. En consecuencia, los equipos utilizados en las distintas secciones de la red, varían en función de la fecha de instalación y del equipo normalmente disponible en la fecha. Se describen los diversos equipos utilizados en el apartado correspondiente.

La ruta principal entre Singapur y Kuala Lumpur, con una ruta secundaria hacia Malaca, entró en servicio en 1959, siendo el primer sistema por microondas



para banda ancha en Malasia y en consecuencia el primero del sudeste de Asia. Este sistema emplea equipo STC tipo RL4C trabajando en la banda de 4 GHz, con capacidad para 600 canales telefónicos por radiocanal. Posteriores enlaces secundarios fueron agregados entre Kluang y Johore Bahru y entre Tampin y Seremban. Estas rutas utilizan el equipo STC tipo RL7A que trabaja en la banda de 7,4 GHz y cuya capacidad es de 240 canales telefónicos por radiocanal.

La etapa siguiente de expansión consistió en la ruta desde Kuala Lumpur a Ipoh con una distancia de 167 km (116 millas), siendo la longitud total de la ruta desde Singapur de 525 km (326 millas).

Esta ampliación se realizó utilizando equipo STC tipo RL4D, en la banda de 4 GHz, con capacidad para 960 canales telefónicos por radiocanal. Todas estas rutas fueron equipadas con un canal de trabajo bidireccional y con un canal de reserva bidireccional, con conmutación en banda base. Las rutas principales a base de RL4C y RL4D disponen de un radiocanal independiente trabajando en SHF, tipo RA4A, con fines de supervisión y que utiliza los mismos alimentadores y antenas que los canales de tráfico. El equipo RA7A de las rutas secundarias transmite la información de supervisión por debajo de la banda base de tráfico, es decir, por debajo de 60 kHz. El desarrollo del servicio de televisión en Malasia introdujo la necesidad de redes para llevar las señales de televisión desde los estudios hasta los transmisores encargados de cubrir las distintas áreas de población a lo largo y ancho del país. La red existente de telefonía por microondas proporcionó un medio fácil de añadir canales de HF para transportar las señales de televisión. Los enlaces establecidos utilizan el equipo STC tipo RL4G que es un desarrollo posterior de los equipos RL4C y D. Entre Kuala Lumpur y Singapur se dispusieron canales bidireccionales para hacer posible el intercambio de programas entre ambas zonas, estableciéndose canales unidireccionales entre Kuala Lumpur e Ipoh. El sonido de televisión se transmitió por medio de una subportadora situada por encima de la banda de video de televisión.

### Pruebas de propagación

El establecimiento de la primera ruta entre Singapur y Kuala Lumpur planteó numerosos problemas. La escasez de datos estadísticos sobre condiciones de propagación en ambiente tropical húmedo exigió una comprobación fuera de lo normal de los resultados teóricos sobre pérdida en el vano, mientras que la naturaleza del terreno y la existencia de un "estado de emergencia" añadían una generosa contribución de dificultades prácticas. Los emplazamientos de las estaciones terminales fueron elegidos de forma que se necesi-

taran cortas longitudes de cable para unir los equipos de radio a los equipos multiplex de canales y las centrales, aunque en Kluang, y como excepción, se emplearon cinco millas de cable.

Los emplazamientos de las repetidoras se determinaron, en principio, estudiando mapas a gran escala de la zona, con objeto de establecer separaciones, entre repetidores, de unos 48 km para tener caminos de propagación de visión óptica con alturas de torre no mayores de 60 m. La selección tuvo también en cuenta la naturaleza del terreno al objeto de limitar el efecto de desvanecimiento, la proximidad de carreteras y líneas de alta tensión, y en el mejor de los casos, la posibilidad de utilizar emplazamientos anteriormente establecidos como repetidores de VHF. A pesar de las dificultades, y en ocasiones de exigencias contradictorias, se eligió una ruta económica, pasándose a realizar las pruebas de propagación.

Las pruebas de propagación se realizaron en la banda de 4 GHz. Se emplearon antenas de 1,5 m de diámetro, desplazables sobre un mástil para estudiar las variaciones de la señal con la altura de antena. Esta información determinaba la posición del rayo despejado y por lo tanto la altura de antena.

La preparación de cada emplazamiento para las pruebas exigió despejar varias hectáreas de jungla, talar árboles de hasta 65 m de altura, y trazar sendas para el transporte de los equipos. En la mayoría de los casos el medio de transporte fué el propio hombre para el traslado de herramientas, aparatos de medida, y elementos de acampada. La energía fué obtenida de generadores portátiles. Debido a las circunstancias de emergencia en que se encontraba el país en aquella época, fué preciso en determinados emplazamientos solicitar el apoyo de escoltas armadas. En varias ocasiones los trabajos se vieron entorpecidos por operaciones militares, pero las autoridades colaboraron en hacer que los retrasos por dichas causas se redujesen al mínimo.

Basándose en la información así obtenida, el trazado final fué determinado y planificado, pasándose a construir las estaciones en los emplazamientos indicados en la figura 1 para la sección comprendida entre Singapur y Kuala Lumpur.

### Descripción de los equipos

Equipo RL4C. En el transmisor se aplica la señal de banda base que modula directamente a un klystron reflex a fin de obtener la señal deseada de SHF modulada en frecuencia, en la banda de 4 GHz.

Dicha señal se amplifica hasta una potencia de 5 vatios mediante un amplificador de onda progresiva, llevándose la señal obtenida a la antena mediante filtros de derivación. La estabilidad en frecuencia se logra mediante un circuito de control automático de frecuencia que utiliza como referencia un oscilador a cristal. El transmisor enlaza, bien con un receptor si se necesita demodulación, bien con un repetidor si solamente se desea amplificación.

El equipo repetidor admite la señal de SHF entre-

gada por la antena a través del tendido alimentador, desplaza la frecuencia en una cantidad constante y finalmente amplifica la señal hasta 5 vatios para su re-emisión. La frecuencia de SHF recibida se mezcla con una frecuencia generada localmente para obtener una señal de FI de 70 MHz nominales; la señal de FI está sometida a una amplificación con control automático de ganancia. La salida de la cadena amplificadora de FI se aplica a un segundo mezclador donde se mezcla con la señal producida por un oscilador local obteniéndose la frecuencia a transmitir. Una vez filtrada ésta, se amplifica en un amplificador en onda progresiva, entregándose 5 vatios al alimentador de antena. El desplazamiento exacto de frecuencia se obtiene, sin las complicaciones de un circuito de control automático de frecuencia, utilizando un oscilador estabilizado por cristal para producir la frecuencia de desplazamiento, que establece la frecuencia diferencia entre los osciladores locales de entrada y salida.

En la estación receptora terminal, la señal incidente de SHF se mezcla con la señal de SHF producida localmente dando lugar a la frecuencia intermedia de 70 MHz, en forma análoga al caso de repetidor. Dicha señal se amplifica, se limita, y luego, en un discriminador, se demodula para extraer la banda base. En ambos casos el oscilador local de SHF es un tubo en línea coaxial con cavidad resonante y cuya temperatura se controla por horno. Ello asegura un elevado grado de estabilidad en frecuencia, sin la complicación de un control automático de frecuencia.

Equipo RL4D. La diferencia fundamental entre los equipos RL4C y RL4D estriba en el procedimiento seguido para obtener la señal modulada en frecuencia en el terminal emisor. El equipo RL4D produce una señal de 70 MHz, modulada en frecuencia, la cual se convierte en SHF y se amplifica en la misma forma que la frecuencia intermedia en un repetidor. El modulador emplea un klystron de baja tensión en la zona de los 4 GHz, siendo modulado en frecuencia por la señal de banda base y luego convertido en 70 MHz. Ello permite un alto grado de linealidad, puesto que no se le exige al klystron que trabaje en la totalidad de la banda CCIR de 4 GHz como ocurre en el caso del klystron utilizado en el equipo RL4C. Este más la igualación de fase en los repetidores, permite el paso de 960 canales telefónicos por el equipo RL4D, de conformidad con las normas CCIR.

Equipo RL4G. Los equipos RL4G se basan en los mismos principios de diseño que los equipos RL4C y D anteriormente citados, pero incorporando algunas mejoras técnicas. En lugar de utilizar tubo de línea coaxial oscilando en SHF, la energía del oscilador local se obtiene de una cadena multiplicadora alimentada por un oscilador a cristal que trabaja en la zona de los 50 MHz. La señal se aplica luego a un circuito en guiondas que multiplica la frecuencia por cinco, utilizando un varactor como elemento multiplicador. Además, el amplificador de tubo en ondas progresivas del sistema RL4G utiliza sistemas de enfoque de imán permanentemente suprimiendo así unidades de alimentación voluminosas.

El empleo de imanes permanentes mejora simultáneamente la fiabilidad al reducir el número de componentes necesarios en las unidades de alimentación asociadas. Otra mejora más del sistema RL4G, relacionada con la eliminación del klystron en el modulador, estriba en obtenerse la linealidad mediante el empleo de recientes válvulas termoiónicas de elevada pendiente y con el empleo de circuitos de vanguardia.

El sistema RL7A de pequeña capacidad fué diseñado para rutas secundarias, o para rutas cortas de poca densidad de tráfico. Trabaja en la banda de 7 GHz. Se diseñó para 240 canales telefónicos (los últimos equipos han visto aumentada su capacidad hasta 300 canales) y aplican el método de modulación directa de un oscilador de SHF, así como demodulación hasta banda base en todas las estaciones. En el sentido de transmisión la señal de banda base modula a un oscilador de SHF de onda H que suministra una potencia de 0,5 vatios al alimentador de antena.

En recepción la señal se mezcla con la salida de un oscilador de onda H y la señal de frecuencia intermedia de 70 MHz se amplifica y entrega al discriminador que extra e la banda base.

El conjunto de la red está dispuesto para que pueda ser supervisado a distancia desde las estaciones de control de Kuala Lumpur y Singapur.

Las alarmas correspondientes a fallos en el funcionamiento de los equipos de las estaciones de 4 GHz no atendidas, aparecen automáticamente en las estaciones de control donde se reproducen en un panel de indicaciones. Las estaciones de control pueden también comprobar las condiciones de funcionamiento de las estaciones no atendidas y efectuar determinado número de maniobras de control. Para que las estaciones de control puedan comunicarse con cualquier otra estación de la red microondas hay previsto un circuito de órdenes con llamada selectiva.

#### Instalación normal

En la figura 2 puede verse el aspecto externo de una estación normal de Malasia. La figura se refiere en particular a la estación de Gunong Lambak, estación que da servicio a Kluang. Las antenas superiores son del sistema de 4 GHz y la inferior del sistema de 7 GHz hacia Gunong Pulai. El edificio es de hormigón armado, con una estructura de acero superpuesta al techo para servir de soporte a las antenas de microondas. La planta baja alberga a los equipos generadores tipo "continuo". La primera planta contiene los depósitos de combustible, la segunda planta el equipo de portadoras y el piso superior los equipos de radio de microondas. La construcción es muy compacta dando lugar a una instalación segura, y protegida con relativa facilidad.

En la figura 4 se muestra la distribución normal de los equipos en planta. Por encima de los bastidores discurren los alimentadores hacia las antenas, así como los conductos de aire de refrigeración de los equipos.

Como puede verse, se dispone de medios de medida fácilmente accesibles para comprobar el funcionamien-

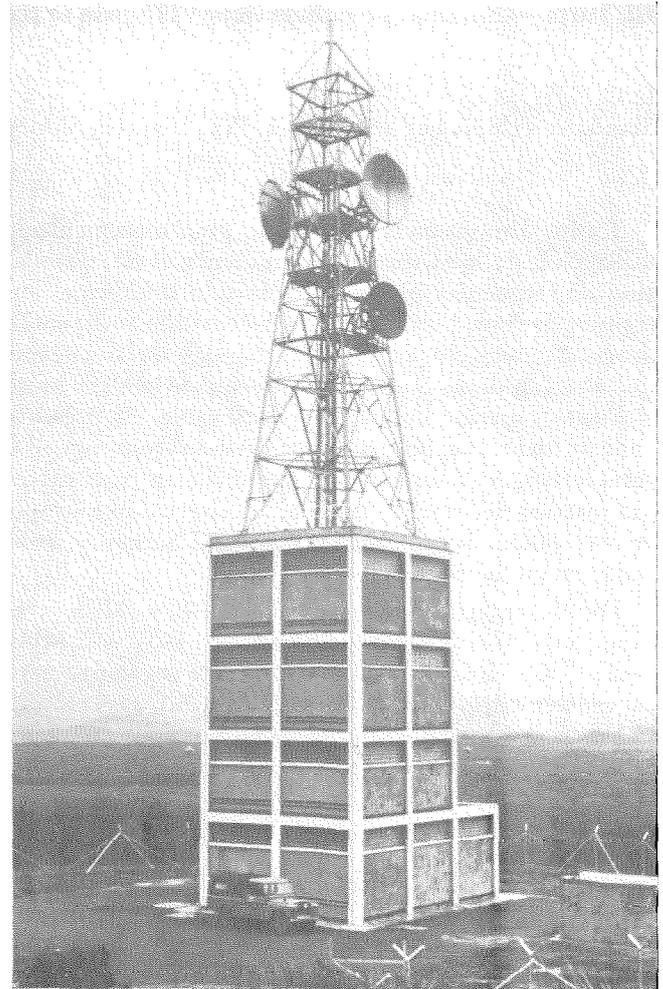


Fig. 2 Estación terminal de Gunong Lambak.

to del equipo, habiéndose previsto espacio suficiente delante de los bastidores para permitir el fácil acceso a los mismos con fines de conservación.

#### Conclusiones

Se han descrito los medios disponibles entre Singapur, Kuala Lumpur e Ipoh. Se han descrito brevemente los equipos empleados, así como detalles de algunos de los problemas con que se ha tropezado en el replanteo, instalación y planificación del sistema.

**Ronald H. Gorringer** nació en Horsham Sussex, Inglaterra, en 1928. En 1952 se graduó en el Brighton Technical College con el título de B. Sc. por la London University.

Se incorporó en 1952 a la Standard Telephones and Cables Ltd. en calidad de ingeniero del Microwave Systems Engineering Laboratory. En 1965 pasó al Microwave Systems Planning Department en el que es responsable de la planificación de sistemas y selección de equipos para la preparación de ofertas.

Mr. Gorringer es miembro de la Institution of Electrical Engineers.

#### Bibliografía

- [1] C. F. McCrane: "Report on Propagation Survey in Malaya", Mayo 1956.
- [2] G. Dawson & T. K. M. Korytko: "SHF Radio Links using Travelling Wave Output Amplifiers", Electronic Engineering, Mayo 1958.
- [3] P. F. C. Burke: "Travelling Wave Tubes for 4000 MHz", Electronic Engineering 30.324, 1958.
- [4] D. C. Lambert: "Coaxial Line VM Oscillator Valve", Electronic Engineering 30.324, 1958.
- [5] CCIR Documents of XIth Plenary Assembly, volumen IV, Oslo 1964.

# Radioenlaces en el sudeste de Asia

## III. Parte — Sistemas de radioenlaces VHF para la red secundaria de Malasia

L. G. THOMAS

Standard Telephones and Cables, Pty. Limited, Sidney

En los últimos años ha tomado gran incremento la utilización de los sistemas de radioenlaces en modulación de frecuencia para la transmisión multicanal entre puntos fijos. Los sistemas FM de banda ancha están prestando servicio en aquellas bandas de frecuencia que abarcan desde el extremo inferior de la VHF hasta el límite superior del espectro utilizable. El presente artículo tiene por objeto poner de manifiesto aquellas características de los sistemas que trabajan en el extremo inferior del margen antes citado haciendo hincapié en los equipos suministrados por STC Sidney y utilizados en rutas secundarias en Malasia.

Dichos equipos, denominados ML1 y ML5, trabajan respectivamente en las bandas de 145—176 MHz y 402—500 MHz. El equipo ML1 tiene capacidad para 24 canales telefónicos y el ML5 para 60, capacidades elegidas para cumplir las necesidades encontradas en enlaces cortos de zonas rurales, o líneas secundarias, en combinación con rutas principales.

### Comparación entre las bandas VHF y microondas

En lo que sigue, para mayor brevedad, designaremos por banda VHF la de aquellas frecuencias comprendidas entre 150 MHz y 500 MHz. Repasemos rápidamente las características de dicha banda comparándolas con la de microondas:

a) El desvanecimiento en VHF es notablemente menor que en microondas, y hay difracción en torno a los obstáculos, lo cual hace que la elección de emplazamientos sea menos crítica, así como menos minuciosa la información topográfica necesaria.

b) Posibilidad de transmisores de mayor potencia y receptores de mejor sensibilidad que en el caso de microondas, aunque las ventajas apuntadas quedan notablemente enmascaradas por las interferencias, normalmente de nivel alto, presentes en la banda inferior de frecuencias.

c) Las antenas para VHF tienen ganancia menor, así como diagramas de radiación menos directivos que las de microondas, no siendo tampoco tan buenas las relaciones de radiación anterior/posterior. No obstante, son más cómodas de instalar y no les afecta tanto el esfuerzo del viento.

Estudiaremos a continuación con más detalle los puntos anteriores.

### Desvanecimiento y elección del camino de propagación

En términos generales, hay tres fenómenos distintos que influyen en la variación de la energía de la señal a lo largo de un camino de propagación [1].

a) Falta de homogeneidad de la atmósfera, lo cual da lugar a la aparición de caminos múltiples de propagación. Ello acarrea desvanecimiento a causa de las fluctuaciones erráticas de las amplitudes y fases de las múltiples señales que se combinan para dar lugar a la señal recibida.

b) Un gradiente constante del índice de refracción de la atmósfera en función de la altura respecto del suelo y que hace que el haz radioeléctrico se curve, lo cual puede motivar que aquél resulte atenuado por obstáculos que normalmente dejan despejado el rayo óptico. Dicho gradiente del índice de refracción varía lentamente con el tiempo y es uno de los factores influyentes en la elección de caminos para garantizar, dentro de lo posible, que dicha curvatura del haz no ocasiona una pérdida de señal inadmisibles.

c) En aquellos caminos que comprenden una superficie muy reflectora, caso de un río o lago, la cual puede dar lugar a un rayo reflejado de intensidad comparable a la del rayo directo, ambos rayos pueden anularse, dando lugar a un caso particularmente grave de desvanecimiento.

### Desvanecimiento por caminos múltiples atmosféricos

La primera forma de desvanecimiento se conoce como “desvanecimiento por caminos múltiples atmosféricos” para distinguirlo de la tercera forma conocida como “desvanecimiento por caminos múltiples por reflexión”.

El desvanecimiento por caminos múltiples atmosféricos aumenta notablemente a medida que aumenta

Tabla 1 — Distribución del desvanecimiento en el tiempo para un enlace sin obstáculos en vano de 50 km (31 millas) para varias frecuencias.

Frecuencia	Desvanecimiento excedido		
	10 % del tiempo	1 % del tiempo	0,1 % del tiempo
50 MHz	2 dB	4 dB	8 dB
200 MHz	3 dB	6 dB	12 dB
500 MHz	4 dB	8 dB	16 dB

Tabla 2 — Desvanecimiento excedido el 1% del tiempo en un enlace sin obstáculos para varias longitudes de vano.

Frecuencia	Distancia		
	25 km (15,5 millas)	50 km (31 millas)	100 km (62 millas)
50 MHz	2 dB	4 dB	8 dB
200 MHz	3 dB	6 dB	12 dB
500 MHz	4 dB	8 dB	16 dB

la frecuencia, según puede verse en las tablas 1 y 2. Estas tablas empíricas representan el desvanecimiento relativo al nivel medio de la energía de la señal en caminos despejados de obstáculos, es decir, caminos no afectados por el tipo de desvanecimiento por curvatura del haz, citado anteriormente al comparar las bandas VHF y microondas.

### Desvanecimiento por obstrucción del camino de propagación

Uno de los primeros objetivos en la elección de la ruta consiste en garantizar que el camino de propagación no está obstruido por ningún accidente del terreno, bajo ninguna condición de refracción atmosférica durante una fracción apreciable de tiempo.

La influencia de la atmósfera se tiene en cuenta multiplicando el radio de la tierra por un factor K, variable desde un mínimo de 2/3 hasta infinito (tierra plana) y ocasionalmente toma valores negativos, dependiendo de las condiciones meteorológicas.

La proporción relativa en tiempo, durante el que varios valores de K pueden presentarse, se representa en la tabla 3.

Tabla 3 - Frecuencia de aparición de valores de K (K = relación radio efectivo a radio verdadero de la tierra).

K	Porcentaje de tiempo en que K es excedido
2/3	99,9 %
1	99,0 %
4/3	50,0 %
10	0,1 %

La anterior tabla es solamente aproximada, pero en ausencia de datos específicos referidos a un lugar considerado puede utilizarse como guía general.

Estas variaciones en la refracción atmosférica, y por lo tanto en el radio efectivo de la tierra, dependen únicamente de las condiciones meteorológicas y no de la frecuencia de trabajo, siendo los valores estadísticos de la tabla 3 de aplicación a todas las bandas de frecuencia. No obstante, a causa de las longitudes de onda más largas en frecuencias VHF, el efecto de difracción no es tan severo, o en otros términos, las sombras no son tan abruptas, como en microondas.

Considerando un vano tipo de 50 km (31 millas) con un obstáculo en cuchillo en el punto medio y que justo roce el camino óptico de propagación para  $K = 4/3$  y lo obstruya cuando  $K = 2/3$ , la variación del nivel de la señal entre ambos valores de K es 9 dB a 2000 MHz y solo 3 dB a 150 MHz.

En caso de fuerte obstrucción de un vano de 50 km (31 millas) con obstáculo en cuchillo en el punto medio y a 300 m por encima del camino óptico, la pérdida relativa al espacio libre es aproximadamente 10 dB peor a 2000 MHz que a 150 MHz.

En zonas alejadas, no suele ser fácil obtener información topográfica precisa, no siendo en consecuencia posible dibujar perfiles exactos. Por ello es importante conocer éste a causa de la pérdida relativamente pe-

queña por sombra en los vanos obstruidos de radioenlaces VHF. El riesgo implicado en esta falta de información es notablemente menor que en el caso de microondas.

### Desvanecimiento por caminos múltiples y reflexión

Este desvanecimiento puede evitarse eligiendo cuidadosamente los emplazamientos. No obstante, si por algún motivo poderoso hubiera de utilizarse un vano con dicho fenómeno, por ejemplo entre dos islas, debe hacerse el esfuerzo necesario para utilizar diversidad en espacio que realmente introduce dos caminos de propagación de forma tal que, aunque cada uno está sometido a desvanecimiento, éste no tiene lugar simultáneamente [3].

### Interferencia

Las interferencias de origen externo son incluso menos predecibles que el desvanecimiento, ya que el hecho de haber obtenido valores satisfactoriamente bajos de interferencias en el emplazamiento durante las pruebas de propagación no es ninguna garantía contra futuras nuevas fuentes de aquéllas. El efecto producido por la interferencia se refleja en un aumento del nivel de ruido a la entrada del receptor, lo cual exige un nivel de señal más elevado si se pretende tener una determinada relación señal a ruido.

La tabla 4 indica márgenes de seguridad a añadir al nivel teórico de ruido térmico cuando se calcule el nivel necesario de señal [2].

Tabla 4 - Margen de seguridad contra interferencias.

Frecuencia	Margen de seguridad
50 MHz	10 dB
200 MHz	8 dB
500 MHz	6 dB

Al proyectar un sistema, el ruido a esperar en un canal telegráfico a consecuencia de una señal interferente procedente de otra estación que trabaja en idéntica frecuencia puede evaluarse como sigue:

Ruido en el canal a causa de la interferencia =  $-(R + 13)$  dBmOp en donde R es la relación (en decibelios) entre la señal deseada y la señal interferente).

### Características de antena

Las antenas empleadas en VHF, antenas Yagi por ejemplo, están normalmente constituídas por conjuntos de varillas o tubos ofreciendo la ventaja de su poco peso, facilidad de instalación y acusar poco el empuje del viento. Su ganancia, relativamente baja, normalmente de 10 dB a 20 dB, supone un diagrama polar ancho lo cual representa no precisarse torres muy rígidas ni orientación precisa. No obstante, la relación entre la energía radiada al frente y la posterior es relativamente baja con la cual la interferencia entre estaciones trabajando en la misma frecuencia puede constituir un serio problema en el caso de un sistema am-

plio, exigiendo frecuentemente por ello separarse del plan de distribución de dos frecuencias usualmente posible en el caso de microondas.

### Características del equipo

En la determinación de los parámetros del equipo intervienen muchas consideraciones, y las características realmente adoptadas son, en todo momento, el resultado de un compromiso entre muchos factores. Antes de citar las características de los equipos ML1 y ML5 instalados en Malasia, repasaremos brevemente algunos de aquellos factores.

Las características fundamentales del equipo, tales como niveles de entrada y salida de banda base, frecuencia intermedia, desviación, pre y de-énfasis, normalmente deben cumplir las recomendaciones del CCIR.

Cuando la continuidad del servicio sea fundamental, y especialmente en zonas aisladas que exigen largos desplazamientos del personal de mantenimiento, es práctica normal duplicar el equipo incluyendo un dispositivo automático de conmutación para el paso a reserva.

En las zonas sin dificultades para la elección de frecuencias, pueden utilizarse sistemas totalmente duplicados que trabajen en diferentes frecuencias sobre antenas independientes para cada una de las bandas del sistema, existiendo diplexores que permiten, en caso de desearse, que los transmisores y receptores compartan una antena única.

Cuando se tropieza con dificultades en la asignación de frecuencias, deberá acudir a la solución de "reserva encendida" según la cual cuando un transmisor se inutiliza es automáticamente sustituido por otro que trabaja en la misma frecuencia.

El número de radiocanales que pueden instalarse depende de la anchura disponible en la banda de radiofrecuencia y de la política de concesión de licencias seguida por las autoridades. Esta es la razón de que el número máximo de canales en 145—176 MHz sea de 24, y de 60 en 403—500 MHz.

El disponer de dispositivos de estado sólido capaces de entregar potencias de 10 a 50 vatios con anchura de banda y linealidad adecuadas, y la existencia de antenas de suficiente ganancia y resistencia al empuje del viento, llevan también a otra situación de compromiso. Las dificultades en el suministro de energía a emplazamientos de repetidores aislados debe también compararse con el coste de la instalación de torres pesadas capaces de soportar antenas de ganancia elevada.

Físicamente, para facilitar la conservación es deseable que el equipo sea de tamaño tan reducido que pueda sustituirse el averiado completo en estación, o bien que esté constituido por módulos enchufables de forma que baste localizar el averiado y sustituirle. Las reparaciones se harán posteriormente en un taller, laboratorio o depósito central.

Finalmente, y puesto que el equipo se destina a enlaces cortos en los que normalmente se desea tener acceso a la banda base en todas las estaciones, no se

utilizan repetidores heterodinicos, sino que una estación repetidora está constituida por dos terminales conectadas espalda con espalda.

### Equipo para Malasia

El equipo suministrado a Malasia con destino a rutas secundarias es de dos tipos, a saber: equipo de 24 canales trabajando en la banda 145—176 MHz y denominado ML1K, y el equipo de 60 canales para trabajar en la banda 403—500 MHz denominado ML5T. Ambos son dobles con "reserva encendida", y elementos de conmutación de transmisores en el extremo emisor y de conmutación de banda base en el extremo receptor.

La elección de transmisor se inicia por potencia de salida baja, R.O.E. alta, o caída del tono piloto que indique disminución en la modulación. La conmutación se realiza únicamente después de comprobado que el equipo de reserva está en condiciones de mantener la comunicación. En recepción la selección se inicia detectando un fallo en el nivel de tono piloto o un aumento en el nivel de ruido en banda base hasta un valor prefijado.

Dispositivos de medida incorporados permiten comprobar todas las tensiones y corrientes más importantes, así como los valores referencia de ajuste de tensiones y corrientes relacionadas con diversas funciones del equipo.

Igualmente dispone el equipo de elementos destinados a reflejar el estado de normalidad o alarma, indicaciones que por otra parte pueden prolongarse a una posición distante si se desea.

La figura 1 representa el esquema de conjunto de la disposición y niveles de trabajo del equipo ML5T. El correspondiente al ML1K es muy semejante y no se reproduce.

A continuación se dan los parámetros más importantes de ambos equipos.

	ML1K	ML5T
Frecuencia de trabajo, MHz	145—176	403 a 500
Estabilidad en frecuencia	± 0,005 %	± 0,005 %
Modulación:		
Clase	Frecuencia	Frecuencia
Énfasis	± 4 dB	No
Desviación eficaz para un canal	35 kHz	50 kHz
Banda base	12 a 108 kHz	12 a 252 kHz
Número de canales (MDF, 4 kHz)	24	60
Potencia por transmisor (mínimo) a la entrada del filtro	20 vatios	10 vatios
Factor de ruido del receptor después del filtro y divisor de potencia	8 dB	9 dB
Alimentación c. c.	24 V nominales (21,6 V a 32,5 V)	24 V nominales (21,6 V a 32,5 V)
Piloto	119 kHz	331 kHz
Estabilidad en ganancia para el margen de alimentación c. c. citado y ambiente 0 °C a 55 °C	± 0,30 dB	± 0,30 dB

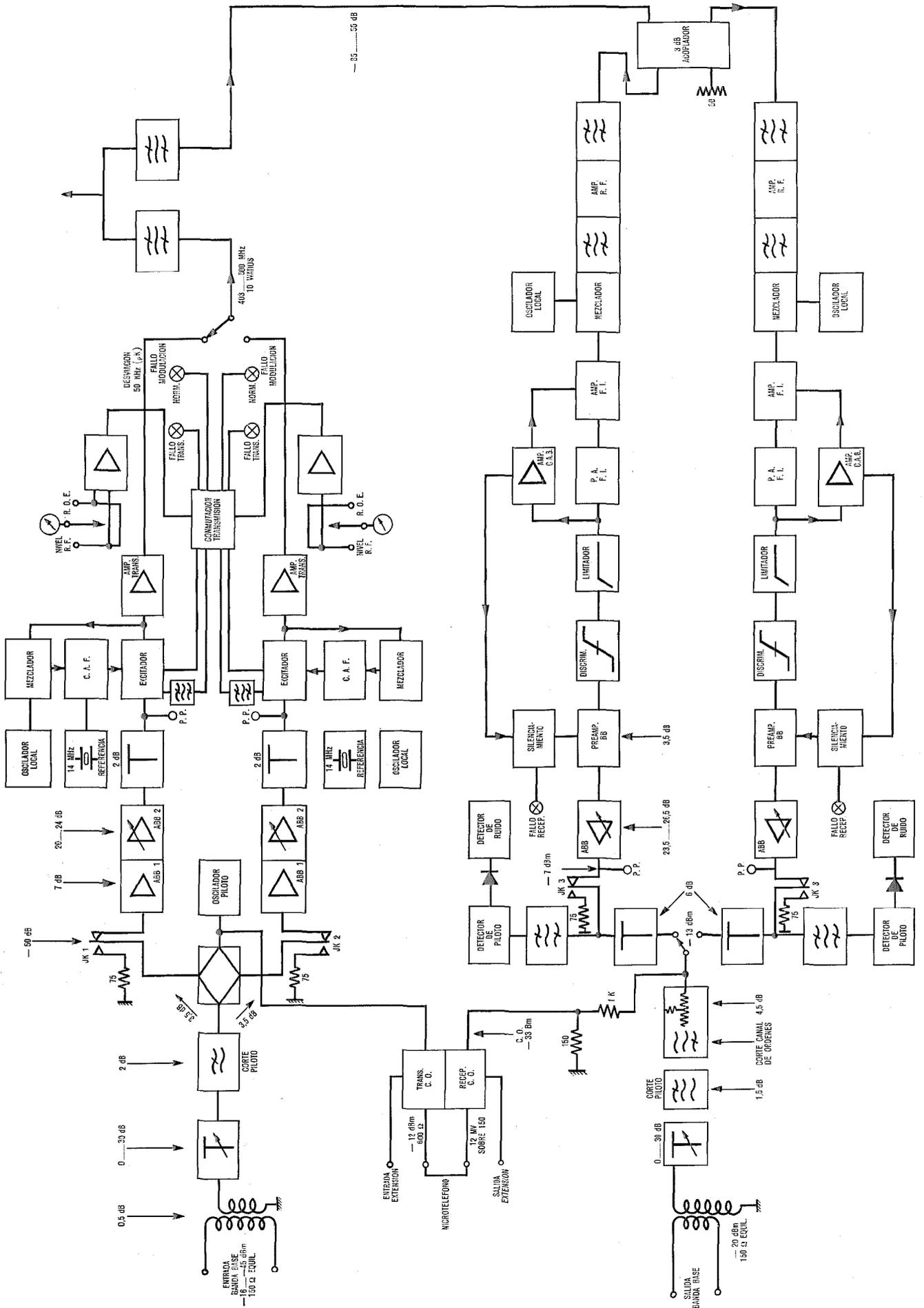


Fig. 1 Esquema de conjunto de la disposición y niveles de trabajo del equipo ML5T.

### Relación de potencia de ruido (NPR)

La relación señal a ruido sofométrico para la peor ranura es de 62,8 dB y 65,2 dB respectivamente para los ML1K y ML5T cuando el par terminal del sistema está puesto de forma que la entrada al receptor sea de -45 dBm para funcionamiento con 60 canales (ML5T) o -55 dBm para funcionamiento con 24 canales (ML1K). Esto corresponde a las respuestas del sistema para una pérdida por atenuación del vano de 85 dB para el ML5T y 98 dB para el ML1K, incluidas las pérdidas del separador de recepción, y la de los filtros de antena en transmisión y recepción.

Las cargas de ruido blanco correspondientes a 60 canales y 24 canales son +6,1 dBm0 y +4,5 dBm0 respectivamente para los valores antes indicados.

### Conclusión

Se han enumerado las características de los equipos para radioenlaces que trabajan en las bandas de 145—176 MHz y 403—500 MHz, con capacidades de 24 y

60 canales telefónicos, con un breve repaso a las condiciones de propagación en dichas bandas.

Los equipos citados son cada vez más utilizados en sistemas cortos, y enlaces secundarios en las regiones del Sur de Asia Oriental, en especial allí donde la separación entre estaciones es grande, o es preciso salvar terrenos difíciles.

### Bibliografía

- [1] K. Bullington: "Radio Propagation Fundamentals", The Bell System Technical Journal, volumen 36, n.º 1, págs. 593—626, mayo 1957.
- [2] Federal Telecommunication Laboratories "Handbook of Radio-Link Planning for Multichannel Telephone and Television", volumen 1, octubre 1957.
- [3] Reference Data for Radio Engineers, 5ª ed., Howard W. Sams and Co. Inc., Nueva York: sección 26—16.

L. G. Thomas nació en Australia en 1922. Cursó estudios en la Universidad de Sidney, graduándose en "Science and Engineering".

Ingresó en 1945 en la división de transmisión y radio de Standard Telephones and Cables Pty. Limited, habiendo desarrollado actividades en equipos para radiodifusión, comunicaciones por alta frecuencia, ayudas a la navegación y radioenlaces. Actualmente es el jefe del departamento de ingeniería y radio.

## Premio

### CGCT recibe el Gran Premio a la Exportación

El 25 de junio de 1970 la Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques recibió el "Grand Prix" (la mejor categoría) de los concedidos en 1970 a la exportación.

Este premio fué otorgado por el Ministro francés de Economía y Finanzas, Mr. Valéry Giscard d'Estaing. CGCT ha multiplicado por seis sus exportaciones durante los últimos diez años, llegando a ser de esta forma el primer exportador francés en su línea de productos, alcanzando el 70% del total de las exportaciones francesas de equipo de conmutación telefónica.



El profesor G. Goudet, Presidente de la Junta de CGCT, recibe el "Grand Prix" de manos del Ministro francés, Valéry Giscard d'Estaing (a la derecha).

# Radioenlaces en el sudeste de Asia

## IV Parte — Radioenlaces de larga distancia para el norte y sur de Tailandia

G. LUPKE

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, Alemania Federal

El primer enlace banda ancha, para larga distancia, entró en servicio en Tailandia en 1964, en la región oriental del país, extendiéndose hasta las fronteras de Laos y Cambodia y hasta el este del golfo de Siam. El conjunto del sistema está constituido por cables aéreos y radioenlaces. Comunican entre sí a 25 provincias, acercando a la capital aquellas remotas regiones del país. Hasta la fecha citada más arriba, las comunicaciones eran puramente locales, salvo en lo referente a un número exiguo de radioenlaces en AF entre Bangkok y algunas de las más importantes ciudades.

En 1965 la República Federal Alemana concedió al Real Gobierno de Tailandia un préstamo de 25 millones de DM para la ampliación de la red larga distancia, con el fin de cubrir el resto del país, es decir el norte y sur de Tailandia incorporando así estas comarcas al servicio de telecomunicaciones. El gobierno de Tailandia se responsabilizó de todas las obras locales. El contrato para el suministro del equipo radio y múltiple, así como torres de antenas y sistemas de suministro de energía para las estaciones, fué concedido a Standard Elektrik Lorenz.

### Objetivos

Los nuevos sistemas de enlace debían unir Bangkok con Chiang Mai en el Norte y con Haad Yai en el Sur, previéndose una futura conexión con Malasia a través de Haad Yai. Además, los enlaces debían, en su recorrido, tocar en el mayor número posible de capitales de provincia al objeto de lograr una mayor economía.

En el Sur, era de especial interés tocar en Phuket como centro del estaño, Trang como centro de las plantaciones de caucho y Nakorn Srithamarat.

No sólo el tráfico telefónico había de tenerse en cuenta, sino también el proporcionar un programa de televisión central desde Bangkok.

Los enlaces atraviesan zonas muy diversas en cuanto a geografía y vegetación. Bangkok mismo está rodeada de terreno plano con campos de arroz y tierras bajas. En el Norte hay distritos montañosos y colinas. En el Sur el radioenlace debe bordear la costa a causa de la frontera política del país y finalmente discurre por una zona plana con algunas colinas aisladas o elevaciones rocosas.

El clima en todo el país es marcadamente tropical, siendo corriente temperaturas de 30 °—35 °C con humedades relativas de 90—95 %. A veces se alcanzan temperaturas de 40 °, pero entonces la humedad solo llega al 65—70 %. En Tailandia no son de temer tormentas ni temblores de tierra. Por el contrario si son de tener en cuenta fuertes tronadas con gran aparato eléctrico y grandes aguaceros. Únicamente en un número reducido de emplazamientos se dispuso de suministro de energía, por lo que las estaciones repetidoras no

podieron conectarse en forma rentable a las redes públicas de energía.

Las estaciones repetidoras, y algunos terminales de paso, debían ser no atendidas. Por ello fué preciso tomar precauciones para que su cuidado se llevara desde centros bien situados en lo referente al tráfico de superficie.

Teniendo en cuenta que las redes debieran quedar integradas en sistemas internacionales de comunicación, tanto las características como la fiabilidad debían responder a las recomendaciones del CCITT y CCIR.

### Elección de emplazamiento y pruebas

Aunque se habían realizado pruebas en 1960/61, con ocasión de la planificación de la red oriental, se decidió realizar un nuevo replanteo con objeto de obtener información más reciente y suplementaria. Se hizo un reconocimiento del terreno nuevamente marcándose los emplazamientos sobre nuevos mapas de escala 1:50.000. Para algunas secciones se trazaron nuevos perfiles mediante fotogrametría aérea.

El conjunto de las pruebas debía realizarse en muy corto espacio de tiempo. Para unas 40 estaciones se disponía solamente de aproximadamente 12 semanas. El reconocimiento del terreno fué llevado a cabo por un equipo de cuatro técnicos que hubieron de trabajar en la jungla, bajo un clima tropical y en condiciones extremadamente duras. La exploración desde el aire fué encomendada a la casa Aeroexploration (Frankfurt/Main).

Gracias a la colaboración de las autoridades tailandesas interesadas, principalmente la Oficina de Administración del Proyecto de Telecomunicación (Telecommunication Project Administration Office, TPAO) fué posible realizar dicha tarea en el plazo previsto. El trazado definitivo de la ruta se representa en la figura 1. Se pudo evitar el establecimiento de vanos demasiado largos. La longitud media por vano es de 45 km. El vano más largo de todos tiene 70 km. Se extiende sobre una región de colinas arboladas, estando las estaciones en emplazamientos elevados de forma que no han requerido torres altas, con largos tendidos de alimentadores de antena. También hubo de tenerse en cuenta los vanos cerca de Bangkok por ser sobre terreno extremadamente llano, que durante la estación de las grandes lluvias se convertía en extensiones de agua, mientras era una estepa en la estación seca.

### Obras públicas

Las autoridades tailandesas construyeron las carreteras de acceso a las estaciones, así como los edificios, en los casos en que ello fué necesario. Las nuevas carreteras tienen en general un recubrimiento asfáltico haciendo posible el acceso de camiones y cisternas a la

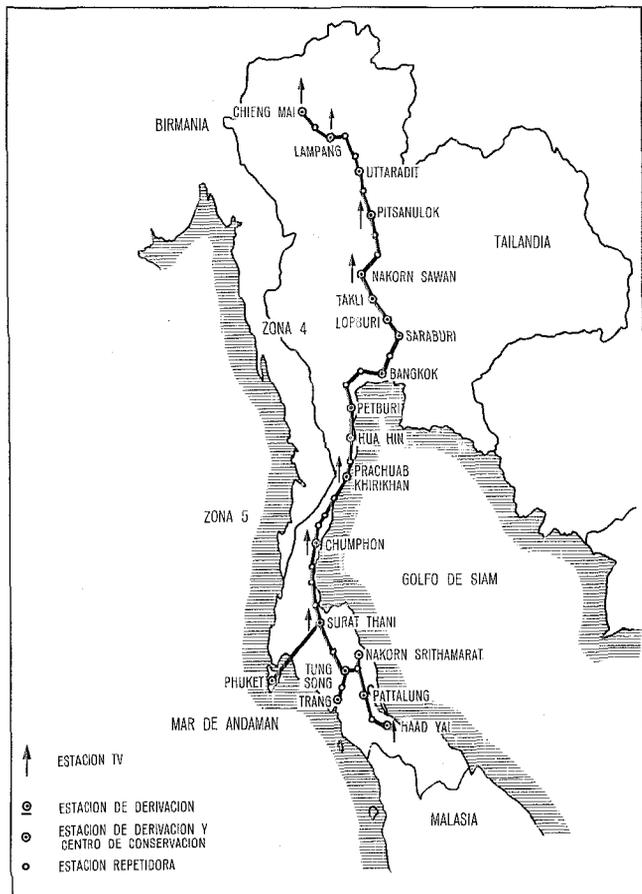


Fig. 1 Plano de la ruta.

estación. Siempre que ello ha sido factible, se han aprovechado las centrales telefónicas ya existentes. Los edificios nuevos fueron normalizados, salvo la sala de equipos de telecomunicaciones que responde a tres tamaños según las necesidades. En la figura 2 puede verse una de dichas estaciones típicas.

Las intensas precipitaciones durante la época de las lluvias barriendo taludes y devastando acequias, causaron perturbaciones durante los trabajos de construcción. En la primera estación de lluvias, después de concluído el trabajo, fueron arrasadas varias carreteras haciendo necesarias nuevas e imprevistas reparaciones y modificaciones.

El suministro y alzado de las torres de antena estaba incluído en el contrato de SEL. Se eligió acero galvanizado. Para altura de hasta 30 metros se construyeron exclusivamente torres autosoportadas. En caso de torres más altas y cuando el espacio disponible en el emplazamiento era suficiente se levantaron torres arriostradas, ya que son más baratas que las autosoportadas. La torre más alta con sus 115 metros es del tipo arriostrado. Las torres fueron suministradas por la casa "Steffens and Hölle", Berlín, y levantadas por la casa "Brown Boveri and Co." Mánnheim.

### Red y configuración del sistema

Los enlaces principales entre Bangkok y Chieng Mai en el Norte, y Haad Yai en el Sur, están previstos para dos radioenlaces en ambas direcciones, para la trans-

misión hasta 960 canales telefónicos. Estos enlaces trabajan en diversidad de frecuencia, a fin de aumentar la fiabilidad. Desde Bangkok a ambos terminales ha sido dispuesto un enlace de televisión unidireccional para la transmisión de programas en color, en 625 líneas, con su correspondiente canal de sonido. Se ha previsto para el futuro la transmisión en sentido inverso agregando unidades enchufables y secciones de filtro de antena.

En el pliego de condiciones técnicas del sistema se especificó el no establecimiento de reserva para los enlaces de TV. La figura 3 representa una sección de la ruta principal como ejemplo de la constitución del sistema.

En el Sur, el enlace principal presenta tres ramales, uno de éstos es un enlace por dispersión troposférica desde Surat Thani a Phuket, siendo los otros dos radioenlaces con visión óptica, de banda estrecha, para 60 canales telefónicos entre Tung Son a Nakorn Srithamarat por un lado y a Trang por el otro. El enlace más allá del horizonte trabaja en cuádruple diversidad, es decir de frecuencia y espacio simultáneamente. Respecto de los enlaces de banda estrecha, sólo se ha previsto diversidad de frecuencia como reserva.



Fig. 2 Estación típica.

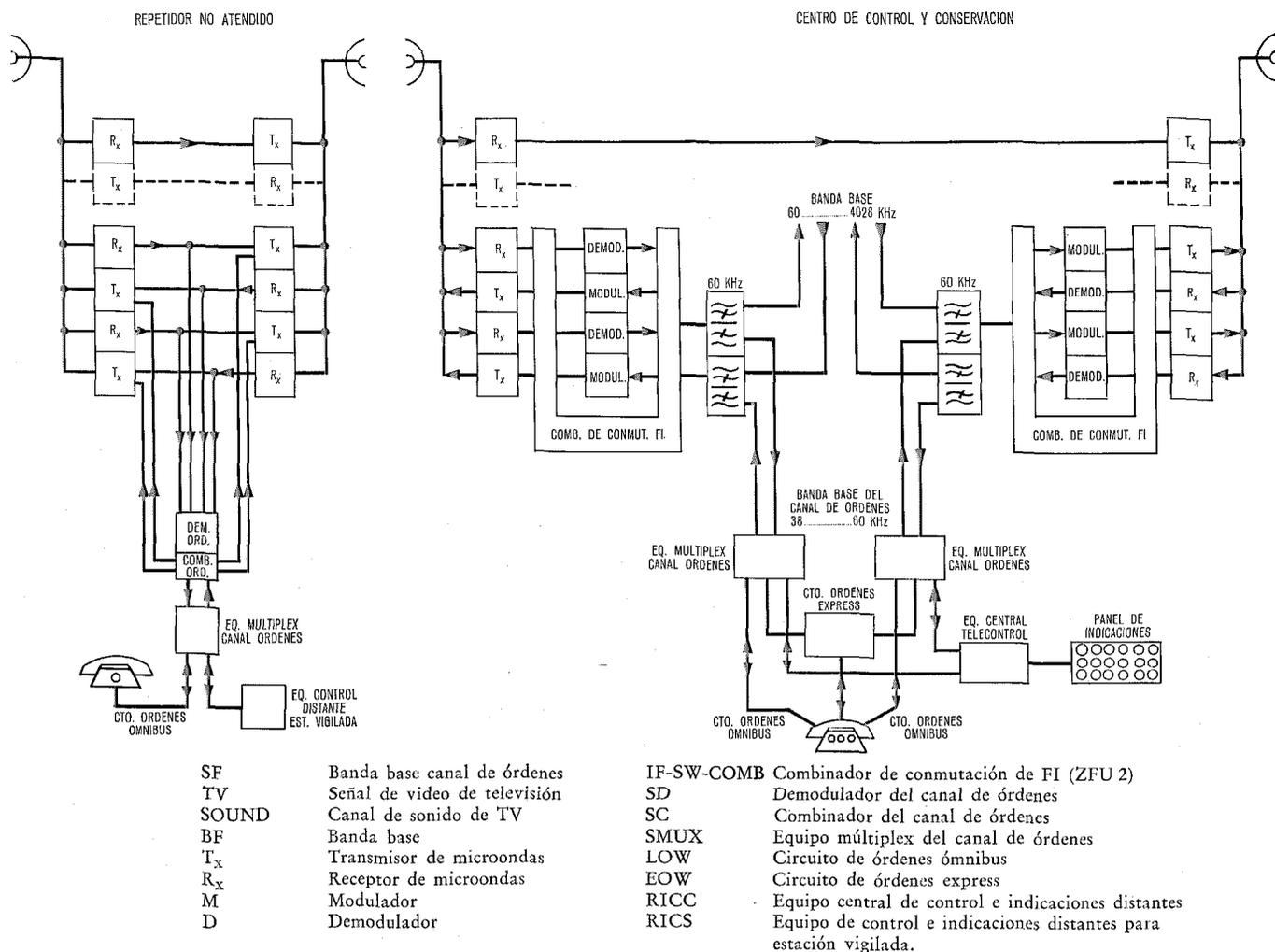


Fig. 3 Sección de la ruta.

Las estaciones repetidoras de radio, en algunos puntos de entronque telefónico, se encuentran fuera de las ciudades por motivos de propagación, habiéndose tenido que prever medios de acceso. A tal fin, se han utilizado radioenlaces, cable coaxial de 300 circuitos, cables para FV, en función de la distancia, clase de terreno, y número de circuitos precisados. Las estaciones elegidas como centros de conservación pueden verse en la figura 1. Dichas estaciones están unidas una con otra y con Bangkok por medio del Canal de Ordenes Express, estando las estaciones no atendidas unidas entre sí y con los centros de conservación más próximos mediante el Canal de Ordenes Omnibus. Se utiliza un canal de órdenes más para la transmisión de las señales de control remoto, desde las estaciones no atendidas a los centros de conservación. En los enlaces secundarios sólo se ha previsto un canal de órdenes en el que se superpone sobre la parte telefónica un canal telegráfico para la transmisión de las señales de indicación distante.

Los equipos múltiplex están previstos para su ampliación a 960 canales, en etapas acordes con la planificación de la Oficina de Administración del Proyecto de Telecomunicación (TPAO). No es preciso acudir a técnicas de derivación de múltiplex muy complicadas debido a las reducidas necesidades de canales. Solamente

se intercalan filtros de corte de grupos secundarios en una estación en el Sur y en otra del Norte, para permitir una nueva ocupación de los dos grupos secundarios entre aquellas estaciones. Las necesidades de canales desde Tailandia a Malasia fueron ya tenidas en cuenta al planificar el múltiplex. El equipo para la transmisión de canales telefónicos se ha previsto en etapas acordes con las del sistema múltiplex. Se ha instalado un sistema telegráfico de transmisión FM con velocidades de 100 baudios y para 12 canales telegráficos por canal telefónico.

**Equipo utilizado**

Salvo en lo referente al tubo en ondas progresivas de la etapa de salida del transmisor radio de banda ancha, y en algunos de los equipos del sistema más allá del horizonte, todos los componentes activos utilizados corresponden al tipo de estado sólido.

La alimentación se realiza en general a partir de 48 V c. c. con variaciones admitidas entre +22 % y -15 %. El suministro a partir de c. a. solamente se ha utilizado en el enlace más allá del horizonte.

En general no se necesita refrigeración por aire forzado. La temperatura ambiente máxima, para la que se garantizan las características de todo el equipo, es

de 45 °C, pero un funcionamiento sin avería puede ser obtenido hasta, al menos, 55 °C.

Todos los equipos van dispuestos en bastidores normalizados de dimensiones 600 por 225 mm (23,6" por 8,85"). Las alturas de los equipos de radio y complementarios son de 2,064 mm (82") y las de los equipos múltiplex y telegráficos de 2,600 (103").

El equipo de radio utilizado en el radioenlace principal es el FM 1800-TV/6000 de banda ancha, desarrollado por SEL para el Deutsche Bundespost, utilizado también para los enlaces de la Olimpiada de México [1], así como para otras administraciones y organismos. La descripción detallada del equipo figura en otra parte [2]. La capacidad máxima prevista para el equipo es de 1800 canales telefónicos o transmisión de TV, con cuatro canales musicales, siendo la frecuencia radio de trabajo la correspondiente a la banda de 5925 a 6425 GHz o la de 6425 a 6925 GHz. La potencia de salida del transmisor es de 10 vatios (15 vatios a petición) y la cifra de ruido del receptor de 10 dB (8 dB a petición).

Absolutamente todo el sistema emplea antenas parabólicas de 3 metros de diámetro con alimentador tipo Cassegrain. El guíaondas empleado es del tipo elíptico flexible, Flexwell E 62, salvo en aquellos tendidos muy largos en los cuales ha sido preciso emplear guíaondas circulares tipo C 30 de menor pérdida, para la sección vertical.

El equipo modulador/demodulador correspondiente [2], tipo FM 1800-TV/70, opera como máximo con señales múltiples correspondientes a 1800 canales o con televisión en color de hasta 625 líneas, con un máximo de 4 canales de sonido.

El combinador para diversidad ZFU 2 (Fig. 4) controla y estima variaciones de nivel del piloto de continuidad y potencia de ruido de ambas señales recibidas en la sección a proteger. En condiciones normales, las señales de salida de FI, de ambos receptores radio, están conectadas a los dos demoduladores, cuyas salidas se combinan para dar lugar a una señal de banda base de salida conjunta. En caso de aumento del ruido o disminución del nivel de piloto en uno de los radioenlaces, el demodulador correspondiente conmutará a la segunda salida de FI del receptor del radiocanal no perturbado. En caso de fallo de uno de los demoduladores, quedará desconectado en la red combinadora durante la duración de la anomalía. Los conmutadores electrónicos de FI del equipo tienen un tiempo de tránsito de menos de 2  $\mu$ s. La desconexión de una de las salidas de banda base del demodulador en el combinador precisa menos de 6 ms.

El equipo de banda estrecha, correspondiente a los dos enlaces secundarios en el Sur, son del tipo FM 60/7000 fabricados por BTM (Bell Telephone Manufacturing Co., Amberes). Este equipo trabaja en la banda de radio comprendida entre 7125 y 7850 GHz, con banda base de hasta 60 canales telefónicos, empleando modulación directa del oscilador del transmisor, por lo que en las repetidoras se utiliza también la interconexión en banda base. La potencia de salida del transmisor es como mínimo de 100 mW, y el factor de ruido del re-

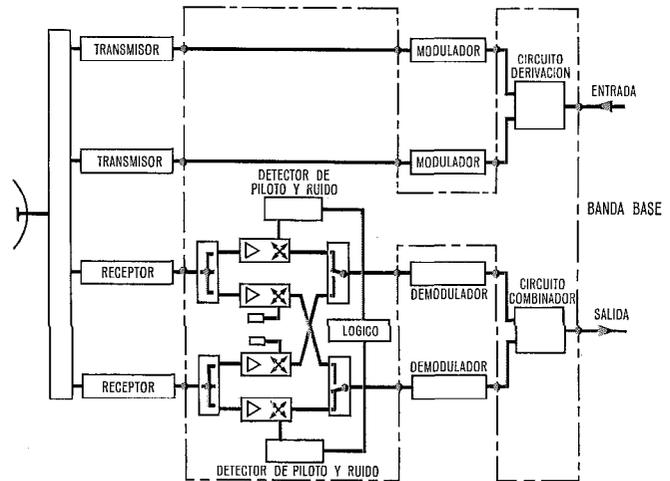


Fig. 4 Equipo combinador para diversidad.

ceptor mejor que 12 dB. El equipo puede montarse en bastidores normales. Las antenas utilizadas en este sistema son parabólicas de 2 metros de diámetro y los guíaondas son del tipo elíptico Flexwell E 75.

Para el enlace troposférico más allá del horizonte, se ha utilizado el sistema FM 120/2200/1kW/RD de la casa AEG-Telefunken [3, 4]. El sistema de antena en cada estación está formado por dos discos parabólicos de 10 metros de diámetro que, para funcionar en diversidad, están separados horizontalmente aproximadamente 25 metros uno del otro.

Los circuitos de órdenes, en los enlaces banda ancha, están situados por debajo de la banda base de tráfico, a saber entre 38 y 54 kHz. Un equipo múltiplex simple proporciona hasta cuatro circuitos de órdenes. En las estaciones repetidoras, y para la extracción, se conecta un demodulador sencillo a las salidas del segundo amplificador de FI. La inserción se realiza modulando directamente al oscilador local del transmisor. En las estaciones no atendidas se han previsto líneas compartidas mediante el empleo de híbridas para la banda múltiplex con lo que sólo se precisa un juego de múltiplex.

Para señalización y control a distancia se ha dispuesto el sistema IST 16, el cual es apto para transmitir hasta 4000 bits mediante los adecuados canales de transmisión, con velocidades de transmisión de 50 a 600 Bd mediante mensajes codificados en impulsos y exploración cíclica.

En el proyecto que nos ocupa se han previsto como máximo 40 indicaciones y 20 controles por estación; actualmente se equipan 24 indicaciones para repetidores y 36 indicaciones para terminales de segregación así como 10 controles para cada una.

El equipo múltiplex instalado es de diseño ISEP (International Standard Equipment Practice) [5, 6, 7] en su versión para un máximo de 960 canales. Cumple totalmente con las recomendaciones CCITT. La señalización es del tipo dentro de banda con frecuencia de 2280 Hz, según especificación TPAO.

Desde Bangkok se transmiten canales de radiodifusión a tres estaciones. A este fin se suministró un equipo

capaz de aplicar modulación en doble banda lateral con portadora eliminada, ocupando la totalidad del grupo primario. Ello permite una transmisión de alta calidad con equipo carente de complicaciones, si se compara con el procedimiento de transmisión en banda lateral única, a través de un pregrupo de tres canales telefónicos.

El equipo de telegrafía en frecuencia vocal corresponde al tipo WT 100 FM 240. Este equipo es capaz de transmitir, de conformidad con las recomendaciones de CCITT, hasta 12 canales telegráficos a velocidad de 100 baudios sobre canal telefónico de 300 a 3400 Hz con separación entre canales de 240 Hz. Se utiliza modulación de frecuencia.

### Características de la transmisión

Según puede verse en la figura 1, la línea principal del sistema presenta un elevado número de estaciones en las cuales se extraen e insertan canales telefónicos. De hecho, la distancia media entre estaciones de derivación en las rutas del Norte es solo de 85 km, y en el Sur de 110 km.

Se debe tener en cuenta que la contribución al ruido de una estación de derivación funcionando como terminal de segregación, es notablemente más elevada que en el caso de una simple repetidora. En consecuencia, la especificación TPAO relativa a la potencia de ruido permitida de 3 pW por km en ambas rutas es mucho más rigurosa que el objetivo CCIR de 3 pW por km, que supone separaciones medias de 280 km entre estaciones de extracción e inserción.

Gracias al elevado valor del factor de calidad\* del equipo FM 1800-TV/6000 (151 dB para el canal más alto del sistema múltiplex de 960 canales) ha sido posible satisfacer las especificaciones TPAO con amplio margen. De hecho, al suministrar los enlaces de Tailandia, los valores obtenidos, en condiciones medias de propagación, y con combinador, en los terminales, fueron los siguientes:

- Para la ruta del norte, Bangkok-Chiang Mai:
  - unos 1300 pWOp (margen TPAO: 2030 pWOp) (es decir, unos 1,95 pWOp por km); esta potencia de ruido total procede de:
    - unos 200 pWOp de ruido térmico (básico y de propagación)
    - unos 1100 pWOp de ruido de intermodulación.
- Para la ruta del sur, Bangkok-Haad-Yai:
  - unos 1600 pWOp (margen TPAO 2650 pWOp) (es decir, unos 1,85 pWOp por km); esta potencia de ruido total procede de:
    - unos 250 pWOp de ruido térmico (básico y de propagación)
    - unos 1350 pWOp de ruido de intermodulación.

Las cifras dan márgenes de 900 pWOp o 1400 pWOp, respectivamente, si se las compara con los resultados dimanados de la recomendación CCIR. Los resul-

\* El factor de calidad es la relación logarítmica de la potencia del transmisor al ruido característico del sistema, referido al ancho de banda de un canal y medido a la salida del receptor. La diferencia entre el factor de calidad y las pérdidas en el espacio da directamente la relación señal a ruido referida al canal de señal.

tados obtenidos para las rutas en 7 GHz fueron igualmente buenos. Por ejemplo, la sección Tung Song-Trang con una longitud de 73 km formada por dos vanos, presentó una potencia de ruido total medio, en el canal superior, de 300 pWOp, a pesar de la considerable longitud del tendido guíaondas necesario en uno de los terminales y en ambas antenas del repetidor.

La respuesta frecuencia para la banda base comprendida entre 60 kHz y 4,2 MHz, se ha mantenido dentro de  $\pm 0,5$  dB en ambas rutas. Para la transmisión de TV se cumplieron con amplio margen las exigencias del CCIR. El margen de desvanecimiento hasta actuación del dispositivo silenciador se estableció en las pruebas de aceptación a un valor de 35 dB para cada vano independiente.

### Comentarios finales

El sistema de radioenlaces banda ancha del Norte y Sur de Tailandia, que entró oficialmente en servicio en agosto de 1969, proporciona comunicaciones telefónicas y telegráficas adecuadas entre capitales de provincia importantes y Bangkok, así como permite la difusión y transmisión del programa nacional de televisión. Además, permite establecer un sistema de comunicaciones internacional con Malasia y Singapur y de aquí hasta el sistema por cable Seacom, a un costo relativamente bajo.

A partir de este sistema principal se han iniciado proyectos relativos a rutas secundarias. Gracias a lo realizado, Tailandia se encuentra perfectamente preparada para desempeñar su papel de centro internacional de comunicaciones en el Sureste de Asia, siendo ya en la actualidad ejemplo de país bien equipado en telecomunicaciones.

### Bibliografía

- [1] H. Carl: Red de radioenlaces de 6 GHz para 1800 canales telefónicos y televisión en México, Comunicaciones Eléctricas, volumen 43, N° 4, 1968, págs. 326—333.
- [2] 6 GHz Radio Relay System FM 1800/TV-6000, SEL-Nachrichten, volumen 14, 1966, págs. 45—107.
- [3] H. Weber: Richtfunk mit Uberhorizontausbreitung bei 2200 MHz, Elektrowelt, Ausgabe C Nr. 9, 1959.
- [4] E. Rappallier: Betrachtungen zum Entwurf troposphärischer Scatter-Systeme, PTT techn. Mitteilungen, Heft 12/1967.
- [5] M. E. Collier, H. Lehnid y L. C. Deschuytere: Transistor Carrier Multiplex Equipments Part 1 — Broad Design and Salient Circuit Features, Electrical Communication, volumen 40, N° 1, 1965, págs. 34—47.
- [6] R. Rabe y L. C. Deschuytere: Transistorized Carrier Multiplex Equipments, Part 3 — Front Leadout Construction, Electrical Communication, volumen 40, N° 1, 1965, págs. 74—98.
- [7] L. Braun, W. Haas y W. Zaiser: Primärgruppenumsetzer für Trägerfrequenz-Weitverkehrs-Systeme, NTZ 22 (1969) Heft 2, págs. 124—128.
- [8] H. Carl: Richtfunkverbindungen, Berliner Union, Stuttgart 1964.
- [9] W. Stüber, R. Raabe y W. Kaiser: Zwei neue Wechselstrom-Telegraphie-einrichtungen mit Transistoren — ein Anlaß zum Vergleich von AM- und FM-Verfahren, Frequenz 16 (1962), N° 5 y 7.

Gerd Lupke nació en Marienwerder el 29 de junio de 1930. En 1956 obtuvo el grado de ingeniero diplomado de la Technical University Hannover, Alemania, ingresando en el mismo año en el laboratorio de ayudas a la navegación de la antigua C. Lorenz AG, hoy Standard Elektrik Lorenz AG.

En 1958 pasó al Project Department siendo desde 1959 responsable de la programación de equipos complementarios de los sistemas de radioenlaces y controles a distancia.

En 1965 fué nombrado director adjunto y en 1966 director del Project Department de sistemas de radioenlaces.

Mr. Lupke es miembro de la Nachrichten-technische Gesellschaft. Desde 1965 es miembro de la Delegación alemana para el CCIR.

# El ordenador ITT-3200

Diseñado especialmente por ITT para controlar sistemas de conmutación telefónicos, telegráficos o de mensajes se describe el sistema, las diferentes partes componentes, la tecnología y el "software" de este ordenador al que se ha exigido una alta fiabilidad.

G. YELLOZ  
T. CAGNAC  
A. P. LE GALL  
C. J. FRUCHARD

Laboratoire Central de Télécommunication, París, Francia

El incremento de las aplicaciones de los ordenadores a grandes áreas de los trabajos de telecomunicación, está ayudando a ITT a mantenerse en la primera línea de la tecnología de las comunicaciones. Estas aplicaciones se extienden desde el control de las centrales telefónicas a la secuencia de conmutaciones de un cambio de agujas del ferrocarril, y encierra conmutaciones telex y de mensajes, sistemas de control remoto, estafetas automáticas, comprobación de operaciones postales, control de trenes y tráfico, control ambiental y ensayos de producción controlados mediante ordenador. El desarrollo del ordenador en ITT, por esta causa, se dirigió a estas áreas de problemas, que se caracterizan por la naturaleza de tiempo real de los procesos controlados. El ordenador ITT-3200 es actualmente el mayor y más potente de los ordenadores de ITT (Fig. 1). Utiliza las técnicas más modernas y es notable por sus elevadas características y fiabilidad. Se diseñó para que fuera particularmente eficaz en las aplicaciones de la conmutación telefónica, consiguiéndose esto de tres maneras:

- El conjunto de instrucciones incluye algunas particularmente bien adaptadas a esta aplicación, pero no obstante lo suficientemente generales y flexibles para permitir un tratamiento eficaz de la mayor parte de los problemas de control en tiempo real, así como los otros tipos (científicos, simulaciones, etc.).
- La unidad de memoria ha sido organizada para proporcionar un gran número de bloques independientes susceptibles de funcionar simultáneamente. Se pueden utilizar hasta 32 bloques de 16.384 palabras, teniendo una capacidad total de 500.000 palabras. Cada bloque tiene una velocidad de lectura de acceso aleatorio superior a un millón de palabras por segundo.
- El sistema puede funcionar con una configuración doble, es decir, con dos unidades centrales de proceso (UCP). La redundancia de los componentes físicos ("hardware") de un sistema doble, junto con la gran fiabilidad de sus circuitos integrados asegura unos tiempos extremadamente pequeños. Con un plan de mantenimiento conveniente, el tiempo medio teórico entre fallos es del orden de los 40 años.

## Descripción general

El sistema ITT-3200 es de construcción modular, pudiéndose obtener gran número de configuraciones diferentes y de este modo adaptarlo exactamente a las

necesidades del usuario con el mínimo de coste. Con la memoria, que se divide en bloques independientes, pueden comunicar las unidades siguientes:

- unidades centrales de proceso (UCP), que ejecutan las instrucciones de los programas almacenados;
- procesadores de entrada/salida, conocidos como canales de entrada/salida, capaces de controlar los equipos periféricos y efectuar totalmente una operación de entrada/salida iniciada por una cualquiera de las unidades centrales de proceso.

La memoria es accesible mediante las unidades de control de memoria. Los equipos periféricos pueden conectarse a los canales, o bien directamente a las unidades centrales de proceso a través de los dispositivos controladores específicos de los equipos periféricos considerados.

La secuencia adecuada de las operaciones se asegura mediante un sistema de interrupciones que tiene 16 niveles de prioridad.

En la consola pueden supervisarse todas las operaciones.

Los módulos de memoria y las otras unidades se comunican a través de los canales comunes de memoria, lo que permite una considerable libertad a la configuración del sistema. La figura 2 muestra una configuración con una sola unidad central de proceso, mientras que la figura 3 muestra un sistema doble.

La descripción siguiente abarca primeramente el sistema y sus características técnicas y posteriormente el soporte de programación ("software") actualmente disponible.

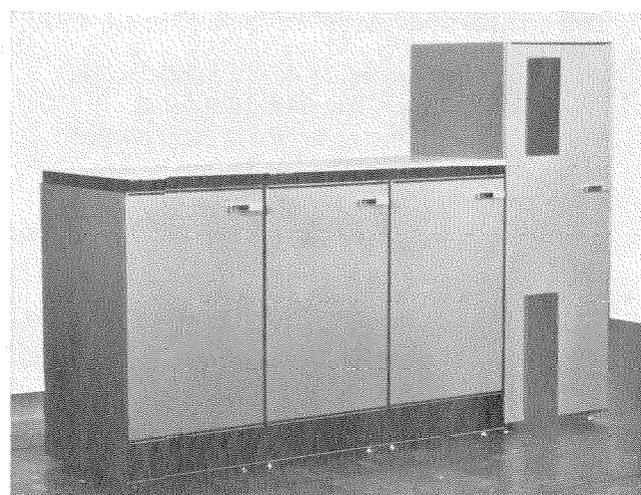


Fig. 1 Bastidor del tipo "pequeño tamaño" del sistema ITT-3200.

Descripción y funcionamiento de los componentes del sistema

Memoria

Existen dos tamaños del módulo de memoria; uno de 8.000 y otro de 16.000 palabras, siendo la palabra de 36 bits. El ciclo de memoria es de 0,85 microsegundos. En un sistema pueden incluirse hasta 32 bloques de memoria independientes.

Unidades de control de memoria

Cada unidad de control de memoria proporciona la comunicación con uno o dos bloques de memoria, actuando sobre las peticiones de acceso a la memoria y controlando la transferencia de datos a y desde la memoria.

Cada unidad de control de memoria puede tener de uno a cuatro terminales de acceso. Es posible incrementar esta cifra hasta ocho terminales en el futuro. Cada uno de estos terminales corresponde a un dispositivo que puede comunicarse con la memoria.

La capacidad de una unidad de control de memoria puede incrementarse mediante un multiplexor de acceso conectado entre los circuitos externos y uno cualquiera de los terminales de acceso. Este multiplexor de acceso puede tratar hasta cuatro circuitos externos.

El intercambio de datos entre la memoria y un circuito externo tiene lugar a través de un canal común, que es específico para el circuito externo y que puede conectarse a todas o a parte de las unidades de control de memoria.

Debe aclararse que estos intercambios de datos se controlan asincrónicamente, permitiendo al sistema ITT-3200 utilizar memorias de características y velocidades de funcionamiento diferentes.

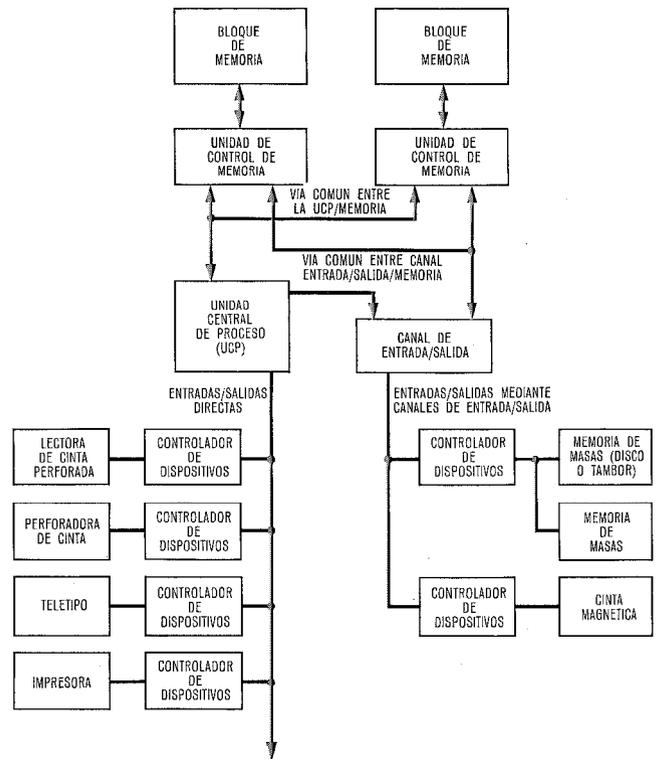


Fig. 2 Esquema funcional de un sistema ITT-3200 con una sola unidad central de proceso.

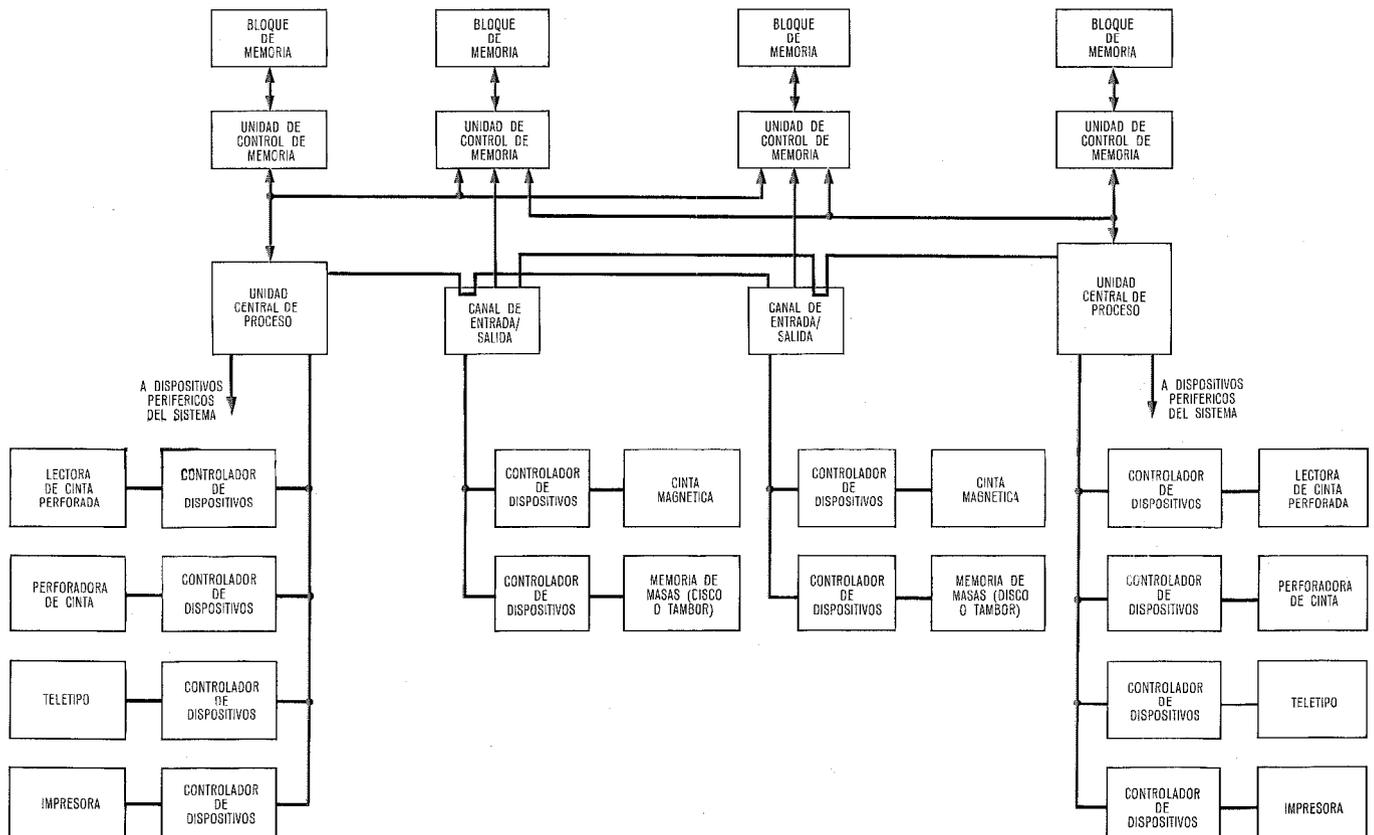


Fig. 3 Esquema funcional de un sistema ITT-3200 con doble unidad central de proceso.

En atención a la claridad, un grupo de circuitos exteriores manejados por un multiplexor de acceso ha de considerarse como un solo circuito a efectos de memoria. Los niveles relativos de prioridad de los circuitos se determinan dentro del multiplexor de acceso.

La unidad de control de la memoria determina los niveles de prioridad en sus terminales de acceso. El terminal de mínima prioridad tiene un tiempo de acceso muy pequeño. Cuando tengan lugar simultáneamente varias peticiones de acceso al mismo bloque de memoria, la unidad de control de memoria las trata según el orden de prioridades de los terminales en que aparezcan.

La unidad de control de memoria tiene otras dos funciones importantes. La primera, impedir la transferencia de datos a una zona de la memoria a la que un circuito externo no debe tener acceso. La segunda, realzar la fiabilidad de la transmisión al efectuar una comprobación de paridad de todos los datos transferidos.

Las operaciones entre un circuito externo y la unidad de memoria pueden ser de tres tipos:

- lectura no destructiva;
- escritura de nuevos datos;
- lectura de datos seguida por la escritura de la información, haciendo uso de los datos almacenados previamente, los cuales, por tanto, se modifican.

La unidad de control de la memoria se diseñó para tener un tiempo de acceso mínimo y una ocupación mínima del circuito exterior, mediante el uso de lógica rápida y optimización de la ejecución de cada uno de los tres funcionamientos descritos anteriormente. De este modo, en caso de una petición de acceso con objeto de leer datos a través del terminal privilegiado, el intervalo de espera entre la recepción de la petición en la unidad de control de memoria y el comienzo de la operación es de 20 nanosegundos.

Similarmente, en el caso de una petición de acceso con objeto de almacenar nuevos datos, el circuito exterior se libera 150 nanosegundos después de que ha transferido los datos a la unidad de control de memoria. Esta controla las operaciones del ciclo de memoria y analiza cualquier nueva petición que pueda ocurrir. Durante este tiempo, el circuito exterior liberado puede ser capaz de ponerse en contacto con otro bloque de memoria. Tan pronto como el bloque de memoria se libera, puede iniciarse otra operación. La unidad de control de memoria es capaz de manejar las peticiones a un régimen de 0,89 microsegundos cada una, que es el equivalente a una velocidad de transferencia de 36 Megabits por segundo.

La ejecución correcta de las operaciones se obtiene mediante el filtrado de las peticiones de acceso por medio de un sistema protector de memoria cuyo funcionamiento puede compararse al de una cerradura accionada por una llave. Un módulo de memoria se divide en páginas de 512 palabras, cada una de las cuales se asocia a una "cerradura" almacenada en la unidad de control de memoria. Para escribir una palabra en esta página, el circuito exterior debe tener,

cuando pida el acceso, la "llave" correcta correspondiente a la "cerradura" de la zona. Este sistema podrá proteger de este modo el contenido de la memoria, ya que impedirá operaciones intempestivas que, de lo contrario, podrían alterar los datos previamente almacenados.

La unidad de control de la memoria prueba el bit de paridad que acompaña a los datos tanto en las operaciones de lectura como de escritura y señala cualquier error detectado. La transmisión de datos sobre las líneas se protege mediante el uso de circuitos de transmisión/recepción que son altamente inmunes al ruido.

Los distintos equipos descritos anteriormente proporcionan de esta forma un acceso a la memoria multicanal teniendo una velocidad de transferencia total extremadamente alta, con una configuración muy flexible y de gran fiabilidad. Ahora examinaremos las unidades que comunican con la memoria, comenzando con la unidad central de proceso o UCP.

### Procesador central

Primero se describen las características generales de la unidad central de proceso, seguido por una descripción de los formatos, tipo y duración de ejecución de las instrucciones. Después se describen los sistemas particulares seguidos por una breve presentación de la composición del equipo.

### Características generales

La unidad central de proceso, UCP, tiene las características siguientes:

- palabra de 32 bits + un bit de paridad;
- direccionamiento directo de 128.000 palabras;
- direccionamiento máxima de 512.000 palabras sea por indexación o direccionamiento indirecto mediante dos bits de la doble palabra de estado de programa;
- direccionamiento de dobles palabras, palabras, medias palabras, octetos, bits únicos, conjuntos de 1 a 16 bits dentro de una palabra;
- direccionamiento indirecto con pre- y post-indexación (7 registros índices);
- desplazamiento del índice para el procesamiento de tablas de datos de formatos diferentes;
- dos bloques de 16 registros de uso general, que pueden considerarse como posiciones de memoria: estos dos bloques no pueden usarse simultáneamente pero permiten que los datos almacenados en uno de los bloques se reserven mediante la conmutación al otro bloque en el caso de ciertas interrupciones;
- juego de 117 instrucciones, incluyendo instrucciones de carga, almacenamiento de datos, operaciones aritméticas, lógicas y el manejo de bits;
- facilidades de entrada/salida:
  - entrada/salida directa;
  - canal de entrada/salida (una UCP puede controlar hasta 8 canales);
  - interrupción de 16 niveles;
  - detección del error de paridad;

- facilidad de interrupciones automáticas;
- protección de escritura en memoria;
- modos de funcionamiento principal y secundario;
- protección contra el bloqueo debido a operaciones incorrectas.

**Formato de las instrucciones**

La mayoría de las instrucciones tienen la forma indicada en la figura 4.

El código de operación indica si los bits 15 a 31 corresponden a un dato o a una dirección, y en este último caso, indica si los datos colocados en la dirección real ocupan un bit único, un octeto, una media palabra, un conjunto de hasta 16 bits de longitud dentro de una palabra, una palabra, o una doble palabra.

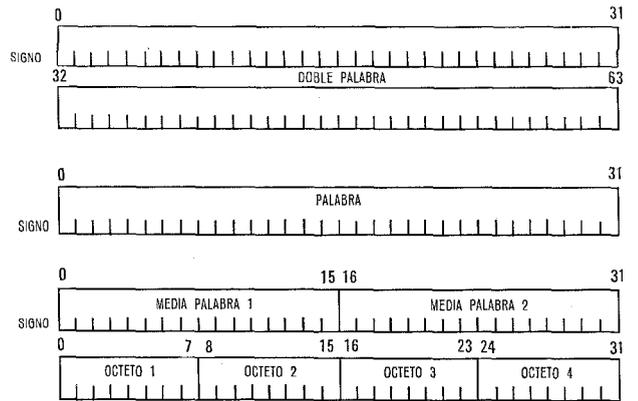


Fig. 4 Formato de las instrucciones.

**Formato de datos**

Los datos se almacenan tal como se indican en la figura 5. El bit 0 indica el signo, los números negativos están en la forma de complemento a dos.

**Tipos de instrucción**

Las instrucciones son de los tipos siguientes:

- de carga;
- de almacenamiento;
- de borrar;
- de comparar y saltar si es igual;
- “Y”, “O”, “O exclusivo”.

(Las instrucciones anteriores pueden actuar sobre palabras, medias palabras, octetos, dobles palabras, conjuntos.)

- Suma, resta, multiplicación, división, de palabra o media palabra;
- instrucciones de bit único: ponerlo en 1, ponerlo en 0, complementar, transferir, localizar el primer bit en 1 de una palabra;
- desplazamiento;
- bifurcación;
- manipulación de almacenamientos;
- verificaciones internas de la UCP;
- acceso de los dispositivos periféricos directamente conectados;
- control de canal.

**Tiempos de ejecución de las instrucciones**

Los tiempos de ejecución, expresados en microsegundos, de algunas instrucciones son los siguientes:

— carga inmediata	1,10
— carga de una palabra	1,75
— carga de una media palabra	1,75
— carga de un octeto	1,75

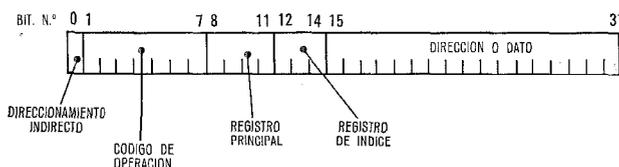


Fig. 5 Configuración de los datos.

— carga de una doble palabra	2,60
— almacenamiento de una palabra	1,75
— suma	2,10
— multiplicación	13,20
— división	14,10
— Y lógico	1,95
— bifurcación	1,10
— desplazamiento de 16 bits	1,30

**Modo de funcionamiento**

El ordenador es capaz de funcionar en uno cualquiera de los modos principal y secundario. En el modo principal, pueden ejecutarse todas las instrucciones, mientras que en el modo secundario se prohíben ciertas instrucciones “privilegiadas”. El modo de funcionamiento se selecciona mediante el programa que se ejecute en este momento.

**Facilidad de interrupciones automáticas**

Esta permite la ejecución inmediata de una instrucción de una posición determinada de memoria.

Siempre que la UCP detecta una de las condiciones anormales siguientes, el programa se dirige inmediatamente a la interrupción automática:

- códigos de operación no válidos o que se refieren a opciones no presentes en el sistema;
- exceso de capacidad después de una suma o de una división por cero;
- bloqueos debidos a un funcionamiento incorrecto de los soportes físicos (“hardware”);
- error de paridad;
- dirección no existente;
- violación de la protección de memoria;
- intento de ejecución de una instrucción privilegiada cuando se está en el modo secundario;
- alto condicional;
- bifurcación.

Los dos últimos casos corresponden a un funcionamiento normal. Las instrucciones de bifurcación se incluyen en el programa almacenado, mientras que el alto condicional se controla mediante la colocación de una dirección en la consola.

**Entrada/salida directa**

Los dispositivos periféricos se conectan mediante una vía común. Las líneas de entrada/salida directa se controlan mediante dos instrucciones: de lectura y escritura. Estas instrucciones permiten el intercambio de datos de 32 bits entre uno cualquiera de los registros de uso general de la UCP y un dispositivo externo.

**Interrupciones**

El sistema de interrupciones tiene 16 niveles de prioridad. Cada nivel tiene una única posición de memoria en la que hay una instrucción de bifurcación a la subrutina de procesamiento de la interrupción pedida. Cada nivel tiene varios circuitos basculadores que determinan las operaciones subsiguientes cuando en aquel nivel tiene lugar una interrupción. Los estados posibles de un nivel son los siguientes:

- Equipado/no equipado: si un nivel no está equipado, se ignora la señal de interrupción; si está equipado, se anota la interrupción y el nivel asume un estado de espera.
- Validez: un nivel debe ser válido si la interrupción ha de tener algún efecto. Los circuitos basculadores de validez se colocan mediante el programa. Una interrupción inválida puede permanecer en espera.

**Composición de la UCP**

La unidad central de proceso, indicada en la figura 6, comprende una unidad aritmética y una unidad de control, la que, con objeto de facilitar la descripción, muestra algunos registros.

La parte izquierda de la figura muestra:

a) Dos bloques de 16 registros cada uno, los cuales operan en el caso de una bifurcación que siga a una interrupción; siete de éstos pueden utilizarse como registros índices para los programas que se están ejecutando;

b) Dos registros de estado de programa, que almacenan las condiciones de funcionamiento actuales, estando el último definido por 47 bits, que comprenden esencialmente:

- contenidos del contador del programa, es decir, la dirección de la siguiente instrucción a ejecutar;
- máscara de interrupción e interrupción automática del sistema;
- "clave" de protección de memoria que permite la escritura en la posición dada por la instrucción;
- indicador del modo de funcionamiento principal o secundario;
- indicador del bloque de 16 registros;
- estado de los cuatro basculadores de verificación.

Estos dos registros se componen de 47 basculadores situados en la unidad central de proceso, pero en caso de una operación de interrupción automática, el estado de estos basculadores se registra en la memoria mediante una doble palabra de estado del programa.

c) El registro de direcciones de 19 bits, cuyo contenido se comunica a las unidades de control de memoria con cada petición de acceso.

d) Registrador de instrucciones de 32 bits, que se carga con el contenido de la dirección de memoria definida por el contador de programa tan pronto como se ejecuta la instrucción actual.

e) 3 registros de trabajo de 32 bits, A, E, B, usados por la unidad de control para la ejecución de las instrucciones: los dos primeros se utilizan como registros de enlace con la memoria para las operaciones de almacenamiento, mientras que el tercero se usa como un registro de enlace con la memoria tanto para las operaciones de almacenamiento como las de carga, o como un registro de enlace para la vía directa de entrada/salida.

En la parte derecha de la figura 6 aparecen tres registros asociados con el funcionamiento de la consola:

a) Registro W, con lógica cableada asociada, usado para almacenamiento en memoria de un programa en cinta perforada; esto se conoce como la operación de carga del programa y el registro, por esta causa, se llama registro cargador de datos.

b) El registro de consola V, para visualizar el contenido de una posición de memoria o la formación de una palabra que se va a transferir a memoria.

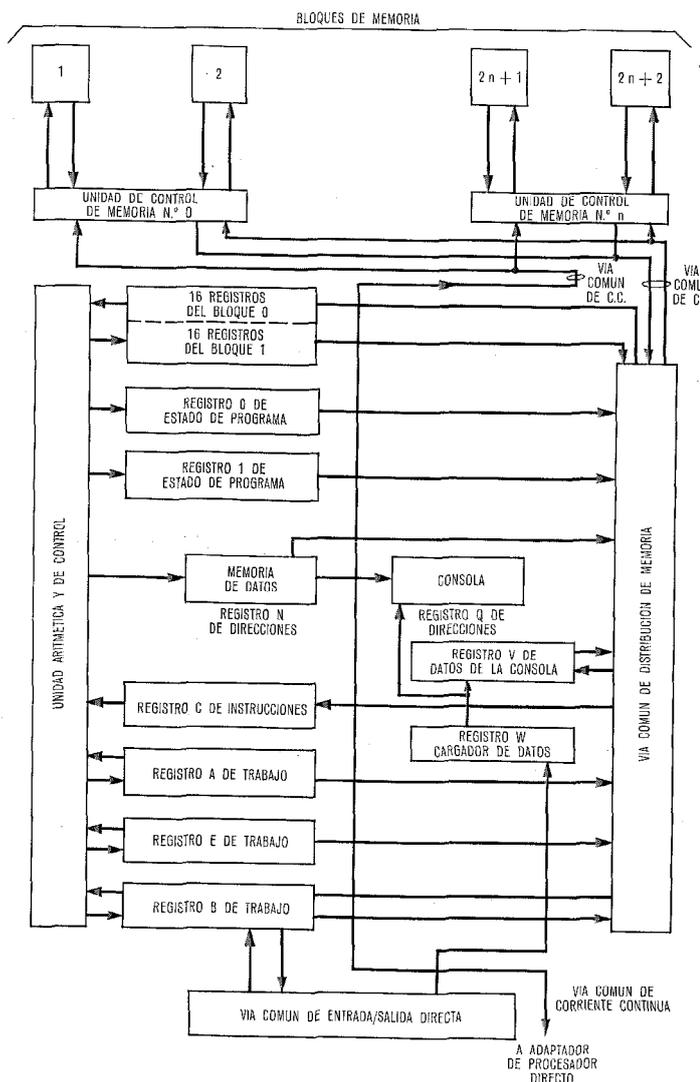


Fig. 6 Esquema funcional de la unidad central.

c) El registro de la dirección de la consola Q, mostrando la dirección de la memoria relativa al registro V.

### Canales de entrada/salida

Los canales de entrada/salida después de ser inicializados por la UCP, son capaces de controlar, de una manera autónoma, el intercambio de datos entre la memoria y un dispositivo periférico. Existen dos tipos de canales de entrada/salida.

El primer tipo, el canal selector, es capaz de manejar solamente un dispositivo periférico de los 8 que puede tratar.

El segundo tipo de canal controla varios dispositivos periféricos operando simultáneamente sobre la base de tiempo compartido. Por esta razón se le conoce como el canal multiplexor y puede manejar simultáneamente hasta 8 dispositivos periféricos.

En cualquiera de los dos casos, el canal de entrada/salida recibe una señal de la UCP, que tiene almacenada previamente en memoria todas las instrucciones requeridas para la ejecución de la operación de entrada/salida. Una vez que se inició la última, el canal de entrada/salida obtiene de la unidad de memoria todos los datos requeridos para la ejecución del funcionamiento sin intervención posterior de la UCP. La última se entera cuando finaliza la operación.

Dependiendo del tipo de canal de entrada/salida y del formato de los datos, la velocidad de transferencia puede variar de 100.000 octetos por segundo a 1.000.000 octetos, o sea 8 megabits por segundo.

El canal se controla desde la UCP mediante cinco instrucciones:

- comenzar una operación de entrada/salida;
- parar una operación de entrada/salida;
- probar la ejecución de una operación de entrada/salida;
- probar el estado de un dispositivo periférico;
- reconocer una interrupción.

Para cada operación a ejecutar, el canal de entrada/salida lee una doble palabra de órdenes de la memoria, que indica:

- el tipo de operación a efectuar: leer o escribir;
- el número de palabras a transferir;
- la posición de memoria de la primera palabra que ha de ser almacenada;
- cualquier condición particular de ejecución de la operación considerada.

El canal de entrada/salida es capaz de informar a la UCP del progreso de una operación mediante el almacenamiento en memoria de una doble palabra, que indica:

- el estado del dispositivo periférico;
- el número de palabras que restan de transferir;
- la dirección de la última orden completamente ejecutada.

### Dispositivos periféricos

Los dispositivos periféricos del sistema ITT-3200 comprenden: teletipo, perforadora y lectora de cinta de papel, impresora rápida, unidades de cinta magné-

tica, unidades de discos, tambores, etc., y dispositivos especiales para sistemas telegráficos y telefónicos.

Como se mencionó anteriormente, estos dispositivos periféricos pueden conectarse al sistema mediante una cualquiera de las dos formas siguientes:

- Conexión directa a la UCP, que controla entonces las operaciones de entrada/salida;
- conexión a través de un canal de entrada/salida.

Las conexiones requieren un controlador específico de entrada/salida para los dispositivos periféricos considerados.

El canal de entrada/salida puede ser de la variedad convencional de corriente continua para longitudes de hasta 10 metros. Para líneas comprendidas entre 10 y 100 metros, las señales se transmiten sobre canales de corriente alterna.

### Tecnología

La elección de la tecnología conveniente es factor esencial en el diseño de un equipo de la clase del sistema ITT-3200, que ha de ser capaz de un funcionamiento a gran velocidad, altamente fiable y fácilmente accesible.

Estas exigencias se reúnen en la tecnología del sistema ITT-3200, en cuyas características el uso de circuitos rápidos de la serie 74 H y de ensamblado fiable, que aseguran un fácil funcionamiento y firmeza de los subconjuntos.

El montaje es del tipo piramidal convencional; los componentes eléctricos van montados sobre una tarjeta de circuito impreso y constituyen una unidad enchufable; el montaje de las tarjetas sobre los paneles por medio de conectores cuyas patitas se interconectan dentro de un panel o entre paneles de un subconjunto particular; los subconjuntos se interconectan mediante cables amovibles.

### Características de los componentes básicos

Las tarjetas lógicas solamente emplean circuitos integrados:

- circuitos rápidos TTL de la serie 74 H se usan principalmente en la unidad central de proceso y en las unidades de control de memoria;
- circuitos DTL y TTL convencionales para los módulos que no requieran la velocidad de las series 74 H;
- circuitos MSI siempre que sea posible (elementos rápidos de almacenamiento y registradores integrados).

Algunos componentes convencionales se usan en las vías comunes de los circuitos de transmisión/recepción.

La memoria utiliza núcleos de ferrita al litio de 0,44 milímetros (22 milésimas de pulgada) de diámetro con una configuración  $2\frac{1}{2}$  D. Los circuitos de acceso a la memoria utilizan al máximo los circuitos integrados. Un módulo de memoria mantiene 8192 ó 16.384 palabras. Cada palabra tiene 36 bits, de los que se utilizan 33, 32 para datos y uno para la paridad. El tiempo del ciclo de memoria es de 850 nanosegundos y el tiempo de acceso es de 350 nanosegundos.

### Características de las tarjetas

Los terminales DIP de los circuitos integrados se introducen en los agujeros plateados de las tarjetas de circuito impreso, y pueden soldarse a la ola.

Las tarjetas que llevan circuitos integrados rápidos (TTL H) tienen cuatro capas de circuitos impresos: Las dos capas exteriores se utilizan para las conexiones entre los circuitos integrados y las dos interiores para proporcionar las conexiones de masa y de alimentación, actuando como pantallas (Figs. 7 y 8).

Los circuitos impresos se diseñaron para permitir la posición de los circuitos integrados con mínimas longitudes de conexión entre los circuitos de las diferentes tarjetas.

Las tarjetas que llevan circuitos DTL y TTL normal están impresas por las dos caras.

Independientemente de sus tipos, todas las tarjetas pueden llevar hasta 60 circuitos integrados y cuando se instalan en los paneles, tienen una altura total de 260 milímetros. Las tarjetas de cuatro capas tienen una profundidad de 134 mm, mientras que las otras miden 175 mm. Ambos tipos se acomodan en los mismos paneles.

Cada tarjeta tiene dos conectores de 64 puntos montados alineadamente con los lados de 260 mm, para conectar en los receptáculos fijados sobre los paneles.

### Cableado e interconexión de los paneles

Cada panel puede llevar hasta 32 tarjetas (Fig. 9). Las patitas del conector se conectan a la vía por la combinación de dos métodos de cableado. Un circuito impreso de doble cara a través del que pasan las patitas del conector constituyen la "base" del panel. Una cara se utiliza para las conexiones de masa, la otra permite realizar interconexiones muy repetitivas, tales como las de señales distribuidas a varios puntos, o para conexiones que requieran protección contra las señales parásitas, tales como señales derivadas.

Las restantes interconexiones se realizan con cables aislados o pares anti-inducidos con o sin desacoplo R-C, dependiendo de la longitud de la conexión.

Cuando un subconjunto comprende varios paneles, las interconexiones se realizan en línea recta para minimizar la longitud de las conexiones. Todos los cables están mini-enrollados.

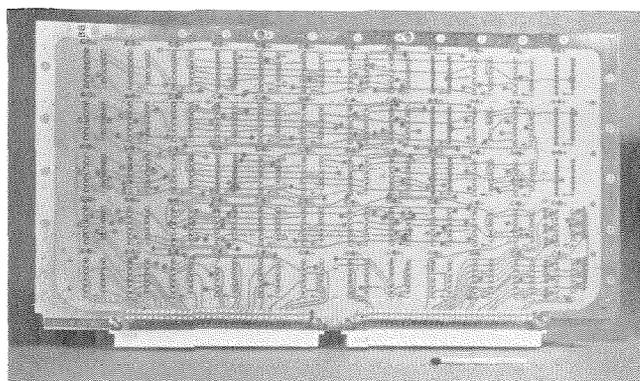


Fig. 7 Tarjeta de circuito impreso usada en el sistema ITT-3200.

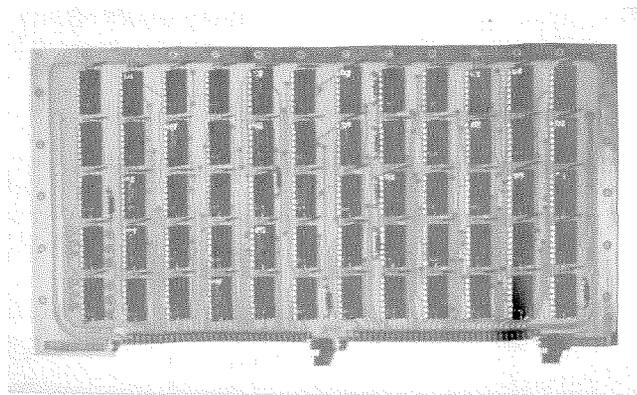


Fig. 8 Tarjeta totalmente equipada.

Los métodos anteriores son necesarios para tomar precauciones en presencia de impulsos que tengan un tiempo de duración de 4 a 5 nanosegundos.

Los subconjuntos resultantes son muy compactos, debido principalmente a la gran densidad de los circuitos integrados sobre las tarjetas, que llevan la mayor parte de las conexiones entre circuitos. El precio de esta compacidad se paga por tener cada tarjeta un diseño muy cuidado ajustándose a las ecuaciones lógicas, con el resultado de que su uso no se repite a menudo.

Esta filosofía de diseño se ilustra en el caso de la unidad central de proceso, que se compone de 3228 circuitos integrados montados solamente sobre 3 paneles con un total de 63 tarjetas de 31 tipos diferentes.

Finalmente, ha de hacerse notar que esta estructura del subconjunto particularmente se adapta bien a los métodos de producción que empleen herramientas de gran capacidad.

### Construcción del subconjunto

Los subconjuntos, tales como el procesador central, los canales de entrada/salida, los módulos de memoria, etc., se montan en paneles que disponen de suministros de energía y de refrigeración por aire. Estos paneles pueden ser de uno cualquiera de los dos tipos siguientes: — los de altura de 220 cm, usados comúnmente en las instalaciones de los sistemas telefónicos;

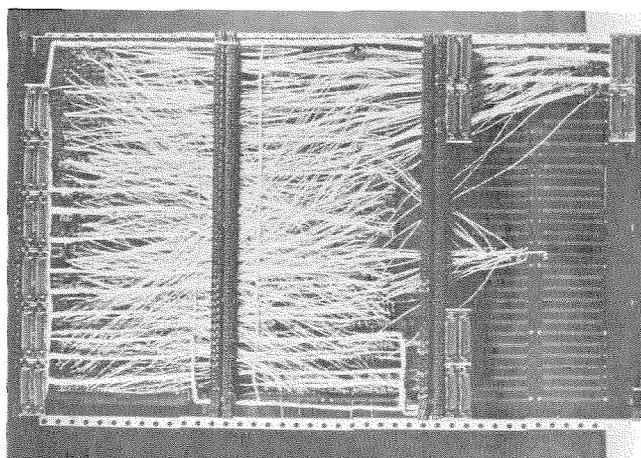


Fig. 9 Vista posterior de un panel con el cableado del mismo.

— los de “pequeño tamaño”, preferentemente usados en aplicaciones no telefónicas.

El número de paneles usados en un sistema depende de su configuración.

### Soporte de programación (“software”)

Los programas básicos que se desarrollaron para el ordenador ITT-3200 lo fueron con propósito de escritura, operación y puesta a punto de programas operacionales. Hay también un conjunto de programas para mantenimiento y prueba del equipo.

### Escritura de programas

El meta-ensamblador produce una cinta objeto en código binario reordenable a partir de un programa fuente escrito en el lenguaje Metasimbal 32.

El Metasimbal 32 es un lenguaje ensamblador perteneciente a la clase de los metalenguajes, cuya principal característica es su independencia respecto del contexto, es decir, de una máquina o una aplicación en particular. Esta característica se obtiene mediante el concepto del ensamblador y especialmente por sus dispositivos de macro-instrucciones y montajes condicionales.

También deben mencionarse las características siguientes:

- fragmentación de programas;
- generación de conjuntos de palabras de cualquier longitud;
- definición de variables lógicas;
- manejo de listas.

Este programa puede ejecutarse con un sistema ITT-3200 que comprenda una lectura y perforadora de cinta de papel, una impresora y dos unidades de cinta magnética.

El ensamblador Simbal-32 produce una cinta objeto en binario absoluto a partir de un programa fuente escrito en Simbal-32.

El Simbal-32 se deriva del Estasimbal al suprimirle las características siguientes: ensamblaje condicional, fragmentación de programas y manejo de listas. Se retienen ciertas características que aseguren una buena adaptabilidad al ordenador ITT-3200, tales como la generación de conjuntos de palabras.

Este programa puede funcionar sobre un sistema de ordenadores que comprenda solamente la lectura y perforadora de cinta de papel y un teletipo para imprimir listado del programa objeto.

### Funcionamiento y puesta a punto del programa

El programa supervisor abarca las funciones siguientes:

- comunicaciones operador-máquina;
- verificación de las funciones privilegiadas, interrupciones automáticas, doble palabra de estado del programa y entradas/salidas;
- carga de programas en forma absoluta desde la cinta de papel o magnética.

El supervisor recibe órdenes del operador a través del teletipo antes de que el programa esté en ejecución

o mediante macro-instrucciones cuando el programa se está ejecutando. Las rutinas de interrupción automática imprimen el contenido de los registros y, cuando se ordene, el contenido de la memoria.

El programa supervisor también incluye los programas de entrada/salida y la ayuda para la puesta a punto.

Los programas de entrada/salida son los relacionados con el uso de la perforadora y de la lectura de cinta de papel, el teleimpresor, la impresora y las unidades de cinta magnética. Permiten al usuario manejar los ficheros que definió mediante las macro-instrucciones introducidas en su programa, sin que al mismo le conciernan las operaciones detalladas de los dispositivos periféricos.

Pueden definirse tres tipos de ficheros:

- fichero ASC II (American Standard Code information Interchange) que contiene solamente caracteres ASC II;
- fichero binario standard, en el que cada bloque está precedido de una indicación de su longitud;
- fichero binario no standard.

Existen dos tipos de macro-instrucciones:

- macro-instrucciones para la definición de ficheros: pueden ser generales o particulares para un dispositivo determinado;
- macro-instrucciones para el manejo de ficheros: funcionan en conjunción con las macro-instrucciones anteriores para controlar el funcionamiento de los dispositivos periféricos durante el curso de la ejecución del programa.

El soporte de la puesta a punto se compone principalmente de:

a) Un programa transferible de memoria (“dump”): el contenido de la memoria se imprime sobre la impresora en forma de caracteres exadecimales o binarios ASCI;

b) un programa trazador: el estado del circuito interno de la UCP se imprime siempre que se satisfagan ciertas condiciones definidas mediante el programa supervisor, tales como:

- para cada instrucción en una zona determinada del programa;
- siempre que se modifique un dato en una posición determinada de la memoria;
- siempre que tenga lugar un salto en el programa;
- siempre que la dirección real correspondiente a la ejecución de una instrucción coincida con la puesta en la consola;

c) programas de representación y corrección: los contenidos de una o varias posiciones de memoria se imprimen sobre el teleimpresor y pueden modificarse mediante el teclado del mismo.

### Editor de enlaces

Este programa enlaza los distintos programas binarios reordenables obtenidos mediante el meta-ensamblador y genera un programa absoluto en binario que puede cargarse mediante los cargadores del supervisor. Proporciona el enlace correspondiente entre los diferentes programas.

### Programas de utilidad

La biblioteca de programas de utilidad permite el soporte físico de los programas que han de ser preparados y verificados, tales como:

- corrección de cintas fuentes: este programa copia una cinta de papel o magnética, introduciendo al mismo tiempo cualquier corrección perforada sobre una cinta de papel;
- conversión de ficheros IBM a ficheros ITT-3200 (cinta magnética);
- listado de cintas magnéticas;
- inicialización de cintas magnéticas;
- copiado de ficheros entre cintas magnéticas;
- eliminación de ficheros de cintas magnéticas;
- copia y verificación de cintas objeto.

### Puesta a punto y mantenimiento del sistema

Los programas de prueba se desarrollaron con fines de puesta a punto y mantenimiento y también pueden utilizarse como pruebas de aceptación. No se usan simultáneamente con los programas operacionales y pueden ocupar por esta razón toda la memoria.

Estos programas comprenden:

- prueba de las instrucciones y de la UCP;
- prueba de la memoria;
- prueba de la consola;
- prueba del sistema de interrupciones;
- prueba de los dispositivos periféricos para:
  - lector de cinta de papel;
  - perforadora de cinta de papel;
  - teletipo ASR-33;
  - impresora;
  - unidades de cinta magnética;
  - unidades de tambor magnético.

También se desarrollaron algunos programas para ayuda a la fabricación, especialmente para la prueba de tarjetas que lleven circuitos integrados.

La descripción anterior abarca el soporte de programación correspondiente del sistema ITT-3200. Sin embargo, a fin de desarrollar conjuntamente, tanto los sistemas de soportes físicos ("hardware") como los de programación ("software"), este último se desarrolló para la producción de programas que pudieran ejecutarse sobre un sistema IBM-360/30, así como ser capaz de escribir y probar programas para un sistema ITT-3200 sin usar necesariamente un equipo ITT-3200.

### Conclusión

Al desarrollo del ordenador ITT-3200 contribuyeron diferentes compañías, entre las cuales el Laboratoire Central de Télécommunications (LCT) asumió la principal responsabilidad.

La Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques (CGCT) aportó su experiencia en la definición de la tecnología del conjunto.

La Data Electronic Systems Division (DESD) construyó varios de los dispositivos controladores de los periféricos y diseñó el bastidor de "pequeño tamaño".

Ingenieros de la Bell Telephone Manufacturing

Company (BTM) y los de Standard Elektrik Lorenz (SEL) trabajaron en el diseño, directamente en LCT.

Le Matériel Téléphonique (LMT) contribuyó a la construcción de los prototipos, incluyendo las estructuras metálicas y el cableado.

El primer prototipo se construyó en 15 meses y durante el año siguiente se entregaron 12 prototipos a distintas Compañías, entre los que se incluyen dos a BTM para los estudios del sistema Metaconta\* 10 C, dos a CGCT para la simulación de los sistemas Metaconta 11 A y 10 B, tres a LMT para el modelo del sistema Metaconta 10 R y uno a Standard Telephones and Cables Ltd. (STC).

Ahora estos ordenadores se fabrican por LMT y BTM.

### Bibliografía

- [1] Standard Computer Modules, ITT 3200 Description — 160 ITT 1300 E.
- [2] ITT 3200 Direct Interface External Device Design Information, por R. Bonami — Paris Laboratory 629 406.
- [3] Standard Modules ITT E Computer Channel Specification, por T. Cagnac, A. Le Gall, R. Bonami — Paris Laboratory 602 196 A.
- [4] ITT 3200 Standard Memory Control, por A. Lejay — Paris Laboratory 629 117 A.
- [5] ITT 3200 Metasimbal 32 — 162 ITT 11003.

**Guy Yelloz** nació en París (Francia) el año 1931. Estudió en l'École Supérieure d'Électricité, donde en 1954 obtuvo el título de ingeniero.

En 1957, ingresa en la CIT (Compagnie Industrielle des Téléphones), una filial de la Compagnie Générale d'Électricité, donde estuvo implicado en los desarrollos de conmutación telefónica.

En 1959, ingresó en LCT donde participó en el desarrollo del primer sistema de conmutación PCM y más particularmente como encargado de la definición de los circuitos lógicos, concentrador, detector de llamadas y problemas de sincronización.

En el año 1962, se encargó del desarrollo de las memorias de ordenadores de a bordo aeroespaciales.

Desde 1968, se responsabilizó del programa "ITT Computer Rationale" y, más particularmente, del desarrollo del ordenador 3200.

**Thérèse Cagnac** nació en París en 1928. Obtuvo la licenciatura en Ciencias por la Faculté des Sciences de París en 1952.

Desde 1952 a 1961 trabajó en tubos de microondas en la Compagnie Générale de Télégraphie Sans Fil.

En 1961, ingresó en el Laboratoire Central de Télécommunications, donde participó en los diferentes desarrollos de ordenadores. En 1968, fué encargada del desarrollo de la unidad central del ordenador ITT-3200.

**Alain P. Le Gall** nació en París en 1936. En 1959, obtuvo el título de ingeniero por l'École Supérieure d'Électricité. Ingresó en el Laboratoire Central de Télécommunications en 1962, donde primero desarrolló las memorias rápidas para pequeños ordenadores. Posteriormente participó en el desarrollo de dos prototipos de ordenadores para aviones. Uno de ellos formó parte de un sistema de navegación LORAN. Desde 1968, como director de nuestra División de Equipos, desarrolló los módulos del soporte físico del ordenador ITT-3200.

**Claude J. Fruchard** nació en 1935 en Deville-lès-Rouen (Francia). Estudió en l'École Nationale Supérieure d'Électricité et de Mécanique de Nancy, donde obtuvo el título de ingeniero en electrónica y física nuclear el año 1960.

En 1962, ingresa en el Laboratoire Central de Télécommunications y desarrolló allí los circuitos de control de las memorias de ferrita y de periféricos de los ordenadores. En 1965, se orientó hacia la programación de ordenadores de a bordo: ensamblador, simulador y programación de un sistema de navegación LORAN. Desde 1968, trabajó en el soporte básico de programación del ordenador ITT-3200.

\* Marca registrada por ITT.

# Técnicas de transmisión de datos a alta velocidad por canales telefónicos

Diseño de modems y breve descripción de un modem de 4800/7200 bits.

J. T. L. SHARPE

Standard Telecommunication Laboratories Limited, Harlow, Reino Unido

Al transmitir datos de tipo digital a través de la red telefónica surgen muchos y complejos problemas, debido a que esta red ha sido diseñada para cumplir con los requisitos inherentes a la transmisión de señales de conversación. Los niveles permitidos de las diversas perturbaciones presentes en la red han sido determinados lógicamente en función de sus efectos sobre la inteligibilidad de la conversación. Esto significa, por ejemplo, que un canal telefónico típico tendrá normalmente una banda de paso que se extiende desde unos 300 a 3000 Hz, y tendrá invariablemente características no lineales de amplitud y de fase con respecto a la frecuencia. Igualmente estará sometida a ruido que será principalmente de tipo impulsivo, y se apreciará en él posiblemente una desviación espúrea de frecuencia de unos pocos hertzios. Aunque ninguno de estos factores tendrá serios efectos sobre una señal de conversación, hacen al canal totalmente indeseable para la transmisión de datos.

Las características requeridas para la transmisión de datos son distintas de las necesarias para la conversación. La principal diferencia estriba en que una señal de datos tiene en general un espectro que se extiende hacia abajo hasta la frecuencia cero, y por eso se transmite por un canal con característica de paso bajo mejor que por uno paso-banda. Por otra parte, a las velocidades de transmisión de datos comúnmente utilizadas en las redes telefónicas, las señales de datos exigen un margen mucho más estrecho en las características de amplitud y fase del canal telefónico, si se quiere evitar una excesiva interferencia perturbadora. La desviación de frecuencia a causa de las características de línea es inadmisibles para la transmisión de señales de datos. No obstante, a pesar de estas limitaciones, la amplia difusión de los canales telefónicos y, por tanto, sus facilidades de utilización han desembocado en el creciente empleo de los mismos para la transmisión de datos de forma digital. Ahora bien, la incompatibilidad reinante entre las señales de datos y el canal telefónico ha provocado el desarrollo de los modems de diversos tipos para convertir los impulsos de datos en un tipo de señal más adecuada para la transmisión, superando así las imperfecciones del canal telefónico. Estos modems deben servir para incrementar al máximo la capacidad del canal para la transmisión de datos de forma razonable con relación al costo de los modems. Este factor económico depende de la demanda existente de instalaciones de transmisión de datos y de la magnitud del costo de diseño y construcción de un equipo relativamente elaborado.

La tendencia de los últimos años ha sido un incremento de la demanda y una disminución del costo del modem, situación que ha favorecido el desarrollo de equipos terminales más complejos. Señales de conversa-

ción que han sido transformadas en forma digital, como en la transmisión por modulación de impulsos codificados (MIC), son conmutadas y multipladas más fácilmente y pueden transmitirse por canales con regeneración sin estar sometidas a los efectos de suma de las potencias ruido del circuito. Estos hechos, unidos a la creciente demanda de nuevos servicios de transmisión de datos en perspectiva para un próximo futuro, han determinado la planificación de redes de comunicación diseñadas específicamente para la transmisión digital. En algunos lugares estas redes ya están comenzando a ser una realidad, pero debido a la considerable inversión de capital en la planta telefónica existente será preciso emplear varios años para completar transformaciones de tipo tan radical. En el período intermedio será necesario, por tanto, continuar atendiendo peticiones de usuarios de transmisión de datos con sistemas que trabajan sobre las redes existentes de transmisión de tipo analógico. El diseño de los modems requeridos para este objeto constituye la materia del presente estudio.

El diseño de un modem lleva consigo el análisis minucioso de cinco cuestiones básicas:

- conformación del canal,
- modulación,
- restitución de portadora,
- igualación,
- sincronismo de los símbolos.

En un diseño específico será preciso considerar algunas o bien todas estas cuestiones. En los párrafos siguientes se presentan los diversos problemas y los medios más adecuados para resolverlos.

## Conformación del canal

La conformación del canal se define aquí como la determinación de la característica completa de amplitud del sistema de transmisión que, en el presente caso, comprende el modem emisor, el modem receptor y el canal telefónico.

Para fines de diseño del modem, una definición razonable de "datos" es una secuencia de series de impulsos rectangulares de anchura igual al semiperíodo. Este tipo de señal tiene un espectro teóricamente infinito y por tanto su banda debe limitarse por medio de un filtro adecuado antes de que se pueda transmitir por un canal de anchura finita de banda. Al imponer restricciones a una señal en el campo de la frecuencia se produce dispersión en el dominio del tiempo, de forma que señales originalmente limitadas en tiempo tendrán ahora valores no nulos para períodos adyacentes de impulsos, resultando así posiblemente distorsión apreciable de la señal. La mayor parte de los modems de datos

trabajan a velocidades de transmisión de entre 1 y 2 símbolos por segundo por hertzio de ancho de banda, y con este grado de limitación de banda es preciso que la característica de amplitud de todo el canal satisfaga la condición de Nyquist para la transmisión sin distorsión apreciable de la señal [1]. Esta condición exige simetría residual sobre una frecuencia igual a la mitad de la velocidad de transmisión. Normalmente se requiere también una característica lineal de fase pero, como hay normalmente en el sistema otras redes que influyen en la característica de fase junto a aquéllas que determinan la configuración de amplitud, el logro de una característica de fase adecuada se estudia bajo el epígrafe de igualación.

El ruido acumulativo es inevitable en cualquier canal físico de comunicación y por eso es preciso usar un filtro de ruido en el receptor para limitar la potencia de ruido en el detector. Así el modem típico de transmisión de datos en banda base esquematizado en la figura 1 requiere dos filtros. Estos normalmente se denominan filtros conformadores y contribuyen junto con la forma del impulso de entrada a la determinación de la característica de amplitud requerida. Aunque cualquier tipo de curvatura con la simetría requerida bastará para ello, la forma cosenoidal indicada en la figura 2 se usa normalmente para completar las características de transmisión, ya que no contiene discontinuidades matemáticas y por eso se puede lograr con más facilidad que otras formas de onda.

Se han proyectado diversas características de curvatura, todas ellas con alguna respuesta transitoria de propiedades específicas y distintas, tales como inmunidad a la distorsión de retardo de grupo o desequilibrio de tiempo, pero esas características no se utilizan normalmente, pues llevan en general a otro tipo de distorsión. Por ejemplo, la característica que permite un mayor grado de desequilibrio en el tiempo está más expuesta a los efectos de la distorsión de retardo de grupo. Siendo más conveniente utilizar un impulso rectangular de entrada con anchura igual al semiperíodo, la característica del filtro de transmisión debe ser compensada adecuadamente. La forma en que esta conformación de la onda se reparte entre los filtros de transmisión y de recepción afecta a la relación señal/ruido, y se puede demostrar que, si el espectro de ruido es plano, entonces una división por igual entre los dos filtros produce una relación señal/ruido máxima. La justificación para suponer un espectro de ruido plano en una línea telefónica puede fundamentarse en los resultados de medidas de proporción de errores producidos en sistemas de transmisión paralela de datos. Las pruebas llevadas a cabo en STL y en otros sitios no

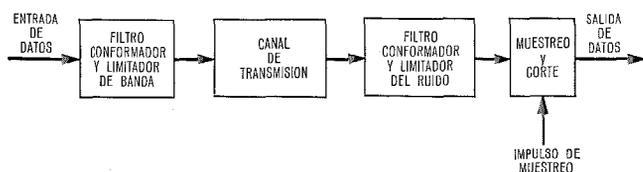


Fig. 1 Diagrama de bloques de un sistema típico de transmisión de datos en banda base.

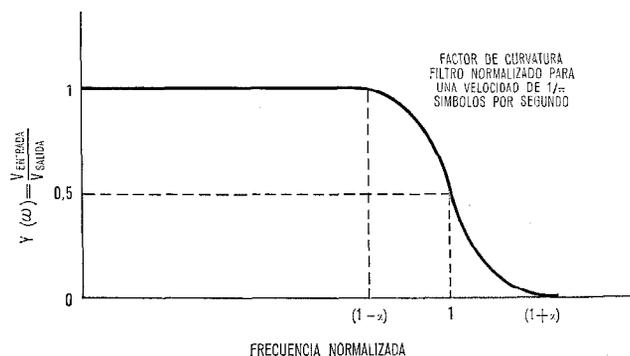


Fig. 2 Característica de filtro de coseno. El filtro está normalizado para una velocidad de  $1/\pi$  símbolos por segundo.  $\alpha$  es el factor de curvatura.

$$\begin{aligned}
 0 \leq \omega \leq \lambda - \alpha & \quad Y(\omega) = \lambda \\
 1 - \alpha < \omega < \lambda + \alpha & \quad Y(\omega) = \frac{1}{2} \left[ \lambda - \sin \frac{\pi}{2\alpha} (\omega - 1) \right] \\
 \lambda + \alpha \leq \omega & \quad Y(\omega) = 0
 \end{aligned}$$

revelan diferencias importantes entre la proporción de errores de los diversos canales y por eso es razonable suponer una distribución plana de la potencia media de ruido a través de la banda de telefonía.

La máxima velocidad de transmisión teórica es 2 símbolos por segundo por hertzio de ancho de banda. El grado de aproximación práctico a este límite depende de cierto número de factores que influyen al respecto, pero en última instancia es una cuestión económica. Filtros conformadores con un porcentaje muy pequeño de exceso de anchura de banda requieren más componentes para llegar a aquel objetivo y necesitan también mayor igualación de fase. Lo más importante, sin embargo, es que la respuesta transitoria es más larga. Aunque esto último no ocasiona interferencia alguna en la señal, la hace más sensible a la distorsión debido a la falta de linealidad en la característica de frecuencia del canal y también se hace necesaria mayor precisión en la determinación de la fase correcta para recibir la señal adecuadamente. La tabla 1 da el máximo desequilibrio aceptable para varios valores del factor de curvatura en los casos de 2, 4, 8 y 16 niveles de modulación. La anchura horizontal de la abertura de ojo del diagrama de la banda base en el caso de utilización de un canal alto se deduce de los valores indicados en la tabla.

Los filtros conformadores pueden diseñarse de forma que sea posible pasar una señal a la velocidad aceptada por Nyquist con una distorsión totalmente definida y conocida. Esto se denomina normalmente funcionamiento con respuesta parcial y el ejemplo mejor conocido de esta técnica es probablemente el sistema duobinario [2]. Como la magnitud y la distribución de la distorsión en la señal son conocidas, puede eliminarse

Tabla 1 - Máximo desequilibrio aceptable.

Factor de curvatura $\alpha$	Máximo desequilibrio aceptable en tanto %			
	2 niveles	4 niveles	8 niveles	16 niveles
1,0	50	30	16,5	8,4
0,75	46	23	11	5,5
0,5	39	16	7,2	3,4
0,25	28	10	4,3	2

bien por realimentación regenerativa en el receptor o por precodificación de los datos en el transmisor. El primer método tiene la desventaja de que, una vez que se ha deslizado un error, puede propagarse por el mismo efecto de la realimentación. Con el segundo método, la transmisión de los datos binarios produce una señal multinivel en la recepción, incurriéndose otra vez en interferencias y distorsión debidas al ruido.

La ventaja de estos sistemas es que permiten la transmisión a la velocidad teórica máxima con filtros realizables físicamente. Dependiendo de la aplicación precisa, este modo de funcionamiento puede a veces ser más ventajoso. Un cierto número de sistemas de respuesta parcial ha sido descrito y evaluado por Kretzner [3].

Los filtros conformadores, junto con el canal de la banda base equivalente (suponiendo que el sistema incluye modulación) hacen utilizable una cierta anchura de banda sobre la cual es posible transmitir a una velocidad determinada sin interferencia entre símbolos. Así queda fijada la velocidad de transmisión de símbolos y también la velocidad de transmisión de datos, si se utiliza transmisión binaria. La velocidad lograda depende en la práctica del factor de curvatura de los filtros conformadores y del ancho de banda de la porción utilizable del canal de la banda base equivalente; éste a su vez depende del sistema de modulación empleado y de cuánta igualación pueda utilizarse. Si se necesita aumentar más la velocidad de transmisión de datos, se debe utilizar modulación multinivel, con un alfabeto que contenga más de 2 símbolos. Esto significa, por ejemplo, que si se emplea un alfabeto de 8 símbolos, permitiendo la transmisión de señales con 8 amplitudes diferentes, cada una corresponde a 3 bits, resultando un incremento triple de la velocidad de transmisión. La desventaja de esta técnica es que aumenta la proporción de errores.

El número máximo de niveles que pueden usarse depende de lo rápidamente que crezca la proporción de errores cuando crece el número de niveles, y este hecho es el que fija el límite final a la mejora de la capacidad del canal que puede obtenerse en funcionamiento multinivel. Afortunadamente, en este aspecto las líneas telefónicas se caracterizan principalmente por el ruido de tipo impulsivo superpuesto en el fondo del ruido gaussiano de bajo nivel. Así, entre los paquetes de ruido impulsivo, hay períodos en los que la relación señal/ruido es alta y la transmisión multinivel se realiza sin dificultad.

Hay dos técnicas útiles aplicables para minimizar la proporción de errores cuando se usa modulación multinivel. Primero, el código usado para la conversión del régimen binario a multinivel debe ser tal que la mutilación de la señal desde un nivel al adyacente durante la transmisión (que es probablemente el tipo de error más abundante) sólo produzca el que haya un solo bit erróneo. En segundo lugar, como un canal telefónico tiene una potencia media limitada, si la presencia de todos los símbolos es equiprobable, es posible basar el nivel de emisión en la potencia media, más que en la potencia de pico de la señal transmitida. Puesto

que los datos aleatorios generalmente no se pueden garantizar, es necesario incluir algunos circuitos adicionales que toman la forma de un codificador-mezclador con autosincronismo en el transmisor basado en un contador binario realimentado y el correspondiente decodificador-mezclador en el receptor. Aunque es inherente a esta técnica un cierto grado de multiplicación del error (por un factor de 3 aproximadamente), esto se compensa ampliamente por el aumento de unos 3 decibelios en la relación señal/ruido, resultante del aumento del nivel de emisión. Más aún, la distribución de los impulsos de error no se altera demasiado, de forma que el valor de distorsión de los errores no se aumenta de manera importante. En la figura 3 se muestra el diagrama de bloques de un típico codificador-mezclador y decodificador-mezclador.

### Modulación

En general, una señal de datos tiene un espectro que se extiende hacia abajo hasta una frecuencia cero. Por eso no es adecuada para la transmisión directa sobre un canal telefónico y se necesita algún tipo de modulación para llevarla a una banda más adecuada del espectro de frecuencias.

El proceso de modulación genera bandas laterales y así resulta una señal de ancho de banda mayor. Las modulaciones de frecuencia, de fase y de amplitud, tienen todas cabida en la aplicación a la transmisión de datos. El sistema básico que emplea modulación de frecuencia constituye la técnica más económica para la transmisión de datos a velocidades medias (hasta 1200 bits por segundo), pero tiene un pobre aprovechamiento del ancho de banda, ya que la señal modulada tiene un mínimo teórico igual a dos veces la anchura de banda de la banda base. Los modems que emplean modulación por desplazamiento de la fase pueden considerarse equivalentes a un sistema de modulación de amplitud y cuadratura de fase, si se aplican a cada canal las señales de entrada apropiadas. Este punto de vista tiene la ventaja de que el análisis de un sistema de modulación de amplitud es más simple y facilita la comparación con otros tipos de modulación de amplitud. Idealmente, la señal requeriría la misma anchura de banda después de la modulación que antes. Esto se consigue empleando cuadratura de fase y modulación de amplitud con banda lateral única.

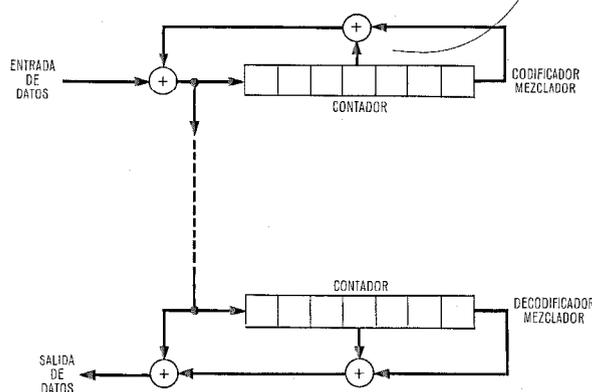


Fig. 3 Codificador-mezclador y decodificador-mezclador con autosincronismo.

No es posible generar una señal pura de banda lateral única si el espectro de la señal moduladora se extiende hasta la frecuencia cero, puesto que ello requeriría redes físicamente irrealizables. Por eso si se usan filtros paso bajo convencionales con las señales de datos, es necesario un compromiso y dejar pasar una parte residual de la banda lateral no deseada para poder utilizar redes de filtros prácticos para esta transmisión. Esta señal de banda lateral residual (BLR) se genera eliminando la mayor parte de la banda lateral no deseada con un filtro que tenga la necesaria asimetría con respecto a la frecuencia portadora o empleando el método de desplazamiento de fase que a veces se usa para generar señales de banda lateral única. La aplicación de esta última técnica produce una señal de BLR donde el espectro de la señal moduladora se extiende hasta la frecuencia cero. Esta aproximación es útil cuando hay una traslación grande de frecuencia.

En los sistemas de doble banda lateral el filtro conformador del receptor también limita la anchura de banda del ruido, pero en un sistema de BLR la anchura de banda del ruido no está limitada en aquella parte del espectro correspondiente a la banda lateral eliminada. Por lo tanto, se debe incluir un filtro y lo mejor será dividir el filtro de BLR entre el emisor y el receptor. En cuanto a los filtros conformadores, una división igual entre los dos extremos es óptima para la relación señal/ruido.

El efecto del filtro de banda lateral residual es añadir retardo de grupo en las frecuencias bajas de la banda base, de forma que sirve también para la igualación parcial de fase del filtro conformador. Lo más conveniente desde este punto de vista es proporcionar la curvatura de la banda lateral residual de forma que el pico de este retardo iguale al introducido en las frecuencias altas de la banda base por el filtro conformador. La figura 4 muestra el diagrama de bloques de un sistema básico de BLR.

La figura 5 muestra el diagrama de bloques de un sistema típico de modulación de cuadratura de fase. Este método emplea 2 portadoras de la misma frecuencia que están 90 grados fuera de fase. Las 2 portadoras pueden modularse independientemente y las señales resultantes de doble banda lateral se suman y transmiten sobre el canal. De modo parecido, la demodulación se realiza por 2 portadoras en cuadratura y, suponiendo que éstas están en relación correcta de fase con respecto

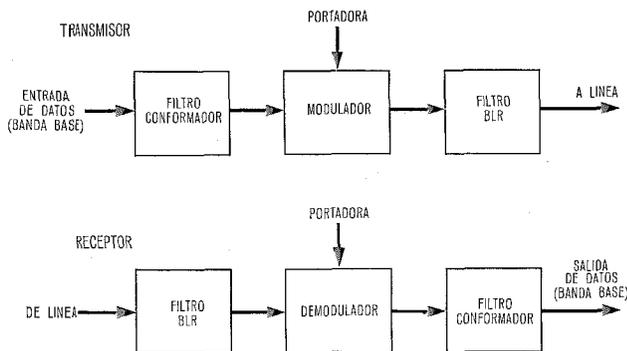


Fig. 4 Elementos básicos de un modem de datos de banda lateral residual.

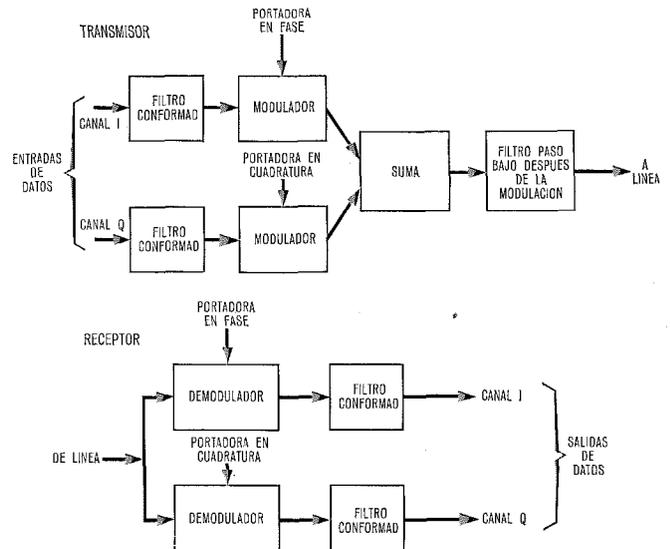


Fig. 5 Elementos básicos de un modem de datos de modulación en cuadratura de fase.

a la señal recibida, las 2 señales de la banda base se demodularán teóricamente con independencia una de otra. En la práctica habrá siempre algo de diafonía entre los dos canales a causa de la no linealidad en la característica de frecuencia del canal telefónico. Las ventajas de estos dos sistemas pueden resumirse de la forma siguiente:

#### Sistema de fases en cuadratura

- Mejor utilización de la banda,
- cuando se usa en el modo binario, es posible un sistema ligeramente más sencillo de restitución de portadora,
- en los casos en que se da una limitación de la potencia de pico, un sistema de modulación en cuadratura de fase usado en el modo que da una señal modulada de ocho fases, produce un sistema con una velocidad de transmisión intermedia entre 2 y 4 niveles de funcionamiento,
- la velocidad de datos se reduce por un factor 2; las señales transmitidas están así menos afectadas por las distorsiones de retardo y amplitud del canal, aunque esto puede ser reemplazado por la modulación cruzada.

#### Sistema de banda lateral residual

- Es necesaria menor igualación de fase; para una velocidad de símbolos equivalente, los filtros conformadores en los dos sistemas son idénticos, excepto por un factor de escala 2, de forma que un sistema de BLR básicamente requiere la misma cantidad de igualación de fase (dada en términos de producto retardo-ancho de banda) que uno de los canales de un sistema de cuadratura de fase. No obstante, los filtros de BLR añaden retardo de grupo en las frecuencias bajas de la banda base, lo cual produce una igualación parcial de fase.
- La determinación de la fase correcta para la portadora de demodulación es más fácil, porque la componente en cuadratura de la señal modulada desaparece en la frecuencia de la portadora.

— Un sistema de BLR consta de un solo canal; por lo tanto tiende a ser más barato, en particular en el caso de los modems más complejos.  
 La simulación con ordenador de ambos tipos de sistemas con líneas de datos cuyas características de calidad se suponen típicas no muestra grandes diferencias de tolerancia en lo que respecta a la distorsión de amplitud y de fase observada en los canales telefónicos.

**Restitución de portadora**

Para demodular una señal con cuadratura de fase o con banda lateral residual debe emplearse detección síncrona (también conocida como coherente u homodina). Esto implica que se debe disponer de una señal portadora de frecuencia y fase correcta en el receptor; nótese que la frecuencia requerida no será generalmente igual a la frecuencia portadora del emisor ( $f_c$ ), a causa de la existencia del desplazamiento no deseado de frecuencia en el canal de transmisión.

El método más simple de restituir la portadora es transmitir un tono piloto único en la frecuencia portadora real. Para evitar interferencias entre el piloto y los datos, es preferible eliminar algunas componentes de baja frecuencia de las señales de datos introduciendo un filtro paso alto en el transmisor y creando así un vacío en el espectro de la señal modulada alrededor de la frecuencia portadora. La portadora de demodulación puede entonces ser recogida de la señal de línea por medio de un oscilador de control de fase que detecta y se enclava con la señal portadora piloto. Las componentes perdidas de la señal de datos pueden ser restauradas en el receptor por realimentación regenerativa, conservando así la transparencia del canal. La desventaja de esta técnica es que la realimentación regenerativa produce reducción en el margen de ruido que sigue a un impulso de error o incluso en el caso de funcionamiento multinivel propagación de los errores, al ser realimentadas las señales erróneas. Este efecto puede reducirse eliminando menos contenido de baja frecuencia de la señal de datos, pero la frecuencia de corte del filtro del control de fase debe reducirse proporcionalmente para evitar fluctuación de fase causada por la interferencia de los datos. Esto hace que el tiempo de respuesta del oscilador de control de fase sea demasiado lento para poder seguir con eficacia las perturbaciones de fase que se introducen normalmente en los sistemas de portadoras múltiplex por división de frecuencia, y en el límite la anchura de banda del bucle será demasiado pequeña para dar al oscilador un margen suficiente para abarcar los valores normales del desplazamiento de frecuencia ( $\pm 6$  Hz).

La solución es utilizar un segundo tono piloto para controlar el desplazamiento de frecuencia ( $f$ ) y la rápida fluctuación de fase, dejando al bucle de control de fase controlar las pequeñas diferencias entre las frecuencias de los osciladores del emisor y del receptor y el valor nulo inicial del error de fase de la portadora de demodulación. En la figura 6 se da el esquema de bloques del circuito.

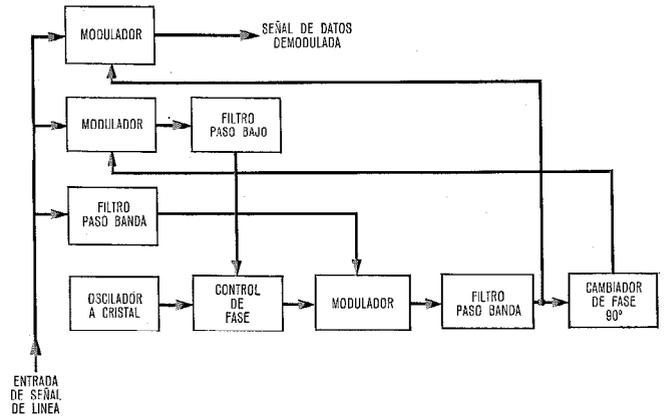


Fig. 6 Esquema de bloques de un sistema de restitución de portadora.

El segundo piloto,  $f_{p2}$ , se sitúa fuera de la banda usada para transmitir los datos, de forma que puede separarse con un filtro paso bajo de anchura de banda apropiada.

Se saca una frecuencia diferencia entre el piloto y las frecuencias portadoras del oscilador local y se combina con el piloto de entrada dando un producto de modulación de frecuencia  $f_c + \delta f$ , que es casi correcta para la demodulación, quedando como único error, muy pequeño, el debido a la diferencia entre las frecuencias de los osciladores a cristal del transmisor y del receptor. Esto se elimina con los circuitos de control de fase, que reciben una señal de error muy filtrada de la salida del demodulador de fase en cuadratura.

La respuesta a la fluctuación de fase queda determinada por las características de los 2 filtros paso banda, y debido a estas limitaciones cualquier perturbación de fase quedará inyectada directamente a la señal portadora de demodulación.

**Igualación**

El objeto de la igualación de las características completas de transmisión es eliminar la interferencia entre símbolos en cuanto sea práctica o económicamente posible. La interferencia entre símbolos puede introducirse por:

- imperfecciones prácticas de los filtros del modem, motivando el que la característica de amplitud completa se aparte de la ideal;
- característica de fase no lineal de los filtros del modem;
- características no lineales de fase y amplitud del canal telefónico;
- error en la fase de la portadora de demodulación;
- muestreo desequilibrado en el tiempo de la forma de onda recibida.

La distorsión producida por la segunda causa se elimina normalmente por redes convencionales igualadoras de fase con paso para todas las frecuencias. Esta es la forma más barata de actuar en cuanto a la distorsión y de reducir la interferencia entre símbolos a un nivel desde el cual pueda reducirse más aún, si es necesario, mediante otras técnicas. El igualador está situado con preferencia en la banda base, pues el pro-

ducto retardo-anchura de banda requerido es menor que para un igualador de frecuencia de línea y la estabilidad de la red es menos importante. Si se emplea igualación de fase de la banda base en un sistema de BLR con filtros, será necesaria una corrección adicional a la característica de amplitud de la banda base pues, si no se mantiene la condición de linealidad de fase en la región de transición del filtro de BLR, las componentes de las bandas superior e inferior no se suman directamente para dar la característica plana buscada.

La causa más seria de interferencia entre símbolos es la característica no lineal de fase y amplitud del canal telefónico, siendo la de fase normalmente la más importante. El medio más sencillo de reducir esta distorsión es la utilización de igualadores de fase y atenuación fijos, cuyas características se basan en la especificación del caso peor para el tipo de canal de que se trate, tal como la especificación para un canal de frecuencias vocales M-102 del CCITT (Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico).

No obstante, el grado de mejora alcanzable por este medio depende de la extensión de la característica del canal que puede encontrarse y en la práctica no es muy satisfactorio, si es precisa una igualación físicamente exacta, como por ejemplo en la transmisión multinivel. A causa de esta limitación se ha trabajado intensamente en los últimos años en el desarrollo de igualadores automáticos para transmisión de datos [4], [5]. Estos están basados en el filtro transversal, que es idealmente el más idóneo para aplicaciones de transmisión de datos, primero porque las variaciones en la característica pueden efectuarse simplemente por variación de una resistencia, manual o eléctricamente, siendo este ajuste muy sencillo, y en segundo lugar porque, cuando se proyecta el funcionamiento de este tipo de igualador en el dominio del tiempo, es sencillo sintetizar una respuesta específica de tiempo, que es uno de los requisitos básicos en transmisión de datos.

Un diagrama de bloques de los elementos esenciales de un igualador transversal se indica en la figura 7. Consta de una línea de retardo con varias tomas cuyas salidas se dirigen a un conjunto de multiplicadores capaces de multiplicar las señales por un valor determinado en un margen de  $\pm 1$ . Las salidas del multiplicador se suman para dar la salida del igualador. El igualador se ajusta fijando los valores de las ganancias

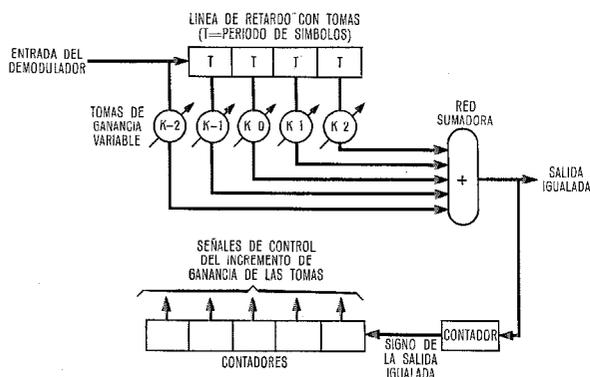


Fig. 7 Esquema de bloques de un igualador transversal automático.

de las tomas para dar una salida que satisfaga un determinado criterio de selección.

El efecto de transmitir señales de datos a través de un canal con distorsión es aumentar la dispersión de la respuesta del sistema a los impulsos de forma que toma valores no nulos en los instantes adyacentes del muestreo, como se indica en la figura 8.

La interferencia entre símbolos se define como:

$$D = \frac{1}{I_0} \sum_{t=-\infty}^{t=+\infty} I_t - I_0$$

donde  $I_t$  es el valor de la respuesta del impulso,  $t$  períodos de los símbolos desde el instante del muestreo de referencia.

Si el valor inicial de  $D$  es menor que la unidad, es posible obtener el óptimo ajuste de la toma usando una técnica sencilla de tendencia a cero. Esto supone el ajuste de la toma de referencia para dar una salida unitaria y de las otras tomas para dar salida cero, en respuesta a una entrada de símbolos unitaria (Fig. 8).

Los dos métodos de fijar los coeficientes de la toma son el de preselección y el adaptador de funcionamiento. En el primero, se transmite un programa de prueba y un conocimiento previo del programa en el receptor hace posible el cálculo de la respuesta de los impulsos a partir de la señal recibida.

A partir de la respuesta a los impulsos obtenida de esta forma, es posible calcular los coeficientes de las tomas directamente o usar una técnica iterativa para incrementar los coeficientes sucesivamente hasta lograr el ajuste óptimo.

Hay diversas soluciones posibles para escoger un programa de prueba. La forma más simple de programa es enviar símbolos unitarios aislados y separados por un período más largo que el tiempo de duración de la respuesta global a los impulsos en el sistema. Esto da la respuesta a los impulsos directamente. La primera desventaja de este programa es que incluye una componente de corriente continua que puede ser inaceptable. Esta componente puede eliminarse transmitiendo los impulsos alternativamente con polaridad opuesta. Otras dos desventajas son que la condición de tensión nula que hay que enviar entre impulsos no es

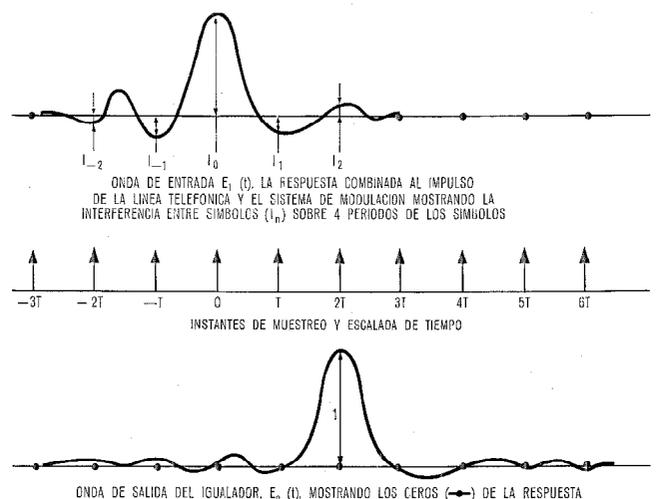


Fig. 8 Entrada y salida de las formas de onda de un igualador transversal.

normalmente uno de los niveles discretos utilizados en funcionamiento normal y, por lo tanto, no se suministra información de las transiciones para el sincronismo de los símbolos.

Estas dos últimas desventajas pueden eliminarse transmitiendo alternancias entre niveles iguales positivos y negativos, manteniendo estos niveles en un número apropiado de símbolos consecutivos. La respuesta al impulso puede ser determinada sencillamente a partir de este programa por retardo y substracción.

Otro programa de prueba muy útil es la secuencia binaria "pseudo-aleatoria" adoptada por el CCITT. La respuesta al impulso se obtiene por correlación cruzada de la señal en la salida del igualador con versiones retardadas de la secuencia original binaria "pseudo-aleatoria". Si en el modem va equipado un codificador-mezclador de datos, la transmisión normal de un modem en la condición de "reposo" será una secuencia "pseudoaleatoria". El decodificador-mezclador en el modem receptor es adecuado para generar las versiones retardadas de la secuencia requerida en el igualador. Aunque se precisan varios dispositivos de correlación, éstos son muy simples, pues la función de multiplicación consta de una simple puerta, ya que una de las entradas toma sólo los valores +1 ó -1. La ventaja del programa binario de prueba "pseudo-aleatoria" es que el igualador funciona satisfactoriamente en ambos modos de trabajo, de preselección y adaptador.

La segunda aproximación a una igualación automática es el método adaptador, en el cual se hace una determinación de los errores entre la señal recibida y la estimación a posteriori de los datos transmitidos. No se necesita un programa de prueba, pues no se supone conocimiento previo. La señal de error obtenida se correlaciona con la corriente de datos para lograr estimaciones de los errores de selección del coeficiente. Los coeficientes se fijan de acuerdo con estas estimaciones para minimizar la magnitud de la señal de error y así hacer máxima la apertura del ojo en la banda base.

Esta estrategia tiene la ventaja de que el igualador puede adaptarse continuamente y por eso es capaz de seguir un canal que varía en el tiempo.

### Sincronismo de símbolos

Si se usan osciladores controlados por cristal de estabilidad normal para determinar las velocidades del reloj en el emisor y en el receptor, el establecimiento de la fase correcta para muestrear la señal de la banda base recibida es casi inmediato. La posición del impulso de muestreo puede compararse con las transiciones entre símbolos y el resultado se puede utilizar para corregir la fase relativa entre estas dos señales. El uso de un codificador-mezclador en el sistema, como se describe en la sección 2, asegurará que las transiciones de la señal requerida están recibiendo, incluso en el caso de una secuencia de datos que contenga poca o ninguna información de las transiciones.

Si se incluyen dos tonos piloto en el formato de la señal de línea, la velocidad de símbolos puede establecerse en el receptor a partir de la diferencia de frecuencias entre los dos tonos. En este caso la informa-

ción de las transiciones de datos, cuando existe, puede usarse para corregir la fase del impulso de muestreo. Esto puede ser una facilidad muy útil, puesto que elimina la necesidad de asegurar un cierto número de transiciones en los datos.

### Descripción de un modem para trabajar a 4800/7200 bits por segundo sobre canales telefónicos

En la figura 9 se presentan los diagramas de bloque del transmisor y del receptor. En cuanto al transmisor, los datos se colocan primero en forma aleatoria mediante un contador binario realimentado tipo codificador-mezclador, y luego son convertidos en una señal multinivel por un convertidor binario a multinivel. Esto se realiza tal como se describe en el párrafo "Conformación del Canal", para minimizar los efectos del ruido. La señal multinivel está limitada en la banda por medio de un filtro de media conformación y un modulador de portadora suprimida traslada la señal de datos dentro de la banda de paso de un canal telefónico. El filtro de media banda lateral residual elimina los productos más altos de modulación de la salida del modulador junto con la mayor parte de la banda lateral superior y un amplificador de línea convierte la señal a la potencia apropiada y niveles de impedancia para la transmisión sobre un canal telefónico. La frecuencia portadora y la del reloj de ritmo de los bits, junto con los dos tonos piloto que se suman a la señal de datos para facilitar la restitución de la portadora, son generados en un oscilador a cristal que usa divisores digitales.

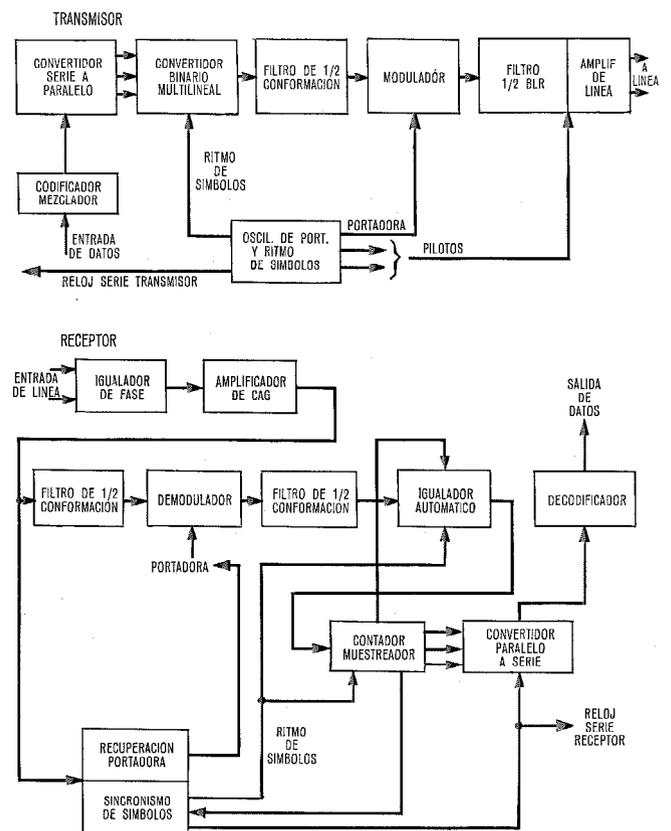


Fig. 9 Esquema de bloques del transmisor y receptor para un modem multinivel de banda lateral residual.

La parte mejor de la característica M-102 del CCITT para circuitos punto a punto de calidad para transmisión de datos es de 600 a 3000 hercios y los filtros del modem se diseñan para mantener a la señal de línea en este ancho de banda. El filtro conformador de la banda base tiene un 50 por ciento de curvatura (1800 hercios de anchura de banda en la banda base) con una velocidad de 2400 símbolos por segundo y el filtro de BLR elimina completamente dos tercios de la banda lateral superior; la frecuencia portadora es 2400 hercios. Las transmisiones de cuatro y ocho niveles permiten velocidades de transmisión de 4800 y 7200 bits por segundo, respectivamente. Las simulaciones mediante ordenador indican que no se gana nada usando un filtro conformador con un corte más agudo, aun cuando esto evita algo la distorsión de retardo en el límite de la frecuencia baja de la banda; el transitorio más largo resultante está más perturbado por la pequeña distorsión de línea que aún queda.

En el receptor la señal se iguala primero en fase para corregir la distorsión de fase introducida por los filtros del modem. A continuación sigue la segunda mitad del filtro de BLR, que limita el ancho de banda del ruido, y un amplificador de control automático de ganancia con un margen de ganancia de 40 dB controlado por el segundo piloto. La señal es luego demodulada de forma síncrona y el siguiente filtro de media conformación completa la conformación del canal y elimina los productos más altos de modulación.

La frecuencia portadora y la fase se determinan como se describe en el párrafo sobre restitución de portadora.

La velocidad de símbolos transmitidos se establece examinando el tiempo de los pasos por cero de la señal de banda base demodulada. Los ajustes apropiados se hacen con un desplazador digital de fase.

La señal de datos pasa luego a través del igualador automático para eliminar la interferencia entre símbolos introducida por un canal telefónico. Este igualador es un filtro transversal de 19 tomas; las ganancias de las tomas se fijan en los valores requeridos antes de comenzar la transmisión de datos transmitiendo un programa de prueba de 2 niveles. Los valores de las ganancias de las tomas se almacenan en registradores biestables que constan de contadores uno-cero. Cualquier interferencia entre símbolos se elimina determinando el signo de la respuesta del impulso en los puntos correspondientes a los instantes de muestreo existentes dentro del margen cubierto por la línea de retardo. Los contadores de almacenamiento se incrementan luego en la dirección apropiada y después de una serie de tales iteraciones las ganancias de las tomas convergen en sus valores óptimos. Para mitigar los efectos del ruido en los ajustes de las tomas, se realiza un promedio de la señal de control del contador, de forma que se requieren varias señales consecutivas del mismo signo antes de que el registro de almacenamiento real sea incrementado. La toma central del igualador funciona como un ajuste fino de ganancia y normaliza la señal de prueba en la amplitud correcta. La salida del igualador

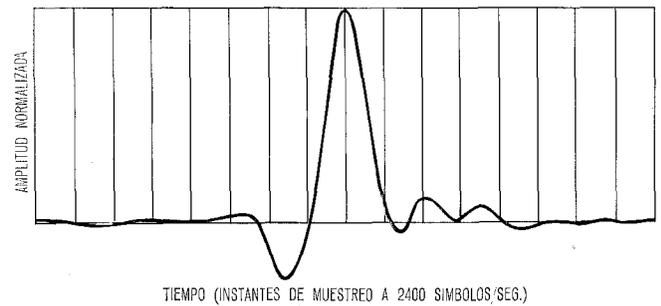


Fig. 10 Respuesta típica de un modem obtenida de una simulación con ordenador.

se convierte de nuevo a forma digital por corte y muestreo multinivel.

El número de tomas en el igualador ha sido escogido para ser suficientemente grande con el fin de asegurar que un ojo de 8 niveles en la banda base esté bien abierto cuando el modem está funcionando sobre circuitos típicos punto a punto de calidad especial para transmisión de datos. Esto se ha estudiado empleando dos programas de ordenador. El primer programa se usa para calcular las respuestas a los impulsos en el modem obtenidas al trabajar sobre un cierto número de líneas diferentes del "British Post Office"; en la figura 10 se muestra una salida como ejemplo. Esta figura presenta la salida de la banda base del receptor en respuesta a la entrada de un símbolo único aislado. Las líneas verticales de la rejilla corresponden a los instantes de muestreo, de forma que las intersecciones de estas líneas indican la interferencia entre símbolos. Este dato forma la entrada para el segundo programa que calcula la interferencia residual entre símbolos después que la señal ha sido procesada por igualadores con números diferentes de tomas.

Las pruebas de proporción de errores que incluyen la transmisión de unos  $2 \times 10^9$  bits de datos sobre líneas telefónicas de calidad especial del "Post Office" dan probabilidades de error de  $6 \times 10^{-6}$  a 4800 bits por segundo y  $5,9 \times 10^{-5}$  a 7200 bits por segundo.

#### Referencias

- [1] H. Nyquist: Certain Topics in Telegraph Transmission Theory, American Institute of Electrical Engineers, Transactions, Abril 1928, págs. 617-644.
- [2] Lenkurt Electric Co.: A System with Duobinary Coding for Data Transmission over Telephone Circuits; CCITT (Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico), Estudio Especial Grupo A, Contribución N° 85-E (1961/1964).
- [3] E. R. Kretzmer: Generalization of a Technique for Binary Data Communications, Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on Communication Technology, Febrero 1966, volumen COM-14, N° 1, págs. 67-68.
- [4] R. W. Lucky: Automatic Equalisation for Digital Communication, Bell System Technical Journal, Abril 1965.
- [5] R. W. Lucky: Techniques for adaptive Equalisation of Digital Communication Systems, Bell System Technical Journal, Febrero 1966.

John T. L. Sharpe nació el año 1934 en Reading, Inglaterra y el año 1957 se graduó en Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Londres. Durante el mismo año se incorporó a Standard Telecommunication Laboratories, donde se ha ocupado de cierto número de proyectos, incluyendo memorias de ferrita, conmutación telefónica de tipo electrónico, pruebas de proporción de errores en los modems de datos y el diseño de sistemas de detección y corrección de errores en la transmisión de datos a velocidades medias. En la actualidad está al frente de un equipo que trabaja en varios aspectos de la transmisión de datos.

El Sr. Sharpe es miembro del Institute of Electrical Engineers.

## - Quinto simposium internacional sobre factores humanos en la telecomunicación - Londres 1970

Breve reseña de los temas tratados, entre los que figuran la formación de operadoras con ayuda de máquinas, la importancia de los factores humanos en los desarrollos de servicios telefónicos, etc.

E. P. G. WRIGHT

Standard Telecommunication Laboratories Limited, Harlow, Reino Unido

Se describió el estado actual del estudio de los factores humanos en 34 comunicaciones relativas a diversos temas. La expansión rápida de los servicios de telecomunicación depende de que se satisfagan las necesidades del público con servicios que están dentro de las posibilidades de aprovechamiento de los usuarios. Las comunicaciones pusieron en evidencia que incluso en sistemas existentes no se comprenden totalmente las necesidades ni las posibilidades. Para los sistemas futuros las necesidades están menos claras, a pesar de lo cual pueden especificarse las condiciones de uniformidad operacional a fin de garantizar una aceptación general.

La posibilidad de ofrecer al público telecomunicación visual, conferencias con televisión e información visual, llama la atención por su novedad y tiene además el interés de que su aplicación puede alterar, si tiene éxito, lo que puede llamarse la geometría de centrales y el complejo de desplazamientos. Incluso sin estas nuevas posibilidades hay cierta tendencia a reducir el tiempo y los gastos de desplazamiento del personal cuando se planifica la situación de los cuadros de operadoras. En otras palabras, si el personal no quiere desplazarse a los centros de tráfico, es razonable desviar el tráfico hacia las zonas residenciales en las que puede contratarse al personal.

En una encuesta se interrogó a un número considerable de ingenieros en relación con sus hábitos de trabajo y resultó que dedicaban un 20% de su tiempo a los contactos personales directos, mientras que empleaban un 20%, un 22% y un 8% en leer, escribir y telefonar, respectivamente. Una verificación de una muestra representativa reveló que las cifras reales eran 35%, 12%, 14% y 7%, respectivamente. Sin duda existen muchos factores humanos que hacen que los contactos directos con otras personas absorban un tiempo cinco veces mayor que el de las conversaciones telefónicas.

Se informó sobre otra serie de experimentos relativos a la transmisión de información no gráfica. Se llegó a la conclusión de que, para los asuntos sometidos a observación, el teléfono sólo no era ni más ni menos eficaz que el contacto directo personal. Para la transmisión de información gráfica fija, el empleo del facsimil ofrece unas perspectivas más económicas que el videofono. Se dotó a un grupo de abonados del servicio de videoteléfono y se observó que se empleaba mucho más frecuentemente en llamadas de jefes a subordinados que en llamadas en sentido inverso. Se necesita más información sobre los factores que determinan la elección de los modos de comunicación.

En la discusión sobre el tema de la conferencia con televisión se llegó a la conclusión que a mucha gente le

gusta poder mirar al que habla, quizás para comprobar si su cara es familiar, pero que después ya no se siente esa necesidad a menos que en lo que se dice haya algún momento de muy especial interés. Es como en una retransmisión; realmente nadie desea mirar a un altavoz que transmite información.

La incapacidad de los usuarios para utilizar un servicio es una medida de la inadecuación del diseño del sistema y es preciso estudiar los factores humanos para describir dónde, cuándo y por qué ocurren los fallos, con objeto de poder mejorar el diseño de sistemas.

Los métodos de establecimiento de llamadas locales están al alcance de la mayoría de los abonados, pero en las llamadas interurbanas hay cierta dificultad en determinar y recordar las cifras, lo que provoca errores al marcar; las largas esperas después de terminar de marcar y la dificultad de identificación de tonos en llamadas internacionales originan reposiciones prematuras. En los diversos informes presentados se daban resultados estadísticos de estos fallos y hábitos de marcar en llamadas eficaces e ineficaces.

También se ha dirigido el estudio de los factores humanos hacia la estimación subjetiva de la reacción de los usuarios frente a la disminución de calidad de transmisión de la palabra. Se ha señalado a este respecto las continuas mejoras de calidad, con la consecuencia de que ahora los usuarios esperan un alto nivel de las mismas. Se suscita la cuestión de qué costes anuales pueden justificarse para alcanzar una calidad aún mejor. Se demostró que los teléfonos con altavoz presentan ventajas que compensan normalmente el inevitable empeoramiento de la transmisión.

Los problemas relacionados con el acomodo y la formación de las operadoras de los cuadros proporcionan otro campo de estudio de los factores humanos. Se ha diseñado un simulador que origina una amplia serie de tareas para una operadora en formación a fin de verificar las operaciones clave y las respuestas vocales, proporcionando así una instrucción impersonal pero completa con un mínimo de supervisión humana. Un problema semejante es la simplificación del trabajo de las operadoras en la contestación de llamadas preguntando un número de la guía; si hay un servicio muy bueno, los abonados no se molestan en consultar sus guías. Por otro lado, el gasto total de servicio es considerable y es preciso reducir al mínimo el tiempo que requiere cada pregunta. Las operadoras pueden obtener los números con rapidez mediante la utilización de un ordenador que contiene la información de la guía pero la extracción de ésta del ordenador depende del empleo de información de acceso cuidadosamente escogida. Esta es también esencial si se dá a los abonados de telex y de

centros de conmutación de datos acceso directo a su ordenador que contenga la información de la guía. El registro de los números en un ordenador es importante si puede emplearse para confeccionar o sustituir a la guía impresa.

Se puso de manifiesto la necesidad de uniformidad en los métodos de diseño y de funcionamiento de los teléfonos públicos, debido en parte sin duda a que la aceptación de las necesidades y limitaciones de los usuarios podría permitir mejoras sin gasto excesivo. El visitante extranjero se encuentra con dificultades obvias para comprender el procedimiento que se describe en un idioma que puede resultar difícil de entender. Con instrucciones gráficas normalizadas se ayudaría al usuario a comprender el procedimiento, los códigos de numeración y los tonos indicativos.

La uniformidad de procedimiento es necesaria para los nuevos servicios de marcaje con teclado que pueden utilizarse a escala internacional. En principio, estos servicios pueden atenderse con las 10 teclas de cifras y otras dos auxiliares, pero puede esperarse que nuevos servicios emplearán las 16 teclas que requieren las combinaciones posibles de frecuencias de señalización. Hay que prestar gran atención a la elección de las designaciones de las teclas adicionales; sería conveniente por muchos conceptos emplear un grupo de letras cuidadosamente escogidas, aunque las letras latinas no tienen la misma aceptación en todos los países. La disposición de las teclas en los aparatos ha sido objeto de estudios operacionales recientemente ampliados con el análisis de la posibilidad de falsa maniobra de una tecla especial de invalidación.

Se describió en comunicaciones especializadas el empleo de circuitos telefónicos normales para la transmisión de electrocardiogramas y la probabilidad de sordera laboral en empleados telefónicos. También se reservó cierto tiempo para coloquios públicos sobre Problemas del Estudio de los Factores Humanos, Servicio del Futuro, Conservación y Comunicaciones Visuales.

Las comunicaciones y los coloquios proporcionaron información valiosa sobre la elección de un modelo que sirva como fiel representación de las condiciones de trabajo; también se expusieron opiniones acerca de la determinación de conclusiones válidas de una serie de observaciones. Hubo interesantes contribuciones sobre la medida en que la opinión de un observador se ve influida por la experiencia anterior y las variaciones de opinión a consecuencia de la experiencia que se adquiere durante un experimento. Se demostró con resultados estadísticos que la opinión de un observador puede hacerse más clara en presencia de elementos que tienden a introducir confusión.

**E. P. G. Wright:** Desde su formación ha trabajado en S.T.C. en el desarrollo de sistemas de conmutación y posteriormente pasó a S.T.L. dirigiendo el desarrollo de varios sistemas de proceso y transmisión de datos; entre éstos, el estudio de un programa muy amplio de medida y análisis de errores durante la transmisión sobre una serie de conexiones alquiladas y conmutadas. Después de esto, la programación de un computador para simular la ocurrencia de errores permitiendo una gran eficacia para la comparación de diferentes códigos de detección de errores. El C.C.I.T.T. ha utilizado los resultados de sus investigaciones para varias aplicaciones como el Sistema de Señalización N° 6.

# Análisis de los aspectos práctico y económico del empleo de fuentes de tráfico no equilibradas

Congestión resultante de la utilización de pequeños grupos de fuentes elegidos selectivamente, teniendo en cuenta los tráficos individuales de cada fuente, que se suponen conocidos, con aplicaciones a algunos ejemplos.

J. P. DARTOIS

Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques, París, Francia

El problema de las fuentes de tráfico no equilibradas se puede analizar y desarrollar por dos caminos complementarios. Con el primero, expuesto en [1], se utilizaron pequeños grupos de fuentes de tráfico elegidas aleatoriamente, cuyos posibles riesgos quedan subsanados por el hecho de que el tráfico del grupo puede llegar a superar un determinado valor máximo, con la consiguiente posibilidad de introducir valores de congestión elevados en el sistema de llamadas perdidas al cual el grupo considerado se encuentra conectado.

El segundo camino, que constituye el objeto del presente estudio, considera pequeños grupos de fuentes elegidas de forma selectiva; esta elección selectiva se realiza teniendo en cuenta los tráficos individuales de cada fuente, que se suponen conocidos "a priori". Estos grupos no equilibrados se conectan a sistemas de llamadas perdidas, estudiándose la congestión resultante en sus aspectos numérico y teórico.

La aplicación numérica se realiza en algunos ejemplos típicos de grupos de una etapa con accesibilidad completa y sistemas de mallas con concentración en la primera etapa de selección, siendo la mayoría de los resultados de aplicación general para este tipo de configuraciones.

En el apéndice se desarrolla un modelo matemático teórico que cubre todas las posibles configuraciones de fuentes de tráfico. La utilización de la teoría del proceso de Markov permite obtener fórmulas explícitas para la función de distribución de probabilidad de estado en el estado estacionario. En la aplicación a sistemas telefónicos se particulariza este modelo para grupos de una etapa con accesibilidad completa, para los cuales la función de distribución de probabilidad de estado se da en su forma más general. Dependiendo del ejemplo específico de configuración de fuentes no equilibradas, es posible deducir la fórmula exacta de la congestión en función de la probabilidad de estado y, además, calcularla.

## Grupos de una etapa con accesibilidad completa y fuentes de tráfico no equilibradas

### Exposición del problema

Se consideran en este estudio grupos de una etapa con accesibilidad completa; se caracterizan por el número (finito) de órganos  $R$  y el número total de fuentes de tráfico  $K$  ( $K > R$ , pudiendo  $K$  ser o no finito). Estos

\* "Lost call cleared systems" se ha definido recientemente como aquéllos en que las llamadas perdidas no se retienen y el que llama ya no vuelve a insistir, no recargando el tráfico por tanto. Lo hemos traducido por "sistemas de llamadas perdidas no retenidas" atendiendo a su principal aspecto (Nota del editor).

grupos trabajan según la hipótesis de "llamadas perdidas no retenidas"\*. Se trata de establecer las expresiones de las funciones de distribución de probabilidad de ocupación y deducir las fórmulas que proporcionan la probabilidad de bloqueo para cada una de las siguientes condiciones alternativas:

- las  $K$  fuentes son absolutamente idénticas, con un tráfico  $\bar{a}$  ofrecido por fuente
- o, por el contrario, las  $K$  fuentes no son idénticas, en cuanto a sus características de tráfico.

En el primer caso se llega a las conocidas distribuciones de probabilidad de ocupación de "Engset" o "Erlang", según que sea  $K > R$  o  $K \gg R$ . En el caso de una distribución de Engset, las congestiones de llamadas y de tiempo se denominan respectivamente  $C^*$  y  $B^*$ , congestiones a las que se hará, a menudo, referencia más adelante.

Con fuentes de tráfico no idénticas, el caso más general se obtiene cuando se consideran  $n$  grupos homogéneos de fuentes  $G_1, \dots, G_n$ , con cada  $G_i$ , caracterizado por los parámetros siguientes:

- $K_i$ , número de fuentes absolutamente idénticas que forman parte del grupo;
- $a_i$ , tráfico ofrecido por cada fuente o  $A_i$  el tráfico total ofrecido por el grupo;
- $b_i$ , esperanza matemática de la distribución de tiempos de ocupación de la fuente;
- el modelo matemático de tráfico para la emisión de llamadas que puede ser un "proceso de Engset" o un "proceso de Erlang", truncado o no.

En el apéndice se incluyen las fórmulas que dan explícitamente la distribución de probabilidades de estado para este caso general.

En las aplicaciones prácticas, se particulariza casi siempre este caso general para  $n = 2$  grupos homogéneos de fuentes que pueden representar a 2 grupos de  $K_1$  y  $K_2$  abonados idénticos, o a un grupo de  $K_1$  abonados (tráfico  $A_1$ ) y  $K_2$  enlaces pertenecientes a una dirección (tráfico  $A_2$ ), o a 2 grupos de  $K_1$  y  $K_2$  enlaces pertenecientes a 2 direcciones diferentes (tráficos  $A_1$  y  $A_2$ ):

Esto se representa mediante los coeficientes:

- $C_i$  ( $i = 1$  ó  $2$ ) la congestión de llamadas para cada grupo;
- $\bar{C}$  la congestión de llamadas ponderada, calculada con  $C_1$  y  $C_2$  mediante la fórmula

$$\bar{C} = \frac{A_1 C_1 + A_2 C_2}{A_1 + A_2},$$

- $\bar{B}$  la congestión de tiempo (probabilidad de que  $R$  órganos estén ocupados simultáneamente).

Se ha calculado un gran número de ejemplos numéricos, pudiendo considerarse cualitativamente generales los resultados que se incluyen en este estudio.

**Caso de dos grupos homogéneos de fuentes de tráfico**

En el caso de 2 grupos homogéneos de fuentes, puede expresarse completamente el problema numérico utilizando los siguientes parámetros:

—  $\bar{a}$ , que es el tráfico medio ofrecido por cada fuente

$$\bar{a} = \frac{A_1 + A_2}{K_1 + K_2},$$

— y  $\tau$  que representa el desequilibrio de tráfico, definido por la relación

$$\tau = \frac{A_2/K_2}{A_1/K_1}.$$

(En general, se utilizará siempre el subíndice 2 para el grupo que tenga mayor tráfico por fuente  $A_2/K_2$  de forma que  $\tau \geq 1$ .)

**Caso de dos grupos homogéneos de abonados**

Las figuras 1 y 2 corresponden al caso particular de una matriz de conmutación con 8 salidas y 16 entradas a las cuales se conectan 14 abonados de tráfico bajo y 2 abonados de tráfico alto.

La figura 1 muestra las variaciones de las diferentes congestiones  $C_1, C_2, \bar{C}$  y  $\bar{B}$  en función del desequilibrio  $\tau$  y para un determinado valor del tráfico medio por fuente  $\bar{a}$ . Como comparación, aparecen también en esta curva los valores de  $B^*$  y  $C^*$  que corresponden a un

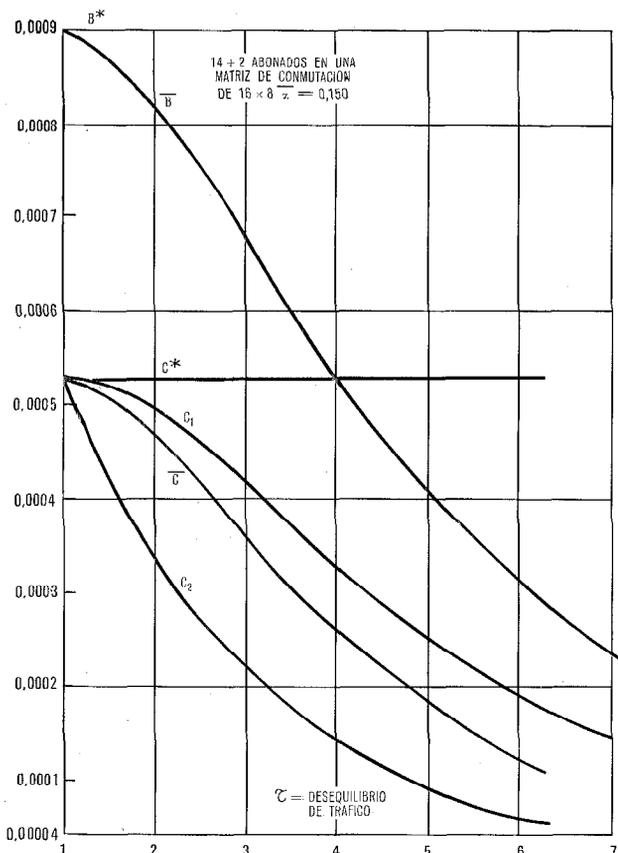


Fig. 1 Congestionen en función del desequilibrio de tráfico para un tráfico medio fijo por fuente.

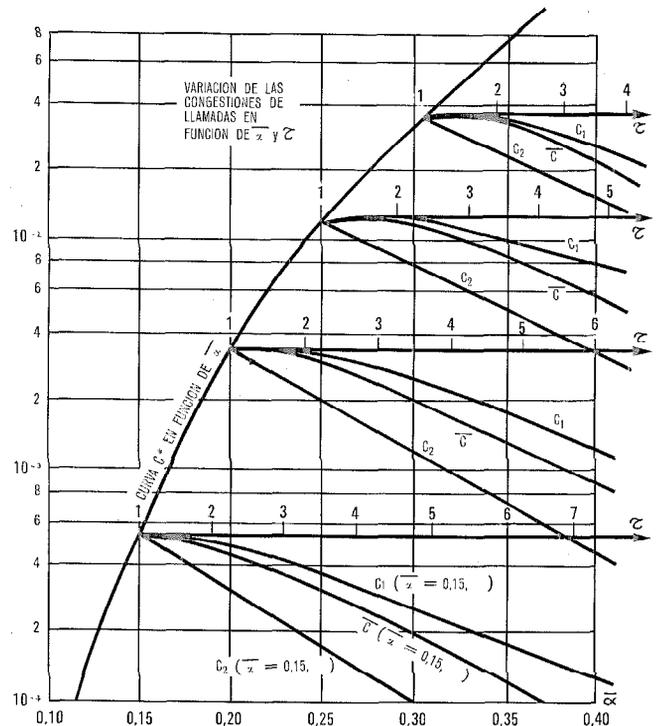


Fig. 2 Congestionen en función del desequilibrio de tráfico y el tráfico medio como parámetro.

grupo homogéneo de 16 fuentes, cada una de ellas con un tráfico ofrecido  $\bar{a}$ . Evidentemente, para  $\tau = 1$ , se obtiene, por una parte:  $\bar{B} = B^*$  y  $C_1 = C_2 = \bar{C} = C^*$  por otra.

La figura 2 se basa en esta propiedad. En ella la variación de  $C^*$  en función de  $\bar{a}$  se representa mediante la curva de trazo grueso que aparece en la figura. Cada punto  $C^*(\bar{a})$  de esta curva puede tomarse como origen  $\tau = 1$  de un eje horizontal secundario para el parámetro  $\tau$ . Fijando  $\bar{a}$  en algún valor predeterminado  $\bar{a}_0$ , se pueden trazar las variaciones de  $C_1(\bar{a}_0, \tau), C_2(\bar{a}_0, \tau)$  y  $\bar{C}(\bar{a}_0, \tau)$  en función de  $\tau$  y, para cada  $\bar{a}_0$  se obtiene:  $C_1(\bar{a}_0, \tau = 1) = C_2(\bar{a}_0, \tau = 1) = \bar{C}(\bar{a}_0, \tau = 1) = C^*(\bar{a}_0)$ .

El conjunto completo de curvas que aparece en esta figura 2 se puede interpolar o extrapolar a fin de obtener los resultados correspondientes a cualquier valor de los parámetros  $\bar{a}$  y  $\tau$ . En particular, se puede resolver el problema inverso siguiente, que es del mayor interés en la práctica: para unos valores determinados de congestión y desequilibrio de tráfico, ¿cuál es el valor máximo del tráfico medio ofrecido por fuente (o del tráfico total ofrecido) que puede cursar el sistema?

**Caso de un grupo con abonados y enlaces**

En algunas redes replegadas o parcialmente replegadas\*, es práctica común conectar abonados y enlaces a la misma matriz de conmutación. Por ello es interesante, en la práctica, determinar la congestión individualmente para cada tipo de fuente.

\* "folded network" se refiere a redes en que los abonados y los enlaces están al mismo lado de la red, quedando en el otro solamente bucles de cierre, de tal modo que el tráfico pasa al menos dos veces por la red. (Nota del editor.)

La figura 3 se refiere al caso de una matriz de conmutación con 8 salidas y 16 entradas a las cuales se han conectado 14 abonados de tráfico bajo y 2 enlaces de tráfico alto pertenecientes a la misma ruta, indicando las variaciones de las diversas congestiones  $C_1$  (para los abonados),  $C_2$  (para los enlaces),  $\bar{C}$  (congestión de llamadas ponderada) y  $\bar{B}$  (congestión de tiempo) en función del desequilibrio de tráfico  $\tau$  y para un determinado valor del tráfico medio por fuente.

Puede observarse en esta figura que las propiedades mencionadas anteriormente

$$\bar{B}(\bar{\alpha}, \tau = 1) = B^*(\bar{\alpha}) \text{ y}$$

$C_1(\bar{\alpha}, \tau = 1) = C_2(\bar{\alpha}, \tau = 1) = \bar{C}(\bar{\alpha}, \tau = 1) = C^*(\bar{\alpha})$  para todo  $\bar{\alpha}$ , no se cumplen en el caso presente. Aquí se tiene

$$\bar{B}(\bar{\alpha}, \tau = 1) > B^*(\bar{\alpha}) \text{ y}$$

$C_2(\bar{\alpha}, \tau = 1) > \bar{C}(\bar{\alpha}, \tau = 1) > C_1(\bar{\alpha}, \tau = 1) > C^*(\bar{\alpha})$  para todo  $\bar{\alpha}$ . Esto se debe al hecho de que los enlaces originan llamadas según una ley de emisión diferente a la de los abonados.

Cuando  $\tau$  aumenta, las anteriores inecuaciones se invierten, siendo las variaciones de las congestiones similares a las correspondientes al caso de 2 grupos diferentes de abonados. En las aplicaciones prácticas (por ejemplo para  $\tau \geq 3$ ), puede despreciarse completamente esta particularidad pudiendo obtenerse una buena aproximación de los valores numéricos dados por la figura 3, mediante los correspondientes de la figura 1.

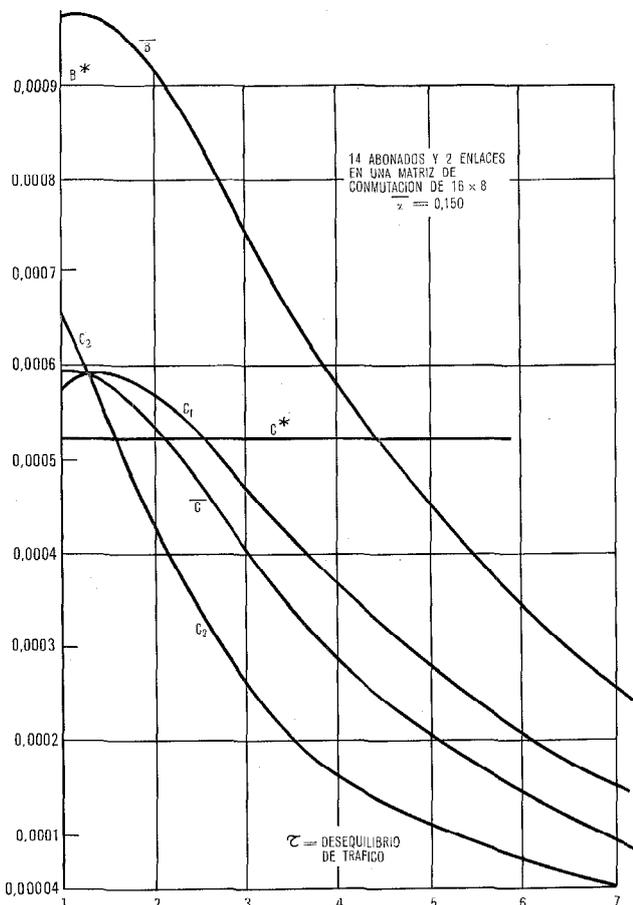


Fig. 3 Caso de una matriz de conmutación con 8 salidas y 16 entradas con tráficos desiguales.

**Generalización**

El modelo teórico desarrollado en el apéndice proporciona las fórmulas generales para cualquier posible configuración de fuentes de tráfico equilibradas. En la práctica el único problema es el de obtener valores numéricos a partir de estas fórmulas, lo cual puede resolverse fácilmente utilizando un ordenador. Como se ha indicado anteriormente, ha sido estudiado un gran número de casos prácticos, con más de 2 grupos homogéneos de fuentes, no habiendo proporcionado los resultados obtenidos ninguna nueva propiedad característica. Por esta razón, en el capítulo siguiente, se incluyen solamente comentarios generales.

No obstante, con objeto de proporcionar una base para una posterior conclusión, se incluye aquí un ejemplo numérico particular. Se refiere a un grupo de accesibilidad completa con 4 salidas y 8 entradas a las cuales se conectan 8 fuentes de tráfico diferentes, cada una de ellas con un tráfico ofrecido distinto. Los resultados obtenidos se resumen en la tabla 1, dando los valores de congestión de llamadas  $C_1$  para cada fuente, la congestión de llamadas ponderada  $\bar{C}$  y la congestión  $C^*$  calculada como si todas las fuentes fueran idénticas. A la vista de estos resultados puede observarse:

- a) la variación característica de  $C_i$  con relación a  $\alpha_i$ ;
- b) la congestión  $C^*$  es unas 8 veces mayor que  $\bar{C}$  y 2 veces mayor que la mayor de las congestions que es  $C_1$ .

Tabla 1

Fuente	Tráfico ofrecido	Congestión de llamadas
$S_1$	$\alpha_1 = 0,0050$	$C_1 = 0,00254$
$S_2$	$\alpha_2 = 0,0099$	$C_2 = 0,00240$
$S_3$	$\alpha_3 = 0,0196$	$C_3 = 0,00214$
$S_4$	$\alpha_4 = 0,0384$	$C_4 = 0,00169$
$S_5$	$\alpha_5 = 0,0741$	$C_5 = 0,00110$
$S_6$	$\alpha_6 = 0,1379$	$C_6 = 0,00064$
$S_7$	$\alpha_7 = 0,2429$	$C_7 = 0,00036$
$S_8$	$\alpha_8 = 0,3929$	$C_8 = 0,00020$
		$\bar{C} = 0,00051$
Tráfico total: $A = 0,9181$ erl.		
Tráfico medio por fuente: $\bar{\alpha} = 0,1148$ erl.		$C^* = 0,00424$

**Conclusiones para un grupo de una etapa con accesibilidad completa y fuentes no equilibradas**

**Comentarios a los resultados numéricos**

Con relación al caso de reunir dos grupos diferentes de fuentes en el mismo grupo con accesibilidad completa, son de interés práctico los siguientes puntos:

- la forma general de las curvas indicadas aquí como ejemplos particulares puede considerarse como una de las características del problema;
- para un desequilibrio de tráfico  $\tau > 2,5$  ó 3 (lo que incluye casi todos los casos prácticos), son válidas las siguientes relaciones generales entre las distintas congestiones:

$C_2$  (para las fuentes de tráfico alto)  $< \bar{C}$  (congestión ponderada)  $< C_1$  (para las fuentes de tráfico bajo)  $\leq C^*$  (calculada como si todas las fuentes fueran idénticas) y  $\bar{B}$  (para fuentes no equilibradas)  $\leq B^*$  (para fuentes idénticas).

Estas inecuaciones pueden aplicarse independientemente de las características numéricas del grupo con accesibilidad completa que se considere.

- Si se compara el caso de reunir dos clases diferentes de abonados con el caso de reunir una clase de abonados y una clase de enlaces puede observarse que, manteniendo fijos todos los parámetros, las congestiones correspondientes al primer caso son ligeramente inferiores a las del segundo. Esto proporciona una confirmación teórica del hecho siguiente (que era ya conocido por la experiencia): es mejor distribuir los enlaces de una ruta entre el máximo número posible de matrices de conmutación, que agruparlos en el mismo conmutador.

Para el caso general de reunir fuentes de tráfico no equilibradas en un mismo grupo con accesibilidad completa, pueden utilizarse, para concluir, los ejemplos siguientes:

Se comparan dos grupos con accesibilidad completa que tienen las mismas características; a cada uno de ellos se conecta una determinada población de fuentes de tráfico,  $P_1$  y  $P_2$  respectivamente. En la población  $P_1$  se supone que todas las fuentes tienen las mismas características de tráfico, mientras que en  $P_2$  estas características pueden variar de una fuente a otra. Se supone, sin embargo, que el tráfico total es el mismo en ambas poblaciones. Los resultados generales pueden expresarse de la forma siguiente:

- a) en la población  $P_2$ , al aumentar el valor del tráfico ofrecido por fuente, disminuye el valor de la congestión que encuentra cada fuente;
- b) las congestiones totales de llamadas y tiempo  $\bar{C}$  y  $\bar{B}$  correspondientes a  $P_2$ , son, en la mayoría de los casos, inferiores a las respectivas  $C^*$  y  $B^*$  correspondientes a  $P_1$ ;
- c) los  $C_i$  individuales correspondientes a  $P_2$  son también, en la mayoría de los casos inferiores a  $C^*$  en  $P_1$ .

Los puntos b) y c) expresan claramente el efecto generalmente favorable que produce una distribución de fuentes no equilibradas en comparación con una distribución uniforme. Más concretamente,

- d) las diferencias relativas entre  $\bar{B}$  y  $B^*$  por una parte, y entre  $\bar{C}$  y  $C^*$  por otra, son funciones matemáticas que aumentan al hacerlo la varianza de la distribución de tráfico ofrecido que se considere.

#### Discusión de un criterio de dimensionado

El criterio que se utiliza para dimensionar sistemas de pérdida con fuentes de tráfico idénticas es el "criterio n° 1" siguiente: "el valor de congestión  $C^*$  que encuentra cada fuente no deberá sobrepasar un cierto valor predeterminado."

En muchos casos, este criterio 1 puede ser ampliado y aplicado para dimensionar sistemas de llamadas perdidas con fuentes de tráfico no equilibradas. En este caso, se supondrá que: el valor de congestión  $C^*$ , calculado como si todas las fuentes fueran idénticas, no deberá sobrepasar un cierto valor predeterminado. Este criterio es aceptable cuando las fuentes de tráfico no están demasiado desequilibradas, en el sentido de que las congestiones específicas  $C_i$  y  $\bar{C}$  tienen valores próximos a  $C^*$ . Tiene, además, la ventaja de evitar la utilización de la teoría de tráfico no equilibrado para la determinación exacta de los valores de congestión.

En el caso contrario, cuando el desequilibrio entre las fuentes de tráfico es grande, no se puede, sin embargo, considerar como aceptable este criterio 1. Esto se aprecia claramente en el ejemplo numérico incluido en Generalidades, en el cual  $C^*$  es unas 8 veces mayor que  $\bar{C}$  y 2 veces mayor que el mayor  $C_i$ . Por consiguiente, se necesita otro criterio que tenga en cuenta en forma más realista el efecto debido al desequilibrio de tráfico. A continuación se proponen tres de estos criterios.

Criterio n° 2. "La mayor de las congestiones específicas  $C_i$  no deberá sobrepasar un cierto valor predeterminado." Es evidente que esta máxima congestión específica es la que corresponde a las fuentes con menor tráfico ofrecido. Así, este criterio, por una parte favorece a los abonados con tráfico bajo pero, por otra, prácticamente condiciona el dimensionado del sistema a la sola influencia de estos abonados con tráfico bajo. Esto no corresponde con la realidad, especialmente si se considera que los abonados con tráfico alto son los que mejor pueden apreciar la calidad de servicio.

Criterio n° 3. "La congestión ponderada  $\bar{C}$  no deberá sobrepasar un cierto valor predeterminado." Debido al peso, proporcional al tráfico ofrecido, que se da a cada una de las congestiones específicas, tienen aquí mayor importancia los abonados con tráfico alto; de esta forma, este criterio se acerca más a la realidad. No da, sin embargo, indicación alguna, sobre los altos valores de congestión que pueden encontrar los abonados con tráfico bajo.

Criterio n° 4. Se consideran aquí dos tipos de parámetros de dimensionado, según la "importancia" relativa de las fuentes. Para las fuentes de tráfico bajo se toma un parámetro absoluto, que no deberá ser sobrepasado (por ejemplo, el tráfico perdido o el número de llamadas perdidas durante un determinado período más cargado). Para las fuentes de tráfico alto, se toma un parámetro relativo, como por ejemplo la congestión de llamadas. Todos los problemas que pueden presentarse en la práctica se reducen a la elección de los valores característicos que se consideran convenientes.

Para mayor sencillez y a fin de permitir de forma fácil la comparación entre el caso de fuentes idénticas y el de fuentes no equilibradas, se considerará en adelante el criterio n° 3 para los casos con fuentes no equilibradas.

**Noción de ganancia en la capacidad de tráfico en el caso de fuentes no equilibradas**

En este capítulo se compara la capacidad de tráfico de los grupos con accesibilidad completa y fuentes no equilibradas, calculados con el criterio 3, con la capacidad de los grupos correspondientes calculados con el criterio 1 y con fuentes idénticas.

Más concretamente, supongamos que, para un determinado grupo con accesibilidad completa se establece un valor máximo de congestión  $p$  que no debe sobrepasarse. Si a este grupo están conectadas fuentes idénticas, el criterio 1 aplicado para el valor dado  $p$ , permite la determinación del máximo tráfico medio por fuente  $\bar{\alpha}_m$ . Si, a continuación, se conectan a este grupo, fuentes no equilibradas, el criterio 3, aplicado al mismo valor de referencia  $p$ , permite la determinación de un nuevo valor del máximo tráfico medio por fuente  $\bar{\alpha}_m'$ , habiéndose comprobado que, en la mayoría de los casos, se obtiene  $\bar{\alpha}_m' > \bar{\alpha}_m$ . Por consiguiente, se produce una ganancia en la capacidad de tráfico para el caso de fuentes no equilibradas con relación al caso correspondiente de fuentes idénticas. Esta ganancia puede expresarse mediante el porcentaje:

$$\eta = \frac{\bar{\alpha}_m' - \bar{\alpha}_m}{\bar{\alpha}_m}$$

pudiéndose considerar como una medida del efecto de desequilibrio en las fuentes.

En teoría, esta medida depende de todos los parámetros de la configuración de fuentes no equilibradas y del valor de congestión  $p$  considerado como referencia. En este artículo se presentan sólo resultados parciales, haciendo resaltar los puntos de mayor interés.

La figura 4 se refiere a una serie de resultados que se aplican a:

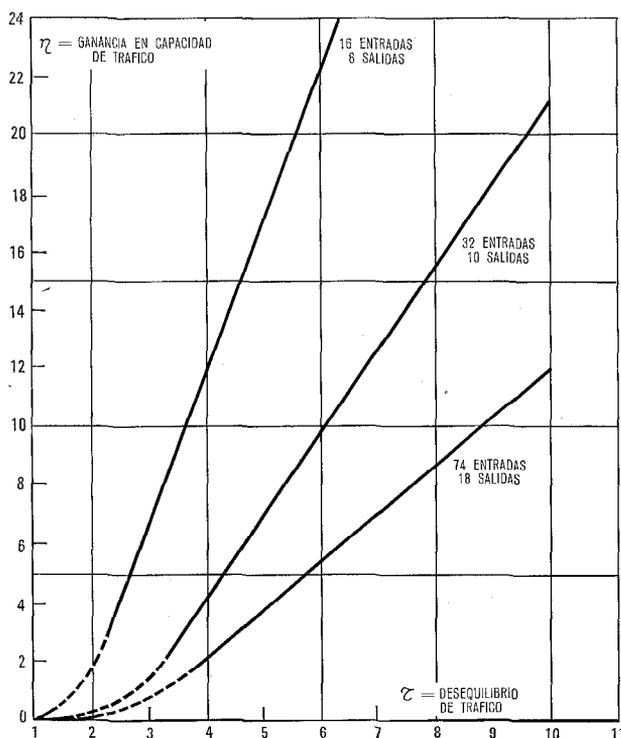


Fig. 4 Ganancia en capacidad de tráfico en función del desequilibrio, para varios casos.

a) un grupo con accesibilidad completa de  $R = 8$  salidas y  $K = 16$  entradas, al cual se conectan  $K_1 = 14$  fuentes de tráfico bajo y  $K_2 = 2$  fuentes de tráfico alto;

b) otro grupo con los siguientes parámetros:  $R = 10$ ,  $K = 32$ ,  $K_1 = 30$ ,  $K_2 = 2$ ;

c) un tercer grupo con  $R = 18$ ,  $K = 74$ ,  $K_1 = 70$  y  $K_2 = 4$ .

Esta figura muestra las variaciones de la ganancia  $\eta$  en función del desequilibrio  $\tau$  entre los tráficos individuales de las distintas clases de fuentes.

Son de hacer notar dos hechos característicos:

- en las aplicaciones prácticas, la ganancia en la capacidad de tráfico puede considerarse independiente del valor de congestión de referencia  $p$  considerado para establecer la comparación. Este resultado puede aplicarse para todos los valores de  $p$  utilizados en la práctica, es decir  $p \leq 1\%$  ó  $p \leq 2\%$ ;
- la variación de la ganancia en función del desequilibrio de tráfico se puede representar muy aproximadamente mediante una función lineal, en el intervalo de variación de  $\tau$  utilizado en la práctica, esto es para  $3 \leq \tau \leq 10$ , por ejemplo.

Estas dos propiedades se comprobaron en todas las configuraciones estudiadas, pudiendo servir este tipo de curva como un auxiliar eficaz a utilizar en la práctica de la ingeniería de tráfico.

**Sistemas de mallas con fuentes de tráfico no equilibradas**

**Introducción**

En los capítulos anteriores, se estudió el problema de las fuentes de tráfico no equilibradas para el caso de grupos de accesibilidad completa con concentración. En la práctica, estos circuitos se encuentran en las etapas terminales de conmutación de las centrales de abonados o de las centrales satélites y concentradores, a las cuales se conectan los abonados de la central y, eventualmente junto con ellos, algunos enlaces o dispositivos de señalización. En la mayoría de los casos, estas etapas terminales están asociadas a otras etapas de conmutación que aseguran la accesibilidad a los diversos órganos y la distribución del tráfico. Para estos sistemas, las especificaciones relativas al grado de servicio se establecen generalmente en la forma de una condición global, que depende del sistema de mallas completo que se estudie.

La conclusión obtenida en el capítulo precedente, resaltaba la posibilidad de cursar más tráfico en caso de fuentes no equilibradas que en caso de fuentes idénticas para un grupo con accesibilidad completa. Para los sistemas de mallas, el problema que se plantea es el siguiente: si, teniendo en cuenta el efecto de las fuentes no equilibradas en la primera etapa de concentración, se desea cursar más tráfico que con fuentes idénticas, puede ocurrir que las restantes etapas de conmutación reaccionen frente a este incremento del tráfico produciendo a su vez un incremento del blo-

queo de mallas. Por consiguiente, podría verse reducido el efecto favorable que producirían las fuentes no equilibradas.

Estudio numérico

Se consideran aquí dos ejemplos particulares de sistemas de mallas; el primero con 2 etapas de selección y el segundo con 3. Son los representados en la figura 5. En la práctica, ambos pueden ser utilizados para centrales satélites o concentradores.

Se han realizado cálculos y simulaciones de tráfico a fin de determinar el bloqueo total en el caso de que el 100 % del tráfico es originado por las fuentes conectadas a la etapa A y dirigido hacia la central principal. Este bloqueo total incluye el bloqueo interno de las mallas y el bloqueo externo en los enlaces bidireccionales.

En cada ejemplo se consideran dos casos: que todas las fuentes de tráfico conectadas a la etapa A tengan el mismo tráfico originado  $\bar{a}$ , o que dichas fuentes estén divididas en dos subgrupos homogéneos, uno con un tráfico alto por fuente y el otro con un tráfico bajo. Se hizo variar el tráfico medio por fuente  $\bar{a}$  entre 0,06 y 0,10 erl. para el sistema de mallas a 2 etapas y entre 0,10 y 0,12 para el sistema a 3 etapas. Estas variaciones cubren el margen práctico de las aplicaciones para las que se han elegido estos ejemplos.

El parámetro  $\eta$  introducido antes que representa la ganancia en la capacidad de tráfico, se toma aquí como un coeficiente estimador del efecto de desequilibrio de las fuentes. La figura 6 muestra para el caso del sistema de mallas a dos etapas considerado, las variaciones de esta ganancia en función del desequilibrio de tráfico  $\tau$  y para algunos valores fijos del valor de congestión  $p$  que se toma como referencia (véase el párrafo referente a la noción de ganancia en capacidad de tráfico). Se observará que esta ganancia  $\eta$  depende ahora en gran medida de dicho valor de congestión  $p$ . Para un valor de desequilibrio  $\tau = 10$ , por ejemplo, se obtiene  $\eta = 16\%$  para  $p = 0,0002$  ( $p = 0,0002$  corresponde a un tráfico máximo por fuente  $\bar{a}_m = 0,06$  erl. en caso de fuentes idénticas),  $\eta = 10\%$  para  $p = 0,002$  ( $\bar{a}_m = 0,08$  y  $\eta = 4,4\%$  para  $p = 0,02$  ( $\bar{a}_m = 0,10$ )).

Por otra parte, puede también apreciarse en esta figura la propiedad de variación lineal de  $\eta$  en función de  $\tau$  para cualquier valor fijo de  $p$ .

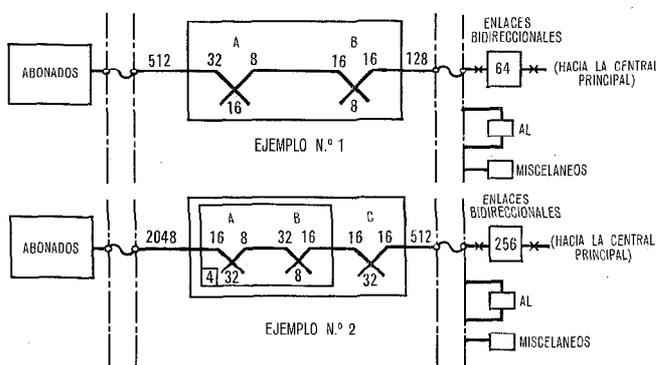


Fig. 5 Ejemplos de enlaces utilizados en los casos numéricos.

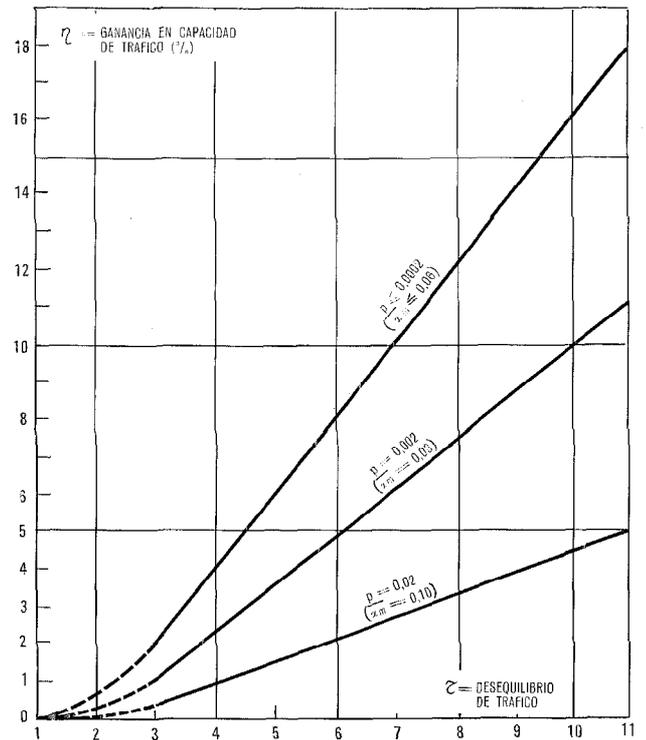


Fig. 6 Ganancia en capacidad de tráfico en función del desequilibrio para el caso de dos etapas de enlace para algunos valores de la congestión de referencia.

Con los valores de tráfico considerados para el sistema de mallas a 3 etapas, los resultados calculados y simulados no muestran diferencias significativas entre los valores de congestión obtenidos con fuentes idénticas y con fuentes no equilibradas. Por eso, en la práctica, es nulo para este caso el efecto de las fuentes no equilibradas.

Todos estos resultados son expuestos en los comentarios generales que se incluyen a continuación.

Comentarios generales sobre los resultados y conclusión

Los sistemas de mallas se diseñan teniendo en cuenta ciertos valores del grado de servicio que se consideran aceptables, lo que incluye las condiciones de tráfico con las que habrán de trabajar en la práctica. Para las centrales satélites y concentradores, este grado de servicio se refiere principalmente al bloqueo total que se encuentra en dirección a la central principal. Para este bloqueo total, y de acuerdo con las condiciones de tráfico consideradas, tendremos una de las tres siguientes posibilidades:

- a) la congestión que se encuentra en la primera etapa de concentración es la predominante;
- b) la congestión externa en los enlaces (pérdida de Erlang) es la predominante;
- c) ambas congestiones tienen aproximadamente la misma importancia en relación con el valor total de la congestión.

Puesto que el posible efecto de desequilibrio de tráfico influye solamente en la congestión de la primera

etapa de concentración, puede deducirse fácilmente el principio siguiente: cuanto mayor es la importancia relativa del bloqueo en la primera etapa de concentración con relación al bloqueo total, mayor es el efecto que puede conseguirse por desequilibrio del tráfico.

Este principio puede seguirse en los resultados numéricos obtenidos en los ejemplos. Para el sistema a 3 etapas, las condiciones de tráfico consideradas corresponden al caso b) y, por consiguiente, el efecto del tráfico no equilibrado es despreciable. El sistema a 2 etapas va pasando gradualmente de una situación que aproximadamente corresponde al caso a) (para  $\bar{a}_m \leq 0,06$ ), a una situación que aproximadamente corresponde al caso b) (para  $\bar{a}_m \geq 0,10$ ), habiéndose observado la consiguiente disminución del efecto del tráfico no equilibrado.

Como último comentario de este capítulo, se considerará una interesante cuestión económica que consiste en la posibilidad de reducir el número de enlaces entre una central satélite o un concentrador y la central principal, teniendo en cuenta el efecto de las fuentes no equilibradas. El ejemplo numérico siguiente expone esta posibilidad para el caso del sistema a 2 etapas considerado. Con 32 fuentes idénticas por cada conmutador  $A$ , con  $\bar{a} = 0,08$ , se necesitan 64 enlaces para cursar el tráfico total originado  $A = 40,92$  erl. con un bloqueo total  $C^* \leq 0,002$ . Si en cada conmutador  $A$  se conectan 30 fuentes de tráfico bajo ( $\alpha_1 = 0,051$ ) y 2 fuentes de tráfico alto ( $\alpha_2 = 0,51$ ), se necesitan sólo 60 enlaces para cursar el mismo tráfico total  $A = 40,92$  erl. con una congestión ponderada total  $\bar{C} \leq 0,002$ . La economía, por consiguiente, es apreciable en este caso.

Sin embargo, debe actuarse con precaución al tratar de realizar tal economía ya que ésta se basa en dos condiciones prácticas importantes:

- a) se requiere un exacto y preciso conocimiento del tráfico ofrecido por cada fuente;
- b) se ha utilizado constantemente para este estudio el criterio de dimensionado  $n^\circ 3$  cuya aplicación práctica en la ingeniería de tráfico puede ser discutible.

## Apéndice

### Modelo matemático y notaciones

Se presenta aquí un modelo matemático que constituye una generalización de la teoría de grupos a una etapa con accesibilidad completa para sistemas más complejos que trabajan según las hipótesis de sistema de llamadas perdidas no retenidas.

Se consideran  $N$  clases  $s_i$  de fuentes conectadas a la misma red. Cada clase  $s_i$  es homogénea en el sentido de que se compone de un número  $K_i$  (finito o no) de fuentes independientes absolutamente idénticas desde el punto de vista del tráfico. Cada clase se caracteriza por sus leyes particulares de emisión de llamadas, de aceptación de estas llamadas por la red y de liberación de las mismas. A continuación se indican las notaciones necesarias para la definición de estas leyes.

Se dice que el sistema se encuentra en el estado  $(j_1, \dots, j_N)$  en el instante  $t$  si, en ese instante, hay exac-

tamente  $j_1$  llamadas en curso originadas por la clase  $s_1, \dots, j_N$  llamadas originadas por la clase  $s_N$ . Entonces,  $j = \sum_{i=1}^N j_i$  es el número total de llamadas en curso en el sistema en el instante  $t$  considerado.

Sea  $R_i$  el número máximo de llamadas simultáneas originadas por  $s_i$ , en curso en el sistema, y  $R$  el número máximo de llamadas en curso en el sistema. Se usarán las limitaciones denominadas "L".

$$\text{"L"} \begin{cases} 0 \leq j_i \leq R_i \leq R \\ 0 \leq j \leq R. \end{cases}$$

Los símbolos matemáticos  $\underset{(L)}{=}$  y  $\underset{(L)}{\sum}$  representan las correspondiente igualdades y sumas con aplicación de las limitaciones "L".

### Ley de emisión de las llamadas

Suponiendo que el sistema se encuentra en el estado  $(j_1, \dots, j_i, \dots, j_N)$  en el instante  $t$ , la probabilidad condicional de que una cualquiera de las fuentes libres de la clase  $b_i$  origine una llamada en el intervalo de tiempo  $(t, t+dt)$  es  $\lambda_{i,j_i} \cdot dt$  siendo  $\lambda_{i,j_i}$  una constante independiente del tiempo, que se denomina "coeficiente de emisión de llamadas de la clase  $s_i$ ".

### Ley de aceptación de las llamadas

Suponiendo que el sistema se encuentra en el estado  $(j_1, \dots, j_i, \dots, j_N)$  en el instante  $t$ , y que una fuente de la clase  $s_i$  ha originado una llamada durante el intervalo de tiempo  $(t, t+dt)$ , la probabilidad condicional de que esta llamada sea aceptada es  $\nu_{i,j_i,j}$  siendo  $\nu_{i,j_i,j}$  una constante independiente del tiempo que cumple

$$0 \leq \nu_{i,j_i,j} \leq 1, \nu_{i,R_i,j} = 0 \text{ para todo } i, \text{ y } \nu_{i,j_i,R} = 0.$$

$\nu_{i,j_i,j}$  se denomina coeficiente de aceptación; corresponde a la reacción selectiva del sistema frente a las llamadas que recibe. Esta reacción puede depender de muchos factores; entre ellos: el estado de ocupación de la red en el momento de originarse la llamada, la estrategia de aceptación aplicada para cada tipo de intento.

### Ley de liberación de las llamadas

Suponiendo que el sistema se encuentra en el estado  $(j_1, \dots, j_i, \dots, j_N)$  en el instante  $t$ , la probabilidad condicional de que una llamada de la clase  $s_i$  se libere en el intervalo de tiempo  $(t, t+dt)$  es  $\mu_{i,j_i} dt$  siendo  $\mu_{i,j_i}$  una constante independiente del tiempo que se denomina coeficiente de liberación de la clase  $s_i$ .

### El estado estacionario

Con estas condiciones, el sistema constituye un proceso de Markov homogéneo, finito, permanente y discontinuo. En su evolución infinitesimal, este proceso se caracteriza por sus coeficientes de transmisión  $\lambda_{i,j_i}, \nu_{i,j_i,j}$  y  $\mu_{i,j_i}$  suponiéndose que estos coeficientes son tales que sólo existe un único estado estacionario que corresponda a una verdadera distribución de probabilidad. Por consiguiente, esta distribución estacionaria es la solución única del sistema lineal siguiente:

$$P(j_1, \dots, j_N) \cdot \sum_{i=1}^N (\nu_{i,j_i,j} \cdot A_{i,j_i} + \mu_{i,j_i}) =$$

$$\sum_{i=1}^N \nu_{i,j_i-1,j_i-1} \cdot A_{i,j_i-1} \cdot P(j_1, \dots, j_i-1, j_i-1, j_{i+1}, \dots, j_N) +$$

$$\sum_{i=1}^N \mu_{i,j_i+1} \cdot P(j_1, \dots, j_i-1, j_i+1, j_{i+1}, \dots, j_N)$$

con  $\sum_{(L)} P(j_1, \dots, j_N) = 1$ .

Es posible obtener explícitamente las soluciones de este sistema suponiendo la siguiente hipótesis adicional: el coeficiente de aceptación  $\nu_{i,j_i,j}$  puede escribirse en la forma  $\nu_{i,j_i,j} = \rho_{i,j_i} \cdot \nu_j$  con  $\rho_{i,R_i} = 0$  para todo  $i$  y  $\nu_R = 0$ .

$\rho_{i,j_i}$  puede interpretarse como un coeficiente de selección de las llamadas, dependiente principalmente del tipo de intento de llamada y del número de llamadas en curso de este tipo.

$\nu_j$  es un coeficiente de congestión correspondiente al estado de ocupación de la red.

En este caso, se obtiene la siguiente distribución de probabilidades de ocupación.

$$P(j_1, \dots, j_N) = P(0, \dots, 0) \cdot \prod_{h=0}^{j-1} \nu_h \cdot \prod_{i=1}^N \prod_{k=0}^{j_i-1} \frac{\rho_{i,k} \cdot A_{i,k}}{\mu_{i,k+1}}$$

con  $P(0, \dots, 0)$  dado por  $\sum_{(L)} P(j_1, \dots, j_N) = 1$ .

**Adaptación a los modelos telefónicos**

En los modelos telefónicos, cada coeficiente de las anteriores fórmulas se puede simplificar y expresar en función del tráfico.

Si  $A_i$  representa el tráfico total ofrecido por la clase  $s_i$ ,

$C_i$  la congestión de llamadas para las fuentes de  $s_i$  y  $\mu_i$  la inversa de la duración media de las llamadas de  $s_i$ , se obtienen las relaciones siguientes:

- a)  $A_{i,j_i} = (K_i - j_i) \cdot \mu_i \cdot \frac{A_i/K_i}{1 - A_i(1 - C_i)/K_i}$   
para un proceso de emisión de Engset.
- b)  $A_{i,j_i} = A_i \cdot \mu_i$  cualquiera que sea  $j_i$  para un proceso de emisión de Erlang puro.
- c)  $A_{i,j_i} = a_i \mu_i$  para  $j_i < K_i$  y  $A_{i,K_i} = 0$   
para un proceso de emisión de Erlang truncado.

(Nota: Se dice que se trata de un proceso de Erlang puro para un grupo de  $K_i$  enlaces que originan llamadas hacia  $R$  órganos, cuando  $K_i > R$  y que se trata de un proceso de Erlang truncado cuando  $K_i \leq R$ . La fórmula  $A_{i,j_i} = A_i \mu_i$  indica que los  $K_i$  enlaces asignan sus llamadas en una proporción constante  $A_i \mu_i$  independientemente del número total de enlaces ocupados  $j_i$ . En el caso de proceso truncado, los  $K_i$  enlaces originan sus llamadas en una proporción constante  $a_i \mu_i$  sólo durante el tiempo que no están todos ocupados (es decir, para  $j_i < K_i$ ). Se pueden establecer relaciones aproximadas entre  $a_i$  y el tráfico realmente ofrecido  $A_i$ ; una de ellas es  $a_i \approx A_i$ . Para fines de cálculo se toma  $a_i$  como parámetro de entrada para calcular las probabilidades de estado y se calcula  $A_i$  "a posteriori" con relación a dichas probabilidades).

Por otra parte, los grupos de una etapa con accesibilidad completa se caracteriza por tener un coeficiente de aceptación tal que

$\nu_{i,j_i,j} = 1$  para  $0 \leq j_i \leq R_i$  y  $0 \leq j < R$  para todo  $i$ ,  $\nu_{i,R_i,j} = 0$  y  $\nu_{i,j_i,R} = 0$  para todo  $i$ .

Finalmente la ley de distribución exponencial negativa de los tiempos de ocupación en cada clase  $s_i$  (tiempo medio de ocupación =  $1/\mu_i$ ) corresponde a  $\mu_{i,j_i} = j_i \mu_i$ .

Teniendo en cuenta estas simplificaciones, se obtiene la siguiente fórmula general para la distribución de probabilidades de ocupación

$$P(j_1, \dots, j_N) = P(0, \dots, 0) \cdot \prod_{i=1}^N \prod_{k=0}^{j_i-1} \frac{A_{i,k}}{(k+1) \cdot \mu_i}$$

con  $P(0, \dots, 0)$  dado por  $\sum_{(L)} P(j_1, \dots, j_N) = 1$ .

Estas fórmulas son de gran interés ya que cubren toda la teoría de grupos de una etapa con accesibilidad completa con o sin fuentes idénticas.

**Fórmulas específicas**

**Caso de fuentes de tráfico idénticas**

**Caso de Engset:  $K > R$  y  $K$  finito**

El parámetro de entrada para el cálculo es  $b$  definido por:

$$b = \frac{A/K}{1 - A(1 - C)/K} = \frac{\alpha}{1 - \alpha(1 - C)}$$

Donde  $C$  es la congestión de llamadas.

Se obtiene  $A_j = (K - j) \cdot \mu \cdot b$  para  $0 \leq j \leq R$  y mediante la fórmula general anteriormente mencionada se obtiene:

$$P(j) = \frac{\binom{K}{j} b^j}{\sum_{i=0}^R \binom{K}{i} b^i} \text{ para } 0 \leq j \leq R,$$

$$A = b \sum_{j=0}^R (K - j) \cdot P(j),$$

$$C = \frac{(K - R) \cdot P(R)}{\sum_{j=0}^R (K - j) \cdot P(j)} = \frac{\binom{K-1}{R} b^R}{\sum_{j=0}^R \binom{K-1}{j} b^j} =$$

$$= 1 + \frac{1}{b} - \frac{K}{A},$$

$B =$  congestión de tiempo  $= P(R)$ .

**Caso de Erlang:  $K \gg R$**

El parámetro de entrada para el cálculo es el tráfico total  $A$  ofrecido por la ruta. Esto proporciona las siguientes fórmulas:

$$P(j) = \frac{A^j/j!}{\sum_{i=0}^R A^i/i!} \text{ para } 0 \leq j \leq R.$$

$$C = B = P(R).$$

**Caso de fuentes de tráfico no equilibradas**

Los parámetros de entrada para los cálculos son: para cada clase de abonados,  $b_i$  definido por

$$b_i = \frac{A_i/K_i}{1 - A_i(1 - C_i)/K_i}$$

y para cada clase de enlaces,  $a_i$  introducido en "adaptación a los modelos telefónicos" y definido por:

$$a_i = \frac{A_i \cdot j_i}{\mu_i}$$

(con  $a_i = A_i$  para un proceso de emisión de Erlang puro y  $a_i \neq A_i$  para un proceso truncado).

Dos diferentes clases de abonados

$$P(j_1, j_2) = \frac{\binom{K_1}{j_1} \binom{K_2}{j_2} b_1^{j_1} b_2^{j_2}}{\sum_{(L)} \binom{K_1}{i_1} \binom{K_2}{i_2} b_1^{i_1} b_2^{i_2}}$$

$$\text{con } (L) \begin{cases} 0 \leq j_i \leq \text{Min}(R, k_i) \text{ para } i = 1, 2 \\ \text{y } 0 \leq j_1 + j_2 \leq R. \end{cases}$$

$$A_1 = b_1 \sum_{j_1=0}^{R_1} \binom{K_1 - j_1}{j_1} \sum_{j_2=0}^{\text{Min}(R - j_1, K_2)} P(j_1, j_2).$$

$$C_1 = 1 + \frac{1}{b_1} - \frac{K_1}{A_1}.$$

Fórmulas similares para  $A_2$  y  $C_2$

$$B \text{ (congestión de tiempo)} = \sum_{j_1 + j_2 = R} P(j_1, j_2).$$

$K_1$  abonados de una clase y  $K_2$  enlaces

$$P(j_1, j_2) = \frac{\binom{K_1}{j_1} \cdot b_1^{j_1} \cdot 1/j_2! \cdot a_2^{j_2}}{\sum_{(L)} \binom{K_1}{j_1} \cdot b_1^{j_1} \cdot 1/j_2! \cdot a_2^{j_2}}.$$

$A_1$  y  $C_1$  son dados por las fórmulas respectivas.

$$A_2 = \begin{cases} a_2 \text{ si } K_2 > R \\ a_2 \left[ 1 - \sum_{j_1=0}^{\text{Min}(R - K_2, K_1)} P(j_1, K_2) \right] \text{ si } K_2 \leq R \\ \text{(proceso de Erlang truncado)} \end{cases}$$

$$C_2 = \begin{cases} \frac{\sum_{j_2=R-R_1}^{K_2-1} P(R - j_2, j_2)}{\text{Min}(R - K_2, K_1)} \text{ si } K_2 \leq R \\ 1 - \sum_{j_1=0} P(j_1, K_2) \\ \sum_{j_2=R-R_1}^R P(R - j_2, j_2) \text{ si } K_2 > R. \end{cases}$$

### N fuentes distintas de tráfico

Para cada fuente  $S_i$ , el parámetro de entrada considerado es  $b_i$ , tal como se definió anteriormente.

$$P(j_1, \dots, j_N) = \frac{\prod_{i=1}^N b_i^{j_i}}{\sum_{(L)} \prod_{k=1}^N b_i^{j_k}}$$

$$\text{con } (L) \begin{cases} j_i = 0 \text{ ó } 1 \text{ para todo } i \\ \text{y } 0 \leq \sum_{i=1}^N j_i \leq R. \end{cases}$$

$$A_i = b_i \sum_{(L)} P(j_1, \dots, j_{i-1}, 0, j_{i+1}, \dots, j_N)$$

$$\text{y } C_i = 1 + \frac{1}{b_i} - \frac{1}{A_i}.$$

### Conclusiones

Esta relación de casos particulares no es exhaustivo. Como ya se ha dicho, las fórmulas generales dadas antes para la distribución de probabilidades de estado, cubren todas las posibles configuraciones de fuentes, con o sin desequilibrio de tráfico, proporcionando un eficaz auxiliar teórico. La elección cuidadosa de los parámetros de entrada permite realizar fácilmente el cálculo de estas probabilidades, así como la congestión resultante y el tráfico ofrecido, para cada caso específico.

### Referencia

[1] J. P. Dartois y A. Rodriguez: "Desequilibrio de tráfico en los pequeños grupos de abonado", Comunicaciones Eléctricas, Vol. 43, nº 1, 1968.

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 Télécommunication (París-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.

# Disco de teléfono H. P. 5

Diseño y realización de un disco de plástico para aparato de abonado que supera ampliamente a los convencionales.

C. CIBORRA  
FACE-Standard, Milán, Italia

## Introducción

Uno de los objetivos que se fijaron al comenzar el desarrollo del aparato telefónico H.P.5 fué la reducción del coste del disco a lo largo de la vida del teléfono mediante el empleo de un disco enteramente de plástico, capaz de 1,2 millones de operaciones e intercambiable.

El disco H.P.5 de ITT (Fig. 1), diseñado y construido totalmente por los laboratorios de FACE, la compañía asociada a ITT de Milán, satisface cumplidamente la especificación exigida, ya que los resultados prácticos han demostrado que todos los discos probados han superado el objetivo establecido y casi todos ellos trabajan aún adecuadamente después de 2,1 millones de operaciones (Fig. 2).

## Descripción técnica del diseño del nuevo disco

El objetivo de este nuevo desarrollo ha sido el diseño de un disco giratorio de alta calidad construido todo de plástico con la técnica más avanzada, excepto los contactos y los resortes para el movimiento. Como resultado de nuestro trabajo, se ha conseguido plenamente el objetivo, consiguiendo un disco de gran calidad especialmente indicado para la fabricación a gran escala, con muy pocas piezas y sin ninguna clase de tornillos. El diseño permite su fabricación en masa a distintos grados de automatización, incluso en una línea totalmente automática.

Lo más importante del nuevo disco es que no necesita ningún ajuste posterior después de ensamblado. La relación entre los impulsos y la velocidad de discado puede mantenerse con las tolerancias requeridas desde el ensamble habiéndose prefijado las tolerancias de algunas piezas.

Es importante indicar que las ventajas más interesantes de este nuevo disco, tales como el funcionamiento constante libre de averías durante toda su vida, van en beneficio del cliente por el ahorro de gastos de conservación.

Este disco, de alta fiabilidad aun en las más duras condiciones ambientales, se ha conseguido con el empleo, para las dos placas principales y el juego completo de engranajes, de plásticos compatibles resistentes al desgaste tales como policarbonatos y copolímeros del acetilo que proporcionan superficies cojinetes de larga duración, pequeño rozamiento y que no necesitan lubricación.

Es muy interesante comparar el disco H.P.5 de ITT con cualquier otro disco de alta calidad, que llamaremos "convencional" si necesita uno o más engrases al comienzo o durante su vida útil.

Los dos tipos sólo son comparables en cuanto al desgaste simple de las partes móviles.

En efecto, la prueba de vida, que tiene que concentrar en pocos meses las  $2 \times 10^6$  actuaciones, equivalente a más de 20 años de utilización real, no puede destacar por su brevedad cuál es el nuevo y más importante factor de mérito del H.P.5, que es: la no necesidad de engrases ni inicialmente ni durante su vida.

La ausencia de lubricantes en el disco elimina la posible degradación por acción química durante un período largo de tiempo, o la mezcla del lubricante con el polvo causado por el frotamiento, lo que retrasaría el funcionamiento del mecanismo hasta quedar fuera del margen de operación.

Esta degradación de las características del disco convencional puede no presentarse durante la corta duración de la prueba de vida, pero ocurrirá al cabo de pocos años de uso ordinario y entonces será imprescindible realizar un costoso mantenimiento.

Por el contrario, los resultados de prueba de vida en el disco H.P.5 de ITT son más representativos del comportamiento real del disco, gracias a la ausencia de cualquier tipo de lubricante.

En efecto, sus características dependerán solamente del desgaste de las partes móviles y de los cojinetes.

Después de  $2,1 \times 10^6$  operaciones en la prueba de vida, que representa mucha más duración que el tiempo real de utilización esperado, el desgaste obtenido ha

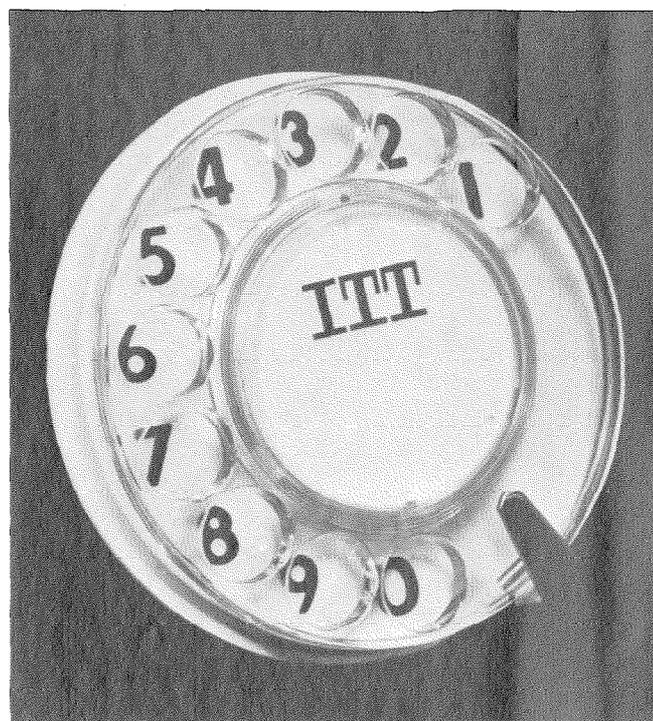


Fig. 1 Vista frontal del disco telefónico HP 5.

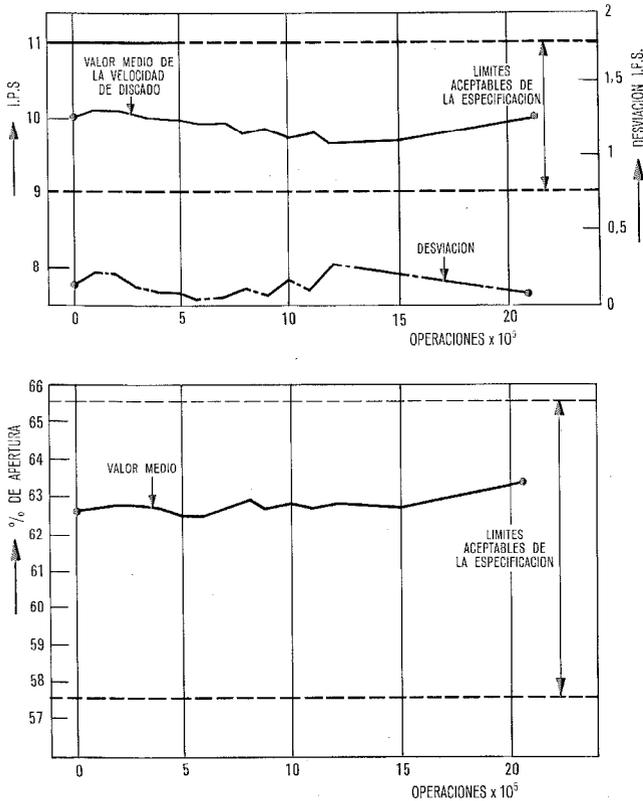


Fig. 2 Pruebas de vida del disco HP 5.

originado cambios de poca significación en las características.

### Diseño mecánico del disco H. P. 5

La filosofía en que debe basarse un diseño de alta calidad es la sencillez.

Se cumplió completamente el objetivo con un diseño que utilizaba dos piezas principales:

- placa posterior y
  - placa de numeración
- como soportes de los engranajes y el juego de resortes.

Estas dos placas moldeadas en policarbonato tienen en su interior los cojinetes para los engranajes móviles y las guías para su posicionado correcto. Una vez que los engranajes y los resortes están en su sitio, las dos placas se unen y se sueldan por ultrasonidos; entonces estas piezas quedan en posiciones correctas y libres para realizar su función (ver Figs. 3, 4 y 5).

La placa de numeración tiene también una ranura lateral en la cual se inserta el tope y se fija firmemente por una presión.

En la misma placa se ha previsto lo necesario para la inserción de los cuatro o seis resortes de contacto y cortocircuito, que se fijan en posición por la soldadura ultrasónica de la pieza posterior. Las cifras se moldean por inyección del plástico coloreado ABS en las cavidades previstas en la placa de numeración.

Una de las pocas piezas que no son de plástico en el disco es:

- la cazoleta del regulador hecho de latón, que se fija en su sitio durante el moldeo de la placa posterior.

Esencial para la buena calidad del disco es el diseño exacto de los engranajes, que se moldean totalmente con plásticos resistentes al rozamiento, de tal modo que pueden soportar condiciones ambientales muy severas, respecto a la humedad y temperatura, sin alteración de sus características mecánicas.

El plástico utilizado para el moldeo del engranaje es un co-polímero acetílico, compatible con el policarbonato usado para las dos placas soporte. La acertada elección de plásticos compatibles proporcionan baja fricción y larga vida a los engranajes y cojinetes, que no necesitan ninguna clase de lubricación.

Al hacerse más ligeras las partes móviles debido al uso de los plásticos se ha reducido su inercia, limitando el efecto sobre el engranaje de la transmisión de choques casuales durante el funcionamiento.

Se ha dedicado una atención especial a la elección del plástico y al diseño de los perfiles del engranaje para disminuir el ruido producido durante el funcionamiento del disco. El resultado ha sido un disco silencioso que puede compararse muy favorablemente con los discos mejor lubricados que existen, en lo relativo al ruido.

El regulador es de varillas y su acción de regulación durante el retroceso del disco es independiente de que

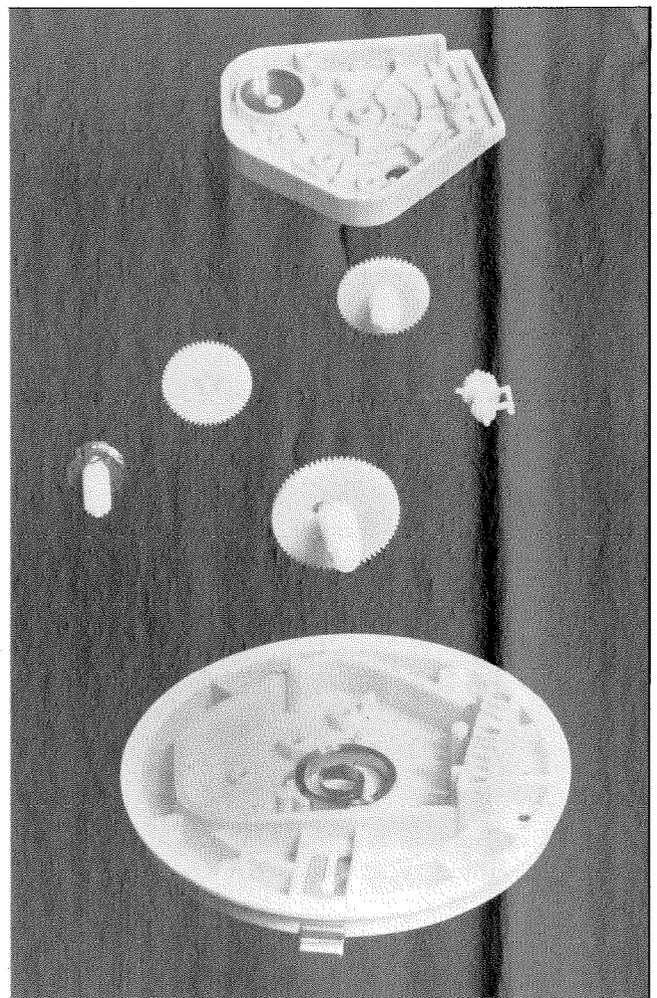


Fig. 3 Distintas piezas del disco HP 5.

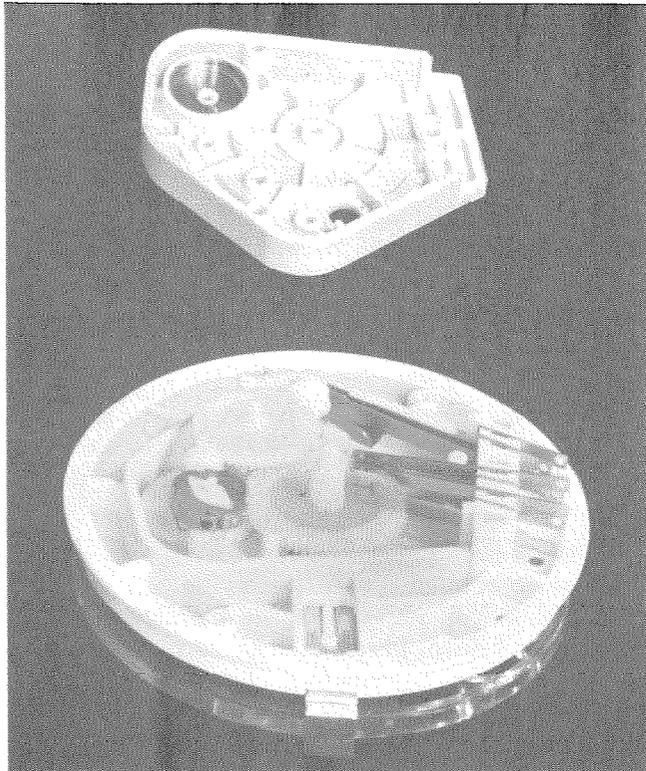


Fig. 4 Vista posterior del disco parcialmente ensamblado.

el par se aplique uniformemente o no por el resorte motor o, hasta ciertos límites, por un retroceso forzado. Aun refiriéndonos al retroceso forzado, el disco H.P.5 de ITT ha soportado con éxito una prueba utilizada por el sistema Bell, soportando sin romperse un par de 3,35 kp - cm.

Además de las dos placas soporte y del juego de engranajes, las restantes partes del disco son la rueda de marcar, los resortes motor, antagonista y de contacto.

La rueda de marcar está moldeada en "celidor" que es un plástico resistente a la fricción e irrompible, transparente y con aspecto agradable. Por tanto es muy pequeño el riesgo de necesidad de sustitución de esta parte del disco. La rueda de marcar presenta un orificio central dentado para el ensamble mediante su introducción en el extremo inferior del eje principal del engranaje, dentado del mismo modo para evitar cualquier juego una vez ensamblado. Es siempre posible separar las dos piezas por medio de una sencilla herramienta.

#### Resorte motor

El resorte motor está formado de una cinta de acero inoxidable y está fijo en un soporte moldeado en el interior de la placa de numeración. Durante el ensamble un nervio del engranaje principal se engancha al resorte por una acción de deslizamiento. Es posible entonces la carga del resorte girando simplemente el engranaje principal.

La carga del resorte motor se conserva en un valor que permite la fácil operación del disco. La fuerza máxima que el extremo del dedo tiene que aplicar en el orificio del disco para el envío del "cero" es menor que 100 gramos. Una vez ensamblado, el engranaje principal protege el resorte motor fijado en su soporte contra el polvo y suciedad.

#### Resorte de embrague

El resorte de embrague es de cinta de cobre-berilio montada en el eje de embrague de fricción, para absorber las posibles tensiones transmitidas durante el retroceso del disco (ver retroceso forzado).

#### Bloque de resortes

El bloque de resortes consta de los dos resortes para el envío de impulsos más los dos o cuatro resortes de cortocircuito. Todos están formados de alpaca y provistos de dobles contactos de plata-paladio soldados eléctricamente para dar la mayor fiabilidad durante la vida útil del disco. La fijación de estos resortes se realiza automáticamente por la acción de una presión una vez que se han insertado en las ranuras previstas para ellos en la placa de numeración. Cuando la placa posterior se junta y se suelda por medios ultrasónicos, los resortes quedan enclavados en su sitio, porque sobresalen algunas décimas de milímetro en el sentido del ancho del extremo de la ranura, acunándose en el área soldada de la placa posterior durante la soldadura. De este modo se consigue que las tensiones especificadas en los resortes, a causa de las posiciones relativas de sus ranuras, no se alteren durante las otras operaciones de ensamble.

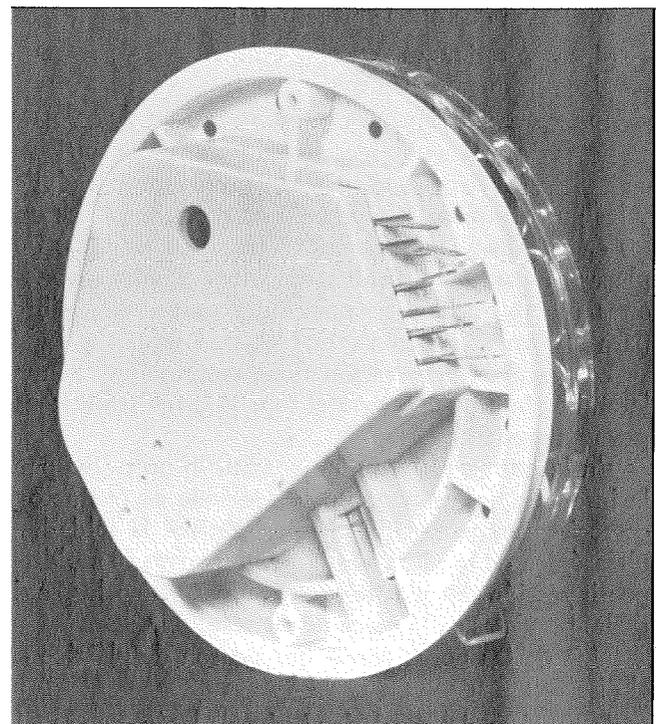


Fig. 5 Vista posterior del disco ensamblado.

**Regulación de las características del disco**

Un cambio controlado de la tensión inicial del resorte regulador permite, en cualquier etapa del ensamble, el ajuste de la velocidad del disco desde 10 o menos interrupciones por segundo hasta 20, para poder enfrentarse con las especificaciones de las diferentes centrales. Además puede elegirse antes del ensamble las relaciones de abierto a cerrado de 1,6/1 ó 2/1 por medio de una leva de impulsiones adecuada.

El disco H.P.5 de ITT es así apropiado para cualquier necesidad.

**Características electromecánicas del disco y pruebas de evaluación correspondientes**

Una de las principales razones que han conducido al éxito en la realización de este disco de gran calidad ha sido el conocimiento por los diseñadores de todas las pruebas de vida intensiva y otros programas de evaluación, lo que les ha permitido convertir esto en modificaciones para asegurar mejores resultados.

Se ha conseguido ahora un producto que no cambia sus características funcionales en un extenso margen de temperaturas, lo que difícilmente puede conseguirse con la misma fiabilidad por los discos convencionales con lubricación.

El disco H.P.5 de ITT funciona satisfactoriamente en condiciones ambiente desde -40 °C a 55 °C con humedad relativa entre el 50 % y 60 %. Con 90 % de humedad los límites de temperatura se reducen a 0 °C y + 40 °C.

Esto se ha conseguido gracias al empleo de plásticos compatibles para las dos placas que llevan los cojinetes, así como para los engranajes. Por consiguiente, la dilatación y la contracción debidas a la temperatura y la humedad son informes en las placas y los engranajes, de modo que el engranamiento de éstos se mantiene constante en un amplio margen de condiciones ambientales. Esto no ocurre con los discos convencionales sin lubricantes que emplean placas metálicas y engranajes de plástico, a causa de las características muy diferentes de estos dos materiales.

**Condiciones eléctricas**

La velocidad de los impulsos puede establecerse en 10 interrupciones por segundo con precisión de +0,5 o en 20 i.p.s. La relación de abierto a cerrado de los resortes puede ser 1,6 a 1 ó 2 a 1 con precisión del + 3 %. El intervalo de tiempo entre el cierre final de los contactos de impulsos y la posterior apertura de los contactos de derivación es de 15 milisegundos como mínimo, para evitar la falsa interpretación por la central de la apertura del shunt como un nuevo impulso.

La pausa entre dígitos, que es el intervalo entre dos trenes de impulsos consecutivos, es entre 200 y 250 milisegundos con respecto a las necesidades del mecanismo del disco y, agregando el tiempo medio que necesita el que marca, el total es mayor que 500 ms.

En algunas centrales lentas es necesario algunas veces largas pausas para una buena conexión.

**Condiciones de funcionamiento**

**Prueba de vida**

Las pruebas de vida proporcionan unos resultados muy alentadores. Las  $1,2 \times 10^6$  operaciones que exigen las especificaciones se han rebasado ampliamente. El 80% de los discos probados han sobrepasado las  $2,1 \times 10^6$  operaciones sin cambiar sensiblemente sus buenas características. La velocidad de discado queda dentro de los límites 9 a 11 i.p.s. (para las especificaciones del disco de 10 Hz). Lo mismo ocurre para la relación de impulsos, que permanece dentro de los límites de  $\pm 4$  %.

**Prueba de humedad**

El disco trabaja adecuadamente después de más de cinco ciclos de 48 horas de acuerdo con las normas Mil-STD 70. La norma especifica con una humedad relativa entre 90 % y 98 % una variación de temperatura de +65 °C a -7 °C con un gradiente especificado, en ciclos de 48 horas.

**Prueba de ruido**

Con respecto al nivel de ruido (red de ponderación C) el nivel medio obtenido con el disco de aparato telefónico H.P.5 de ITT es aproximadamente 2 dBspL medidos sofométricamente mejor que los discos convencionales, de tal modo que puede compararse este aspecto con los discos actuales que emplean engranajes metálicos lubricados.

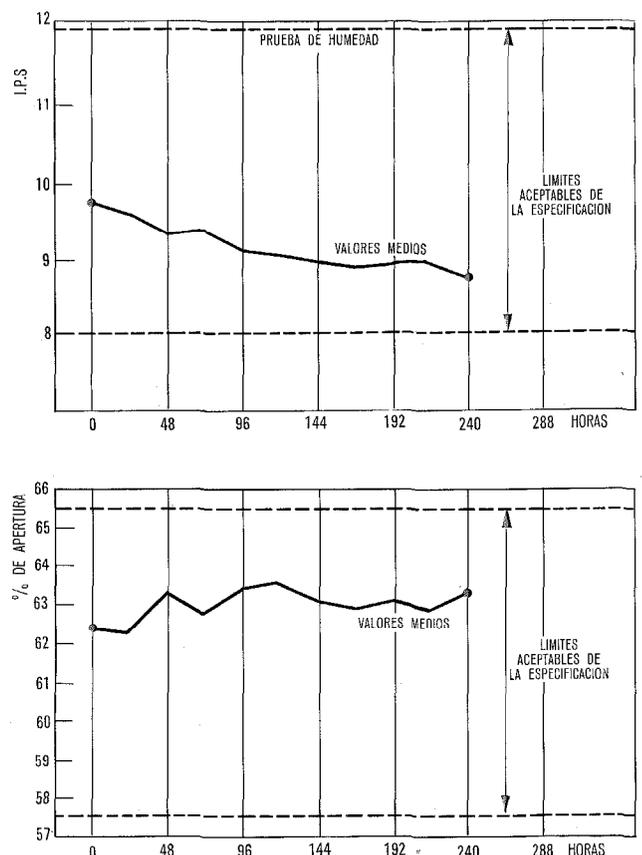


Fig. 6 Prueba de humedad.

### Prueba de golpes

El disco H.P. 5 de ITT, después de haberse montado en un dispositivo de igual peso que un aparato de abonado y dejado caer de una altura de 76 cm en un suelo de hormigón, no presenta alteraciones permanentes y funciona normalmente.

### Prueba de vibración

Después de un período de 30 minutos de haberle aplicado vibraciones (entre 10 y 55 Hz) en cada una de tres direcciones perpendiculares, no cambian las características, mostrando una gran resistencia a las sacudidas mecánicas violentas.

### Conclusiones

Después de la evaluación indicada de las características, como prueba de vida, envejecimiento acelerado y pruebas de choque, puede verse que se han cumplido los muy ambiciosos objetivos propuestos en las especificaciones para el disco H. P. 5 de ITT. Son:

- Fabricación casi exclusivamente con plásticos modernos de características mecánicas sobresalientes.
- No necesidad de tornillos para el ensamble, que se realiza por una acción de presión y soldadura ultrasónica.
- No necesita lubricantes y, por tanto, alcanza una larga vida de servicio sin averías.
- No necesita conservación ni ajuste a lo largo de su vida útil.
- Está protegido contra la entrada de suciedad, polvo, etc.
- Se ensambla muy fácilmente, lo que garantiza un producto siempre de elevada calidad.

**Carlo Ciborra** nació en Milán, Italia en 1940.

Recibió el grado de ingeniero electricista en la universidad Politécnica de Milan en 1965 y poco después ingresó en FACE Standard en el laboratorio de comunicación de audio.

Durante 1967 y 1968 trabajó en Standard Telecommunication Laboratories, Harlow, principalmente en diseño y evaluación de altavoces para teléfonos.

Ahora es responsable de la línea de aparatos (MAC-1300) en los laboratorios de FACE.

## Nuevos libros

### Telecommunications Pocker Book

T. L. Squires, editor de "Electrical Communication", ha editado recientemente esta introducción al momento presente de la técnica de telecomunicación. El libro contiene doce capítulos que dan una idea clara de los aspectos principales de las telecomunicaciones, aunque no con detalle. El libro puede interesar a los ingenieros y técnicos de telecomunicación, estudiantes y demás lectores que quieren ampliar sus conocimientos.

Los capítulos han sido editados en colaboración con ingenieros superiores de STC, expertos en el campo de las telecomunicaciones. El libro contiene los capítulos siguientes.

1. Comunicaciones en el mundo moderno — Introducción
2. Técnicas de conmutación telefónica
3. Conmutación de mensajes de teleimpresores
4. Equipo telefónico moderno
5. Sistemas de áreas locales y líneas de enlace
6. Sistemas de cable submarino
7. Radioenlaces
8. Comunicaciones espaciales
9. Transmisión de datos
10. Técnicas fototelegráficas de facsimil y telegrafía
11. Comunicaciones ópticas
12. "Picture Phone" (videófono) y otros dispositivos especiales.

El libro mide 19 por 13 centímetros y contiene 140 páginas incluidas las 4 del índice. Está publicado por Newnes-Butterworths, con el precio de 24 chelines (£ 3).

# Modernas tendencias en la fabricación de cables de telecomunicación

D. C. ALEXANDER

International Telephone and Telegraph Corporation, Nueva York, USA

## Introducción

Frecuentemente quienes no están familiarizados con los cables consideran que su tecnología está estancada. En realidad, en la década última han tenido lugar varios cambios revolucionarios y para los próximos 10 años pueden esperarse otros tantos más.

El móvil principal de estos rápidos cambios del producto es el coste. En la red local alrededor del 40-45% del coste corresponde a la planta externa y aproximadamente la mitad de ésta es cable. Por consiguiente, la disminución del coste unitario contribuye considerablemente a reducir el coste total.

## El conductor

Tradicionalmente el conductor ha sido de cobre macizo recocido desnudo y durante muchos años se ha empleado en muchas partes del mundo el diámetro de 0,4 mm. Recientemente, los británicos y los japoneses han introducido el hilo de 0,32 mm en los casos en que son admisibles mayores resistencia y atenuación, obteniendo un ahorro de alrededor del 30% del coste en el cable.

Al mismo tiempo, más o menos, diversas administraciones empezaron a pensar en el aluminio como sustituto del cobre. Para tener las mismas características eléctricas con el aluminio debe emplearse una sección un 50% mayor, es decir 0,5 mm en lugar de 0,4 mm. En los Estados Unidos el "Bell System" está fabricando e instalando cables con aislamiento de plástico y conductor de aluminio de 1,1 y 0,8 mm y se están haciendo experiencias con el de 0,5 mm. En el Reino Unido se ha estado fabricando hilo de 0,5 mm para todos los cables de abonados de 100 pares y menos, y su uso se ampliará a cables de más pares en 1971. Se están realizando estudios y/o pruebas reales en varios otros países, tales como Alemania, España, Argentina, Japón, Canadá y Nueva Zelanda.

Australia ha aceptado el aluminio en los cables de papel y en 1970 el 15% de las necesidades de cable de papel fueron cubiertas con empleo del aluminio. Se espera que en 1972 Australia elegirá entre el aluminio y el cobre en base al coste del cable instalado únicamente.

## Aislamiento

El cable telefónico se ha aislado desde siempre con cinta de papel enrollada en espiral. En los primeros años de la década 1950/60 la Western Electric Co. de los EE.UU. desarrolló una técnica para aplicar la pasta directamente al conductor de cobre, obteniendo una considerable reducción de coste al emplear material del orden de 0,11 \$ por kg en lugar de papel de 0,90-1,00 \$ por kg, y también con un coste de aplicación

reducido. Sin embargo, el método exige para ser económico grandes series con alto volumen de producción, ya que sólo puede trabajarse a la vez conductor de un diámetro con una máquina de 60 hilos y el tiempo de preparación de la máquina es bastante largo.

Más recientemente, un procedimiento desarrollado por ITT para el aislamiento con papel, empleando una envoltura longitudinal con un adhesivo, permite conseguir un producto con mejores características que el papel en espiral. La envoltura longitudinal es más fácil de quitar, no se afloja y se adapta mejor al uso de conectores tipo B.

Pueden emplearse también papeles más económicos. Este método es mucho más flexible que el de la pasta y promete nuevas reducciones de coste, pues debe ser posible aislar y cablear pares o cuadretes simultáneamente en la misma máquina.

Al comenzar la década 1950/60 se introdujo el plástico extruido (polietileno) como aislante para cables de abonados y desde entonces cubre una parte cada vez mayor del mercado. En los EE.UU., con los métodos de fabricación de cables que se utilizan en la actualidad los cables con aislamiento de plástico son más baratos que los de papel por debajo de los 1800 pares, aproximadamente.

Con objeto de reducir aún más los costes, algunas administraciones como el Japón y el Reino Unido han reemplazado el aislamiento de polietileno por polietileno celular que contiene hasta un 30% de gas en los intersticios del polietileno. Esto disminuye también el coste del aislamiento y, debido a la constante dieléctrica más baja, permite un aislamiento de menor espesor para las mismas propiedades eléctricas. Así se reduce igualmente el coste del blindaje y de la cubierta. En los primeros diez años otros plásticos tales como el polipropileno pueden reemplazar al polietileno.

El principal incentivo para la introducción del plástico fué la reducción de coste de las cubiertas que permite el aislamiento con plástico. La humedad afecta a este tipo de aislamiento mucho menos que al papel higroscópico. Esto se discute con más detalle a continuación.

## Revestimiento

Los sistemas de revestimiento tienen dos misiones, el blindaje eléctrico y la eliminación de la humedad. El aislamiento de papel se forraba con una cubierta de tubo de plomo muy cara que cumplía ambos fines. Es obvio que el aislamiento de papel debe conservarse seco para cumplir su misión. El aislamiento de plástico permite la entrada de una cierta cantidad de humedad sin peligro, si bien disminuye el rendimiento por haber mayor atenuación. Con conductores de aluminio debe eliminarse la humedad totalmente o la corrosión llega

a ser importante. Con aislamiento celular el efecto de la humedad es mucho más importante que con plástico macizo.

Con el empleo de la pasta, Western Electric Co. introdujo un nuevo tipo de cubierta (Stalpeth) que consistía en una cinta sintética enrollada que proporcionaba una barrera contra el calor, una cinta longitudinal ondulada de aluminio, una cinta longitudinal ondulada de acero cerrada herméticamente por soldadura en la junta y una cubierta exterior de plástico. Resultaba todavía muy cara.

Para los cables de plástico se consideró que era satisfactorio emplear una cinta (normalmente ondulada para tener flexibilidad) delgada longitudinal de aluminio como blindaje y una cubierta exterior de plástico, lo que resultaba mucho menos caro que el plomo o el Stalpeth. Esta constitución, aplicada a los cables aislados con papel, deja pasar la suficiente humedad a través de la cubierta de polietileno para que la vida del cable sea sólo de 10 a 15 años en las condiciones ideales para cable enterrado o subterráneo.

Muy recientemente se ha sustituido con gran éxito la cubierta de plomo colocando una barrera contra la humedad constituida por una delgada capa de polietileno laminado sobre una banda de aluminio de 0,1 a 0,2 mm de espesor enrollada en sentido longitudinal sobre el núcleo conductor, cerrada por calor en el solape y revestida de una cubierta de polietileno. Si se hubiera dispuesto de esta cubierta en 1955, es probable que hubiera sido mucho menor la variación que han sufrido los cables aislados con plástico. Actualmente, esta cubierta está aceptada sobre papel en el Reino Unido, Argentina y Australia y otras muchas administraciones están realizando pruebas.

#### Impermeabilización contra el agua

Se ha aplicado gas a presión al interior de los cables y todavía es éste el único medio eficaz de obtener buen aislamiento con papel. El plástico no llevaba

presurización pero los problemas de los cables existentes y la introducción del aluminio y del plástico celular exigen una protección contra el agua. Se han ensayado varias técnicas de impermeabilización longitudinal contra el agua, como diques a intervalos periódicos, poliuretano celular vertido y hecho espuma en el interior, polvo seco que aumentaría de volumen si se humedeciese y relleno total de petrolato.

El petrolato o sus variantes están siendo ahora aceptados en todo el mundo; no es caro, se aplica fácilmente y tiene excelentes propiedades eléctricas. Sin embargo, es molesto de usar y en determinadas condiciones provoca una degradación del aislamiento de polietileno. Es importante que sean compatibles el compuesto aislante de relleno y el polietileno empleados. Hay varias combinaciones compatibles. No obstante, la posibilidad de incompatibilidad provocará probablemente el cambio al polipropileno, que parece ser mucho más compatibles.

Se ha dado una breve descripción de algunas características de los nuevos cables de telecomunicación. En una serie de artículos que se publicarán en Comunicaciones Eléctricas en 1971 se describirán con más detalle algunos de ellos.

D. C. Alexander se licenció en Ingeniería Eléctrica por el Worcester Polytechnic Institute en 1943 y asistió a cursos de graduados en el Worcester Polytechnic Institute, Massachusetts Institute of Technology y la Universidad de Princeton.

Desde 1947 trabajó en cables como asesor y después como ingeniero jefe en la Surprenant Mfg. Co., que ITT adquirió en 1961. Con ITT fué jefe de ingeniería de la División de Hilos y Cables hasta que se hizo cargo de su puesto actual como adjunto al director técnico para Cables en la sede central de ITT en Nueva York.

Anteriormente fué profesor adjunto de Ingeniería Eléctrica en el Worcester Polytechnic Institute y asesor de la Radio Broadcasting Industry.

El Sr. Alexander sirvió en la U. S. Naval Reserve en submarinos y en 1955 renunció a su grado de capitán de corbeta.

Ha escrito numerosas comunicaciones técnicas y posee varias patentes de los EE.UU. y otros países.

# Conductores de aluminio para cables telefónicos con aislamiento de politeno

Comparación de los cables telefónicos de aluminio con aislamiento de espuma de plástico y el normal de cobre desde diferentes puntos de vista, y descripción de algunos aspectos del diseño y fabricación.

D. K. SMITH

K. I. KINCAID

Standard Telephones and Cables Limited, Londres

Durante los últimos cinco años el British Post Office ha cambiado gradualmente sus demandas de cable telefónico de distribución pasando de los cables con conductores de cobre y aislamiento de politeno sólido a cables con conductores de cobre y de aluminio y aislamiento de politeno celular. Con sus claras ventajas de bajo peso y relativa estabilidad de coste, el aluminio extenderá probablemente sus aplicaciones a costa del cobre y en un futuro próximo la parte de la red de líneas de abonado que se prolonga más allá de las cajas de distribución (cables de 100 pares y menos) se instalará empleando cada vez más cables con conductores de aluminio.

En la actualidad, aproximadamente el 80% del cable de distribución con aislamiento de politeno celular que fabrica la División de Cables Telefónicos bajo Plástico de Newport lleva conductores de aluminio.

## Diseño de los cables

Los cables se diseñan y fabrican de acuerdo con las exigencias de la especificación CW 218 del Post Office Telecommunications Headquarters. En un principio, esta especificación se refería a cables con conductores de aluminio de 0,5, 0,6, 0,8 y 1,0 mm de diámetro. Sin embargo, una posterior racionalización ha dado lugar a la especificación actual, que se refiere sólo a los conductores de 0,5 mm (aproximadamente 24 A.W.G.) y 0,8 mm (aproximadamente 20 A.W.G.), y es probable que las demandas principales sean para los cables con conductores de 0,5 mm.

Los conductores están aislados con politeno celular con un grosor y un porcentaje de contenido de aire del

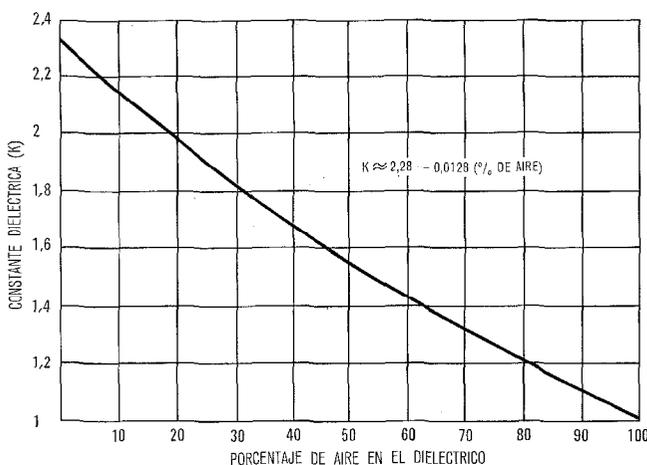


Fig. 1 Relación entre la constante dieléctrica y el porcentaje de aire contenido en el dieléctrico para el caso del politeno.

dieléctrico tales que se satisfacen los máximos valores especificados de diámetros de los cables y capacidades mutuas (ver Fig. 1).

Los conductores aislados se entrelazan para formar pares y los pares de conductores aislados se reúnen en disposición concéntrica. Los espacios intersticiales del cable, que normalmente están llenos de aire, se rellenan con un petrolato refinado especialmente. Las ventajas en cuanto a fiabilidad del sistema de llenar los intersticios del cable con una sustancia impermeable al agua son evidentes y aplicables a los cables de cobre y de aluminio. Sin embargo, en el caso de los conductores de aluminio, el empleo de este método proporciona la ventaja adicional de proteger el cable contra la corrosión del aluminio por entrada de agua (suponiendo que se emplean métodos de empalme apropiados).

Los cables se forman con cinta de papel y se recubren totalmente con politeno negro. La infiltración de petrolato a través de las cintas de papel, impregnando éste y llenando el hueco entre el mismo y la cubierta exterior, garantiza que el cable será muy resistente a la penetración del agua y hermético a la propagación longitudinal del agua por el mismo en caso de perforación de la cubierta.

## Características especificadas de los conductores

Los conductores están constituidos por aluminio puro de calidad eléctrica con una conductividad nominal del 61% con relación al cobre. Las características mecánicas de los conductores vienen definidas por las condiciones siguientes:

### a) Resistencia a la tracción

Resistencia mínima a la tracción del conductor desnudo 12,65 kg/mm<sup>2</sup>.

Resistencia máxima a la tracción del conductor desnudo 18,98 kg/mm<sup>2</sup>.

### b) Prueba de doblado alterno de 180°

Se dobla una muestra del conductor un ángulo de 90° sobre una pieza curvada de 1 mm de radio, como se indica en la figura 2, y no se cuenta esta operación para la prueba. Después se dobla hacia atrás y hacia adelante 180° hasta que se rompe y tampoco se tiene en cuenta la última vez que se dobla, en la que se rompe. Los conductores deben poder doblarse por lo menos 9 veces antes de romperse, a un ritmo no superior a 60 veces por minuto.

### c) Prueba de enrollamiento

Se enrolla una muestra del conductor alrededor de un hilo del mismo diámetro para formar una hélice

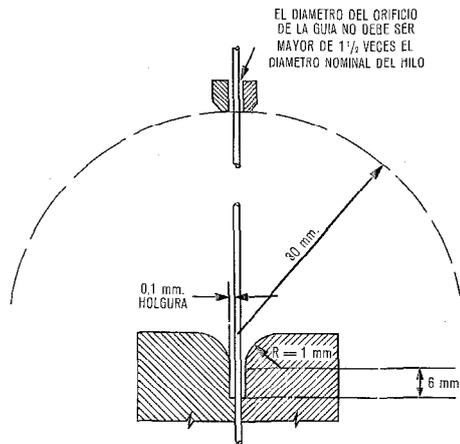


Fig. 2 Plantilla de prueba de doblado para conductores de aluminio.

apretada de 8 vueltas. Se desenrollan seis vueltas y se vuelven a enrollar en el mismo sentido, repitiéndose esta operación hasta la rotura. Cada enrollamiento y desenrollamiento de las seis vueltas cuenta como un ciclo. El conductor debe soportar por lo menos 3 ciclos sin romperse.

Los empalmes de los conductores se hacen empleando una técnica de soldadura por presión en frío.

**Características especificadas del cable (Tabla 1)**

Los cables de aluminio se han diseñado para dar una capacidad mayor que la especificada para los cables con conductores de cobre de 0,4 mm y 0,63 mm, a los que reemplazarán (capacidad media máxima 56 nanofaradios por kilómetro). Esta mayor capacidad es el valor óptimo calculado por el Post Office para obtener el mínimo coste de adquisición del material más ocupación de conducto. (Esta no es necesariamente la capacidad mútua óptima para la minimización de los costes de fabricación del cable, teniendo en cuenta en cada caso las características de transmisión del sistema que se exigen.) Así, los diámetros de los cables de distribución de aluminio que se fabrican actualmente no

son todo lo grandes que podría esperarse de los cables que reemplazan los de cobre anteriormente empleados (Tabla 2).

**Fabricación**

**Antecedentes**

Los problemas asociados a la fabricación de cables telefónicos con conductores de aluminio pertenecen a dos categorías:

- a) los que están relacionados directamente con los objetivos de la especificación;
- b) los que resultan de las propiedades físicas propias del aluminio y su preparación inicial.

Gran parte del trabajo primitivo de desarrollo estuvo relacionado con la preparación de una especificación que fuera un compromiso entre el objetivo ideal del British Post Office y lo que podía realizarse en la práctica sobre una base comercial. En principio, se requería un conductor con una conductividad del 60% y con el que, sin embargo, pudiera trabajarse de forma muy parecida al cobre. Los primeros trabajos tendían así a la obtención de un conductor en dos tamaños (0,6 mm y 0,8 mm) con una resistencia a la tracción dentro del margen 12,65 kg/mm<sup>2</sup> y 16,87 kg/mm<sup>2</sup> y un alargamiento del 5% aproximadamente. La condición del alargamiento, que era entonces necesaria a causa de la técnica de empalme utilizada (trenzado de los conductores), significaba que había que utilizar en el proceso alguna forma de tratamiento térmico. La instalación de producción de que se disponía en Newport para este tipo de cable era una línea de trefilado y extrusión en serie y, por consiguiente, cualquier tratamiento térmico del hilo de aluminio debía ser por recocido en línea. Los primeros trabajos experimentales revelaron que, aunque era posible el recocido por corriente eléctrica del hilo de aluminio, no era sencillo alcanzar un grado satisfactorio de control durante un período de tiempo prolongado. El problema principal consistía en mantener buen contacto eléctrico entre el hilo y las poleas del recocedor. El

Tabla 1 - Características del cable de distribución de aluminio.

Diámetro nominal del conductor	Resistencia máxima media del conductor a 20 °C	Diámetro nominal del conductor aislado	Capacidad mútua media máxima entre pares	Desequilibrio máximo de capacidad de par a par	Resistencia mínima de aislamiento de cada conductor a 500 V c. c.
0,5 mm	150 Ω/km	0,8 mm	69 nF/km	275 pF en 500 m	1600 MΩ × km
0,8 mm	58 Ω/km	1,2 mm	69 nF/km	275 pF en 500 m	1600 MΩ × km

Tabla 2 - Comparación de diámetros de los cables de distribución de cobre y aluminio - diámetros especificados máximos de los cables.

Número de pares del cable	Diámetros especificados máximos de los cables			
	0,5 mm (24 AWG) de aluminio, 150 Ω/km de resistencia media máxima	0,4 mm (26 AWG) de cobre, 143 Ω/km de resistencia media máxima	0,8 mm (20 AWG) de aluminio, 58 Ω/km de resistencia media máxima	0,63 mm (22 AWG) de cobre, 58 Ω/km de resistencia media máxima
10	8,5 mm	8,2 mm	11,7 mm	11,2 mm
50	14,6 mm	13,9 mm	20,9 mm	19,8 mm
100	19,3 mm	18,3 mm	27,8 mm	26,6 mm

depósito de óxido de aluminio daba lugar a la formación de arco y éste, junto con la presencia del óxido, provocaba un desgaste excesivo de las poleas.

Se hicieron pruebas de trefilado y recocido con hilos de entrada de 2,4 mm, estirados en frío y recocidos. En la figura 3 se muestra la relación entre la resistencia a la tracción y el porcentaje de alargamiento alcanzados en condiciones diferentes con el recocedor continuo.

Se hicieron algunos cables, principalmente de 30 y 50 pares, con conductores recocidos y, aunque se obtuvieron alargamientos de hasta el 5 %, no fué posible controlar el proceso lo bastante bien para conseguir un producto uniforme. En la figura 4 puede verse la variación de valores obtenidos para la resistencia a la tracción.

Debido en parte a la incapacidad de la mayoría de los fabricantes para obtener un producto uniforme y en parte a la dificultad de establecer una prueba significativa de la idoneidad del conductor, el British Post Office volvió su atención al empleo de conectores tipo "B", que actúan penetrando en los conductores sin retorcerlos ni doblarlos. Este cambio eliminó la necesidad de un alargamiento mínimo del 5 % y se corrigió la especificación para admitir conductores estirados en frío con una resistencia a la tracción y una flexibilidad como se ha indicado anteriormente. Se hizo entonces necesaria una nueva investigación para determinar el diámetro y el temple correctos del hilo de entrada para obtener el producto final correcto. Se decidió finalmente emplear hilo recocido completamente, de clase "0", con diversos diámetros de entrada para diferentes diámetros del hilo acabado. Los diámetros que se emplean ahora son 2,1 mm para los conductores de 0,8 mm, y 1,78 mm para los de 0,5 mm.

Se eliminó de esta manera el problema de recocer continuamente el aluminio y se redujeron los proble-

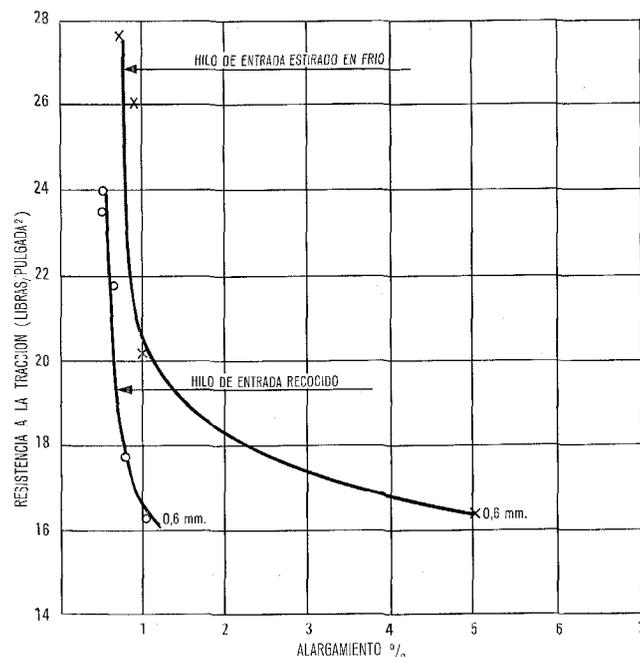


Fig. 3 Variación de la resistencia a la tracción con el alargamiento.

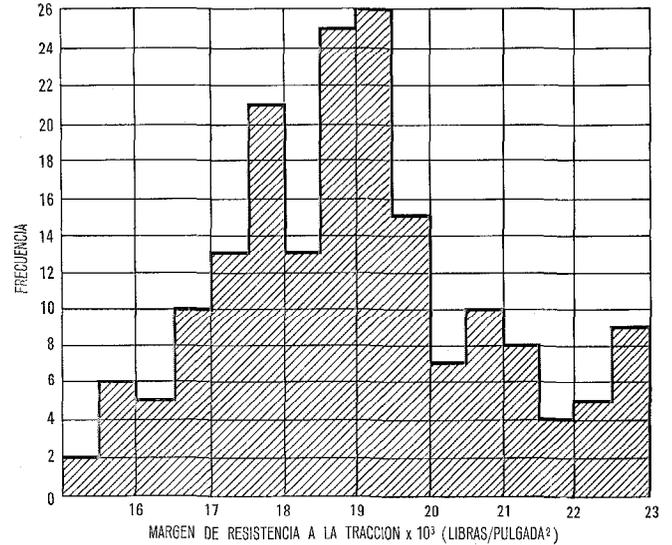


Fig. 4 Distribución de los valores de resistencia a la tracción obtenidos después de recocido por corriente eléctrica, para un cable de 15 pares de 0,6 mm.

mas de fabricación a cuestiones de tensiones de las máquinas, técnicas de empalmes y calidad del hilo de entrada.

Técnica actual

Los cables con conductores de aluminio se fabrican ahora con el mismo tipo de equipo empleado para conductores de cobre. Los únicos cambios que se han hecho a causa del aluminio son el cambio de lubricantes para estirado del hilo y diversas modificaciones para reducir tensiones en la línea del hilo.

El trefilado y el aislamiento se realizan en serie en una línea proyectada por STC que se muestra en la figura 5 y se describe con detalle en otro artículo [1]. Se utilizan hileras de diamante normales con una reducción de tamaño normalizada del 26 % B & S y con el lubricante cambiado por un líquido patentado. No hay restricción alguna de velocidad en el estirado del aluminio, pudiendo alcanzarse velocidades de hasta 1500 m/min. con conductores de 0,5 mm. El desgaste de la hilera en función del peso del material tratado es similar al que se tiene con el cobre, pero debido a la baja densidad relativa del aluminio el resultado final es que se puede estirar una longitud de conductores de aluminio más de 3 veces superior para un desgaste determinado.

Con el aluminio X, más delicado, fué necesario introducir modificaciones en el troquel de extrusión para reducir la tensión.

El apareo de conductores aislados tiene lugar en torcedoras de alta velocidad verticales. Se hicieron también modificaciones en los dispositivos tensores para permitir una reducción en las tensiones de suministro y recepción a 1 kg. Una vez hecho esto, se retorció el ánima a la máxima velocidad de la máquina de 980 rpm con doble torsión, es decir 1960 torsiones por minuto con un paso medio de 75 mm.

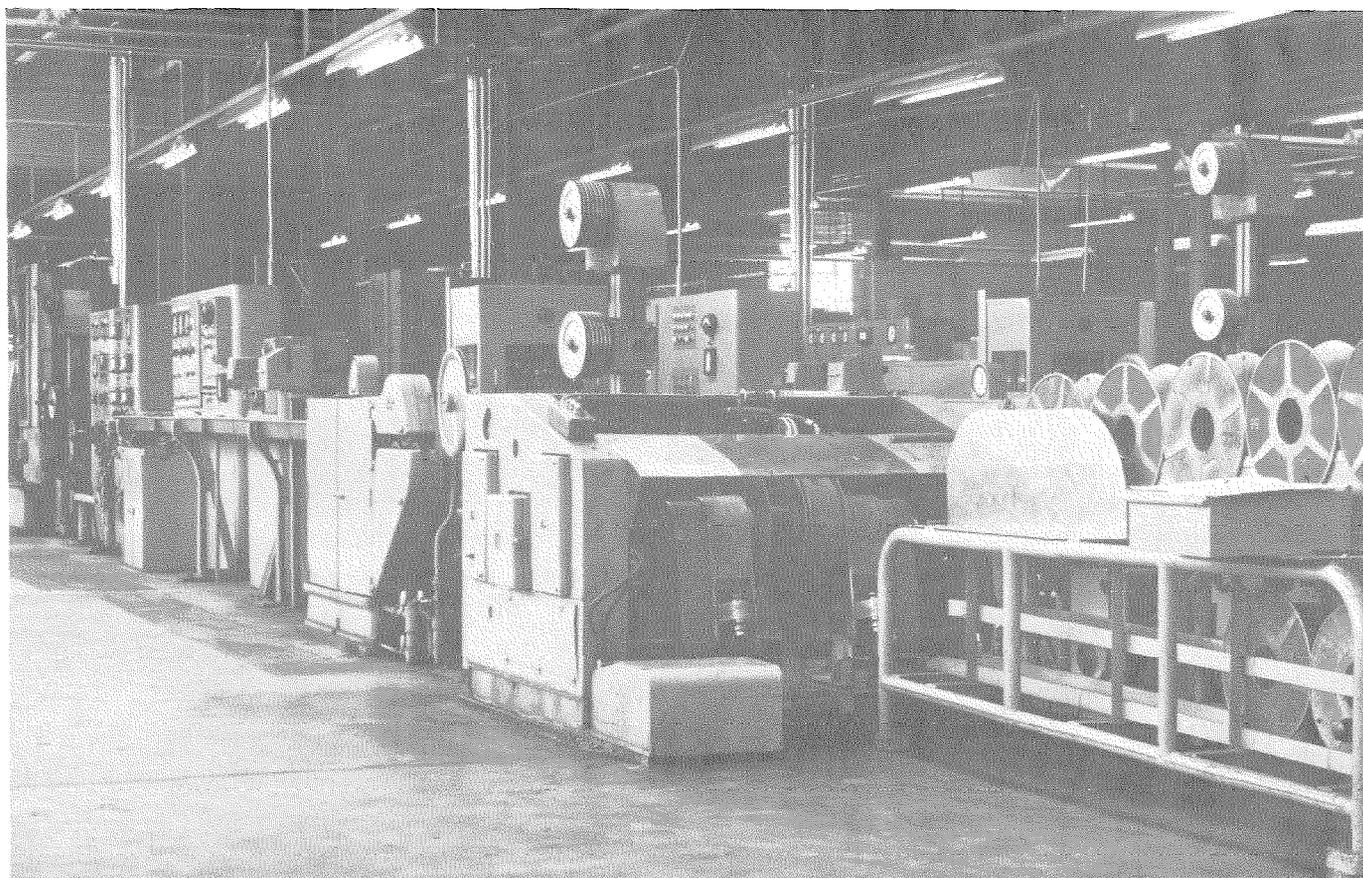


Fig. 5 Línea continua empleada para estirado y aislamiento de conductores de aluminio.

El cableado presentó un problema algo mayor, ya que el sistema de tensión de las bobinas suplidoras no era muy sensible. Como no era posible ajustar la tensión con la precisión deseada, la operación de cableado era más susceptible a la mala calidad del hilo (y a mediocres empalmes del conductor), es decir a una baja carga de rotura del hilo debida a imperfecciones superficiales o a contenido de partículas extrañas. Estos dos últimos puntos se discuten con más amplitud más adelante y por ahora basta decir que, cuando los operarios de la máquina se familiarizaron con el producto, el número de roturas del hilo se redujo hasta obtener los resultados que se indican en la tabla 3.

Tabla 3 - Comparación de roturas del hilo durante la operación de cableado.

Conductor	Total de hilos probados $\times$ longitud media	Nº de roturas	Porcentaje
Aluminio de 0,8 mm	14 356 $\times$ 5 000 m	124	0,9
Aluminio de 0,6 mm	4 412 $\times$ 6 000 m	67	1,5
Aluminio de 0,5 mm	4 998 $\times$ 9 000 m	159	3,2
Cobre (todos diámetros)	20 980 $\times$ 7 000 m	86	0,4

La operación de revestimiento no presentó problemas, siempre que se tomaran precauciones razonables para evitar el enganche del cable.

### Empalmes

El método de empalme que ha resultado ser el mejor en toda la fábrica es el de soldadura en frío por presión. Se utiliza para soldar el hilo de entrada (con recocido blando) a las líneas en serie y para unir los conductores estirados en frío durante las operaciones siguientes.

No se experimenta dificultad alguna, o muy poca, al empalmar el hilo recocido pero hay que tener cuidado al empalmar los conductores estirados en frío, ya que cualquier daño que sufra la superficie del conductor provoca una disminución de la carga de rotura. Esto significa que para alcanzar una calidad elevada deben hacerse verificaciones periódicas del equipo y del personal. Las matrices que sujetan el hilo mientras se hace el empalme sufren inspecciones periódicas y se exige a todos los operarios que hacen empalmes que presenten semanalmente al Departamento de Calidad empalmes para verificar su aptitud. La adopción de estas medidas ha permitido obtener un valor numérico de resistencia a la tensión del 80 % del metal base. Pueden hacerse empalmes con valores tan altos como el 90 al 95 % de los del metal base, pero sólo pueden conseguirse en condiciones ideales.

### Elección de la materia prima

El éxito o el fracaso en la fabricación de cables con conductores de aluminio depende en gran manera de

la calidad de la materia prima. En el Reino Unido, el fabricante que ha producido el material de la mejor calidad es el que ha gastado tiempo y energías en la obtención de un material específicamente destinado a la fabricación de cables telefónicos. Otros suministradores han ofrecido materiales normalizados que se emplean con otros fines y no se estiran generalmente hasta 0,8 y 0,5 mm, lo que ha dado lugar a gran número de roturas del hilo en su elaboración, incluso tan prematuramente como en la operación de trefilado.

Hay dos aspectos implicados en la producción de hilo apropiado para cables telefónicos; uno puede denominarse el aspecto de elaboración, y el otro el metalúrgico.

a) Elaboración

La mayor parte de las roturas que ocurrieron al principio en las hileras de trefilado fueron atribuidas a inclusiones en el hilo debidas a impurezas de fusión. La fotografía de la figura 6 muestra la diferencia entre una rotura normal por tensión y otra provocada por impurezas en el hilo.

Para solucionar este problema los fabricantes desarrollaron la técnica de filtración en caliente del aluminio para obtener lingotes limpios. En las primeras fases de desarrollo se hacía el hilo a partir de varilla obtenida por laminado en caliente, fundición y laminación continua y extrusión. Desgraciadamente, cada uno de estos tipos procedía de suministradores diferentes que empleaban diferentes materias primas y así no era posible valorar los diversos métodos de obtención de varillas. Sin embargo, se cree que la varilla laminada en caliente es más propicia a tener imperfecciones superficiales debido a defectos de laminación que la varilla de fundición continua o de extrusión. De hecho, un suministrador que lamina varillas en caliente ha introducido una operación de rasurado, como proceso intermedio en el estirado de varillas, para la obtención de materia prima de hasta 1,78 y 2,1 mm. El hilo que ha dado mejor resultado en STC Newport se ha obtenido con varilla extruída y verdaderamente muy raras veces da lugar a roturas en el proceso de estirado de la línea serie.

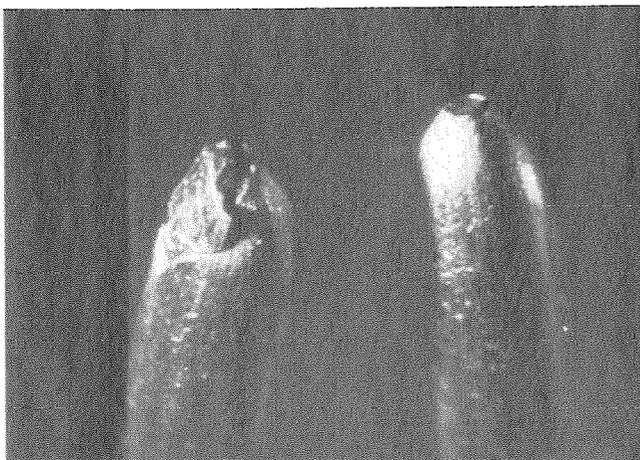


Fig. 6 Roturas en conductores de aluminio.

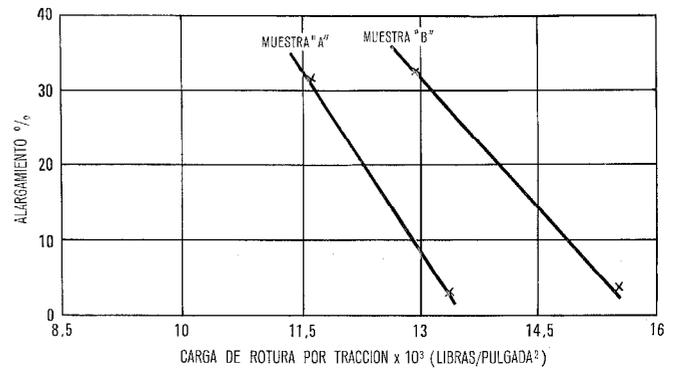


Fig. 7 Carga de rotura por tracción (x 10³ libras/pulgada²).

b) Aspecto metalúrgico

El aluminio normal para cables eléctricos que se especifica para cables telefónicos tiene un 99,5% de aluminio puro y el 0,5% restante contiene pequeñas cantidades de gran variedad de impurezas. El hierro y el silicio constituyen el mayor porcentaje de estas impurezas. Se cree que puede obtenerse una variación de las propiedades alterando deliberadamente los porcentajes de estos elementos, manteniéndose dentro de los límites de la especificación para aluminio puro. Debido a diferencias en el tratamiento térmico y en la composición puede haber cambios en la rapidez de endurecimiento por acritud y, por consiguiente, puede verse afectada la elaborabilidad del material.

Estas alteraciones son secretos celosamente guardados por los fabricantes de hilo. Sin embargo, se sabe que un fabricante ha cambiado su proceso para mejorar la elaborabilidad del hilo de 0,5 mm. Puede verse el cambio desde un punto de vista metalúrgico con el gráfico de la figura 7, en el que la muestra "B" corresponde al nuevo material. Desde el punto de vista de fabricación, el cambio ha dado lugar a una disminución del número de roturas del hilo durante las pruebas del 3,2% al 0,9%. No se ha cambiado el hilo de 0,8 mm y el nivel de roturas se ha mantenido en 0,9%, como el año anterior.

Aislamiento de politeno celular

Coincidiendo con el perfeccionamiento de los conductores de aluminio se desarrolló el aislamiento de politeno celular. Si bien este tipo de aislamiento se había utilizado durante muchos años como dieléctrico en los cables coaxiales, fué una innovación aplicarlo para aislamientos de tan pequeño espesor radial como los que requieren los cables telefónicos. Se empezó a trabajar antes de la introducción de los conductores de aluminio, pero en los dos últimos años han tenido lugar considerables adelantos en la obtención de materiales aislantes celulares con buenas propiedades de resistencia a la tensión y resistencia al aplastamiento y también con menos sensibilidad a los cambios de las condiciones de extrusión.

Las materias aislantes que dieron mejor resultado, con mejores estructura celular y acabado superficial,

## Conductores de aluminio

fueron las que tenían una densidad ligeramente mayor que la normalmente usada de 0,918, alrededor de 0,925.

### Relleno con petrolato

El petrolato que se emplea para rellenar los cables y hacerlos impermeables al agua se inyecta en los mismos durante la operación de cableado. Se bombea el petrolato desde los barriles de origen a temperatura ambiente por medio de bombas neumáticas hasta cada placa de cableado de las máquinas cableadoras correspondientes. Se aplica así el material a cada capa de un cable de varias capas. En la figura 8 se muestra una estación de bombeo que se emplea para hacer llegar el petrolato a cierto número de máquinas cableadoras. En la figura 9 se muestra el sistema de aplicación al cable.

Empleando la técnica descrita, la División de Cables Telefónicos bajo Plástico de STC Newport ha fabricado bastante más de 300 millones de metros de cables de aluminio con relleno de petrolato.

### Desarrollo futuro

El efecto del relleno con petrolato de los cables de aislamiento celular es aumentar la capacidad mutua en un 12% ó 13%, aproximadamente. Parece, por tanto, evidente que pueden diseñarse cables aislados con politeno celular que utilicen conductores de aluminio que, sin rellenar, mantengan una baja capacidad en la zona de la red donde se encuentran las centrales, en la que la presión gaseosa proporciona protección contra la corrosión resultante de la entrada de humedad, y sin alcanzar un diámetro prohibitivo. La División de Cables Telefónicos bajo Plástico ha fabricado ya estos cables con conductores de aluminio de 0,5 mm, aislados con politeno celular y montados con máquinas de cabezales desmontables.

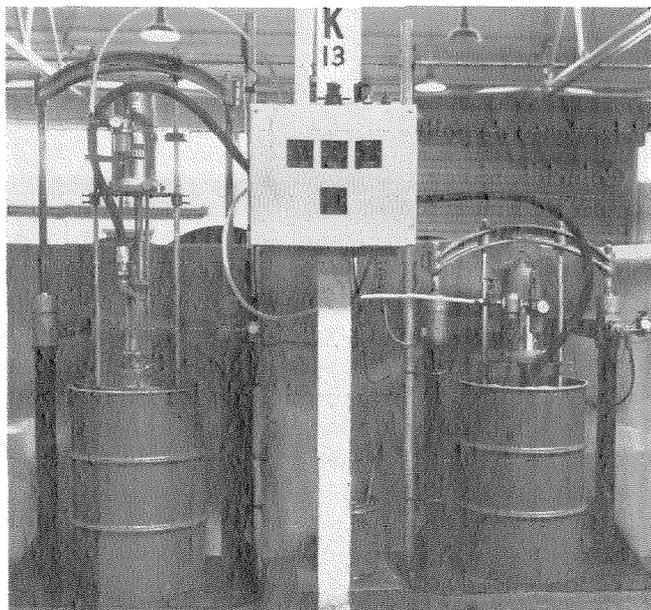


Fig. 8 Estación de bombeo de petrolato.

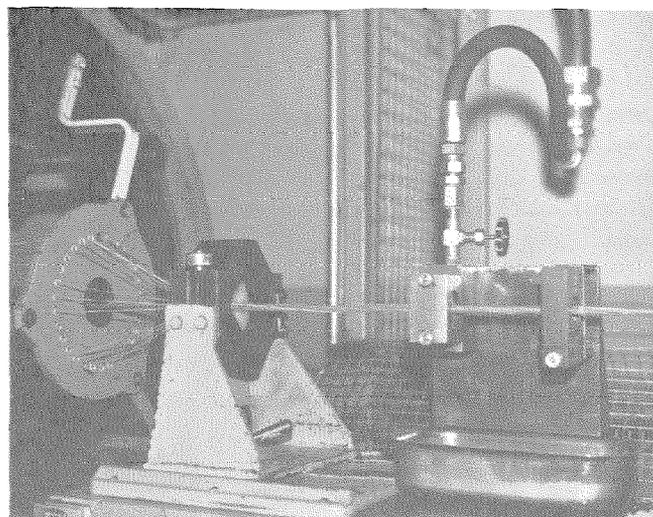


Fig. 9 Aplicación de petrolato en una cableadora.

Los cables ya montados se forran con cinta de papel y se blindan con una cinta de láminas pegadas de politeno y aluminio que se aplica longitudinalmente y se une a la cubierta exterior de politeno. El aislante de la humedad mejora la resistencia de la cubierta contra la entrada de humedad multiplicándola por factores de segundo y tercer orden. En unión de la presurización (suponiendo que se utilizan empalmes apropiados) este sistema de construcción del cable debe proporcionar protección adecuada contra la entrada de humedad y los consiguientes problemas de corrosión durante la vida prevista del cable. Para asegurar este extremo, los cables precisarán ser fabricados con una humedad interna inicial reducida. Se ha estimado que, para un cable de este tipo con diámetro exterior de 2,54 cm, aproximadamente, se necesitarían unos setenta años, en condiciones del 100% de humedad relativa externa y a 15 °C de temperatura ambiente, para elevar la humedad interna del cable de un 30% inicial a un valor del 40%. Trabajando con presurización continua por fluencia esta estimación podría ser conservadora.

La tabla 4 presenta una comparación entre las características y construcción de un cable de 400 pares de conductores de cobre de 0,4 mm con aislamiento de politeno sólido y otro de 400 pares de conductores de aluminio de 0,5 mm con aislamiento celular, fabricados por la División de Cables Telefónicos bajo Plástico de Newport (Fig. 10).

Al comparar los dos cables anteriores, que tienen características de transmisión virtualmente equivalentes, debe tenerse en cuenta que el cable de aluminio tiene exactamente el mismo diámetro total que el cable de cobre, pero pesa casi exactamente la mitad. Además, el coste del cable de aluminio será naturalmente mucho menor que el del cable de cobre.

Generalmente, si se quiere tener un cable de aluminio con la misma resistencia y capacidad e igual diámetro que un cable de pares de cobre aislado con politeno sólido, debe ser:

Tabla 4 - Comparación de un cable de 400 pares de cobre y otro de 400 pares de aluminio.

Tipo del cable	400 pares de cobre de 0,4 mm	400 pares de aluminio de 0,5 mm
Diámetro nominal de los conductores	0,4 mm	0,5 mm
Aislamiento	Politeno sólido	Politeno celular
Diámetro nominal de los conductores aislados	0,74 mm	0,74 mm
Resistencia media máxima de los conductores	143 Ω/km	150 Ω/km
Resistencia nominal media de los conductores	134 Ω/km	148 Ω/km
Capacidad mútua media máxima	54 nF/km	54 nF/km
Capacidad mútua nominal media	51,5 nF/km	51,5 nF/km
Envoltura del cable	Dos cintas de poliéster y dos de papel	Dos cintas de poliéster y dos de papel
Blindaje	Cinta de 0,15 mm de láminas de aluminio y politeno aplicada longitudinalmente	Cinta de 0,15 mm de láminas de aluminio y politeno aplicada longitudinalmente
Cubierta	Politeno unido al blindaje	Politeno unido al blindaje
Diámetro máximo del cable	35 mm	35 mm

- el diámetro del conductor de aluminio 1,27 veces el del conductor de cobre;
- el diámetro del conductor de aluminio aislado igual al del conductor de cobre aislado;

$$y \frac{Ea}{\log_{10} \frac{rc}{1,27} + 0,178} \approx \frac{2,28}{\log_{10} rc + 0,178}$$

donde  $Ea$  es la constante dieléctrica del aislamiento del conductor de aluminio y  $rc$  es el cociente del diámetro del conductor aislado por el diámetro del conductor para el cable de cobre. Considerando la capacidad nominal usual de 51,5 nF/km para el cable de cobre, en el que  $rc = 1,8$ , sale  $Ea = 1,75$ .

Puede obtenerse fácilmente esta constante dieléctrica empleando politeno celular y con un contenido de aire en el dieléctrico de cerca del 40% (véase la figura 1).

Pueden, pues, reemplazarse cables convencionales de cobre por cables de aluminio con aislamiento celular, sin aumentar el diámetro y con características similares, en la forma siguiente:

Conductores de cobre	Conductores de aluminio
0,4 mm	0,5 mm
0,5 mm	0,63 mm
0,63 mm	0,8 mm

Esto es aplicable también a otros dieléctricos aparte del politeno, tales, como el CPV, polipropileno, poliestireno, etc.

Considerando lo que cuesta el equipo de presurización, los cables de aluminio (aislados con politeno

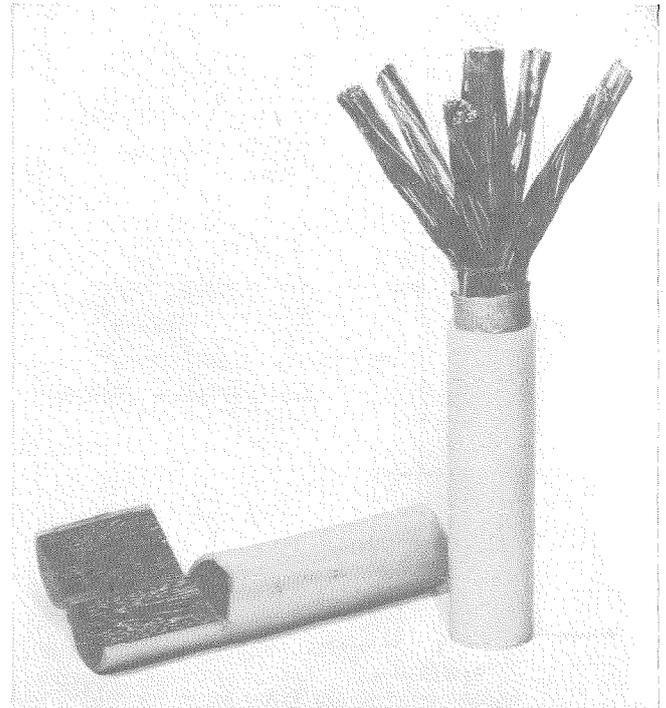


Fig. 10 Cable de 400 pares de hilo de aluminio de 0,5 mm para la zona próxima a la central.

celular y rellenos de petrolato) presentan también alicientes en la zona de centrales. Sin embargo, debe evidentemente aumentarse el diámetro si se quiere mantener la capacidad del cable en el valor actual, pero en general esto puede justificarse económicamente, especialmente en áreas de densidad reducida en que no tiene excesiva importancia la ocupación de los conductos y donde no hay medios de presurización.

### Otros problemas a considerar

Aunque la comparación anterior ofrece alicientes inmediatos hay en compensación varios problemas que plantea el empleo de conductores de aluminio.

### Empalmes

Pueden utilizarse conectores tipo B para empalmar hilos de aluminio de 0,5 mm. Sin embargo, el diseño general de empalmes del cable debe ser tal que la rapidez de crecimiento de la humedad dentro del empalme sea igual o menor que la del cable.

### Problemas de corrosión en las terminaciones

Persisten las conocidas dificultades de la corrosión y la termofluencia al hacer conexiones sobre reglétas de terminales. Este problema está siendo investigado, pero puede salvarse provisionalmente empleando cables de cobre en la terminación. Puede muy bien ser que la respuesta de este problema específico se encuentre en la elección y el empleo de una aleación de aluminio adecuada.

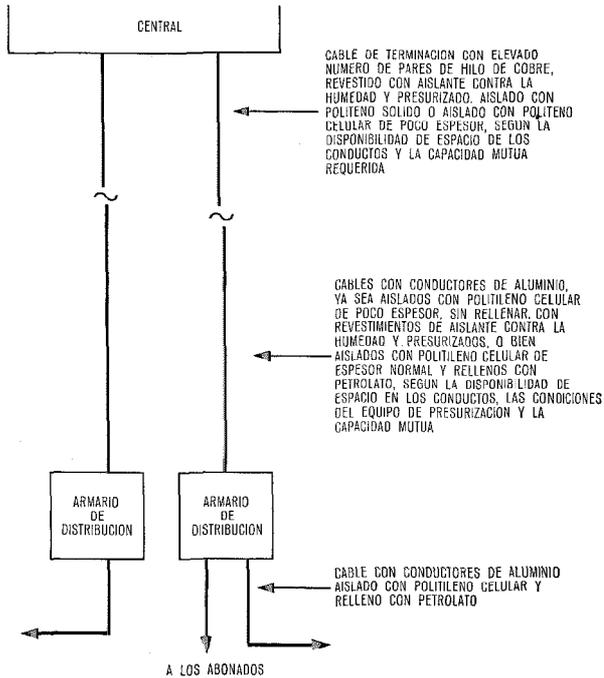


Fig. 11 Cables de aluminio en el área de una central.

**Propuesta de red telefónica de abonados de bajo coste con el empleo de cables con aislamiento de politeno**

En la figura 11 se muestra como puede realizarse una de estas redes.

**Conclusiones**

En el último lustro se han desarrollado continuamente técnicas de fabricación y aplicación de cables telefónicos de pequeño calibre con conductores de aluminio. En el Reino Unido se están fabricando y empleando ampliamente en la actualidad cables con conductores de aluminio de 0,5 mm de diámetro. Es probable que aumente sustancialmente en los próxi-

mos años la demanda de fabricación de estos cables y otros semejantes.

Para los cables de distribución de menor número de pares, que se emplean en la parte de los abonados de la red, parece que el futuro se encuentra en los cables de aislamiento celular rellenos de sustancias impermeables al agua. Para los cables mayores del área de las centrales pueden elegirse, teniendo en cuenta los factores técnico y económico, entre los de aislamiento celular rellenos y los de aislamiento celular sin rellenar protegidos contra la entrada del agua por un revestimiento complementario contra la humedad, junto con presurización.

Yendo aún más lejos, parece probable que puedan emplearse incluso conductores de aluminio (o de aleaciones apropiadas) más pequeños para la fabricación de cables telefónicos multipares, pero hay que perfeccionar las técnicas de manipulación y empalme para que puedan seguir este avance. Ya se han aislado en Newport conductores de aluminio de 0,32 mm de diámetro.

**Referencia**

[1] P. N. Delves-Broughton: Tandem wire drawing and insulation extrusion III, Electrical Communication, Vol. 39, Nº 3, 1964, págs. 435-443.

**Ken I. Kincaid** nació en Plymouth, Inglaterra, en 1940. Se graduó en la Universidad de Gales de Cardiff en 1962 e ingresó en la División de Cables Telefónicos de Plástico de STC, Newport, para trabajar en control de procesos. Abandonó la compañía en 1965 para incorporarse a A.E.I. Cables, trabajando en la especificación y puesta en servicio de instalaciones de fabricación de cables, y luego volvió a Newport en 1967 como jefe del Departamento de Diseño de Cables Telefónicos.

**David K. Smith** nació en Cardiff en 1936. Después de obtener el grado de B.Sc. en Física y Química hizo el curso de STC de un año para postgraduado en 1958. Al terminar este curso ingresó en la División de Cables Telefónicos de Plástico de Newport. Después de un breve período en el Departamento de Diseño de Cables lo dejó para trabajar como químico de la fábrica. En 1964 se dedicó más expresamente a la fabricación de cables al hacerse cargo del Departamento de Ingeniería de Procesos.

# Nota de investigación - Prevención del efecto corona en las terminaciones de cable subterráneo para alta tensión

J. S. VARRENG

Standard Telefon og Kabelfabrik, Noruega

Uno de los problemas de las terminaciones de cables subterráneos para alta tensión es evitar el efecto corona y los arcos entre la terminación del conductor y la cubierta del cable a tierra.

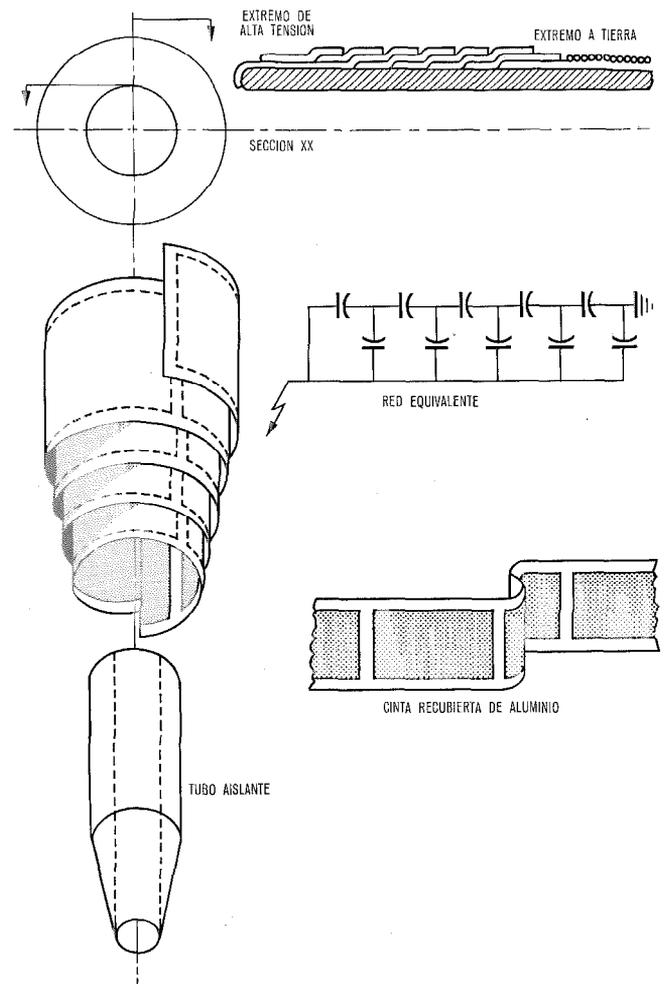
La práctica normal de terminación exige a menudo retirar la cubierta en una longitud considerable de conductor aislado, de forma que el extremo desnudo del conductor de cobre quede linealmente separado hasta 1 metro de la terminación de la cubierta. (La longitud desguarnecida exacta depende de muchos factores, tales como la tensión y el tipo de aislante utilizados). A pesar de esta separación puede todavía producirse el efecto corona debido a que el campo electrostático a lo largo del aislamiento no es lineal sino que tiene un gradiente de potencial más alto en unos pocos centímetros próximos a la terminación de la cubierta.

Si se conectan en serie una cadena de condensadores entre el extremo del conductor y la terminación de la cubierta, puede hacerse que el campo sea lineal y el peligro del efecto corona se reduce considerablemente. Este principio de los condensadores es muy conocido desde hace mucho tiempo y se utiliza con éxito en los cables enterrados de alta tensión, especialmente en cables cargados de aceite para tensiones máximas de 500 kilovoltios.

Sin embargo como los procedimientos prácticos para la aplicación de este principio han sido laboriosos y largos, Standard Telefon og Kabelfabrik ha investigado métodos más eficaces de aplicación. El resultado de esta investigación ha sido la obtención de una cinta continua de poliéster sobre la que se depositan rectángulos aislados de aluminio. La cinta con sus rectángulos de aluminio puede ser devanada helicoidalmente sobre un tubo de material aislante mediante un procedimiento mecánico. Los rectángulos de aluminio forman las placas de los condensadores y el tubo completo puede insertarse deslizándolo sobre el aislamiento del cable cuando se hace el empalme. Cuando se utiliza conos de protección contra la fatiga del material, método muy conocido de reducir el efecto de fatiga de potencial en las terminaciones del cable, los tubos de cinta helicoidal reducen considerablemente la longitud del trozo de cable desguarnecido, necesaria para la terminación,

consideración importante cuando debe aprovecharse el espacio ocupado.

STK va a comenzar los ensayos de producción con juegos de terminaciones de cable que serán facilitados con este fin.



Empleo de la cinta de poliéster con película de aluminio para evitar el efecto corona en terminaciones de cable de alta tensión. El terminal de alta tensión es una lámina de aluminio intercalada entre las dos últimas vueltas de la cinta. La cubierta se conecta a un arrollamiento de hilo de cobre que está devanada firmemente sobre otra capa de aluminio entre la primera vuelta de la cinta y el tubo.

## Nuevas Realizaciones

### Comunicaciones por fibra óptica — Un avance importante.

En cooperación con la Administración británica hemos desarrollado un laser de 0,5 mm de longitud, que produce a temperatura ambiente una salida continua de luz. El dispositivo, llamado laser de arseniuro de galio de doble estructura heterogénea\*, representa un paso vital hacia el desarrollo de un sistema práctico de transmisión por fibra óptica.

En la configuración de la doble estructura heterogénea, se ha intercalado una región activa p-AsGa entre capas de mayor capacidad de huecos de energía p y n de AsGaAl. Para mejorar los contactos se preparan superficies adicionales AsGa. Las portadoras se inyectan en una región muy estrecha (aproximadamente de 0,3 micras) lo que produce alta densidad con pequeña corriente. La ganancia óptica necesaria se obtiene así con poca corriente. Además, las capas de AsGaAl tienen un índice de refracción menor que los buenos recintos ópticos (guiaondas) y las pérdidas son menores.

El umbral de densidad de corriente es de 1000 amperios por centímetro cuadrado en funcionamiento con impulsos, aunque se eleva a 1600 amperios en continua, debido al calor que se produce. La corriente de funcionamiento de un laser típico es de 0,8 amperios y la salida óptica de potencia en los dispositivos experimentales de 10 milivatios.

Aunque la técnica se ha dedicado durante algún tiempo a construir lasers de estado sólido en tamaños pequeños necesarios para transmitir la luz por fibras capilares de vidrio, el problema ha consistido en hacer trabajar continuamente al laser a temperatura ambiente. El laborioso y voluminoso sistema de refrigeración necesario para conseguirlo era entonces un serio obstáculo.

El nuevo dispositivo no solamente evita esta dificultad, sino que debido a la pequeña densidad de corriente permite utilizar el cobre como disipador de calor en lugar de materiales más costosos de gran conductividad como el diamante utilizado en principio.

Se están realizando otros desarrollos más avanzados de estos láseres en paralelo con los de fibras de vidrio; particularmente con los procedimientos de inyección de la luz del laser en la fibra de vidrio y de reducción de pérdidas de luz en la fibra. Se ha realizado un considerable progreso en este último campo, lo cual es la clave para aumentar la distancia entre repetidores para que el sistema de comunicación pueda ser práctico.

Standard Telecommunication Laboratories, Reino Unido

\* Comunicaciones Eléctricas, Vol. 45, 1970, N° 3, Notas de investigación (2a), pág. 281.

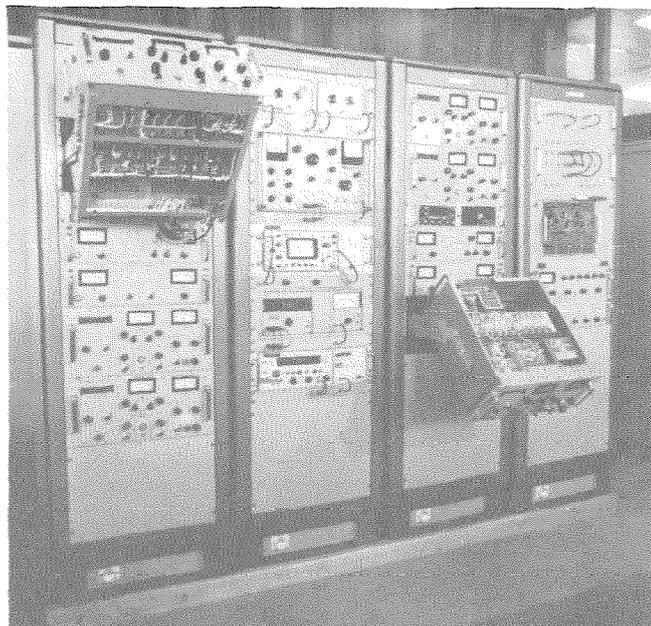
### Estación receptora de telemetría para Brasil.

La organización nacional francesa del espacio CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) ha solicitado de la Bell Telephone Mfg. Co. el más moderno equipo terreno para telemetría fabricado en Europa. El CNES instalará este sistema en Fortaleza (Brasil) para recogida de datos en las fases de lanzamiento y orbital de los vehículos espaciales franceses y europeos lanzados por Francia y por ELDO (European Launcher Development Organization) desde la "Base Espacial de Guayana" en Kourou.

La estación consta fundamentalmente de:

- receptores de telemetría, incluyendo sintonizadores RF, unidades enchufables con demoduladores no coherentes AF/FM/PM y coherentes PM, y también filtros de IF y video que pueden seleccionarse por conmutación;
- combinadores de predetección y postdetección;
- equipos de traslación de frecuencias;
- equipo multiplex de datos.

Los sintonizadores RF de bajo nivel de ruido cubren los márgenes de frecuencia de 136—138 MHz y 215—260 MHz, con microcontadores incorporados para la lectura sin ambigüedad de la frecuencia de señal que se reciba. Un aspecto fundamental de este sistema es el control de ganancia y anchura de banda para bloquear fuertes interferencias. Cumple sobradamente las condiciones de funcionamiento especificadas con la inclusión de un control automático de frecuencia muy sensible (AFC), un bucle de bloqueo automático de fase (PLL) de óptimo diseño, y un



Estación receptora de telemetría que será instalada en Fortaleza (Brasil).

dispositivo moderno de enclavamiento antibanda lateral; da las mejores características totales de umbral en el medio especificado.

El control automático de ganancia (CAG) lineal permite registrar exactamente la intensidad de la señal, y la característica de adaptación del CAG para la señal óptima puede combinarse con el funcionamiento en diversidad.

Esta es la última aportación a la línea de equipos ITT de seguimiento y comunicaciones para vehículos espaciales y satélites, la cual tiene ya receptores de seguimiento automático, receptores de seguimiento "doppler", interferómetros, sistemas de onda continua, modems de comunicaciones y demoduladores de extensión de umbral para aplicaciones militares y civiles.

Bell Telephone Manufacturing Company, Bélgica

### Sondas solares.

El lanzamiento de la sonda solar "Helios" está programado para mediados del año 1974, y una segunda sonda a mediados de 1975. Los satélites serán lanzados desde Cabo Kennedy por portadores "Atlas Centauro". Se colocarán en órbitas excéntricas a distancias que varían entre 37 y 150 millones de kilómetros del sol. Su tiempo de funcionamiento previsto es 18 meses. Estarán equipados con diez dispositivos experimentales para medir vientos solares, campos magnéticos y también la masa, energía, distribución y dirección de partículas en el sistema interplanetario.

La firma alemana Messerschmitt-Bölkow-Blohm es el suministrador principal del equipo para estas dos sondas, pero el desarrollo y suministro del equipo para el proceso de datos está a cargo de Standard Elektrik Lorenz (SEL). Este equipo procesará los datos científicos experimentales y los datos clave para almacenamiento y transmisión en tiempo real. Estará formado por dos codificadores PCM, una unidad de control, una memoria magnética de 500 kilobits de capacidad, y un decodificador de órdenes capaz para recibir desde tierra 256 órdenes.

También por contrato firmado con el Instituto de Astronomía Max-Planck de Lindau/Harz estamos desarrollando el equipo electrónico para el experimento "Detector de Electrones" que medirá la distribución de energía y dirección de electrones, protones y positrones.

Los contratos anteriores son continuación de nuestros trabajos para el AZUR, el DIAL y los satélites de comunicación de la serie Intelsat III.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana

**Bastidores de distribución de energía para plantas de equipos de transmisión.**

Debido al aumento de densidad de los circuitos de transmisión en las plantas de transmisión telefónica, han de tomarse nuevas medidas para descentralizar los equipos de energía y alarma.

La División de Transmisión de Standard Eléctrica, S. A., Madrid, ha diseñado dos tipos de bastidores de distribución de energía que satisfacen esta necesidad. Estos tipos son:

**1. Bastidor primario de distribución de energía**

Este equipo distribuye la energía desde un generador primario de 220 voltios c. a./48—24 voltios c. c. hasta un máximo de 14 bastidores secundarios de distribución de energía (de cabecera de fila).

Incorpora las facilidades siguientes:

- a) 22 fusibles de distribución de energía principal o auxiliar, cada uno con lámpara de alarma de fusible;
- b) 5 lámparas de alarma indicadoras de fallo de fusibles, alarmas atendida y de reposición, de generadores, y fallo de gas;
- c) 6 pulsadores para reposición de alarmas;
- d) equipo de medida (voltímetros);
- e) alarma acústica.

**2. Bastidor secundario de distribución de energía (cabecera de fila)**

Este equipo recoge la energía distribuída por el bastidor primario y la distribuye a través de un número máximo de 21 fusibles, alimentando cada uno cierto número de bastidores de transmisión.

Están previstas las siguientes facilidades:

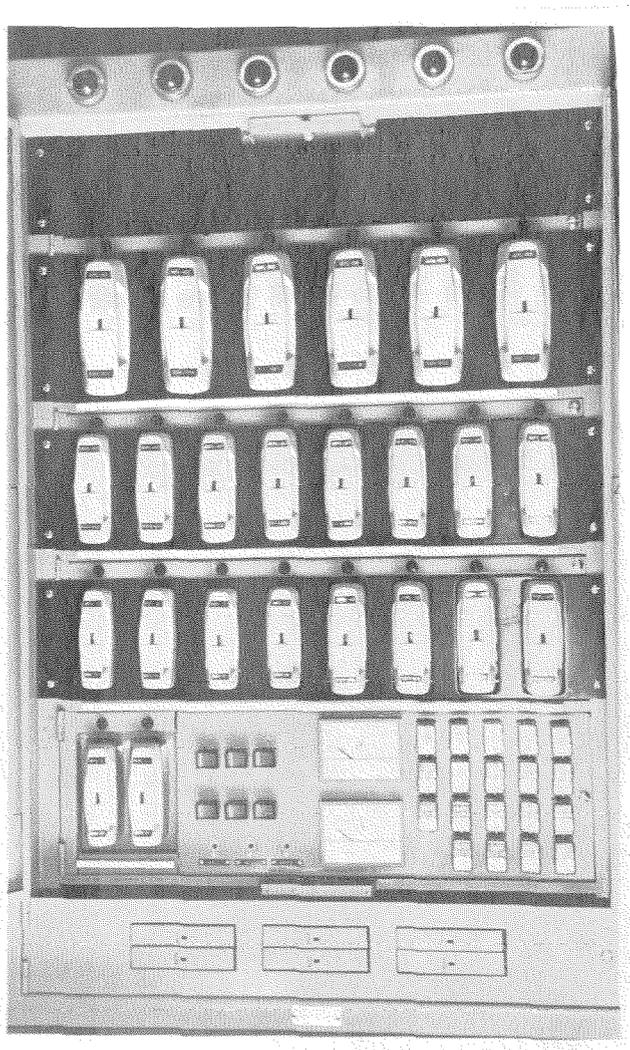


Fig. 1 Bastidor primario de distribución de energía.

- a) 53 fusibles (cada uno equipado con lámpara de alarma) para suministros de tensión de la red principal (generación independiente A y B), de alarmas auxiliares y misceláneos. Se han pre-

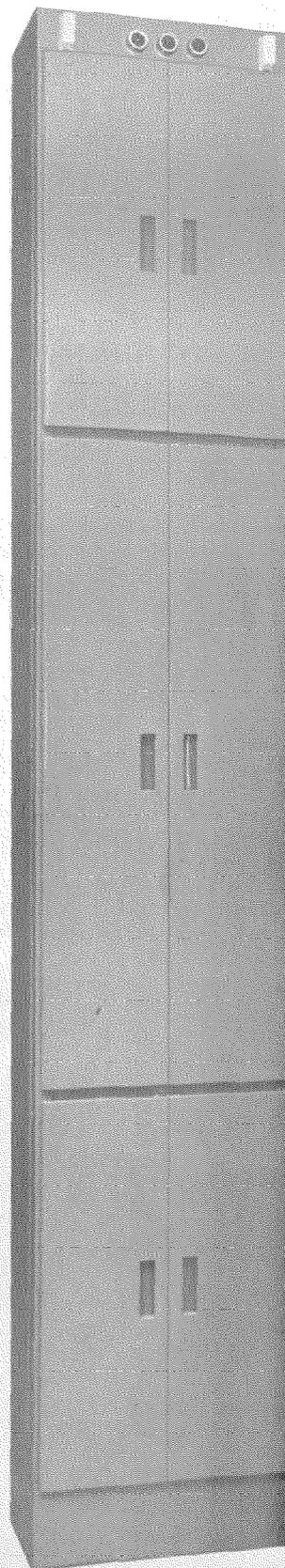


Fig. 2 Bastidor secundario de distribución de energía (cabecera de fila).

## Nuevas realizaciones

visto facilidades para aplicación simultánea de 220 voltios c. a./48—24 voltios c. c., 75 voltios para señal acústica y  $\pm 60$  voltios o  $\pm 80$  voltios para telegrafia ( $\pm TF 6$ );

b) 5 lámparas de alarma en la parte superior del bastidor para indicar:

- alarma de la mitad izquierda de la fila,
- alarma de la mitad derecha de la fila,
- fallo de fusible interior,
- alarmas atendidas y de reposición;

c) 4 botones de identificación de alarmas.

La construcción de ambos bastidores está realizada con la última técnica; para los circuitos de alarma se utilizan unidades enchufables totalmente transistorizadas.

Dimensiones del bastidor en milímetros:

	Altura	Anchura	Profundidad
Primario	923,5	613	275
Secundario	2743	460	260

Standard Eléctrica, S. A., España

### Lectora de tarjetas miniatura KKL 300 para la transmisión de datos.

Los datos de pequeñas tarjetas perforadas pueden transmitirse por las líneas telefónicas mediante el nuevo terminal INFORMATIK\* KKL 300 en combinación con un modem en paralelo. Su tamaño es solo  $320 \times 300 \times 145$  milímetros y trabaja silenciosamente.

Realiza la operación de la forma siguiente: Una vez realizada la conexión telefónica se comprueba ésta por la voz. Cuando se escuche el tono de 400 hertzios, se coloca el microtelefono sobre el modem asociado D 20 P-A para mantener la línea desde la lectora que explora automáticamente las tarjetas, y transmite los datos a una velocidad aproximada de dos tarjetas de 7 caracteres por segundo. Los espacios vacíos del plato soporte de tarjetas pasan a mayor velocidad. Para comprobar que la recepción es correcta la lectora espera la recepción de una señal de retorno cada vez que transmite una tarjeta.

Si este tiempo de retención es superior a 1,2 segundos, la lectora repite la exploración de la última tarjeta. El final de la transmisión se indica mediante una señal visual y audible. Los dos abonados pueden hablar de nuevo hasta volver a dejar el microtelefono en su horquilla.

La central del terminal receptor puede tener una o dos mesas de operadores. Los datos recibidos se registran en cinta o tarjetas, se imprimen y transportan al departamento de contabilidad u

oficina de facturación. Este procedimiento simplifica el archivo de los pedidos y permite tomar las decisiones más rápidamente.

La lectora de tarjetas miniatura se compone de dispositivo de avance y unidad lectora con plato soporte de plástico para 180 tarjetas de tamaño  $25,4 \times 40,8$  milímetros. Cada tarjeta puede tener hasta 14 caracteres en forma perforada y se ha previsto un espacio para la información escrita. La transmisión se efectúa con el código "dos veces uno entre cuatro".

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana

\* Marca registrada del sistema ITT.

### Equipo de traslación de supergrupo 60/300.

Este equipo combina los grupos secundarios (supergrupos) básicos (312–552 kHz) en grupos terciarios (mastergrupos) básicos para formar los supergrupos en la banda de frecuencia 812–2044 kHz. Alternativamente puede equipar "modems" de supergrupo que combinan los supergrupos básicos (312–552 kHz) para formar grupos de 300 canales de línea en la banda 60–1300 kHz (supergrupos 1–5).

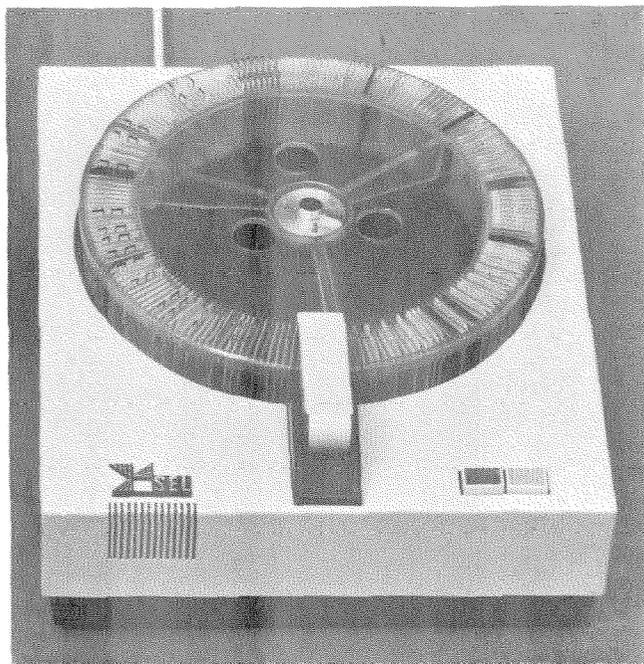
a) Regulación automática de nivel

El piloto de referencia de grupo terciario (1552 kHz) se inyecta antes del amplificador de transmisión del grupo terciario. El piloto de referencia de los supergrupos demodulados (411,92 kHz) se detecta y produce la regulación de nivel, bien por exploración automática en forma periódica, o directamente en forma continua, para control del amplificador de recepción del supergrupo correspondiente.

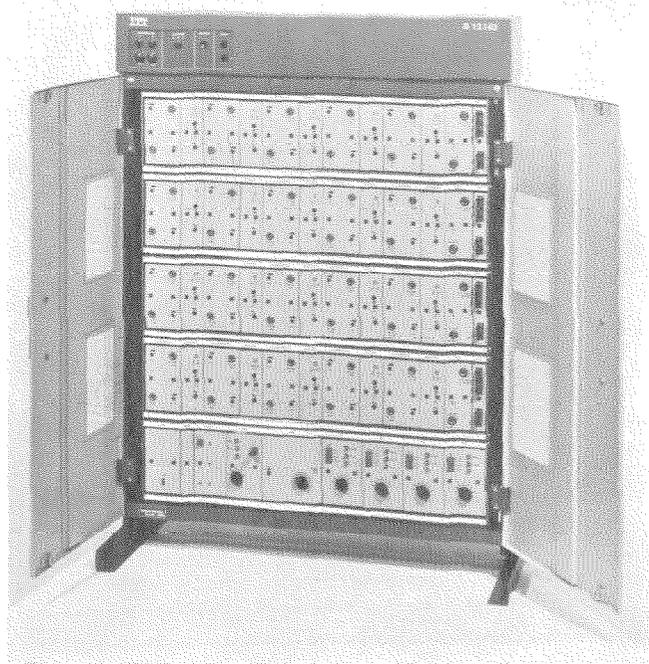
En general, ambos tipos de regulación de exploración o directa pueden reducirse a simple supervisión del piloto cuando falta la memoria para el CAG (control automático de ganancia) del equipo. En este caso aun queda la posibilidad de ajustar el nivel manualmente.

b) Equipo de suministro de portadoras, duplicado para las frecuencias de oscilador maestro, fundamentales y de control, y equipo de traslación de supergrupo 60/300

Este equipo comprende una combinación de oscilador maestro duplicado, equipo de generación de portadoras, y frecuencias piloto, para el equipo de traslación de supergrupo 60/300. Puede suministrar también una frecuencia de control de 12 kHz y las frecuencias piloto de 84,08 y 411,92 kHz para el equipo de traslación de canales y de grupo.



Lectora KKL 300 de tarjetas miniatura.



Equipo de traslaciones de supergrupo 60/300 (con CAG de exploración).

Todas las salidas de frecuencia tienen combinadores automáticos.

c) Equipo terminal para 1,3 MHz, 4 MHz y 12 MHz

Este equipo terminal para los sistemas coaxiales de 1,3 MHz, 4 MHz y 12 MHz cumple totalmente con las asignaciones de frecuencia recomendadas por el CCITT. En este sistema se emplean para interconexión los supergrupos, grupos terciarios y grupos cuaternarios. El equipo comprende traslaciones de grupos que forman los grupos terciarios básicos, grupos cuaternarios básicos y grupos de canales de línea (de 300, 900 y 2700 canales), suministro necesario de portadoras y bastidor con unidad de alimentación propia.

Standard Radio & Telefon AB, Suecia

#### Lámparas de xenón.

Una línea de lámparas de arco en corto de xenón ofrece gran utilización en proyectores especiales de investigación e imitadores de luz solar. Los dos tipos de lámparas, con refrigerante líquido o de aire, cubren el margen de potencia de 100 vatios a 30 kilovatios.

Las lámparas están recomendadas como excepcionales imitadores de luz solar debido a que el espectro producido por el arco en corto de xenón tiene aproximadamente las mismas características que el de luz solar. Esta cualidad ha influido también en la utilización de lámparas de xenón para los focos de iluminación de la nueva producción cinematográfica "Cane" de "Columbia Pictures". La calidad de luz de día de las lámparas de xenón permiten cambiar las escenas de exteriores a interiores sin necesidad de filtros de corrección de color.

Las lámparas de arco en corto producen un espectro de rayos infrarrojos suficientemente amplio para poderlas utilizar, según las aplicaciones, en ambas zonas: visible o de infrarrojos.

ITT Electron Tube Division, Estados Unidos de América

#### Estación terrena de comunicaciones por satélite en el Congo.

El presidente de la República Democrática del Congo, J. D. Mobutu, ha colocado la primera piedra de la estación terrena de comunicaciones por satélite en Mbomo-Mbama, una villa cerca de su residencia presidencial en N'Sele.

Esta estación terrena será la segunda de su clase en Africa. Constará de antena de 33 metros de diámetro, controles, estación de energía, estación de bombeo, y salón de recepción.

La estación de Mbomo-Mbama entrará en funcionamiento en junio de 1971. Trabaja con el satélite INTELSAT IV que entrará en órbita sobre el Atlántico al comienzo de este año. La República Democrática del Congo alquilará inicialmente 24 canales del satélite para transmisión telefónica, telegráfica, telex y televisión.

Al mismo tiempo se ha previsto la posibilidad de instalación de una segunda antena para interconexión con un satélite sobre el Océano Indico, asegurando así las comunicaciones con Extremo Oriente.

ITT Space Communications, Estados Unidos de América  
Bell Telephone Manufacturing Company, Bélgica

#### Cable submarino para enlace Egipto-Italia.

Un cable telefónico submarino para 480 circuitos se tenderá entre Catanzaro en la costa meridional de Italia y Alejandria en Egipto. El cable tendrá unas 900 millas náuticas; será el primero tendido en Egipto que hasta el momento depende de la radio en alta frecuencia para las comunicaciones de larga distancia. Cuando se ponga en servicio a finales del año 1971 dará acceso de Egipto a casi toda Europa a través de la red italiana.

El cable ligero de 38 mm (1,47 in.) diseñado por el "British Post Office" y fabricado por Standard Telephones and Cables Limited, incorporará repetidores (amplificadores) de banda ancha de 5 MHz espaciados a lo largo de toda su longitud.

Standard Telephones and Cables Limited, Reino Unido

#### Emisoras de televisión y radiodifusión en VHF para Austria.

La Compañía de Radiodifusión y Televisión de Austria ha pedido a Standard Elektrik Lorenz seis emisores de televisión y cuatro de radiodifusión en VHF.

La nueva estación de Mount Dobratsch cerca de Villach/Kärnten, a 2166 metros de altitud está equipado con un emisor de 10 kilovatios con reserva completa para el primer programa de televisión en la banda III, y con un emisor de 20 kilovatios en la banda IV formado por dos unidades de 10 kilovatios en paralelo.

Además, para los programas I a III de radio, se instalará un emisor recientemente desarrollado por Standard Elektrik Lorenz en VHF, FM con reserva completa y dos sencillos para la banda II. Todos ellos son de 10 kilovatios.

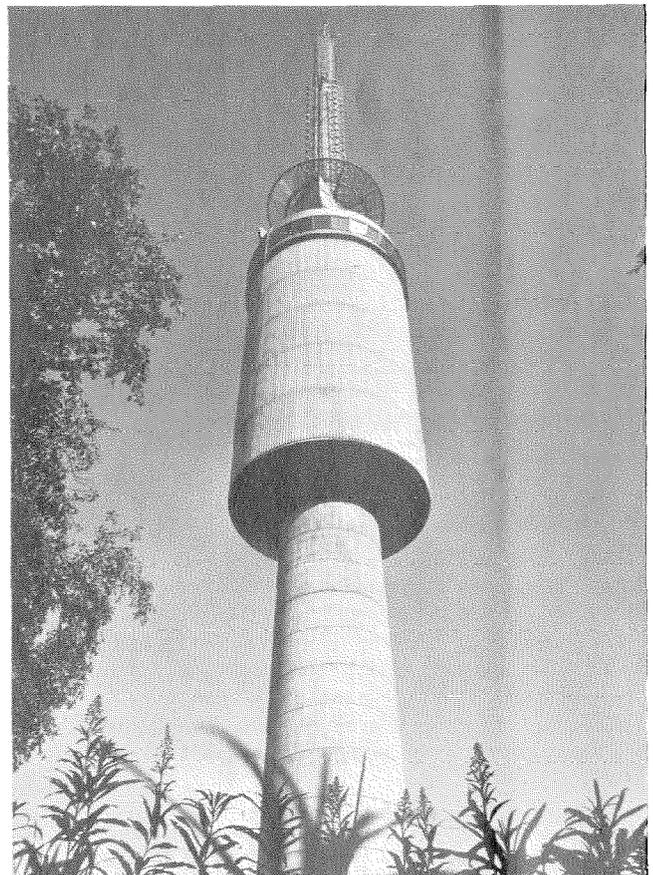
Para modernizar las estaciones de Pfänder cerca de Bregenz, Gaisberg en Salzburgo, Lichtenberg en Linz y Schöckl en Graez se entregarán modernos emisores de televisión de 10 kilovatios en la banda III. Se utilizarán en servicio normal dejando los actuales para emergencia. Todos se diseñarán para operación con control remoto.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana

#### Gran cable coaxial para la Administración de telecomunicación noruega.

El transmisor principal de televisión y antena de radiodifusión de Oslo están situados en Tryvannshøgda a unos 600 m de altitud y 13,2 km del centro de la población. La antena está conectada al centro de conmutación mediante varios cables coaxiales fabricados todos por Standard Telefon og Kabelfabrik A/S, asociada a ITT. El último de estos cables tiene 15 tubos coaxiales, ocho de ellos de 9,5 mm y siete de 4,4 mm y tiene un diámetro total de 53 mm.

Standard Telefon og Kabelfabrik A/S, Noruega



Torre de televisión en Tryvannshøgda, cerca de Oslo.

## Nuevas realizaciones

### El radioteléfono móvil de ITT encuentra amplias aplicaciones.

Las aplicaciones de los equipos móviles radiotelefónicos ITT "Star"\* (ver esta revista Vol. 45, 1970, N° 3, págs. 261—267) está obteniendo un gran éxito entre tan diferentes usuarios como "London Stock Exchange", "London Transport" y "Standard Oil Company" (ESSO).

En la central de abastecimientos de Londres el trabajo de los equipos de mantenimiento se simplifica, y en los autobuses de Londres los conductores tomarán regularmente contacto con el centro de control en momentos críticos. BEA, BOAC, Pan American y KLM son aerolíneas internacionales que han solicitado equipos "Star", entre otras muchas, para mantener el control de pasajeros y equipajes además de otras facilidades en distintos aeropuertos internacionales.

Otro nuevo usuario es "British Railways". Treinta y un vigilantes de la Region Midland de Londres serán equipados con 100 radiotelefonos de bolsillo "Star" y las estaciones base asociadas. El sistema antiguo de comunicación empleado consistía en registradores portátiles de cinta y exigía gran cantidad de paseos hasta la central para entregar las cintas llenas.

También se están utilizando nuestros radiotelefonos de bolsillo en la oficina de producción de la Ford Motor Company en la planta de Halewood en Lancashire, Inglaterra, para evitar las obstrucciones en las líneas de ensamble.

El primer petrolero británico que estará equipado con radiomóvil para el personal es el "ESSO Ulidia" de 253.000 toneladas. El pedido se confirmó después de realizar muchas pruebas en todos los tipos de petroleros ESSO.

La versión "Star" es útil durante las operaciones del buque, principalmente de atraque y desatraque, limpieza, etc. En caso de fuego y daño en los equipos de comunicación del barco, la unidad de bolsillo podría tener un valor incalculable.

El radioteléfono "Star" de bolsillo pesa menos de una libra, tiene sólo dos controles y entra fácilmente en el bolsillo de pecho de una chaqueta. No tiene varilla exterior de antena, hilos de conexiones, ni clavijas, y funciona con una batería interior de níquel-cadmio recargable.

Todas las aplicaciones que implican el uso del radioteléfono "Star" en el interior de edificios de estructura de hierro y en buques se benefician considerablemente de la efectiva penetración facilitada con el empleo de la banda u.h.f. En ambientes ruidosos, el aparato proporciona también la voz relativamente libre de ruidos al utilizar un micrófono insensible a los ruidos.

Toda la gama "Star" de radiotelefonos de vehículos y de bolsillo ha obtenido recientemente un premio del "Council of Industrial Design Award". Nunca ningún otro equipo radiotelefónico había conseguido tal premio.

Se está construyendo una nueva fábrica de 9300 metros cuadrados en Radlett, Hertfordshire, para toda la producción de radiomóvil. Este año estará en plena producción.

Standard Telephones and Cables Limited, Reino Unido

\* Marca registrada del sistema ITT.

### Generador de señal de color MF 04.

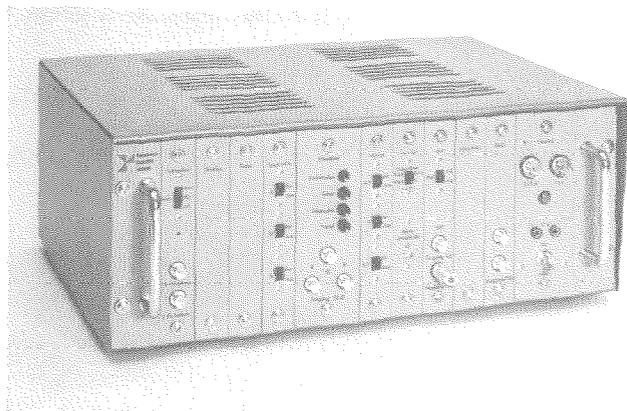
Este aparato está diseñado para la alineación y supervisión durante la fabricación y mantenimiento en los estudios emisores de los equipos de televisión en color.

Un generador de barras de color produce ocho barras ordenadas de mayor a menor brillo. Se pueden conseguir otras distribuciones diferentes cambiando la unidad modular enchufable.

El aparato genera también un diagrama de rejilla formado con 19 líneas verticales y 14 horizontales, y una señal en diente de sierra.

La unidad codificadora proporciona la señal completa de video del sistema PAL (Phase Alternation Line) de acuerdo con la norma monocroma B o G (según la norma CCIR, Report 308).

El generador tiene la gran ventaja de poder codificar también señales exteriores de rojo, verde o azul (R G B). Para esta aplica-



Generador de señal de color MF 04.

ción el módulo de tiempo se sustituye por un adaptador llamado "tarjeta de entrada de sincronismo". Recibe los impulsos exteriores de sincronismo horizontal y borrado. Las señales (R G B) de video y borrado a codificar se aplican a los terminales R G B.

Las componentes de los ejes de modulación R-Y y B-Y de la señal, y el contenido de luminancia de la señal compuesta de color pueden conmutarse por separado. La señal de sincronismo del color puede ajustarse entre 0 y 200% respecto al valor nominal.

El aparato puede trabajar con la subportadora del color exterior para la que lleva la correspondiente entrada dispuesta.

Las dimensiones del generador corresponden al tamaño D de las normas US, "ASA C 83.9" y a las DIN alemanas 41 494. Su construcción mecánica ha sido realizada según práctica de equipo normalizada por ITT Europa (ISEP).

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana

### Equipo de radio para buques cisterna.

La división "ITT Marine" en el Reino Unido suministrará los equipos de radio de dos nuevos buques cisterna en construcción para la "Blue Star Line". El equipo incluirá: transmisor ST 1400-B de banda lateral única (SSB), receptor principal (SSB/DSB), equipo de reserva, de localización de dirección goniómetro (IMR 104 MK 2) y unidades de radio para los botes de socorro (solas II).

También se equipará cada buque con un sistema de radiotelefonos de muy alta frecuencia que tiene la facilidad de control a distancia para comunicaciones de buque a costa.

Además ITT asumirá la responsabilidad de los servicios de tráfico y mantenimiento y proporcionará los oficiales de radio para los buques.

ITT Marine, Reino Unido

### Centrales de conmutación electrónica para la Administración del Reino Unido (British Post Office).

Standard Telephones and Cables está suministrando a la Administración del Reino Unido centrales de conmutación electrónica TXE 2. Estas modernas centrales, diseñadas para aplicaciones rurales que necesiten de 600 a 2000 líneas se fabrican a un ritmo de cuatro por mes en Chase Side, Londres, y Treforest, Gales.

Standard Telephones and Cables Limited, Reino Unido

### Equipo de conmutación telefónica Pentaconta\* para Venezuela.

El 30 de julio de 1970 se firmó un contrato entre CANTV (Compañía Anónima Nacional de Teléfonos de Venezuela) y la ITT de Venezuela para entrega e instalación de 120.000 líneas telefónicas en Venezuela. Posteriormente se amplió con otras 60.000 líneas.

Las centrales telefónicas serán del tipo de barras cruzadas Pentaconta fabricadas por Bell Telephone Manufacturing Com-

pany. El sistema ha sido ya descrito en esta revista (Vol. 43, 1968, N° 4, págs. 334—343).

Las primeras 5000 líneas entrarán en funcionamiento en julio 1972, y las restantes se entregarán e instalarán a un ritmo de 50.000 líneas por año.

Bell Telephone Manufacturing Company, Bélgica

\* Marca registrada del sistema ITT.

### Cable telefónico submarino para las Islas Vírgenes.

El cable telefónico de mayor longitud fabricado por Standard Telefon og Kabelfabrik se tendió el 10 de octubre de 1970 entre Red Hook Point en Isla Santo Tomás y Lind Point en San Juan cubriendo la distancia de 5,4 km (3,4 millas). El cable tiene 96 pares, 20 de los cuales tienen canales en multiplex y el resto para frecuencia vocal. Una característica especial de esta instalación consiste en que tiene dos puntos de carga cada uno con 76 bobinas incorporadas al cable en fábrica. Cada uno de estos puntos de carga tiene una longitud de 4,5 metros y está construido para que pueda tenderse sin precauciones especiales.

Standard Telefon og Kabelfabrik A/S, Noruega

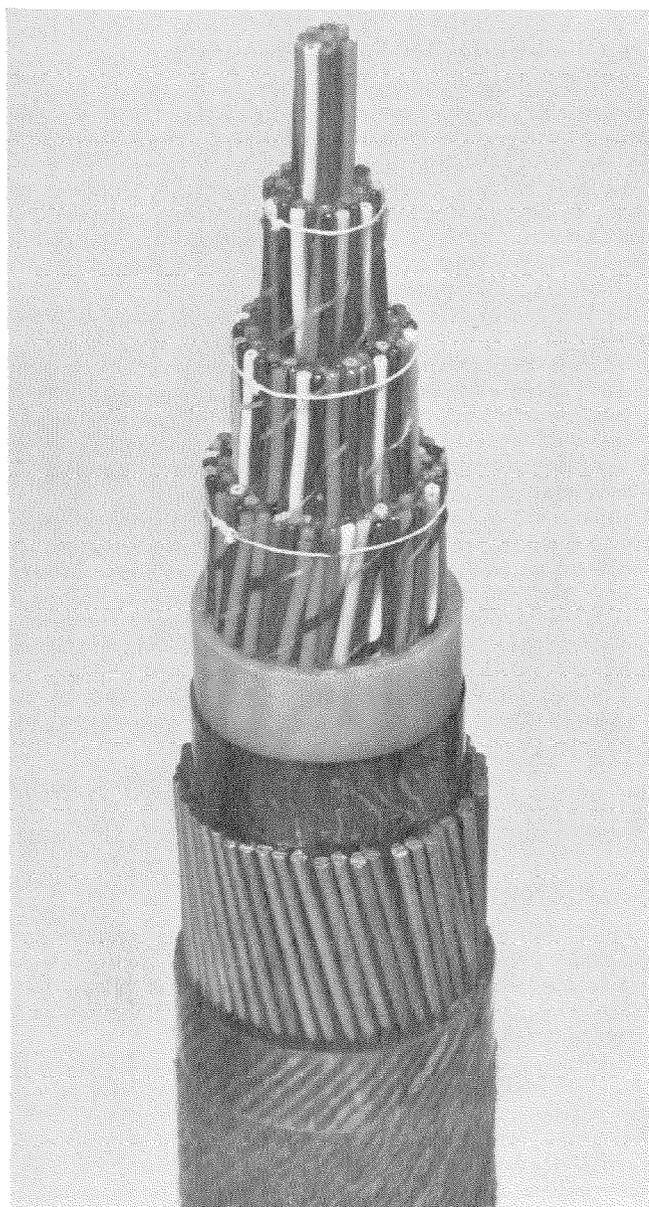


Fig. 1 Estructura del cable de las Islas Vírgenes.

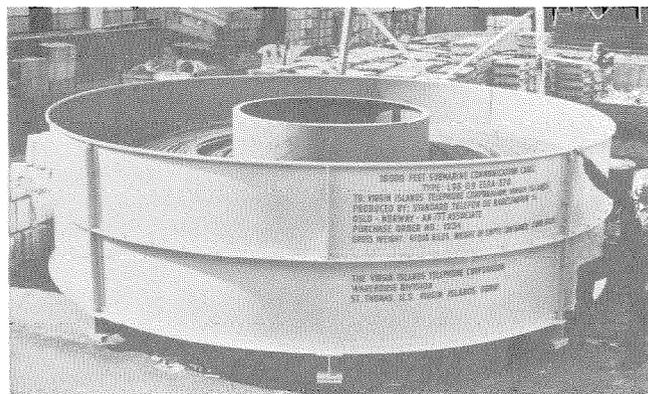


Fig. 2 El cable en su tanque.

### Desarrollo de sistemas Pentaconta.

Recientemente se han instalado las centrales Pentaconta\* siguientes:

- Abidjan (Costa de Marfil), abril 1970: una central de 4000 líneas y una de tránsito telefónico a 4 hilos, que permite aumentar los números telefónicos de 5 a 6 cifras;
- Lyon (Francia) abril 1970: 3000 líneas;
- Niza (Francia) junio 1970: central internacional con acceso a la red automática internacional, con 130 circuitos de salida y 108 de entrada;
- Toulouse (Francia) junio 1970: central de 7000 líneas con registro y tarificación de llamadas centralizado.

Además la Compañía Central Telefónica de Las Vegas, Nevada, ha solicitado la tercera central Pentaconta de 10.000 líneas.

Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques, Francia

\* Marca registrada del sistema ITT.

### Sistema de radio para instalaciones petrolíferas.

La división "ITT Marine" en el Reino Unido tiene un contrato con Conoco Limited (Europa) para entregar e instalar un proyecto especial de radio UHF/VHF en sus terrenos de almacenamiento de petróleo que se terminará próximamente en Tetney cerca de Grimsby.

Petroleros hasta de 200.000 toneladas descargarán en un dique flotante a 5 millas en el estuario del Humber, desde donde se bombeará la carga hasta los tanques de Tetney. Después el petróleo se bombeará hasta la refinería Conoco en South Killingholm.

Para asegurar la mayor eficacia y protección contra la posibilidad de polución del estuario por cualquier accidente en el sistema de bombeo, Conoco exige que las comunicaciones de radio entre los petroleros y el campo de almacenamiento sean de la mayor fiabilidad.

Por ello la instalación de VHF dispone de una estación fija cuadruplicada con cuatro transceptores STR 20. Dos de ellos trabajan con la red principal en trabajo y reserva respectivamente. En caso de falta de corriente de la red principal los otros dos transceptores se conectan automáticamente a una batería en trabajo y reserva en sustitución de los primeros. El sistema audio-visual con tres canales VHF disponibles (16, 19 y 44) se podrá controlar a distancia desde el puesto de control de descarga.

También estará previsto un enlace UHF entre el dique flotante y la oficina central. Se utilizará como alarma de seguridad para conocer en época de nieblas que la bocina de protección del dique contra la niebla está funcionando correctamente.

También se instalará un mástil con seis dipolos doblados para VHF y una antena UHF.

Las antenas y los transceptores estarán controlados continuamente mediante generadores de señal y reflectrometros asegurando mejor el enlace entre el mar y la costa.

ITT Marine, Reino Unido

**Renovación del contrato de comunicaciones de Alaska.**

Las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos han firmado un contrato con ITT Arctic Services por valor de 14,7 millones de dólares para el funcionamiento, mantenimiento y sostenimiento durante el año fiscal de 1971 del Sistema de Comunicaciones "White Alice" en Alaska. "White Alice" es un sistema de microondas de radio-propagación troposférica que proporciona la mayoría de las comunicaciones de teléfonos y teletipos en este estado. Actualmente consta de 100 estaciones propiedad de las Fuerzas Aéreas de Estados Unidos y utilizados por el mando militar, al mismo tiempo que por usuarios civiles y comerciales.

ITT Arctic Service tiene también contratada por las Fuerzas Aéreas de Estados Unidos la explotación de la línea "Distant Early Warning" (DEW), que enlaza el oeste de Alaska con el este de Groenlandia; el sistema "Ballistic Missile Early Warning" (BMEWS) en Alaska y Groenlandia; y el sistema de radio del Atlántico Norte (NARS) que se extiende desde Groenlandia hasta el Reino Unido.

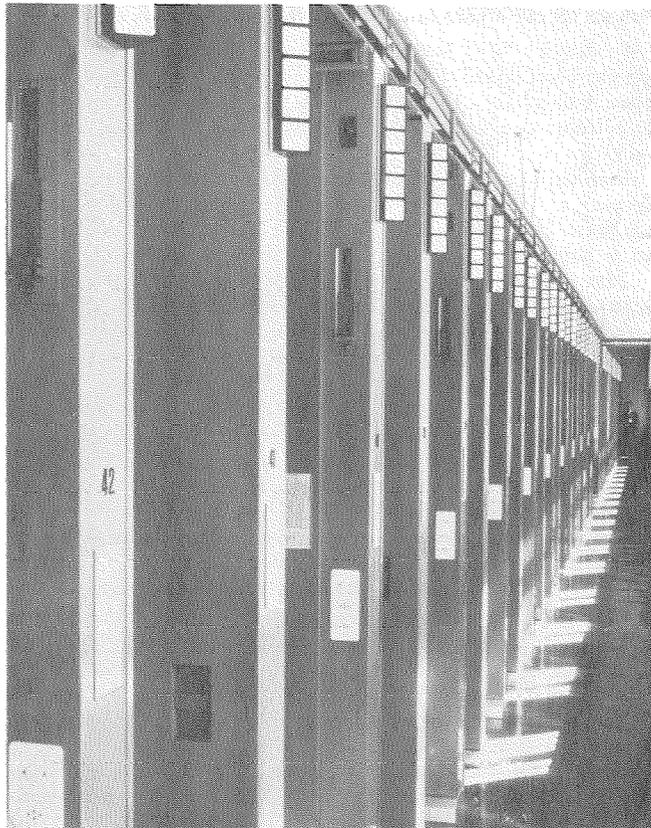
ITT Arctic Services, Estados Unidos de América

**Central 4 de conmutación automática interurbana en Zurich.**

Esta central interurbana se puso en servicio en junio de 1970, 3 meses antes del plazo previsto. Utiliza la técnica Pentaconta\* y sustituye a la central interurbana de entrada existente 1, la central principal rural 1, y la primitiva central interurbana automática 1 (sistema Rotary 7 E), que han estado trabajando durante más de 30 años.

Las 4000 líneas de entrada y 4480 de salida pueden distribuirse en 200 direcciones distintas. La gran flexibilidad del sistema permite establecer las conexiones a y desde todas las centrales terminales y rurales de la red de Zurich, todas las redes interurbanas nacionales, todos los enlaces internacionales de corta distancia con los países vecinos, y finalmente a todos los niveles internacionales.

La conmutación de tránsito se realiza mediante los conocidos selectores de barras cruzadas Pentaconta; relés múltiples conectan el equipo común de control a los circuitos respectivos, combinados



Vista de la central interurbana 4.

por grupos y montados en bastidores normalizados. La figura es una perspectiva de 42 de las 93 filas de la nueva central automática interurbana.

Una característica del sistema es el control electrónico de interconexión, que descubre los cortocircuitos que pudieran producirse, circuitos abiertos o falsos contactos, e impide que se produzca la conexión. Un circuito de prueba hace repetir la selección por el registrador y establece la conexión por otro camino.

Para mantener la calidad de servicio de la central interurbana 4 se han previsto los procedimientos siguientes:

- Registro de fallos,
- Repetición de llamadas,
- Pruebas de rutina para las líneas de salida,
- Pruebas de rutina para las líneas de entrada y el registrador,
- Pruebas de rutina para las líneas de entrada de central terminal,
- Supervisión automática,
- Medidores de tráfico y registro de fallos,
- Identificación de líneas de entrada o salida en caso de fallo.

No es necesario buscar el enlace que ha fallado durante una conexión.

Calidad de servicio: Un fallo por cada 500.000 conexiones (datos oficiales).

Standard Telephone & Radio SA, Suiza

\* Marca registrada del sistema ITT.

**Control centralizado de tráfico para ferrocarriles.**

Bell Telephone Manufacturing Company de Bélgica ha recibido otro pedido important de los Ferrocarriles Nacionales belgas, esta vez para la línea 125 entre Lieja y Namur (véase el Vol. 45, 1970, Nº 2, pág. 186 de esta revista).

La línea 125 está dividida en 3 secciones, cada una tiene un centro de expediciones para coordinación y supervisión del tráfico de trenes. Los tres centros de expediciones están situados en Flemalle-Haute, Huy (Nord) y Namur controlando 4, 5 y 8 estaciones respectivamente.

La red correspondiente a cada sección comprende dos partes principales:

- Sistemas DIGITEL\* 240 para supervisión y control remoto desde el centro de expediciones. Recibe información sobre las condiciones de las vías (posiciones de las agujas, señales, circuitos de vía, etc.) representándola en un diagrama de rutas. También controla los cambios de vías y otros aparatos de ruta según el programa de marcha de los trenes.
- Sistema automático TD4 indicador de trenes proyecta en el diagrama de rutas la designación de cada tren mediante un número de identificación de 6 dígitos. Cada número recorre automáticamente el diagrama de rutas desde cada sección a la siguiente sincronizada con la marcha del tren correspondiente, dando así una representación dinámica del movimiento y situación del tren.

El sistema TD4 controla 250 indicaciones de seis dígitos, y los sistemas Digitel 240 transmiten un total de 1500 controles y 2000 indicaciones.

Bell Telephone Manufacturing Company, Bélgica

\* Marca registrada del sistema ITT.

**Centro telefónico de información en Moscú.**

El 28 de octubre de 1970 fué inaugurado oficialmente por Mr. Klokov, Viceministro soviético de Correos y Telecomunicación un nuevo centro de información telefónica. Estuvieron presentes Mr. R. Seydoux, embajador francés en la Unión Soviética, e importantes personalidades francesas y soviéticas.

Este centro, el mayor de su clase en el mundo, se ha diseñado e instalado conjuntamente con la administración soviética de Correos y Telecomunicación. Utiliza el sistema de conmutación Pentaconta\* de barras cruzadas además de una técnica de microfilms para facilitar la edición y puesta al día de la información. Actualmente trabaja con 200 puestos de operadora aproximadamente, después funcionará con 600 puestos, y tiene una capacidad final de 1000.



Nuevo centro telefónico de información en Moscú. (Avenida de Kalinin).

El Viceministro, Sr. Klovov, subrayó que cada operador tiene acceso a 7 millones de fichas en lugar del total de 300.000 de antes.

Se ha entregado tres clases de equipo:

a) El equipo de conmutación Pentaconta de barras cruzadas que dirige con tal disponibilidad las llamadas entrantes de 600 conectores de entrada (1140 después de la ampliación) hasta las 572 posiciones de operadora que serán ampliables a 1000.

b) El equipo de la sala de operadoras que comprende equipo del circuito de línea, equipo para 7 millones de fibras de microfilm por operadora y lupas para obtener fácilmente las direcciones de los abonados en un sistema de índices.

c) Equipo para ordenación y puesta al día de los archivos de usuarios para reproducción de microfilms de los operadores.

Le Matériel Téléphonique, Francia

\* Marca registrada del sistema ITT.

#### Centrales telex Pentaconta\* para la Dirección General de Correos y Telecomunicación de España.

Standard Eléctrica, S. A., ha recibido un pedido para suministrar centrales de terminales telex a los cinco centros principales de telecomunicación en España.

Estas centrales se fabricarán en su moderna planta de Villaverde. Trabajarán con señalización tipo B y selección por teclado.

Las centrales se equiparán inicialmente en la forma siguiente:

— Madrid	1920 líneas de abonado
— Barcelona	920 líneas de abonado
— Bilbao	780 líneas de abonado
— Valencia	780 líneas de abonado
— Sevilla	400 líneas de abonado

La entrega se completará en el segundo semestre de 1972.

Standard Eléctrica, S. A., España

\* Marca registrada del sistema ITT.

#### Nueva antena para sistema de navegación VOR-S.

Con la versión de radiofaro VOR en estado sólido (véase en esta revista, Vol. 44, 1969, N° 4, págs. 312—321), se ha desarrollado una nueva antena capaz de producir el haz giratorio de radiación a partir de elementos de antena fijos. La señal direccional se genera en dos dipolos cruzados alimentados por un goniómetro, mientras que la señal de referencia omnidireccional se radia de forma convencional mediante una antena de cuadro.

Los elementos de antena y líneas de alimentación están grabados en cobre sobre una placa aislante delgada de 75 centímetros de diámetro, de la misma forma que los circuitos impresos. Los tres sistemas de antena están emplazados de forma que no interfieran entre sí, y el error producido por la antena es despreciable.

El sistema de alimentación de la antena de cuadro está construido con la técnica de líneas de cinta (strip line) y también está montado sobre placa aislante, mientras que el sistema de alimentación de los dipolos se aloja en el poste de montaje.

Una caja de plástico esponjoso protege el circuito impreso y sirve de soporte mecánico.

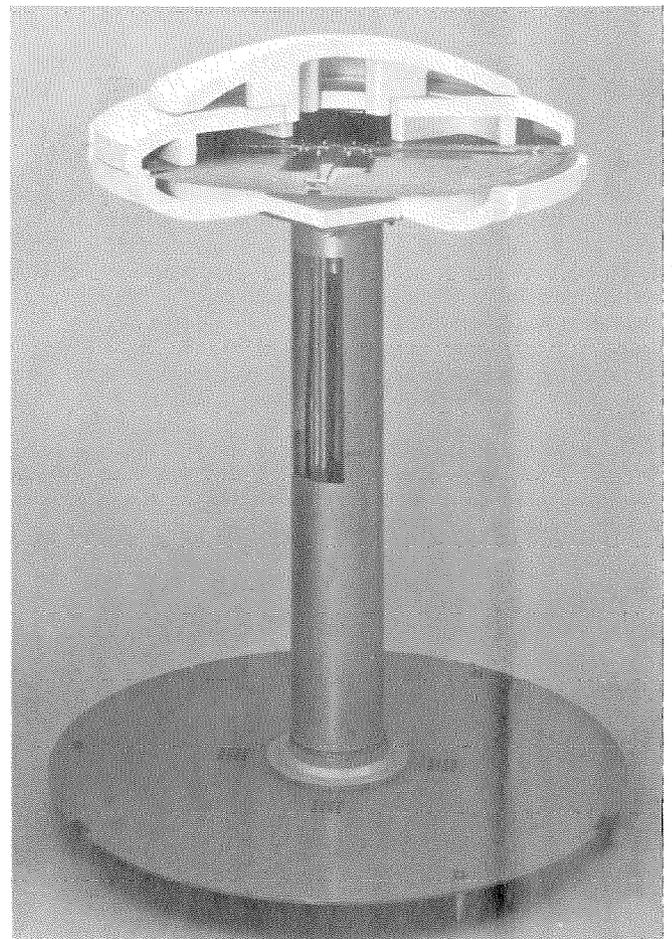
La antena completa (representada en sección en la figura) se instala en una pantalla de polaridad que suprime las componentes polarizadas verticalmente.

La alta ganancia de la antena hace posible utilizar etapas del transmisor transistorizadas con salida baja de RF (25 ó 50 vatios). Debido al bajo consumo de energía el sistema VOR-S puede alimentarse con baterías.

Para aumentar el alcance se pueden utilizar dos elementos radiantes separados  $\lambda/2$  en una jaula grande de polarización de diseño modular. Comparándola con el diseño normal esta versión ofrece una ganancia de antena de 5 dB aproximadamente para ángulos de elevación hasta 5°.

El VOR-S desarrollado por Standard Elektrik Lorenz AG constituye una nueva generación de una gran exactitud, eficiente y de mínima conservación en los radiofaros para navegación aérea.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana



Vista seccional de la antena.

## Nuevas realizaciones

### En México se mecanizan los centros de clasificación de cartas.

La división de automatización de Bell Telephone Manufacturing Company de Bélgica mecanizará dos centros de clasificación de cartas en la Administración de Correos de México, el centro Buenavista en la estación principal de ferrocarril y el centro Aeropuerto en el aeropuerto internacional de la Ciudad de México. Cada centro se equipará con una máquina Mark-V clasificadora de cartas para 6 operadores y 312 destinos.

El contrato incluye entrenamiento para 200 operadores además de la entrega e instalación.

Bell Telephone Manufacturing Company, Bélgica

### Sistema telegráfico de frecuencia audible WT 1000.

Este equipo de nueva generación se ha previsto para las redes actuales o futuras de telegrafía y datos que transmiten información en código binario, y también telegrafía, teledifusión y control a distancia por circuitos de abonado. Es compatible con los sistemas actuales WT 100 sin necesidad de adaptadores. Se ha programado la entrega de las primeras unidades para mediados del año 1971.

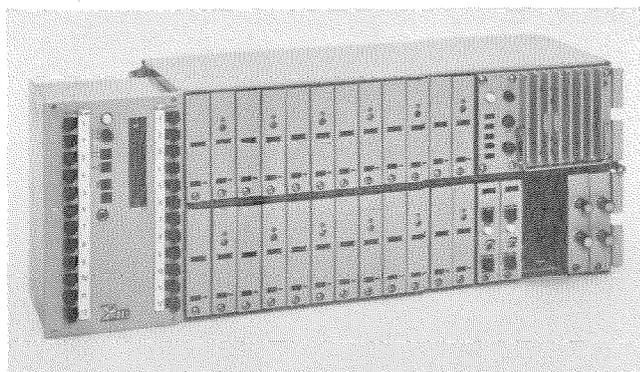
Durante su desarrollo se ha procurado especialmente aumentar la fiabilidad, con consumo reducido de energía, simplicidad de operación y gran flexibilidad. Por el empleo de semiconductores de silicio y adaptando las dimensiones de los elementos pasivos a los semiconductores se ha conseguido reducir aún más el peso y el volumen.

Los sistemas WT 1000 utilizan únicamente modulación de frecuencia. Proporcionan las velocidades siguientes de señalización en la banda de frecuencias de telefonía.

Sistema	Velocidad de señalización nominal (baudios)	Frecuencias medias de canal (hertzios)	Desviación (hertzios)	Canales de telegrafía VF por canal de voz
FM 120	50	$420 + (n - 1) 120$	$\pm 30$	24
FM 240	100	$480 + (n - 1) 240$	$\pm 60$	12
FM 480	200	$600 + (n - 1) 480$	$\pm 120$	6

(n = número de canales telegráficos VF)

Los sistemas cumplen las recomendaciones CCITT R 35, R 37 y R 28A, las de la Administración alemana y de clientes particulares. Un bastidor de  $2600 \times 600 \times 222$  milímetros ( $102 \times 24 \times 9$  pulgadas) tiene una capacidad para 120 canales VF, distribuidos en 10 armazones construidas con la Práctica de Equipo N° 7. Las armazones son completas, aparte de las 12 unidades de canal (circuitos diferentes de transmisión y recepción) o sea, equipan todas las unidades adicionales necesarias para su funcionamiento, tales como hasta 4 equipos de línea (adaptadores de línea para 2 ó 4 hilos en transmisión y recepción) repetidores, circuitos de supervisión, unidades de alimentación y demás facilidades que se desee. Además cada armazón tiene un panel de conmutación donde pueden asignarse los canales para cada línea. La figura muestra una armazón.



Armadón del WT 1000.

La armazón está diseñada para equiparse horizontalmente en un bastidor de 600 milímetros de anchura, o verticalmente en un bastidor de 520 milímetros de anchura. En este último caso la capacidad del bastidor es de 96 canales. Por esto el sistema permite no solamente la libre colocación de los canales, sino también la máxima flexibilidad en la distribución de equipo del bastidor. Se ha sometido a pruebas de aceptación por la Administración alemana.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana

### Radioteléfonos de marina para barcos pequeños.

ITT Marine ha introducido una nueva serie de equipos de radioteléfono de banda lateral única diseñados para embarcaciones de menor tonelaje y conocidos por MC 20, MC 150 y MC 400 (20 vatios, 150 vatios y 400 vatios).

El MC 150 es el primer equipo de su tipo que será completamente ensayado y aprobado por el Ministerio de Correos y Telecomunicación de acuerdo con la especificación TSC 105. Su instalación a bordo de embarcaciones con menos de 1600 toneladas se considera obligatoria a partir de julio de 1971 y voluntaria para embarcaciones de distinto tonelaje. Reunirá los requisitos para las embarcaciones de puerto, de recreo, de pesca costera y altamar, guardacostas y pequeños barcos de cabotaje.

El MC 150 cubre la banda de frecuencias de 1,6 a 4,2 MHz. El receptor de estado sólido de banda ancha de 23 canales incorpora los más modernos dispositivos de transistores de efecto de campo (FET) y circuitos integrados. El emisor de 21 canales (válvulas únicamente en el amplificador de potencia) emplea técnica de banda ancha y proporciona una potencia de emisión de 150 vatios de pico (peak emitted Power PEP) en banda lateral única (SSB) o con modulación de amplitud compatible (A3A, A3H, A3J). El MC 150 funciona con 24 voltios c.c. y pesa unos 9 kilos.

El MC 400 es análogo en diseño pero proporciona 50 canales en emisión y recepción, con salida PEP de 400 vatios. Funciona generalmente con 220 voltios c.a. y pesa unos 14 kg. Ha sido diseñado para cumplir con la especificación TSC 105, con mayor capacidad de canales.

El MC 20, totalmente de estado sólido, se ha diseñado para cumplir las condiciones de pequeñas embarcaciones costeras y de recreo, y proporciona 6 canales para emisión y recepción con una potencia de salida (PEP) de 20 vatios.

Funciona con 24 voltios c.c. y pesa 4,5 kg. Está diseñado de acuerdo con la especificación TSC 105 para equipos voluntarios de a bordo.

El MC 150 y el MC 400 tienen también un receptor de sintonía tipo MC 151 para las bandas de radiodifusión en onda larga y onda media, y en bandas de radiolocalización marítima para indicación de dirección cuando se utiliza un cuadro exterior.

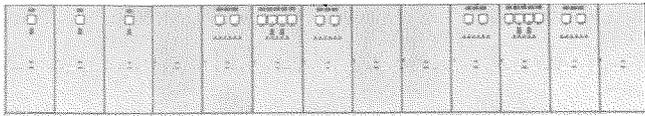
ITT Marine, Reino Unido

### Sistema convertidor para Berlín Este.

En colaboración con la Administración PTT de Alemania oriental Standard Elektrik Lorenz AG ha creado la especificación técnica de un sistema convertidor para la torre de televisión y radio en VHF de Berlín del Este. Aunque estas especificaciones técnicas se diferencian en muchos aspectos de las solicitadas por la Administración de Alemania Occidental, el sistema pudo entregarse un año después de pedido.

El sistema convertidor se alimenta con batería en flotación. Con este procedimiento el equipo de telecomunicación de la torre trabaja con independencia de la red de energía y cumple la condición de no interrupción de la alimentación regulada.

En la base de la torre se alojan la batería de plomo de 106 elementos y 864 amperios-hora y tres thyristores para 212 voltios/250 amperios. Los dos grupos están formados cada uno por dos convertidores de 34 kVA controlados por thyristores que trabajan solamente al 50% por razones de fiabilidad. Están instalados en el séptimo piso de la torre a 212 metros (700 pies) de altura y suministran 220 voltios  $\pm 2\%$  monofásicos, 50 ciclos  $\pm 1\%$ . El factor de distorsión máximo especificado es del 7%.



Sistema convertidor.

Los convertidores están supervisados automáticamente. En caso de avería se producen las señales de alarma y se desconectan las partes averiadas del sistema.

Cuando falla un grupo de convertidores completo, la carga afectada se conecta automáticamente a la red trifásica.

La recuperación al servicio normal se realiza manualmente.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana

**Teleimpresor modelo 444.**

La Administración Británica ha confirmado un pedido de 4000 teleimpresores para la red telex del Reino Unido. Casi 90 por ciento de las máquinas solicitadas en este último contrato tendrán perforadoras de cinta y dispositivos de lectura. Estas facilidades permiten enviar mensajes a velocidad máxima, produciendo un ahorro considerable en el coste de ocupación de la línea.

Este pedido es de ampliación al ya realizado de 6000 máquinas en enero de 1970 (ver esta revista, Vol. 45, 1970, Nº 2, pág. 187).

ITT Creed, Reino Unido

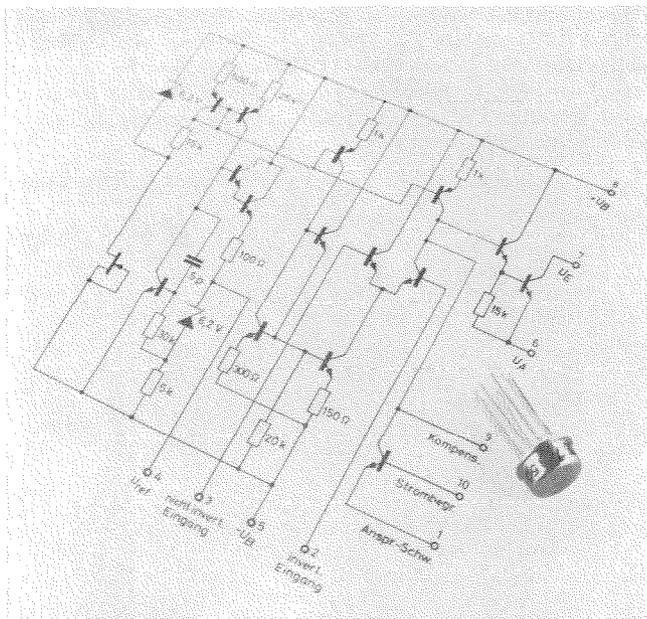
**Regulador de tensión de precisión integrado MIC 723.**

El regulador monolítico de tensión MIC 723 está diseñado para producir una tensión de salida ajustable entre 2 y 37 voltios con una corriente máxima de 150 miliamperios. Para necesidades de corriente de salida superior pueden emplearse transistores de regulación adicionales NPN o PNP. Ofrece una gama amplia de aplicaciones y posibilidades por medio de elementos adicionales.

Características fundamentales:

- Tensión de entrada 9,5—40 voltios
- Tensión de salida 2 —37 voltios
- Corriente máxima de salida 150 miliamperios
- T<sub>amb</sub> = 0° a + 70 °C
  - o T<sub>amb</sub> = 55° a + 125 °C
- Tamaño encapsulado metálico TO-100 (parecido al TO-5)

ITT Intermetall, República Federal Alemana



Regulador de voltaje MIC 723 y su esquema de circuito.

**Ampliación de central con sistema Pentaconta en Ecuador.**

El 26 de julio de 1970 se inauguró en Ambato (Ecuador) la extensión de la central telefónica bajo la presidencia de la Corporación Municipal de Ambato, con asistencia de las principales Autoridades de Riobamba.

Standard Eléctrica, S. A., Madrid, realizó la extensión de 1000 nuevas líneas del sistema Pentaconta\* a la central paso a paso de 60 V existente, y 2000 líneas en la planta exterior. Esta extensión está constituida por una nueva unidad Pentaconta equipada con los elementos necesarios para interconectar con los equipos existentes, incluyendo un robot de supervisión y planta de alimentación independiente.

Es la primera extensión de una central paso a paso de 60 voltios por equipo Pentaconta de 48 voltios.

Ecuador se incorpora con esto a la ya larga lista de países en que el sistema Pentaconta está en servicio.

Standard Eléctrica, S. A., España

\* Marca registrada del sistema ITT.

**Oscilador de potencia integrado TAA 775.**

El oscilador de potencia integrado TAA 775 fabricado por Intermetall es un circuito monolítico de técnica bipolar.

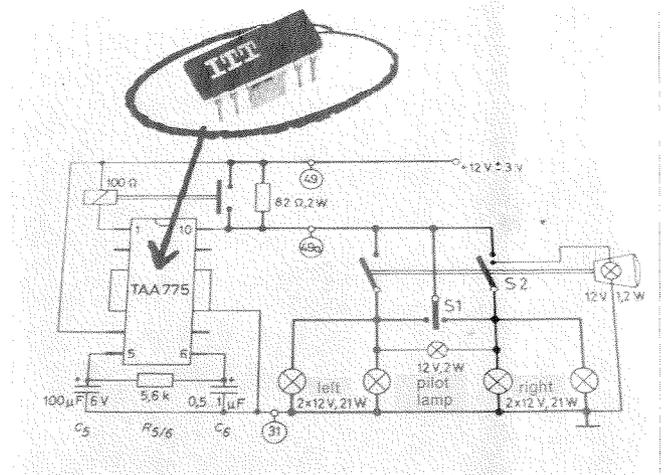
En principio está diseñado como generador electrónico de impulsos para los pilotos intermitentes de dirección y anticollisión de los automoviles, pero se utiliza también en otras aplicaciones.

El TAA 775 junto a una red RC sintonizada (5,6 kΩ, 100 μF/6 V) y un relé (100 Ω), sustituye al interruptor convencional accionado mediante impulsos de caldeo de filamento. Se mantiene la configuración normal de terminales (positivo y negativo de batería y conexiones con el interruptor del volante). El funcionamiento de las lámparas de intermitencia puede comprobarse fácilmente; el fallo de una lámpara se detecta por el repentino incremento de la frecuencia de intermitencia. El dispositivo arranca con un intervalo encendido.

Características del TAA 775 como intermitente de automóviles (V<sub>B</sub> = 12 V y T<sub>amb</sub> = 25 °C:

- Frecuencia nominal de funcionamiento con dos lámparas de 21 vatios 85 por minuto
- Frecuencia nominal en funcionamiento con cuatro lámparas de 21 vatios 85 por minuto
- Tiempo de encendido 45 %
- Variación de la frecuencia de intermitencia en un margen de alimentación de 9 a 15 voltios ± 2 %
- Factor de incremento de la frecuencia de intermitencia para fallo de lámpara 2,2

ITT Intermetall, República Federal Alemana



Circuito de intermitente de automovil con dispositivo TAA 775.

### Simposium ITT de telecomunicación.

Durante la semana del 20 al 27 de abril de 1970 tuvo lugar en Madrid el tercer simposium de telecomunicación organizado en España por ITT y el primero en español.

Los trabajos versaron sobre el empleo de los ordenadores (software and hardware), ingeniería de tráfico, planes de transmisión y señalización, redes integradas PCM, y formación.

Para los 118 asistentes de América Latina, Portugal, España y compañías del sistema ITT se organizaron visitas a la estación de satélites de Buitrago, la central interurbana de Alcántara, los laboratorios ITT de España, la estación de la NASA en Fresnedillas, la factoría de equipos de conmutación de Villaverde, y la central internacional de Roma en Italia.

Standard Eléctrica, S. A., España

### Central interurbana Metaconta 10C para Australia.

La Administración de Correos y Telecomunicaciones de Australia ha pasado pedido para una central Metaconta\* 10C interurbana para Sidney. La central manejará 12.000 circuitos aproximadamente y tiene capacidad para extensión hasta más de 50.000.

Controlará 200 posiciones manuales para llamadas tanto nacionales como internacionales. Las posiciones manuales emplearán indicadores visuales alfanuméricos y tendrán medios de tarificación automática.

La nueva central será controlada con un ordenador y se pondrá en servicio en 1973. En sus principios operará controlada por dos ordenadores para conmutación telefónica ITT 3200, cada uno de los cuales puede procesar 290.000 llamadas por hora.

Es la primera central electrónica pedida por el "Post Office" de Australia y el contrato fué otorgado a ITT después de un concurso mundial de ofertas.

Bell Telephone Manufacturing Company, Bélgica  
Standard Telephones & Cables Pty., Australia

\* Marca registrada del sistema ITT.

### Sistema de radioenlace de estado sólido en 2 GHz para 300 canales telefónicos en modulación de frecuencia.

Standard Elektrik Lorenz AG (SEL) ha desarrollado un sistema de radioenlace para la transmisión de 300 canales telefónicos con modulación de frecuencia en la banda de 2100—2300 MHz o en la de 2500—2700 MHz.

El sistema, que utiliza exclusivamente semiconductores como elementos activos, es apto para largas distancias, con conexión en frecuencia intermedia de 70 MHz en las estaciones repetidoras y está diseñado para cumplir las recomendaciones del CCIR y CCITT y las especificaciones adicionales del DBP en lo que se refiere a interconexiones, circuito hipotético de referencia, ruido y mantenimiento.

Mecánicamente, se compone de los siguientes subracks: modulador y demodulador, transmisor, receptor, conmutación de protección y canal de servicio. Cada subrack va montado en posición

vertical y tiene una anchura de 109 mm, profundidad de 199 mm y una altura, para transmisor o receptor, de 914 mm. En la parte superior de los angulares que soportan los subracks, se montan los filtros de derivación que pueden así combinarse fácilmente para utilizar un alimentador de antena común. Esta disposición del equipo tiene en cuenta un alto grado de miniaturización del equipo y provee una extraordinaria flexibilidad, tanto en el montaje como en la ampliación del equipo.

Aparte de las características eléctricas señaladas y un factor de ruido del receptor inferior a 9 dB, el sistema posee la facilidad de poder sintonizar en la propia estación los transmisores o los receptores a cualquiera de las frecuencias de los radiocanales dentro de la banda de SHF utilizada por el sistema, con el solo cambio de los cristales que determinan la frecuencia y el reajuste calibrado de la cadena osciladora. Por lo tanto, la mayor parte de las unidades, como etapas multiplicadoras de la cadena osciladora, convertidores del transmisor y del receptor, circuladores, etc., tienen características de banda ancha.

La estabilidad de la cadena osciladora está asegurada por comparación de fase con la frecuencia de referencia derivada de un cristal y sucesiva multiplicación.

El subrack del canal de servicio permite conmutación telefónica entre el personal de servicio y la inserción de señales de control remoto. Se halla conectado directamente a transmisores y receptores, es decir, se lleva a través de modems y es accesible en todos los repetidores.

Todos los subracks son autónomos, cada uno posee su propia alimentación que puede estar comprendida entre -41 y -73 V c. c.

El consumo del transmisor es de 60 vatios y su potencia de salida superior a 1,5 vatios. El consumo del receptor es de solo 15 vatios.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal Alemana

### Centralita automática para mejorar las comunicaciones de prensa.

Standard Telephones and Cables Limited suministrará centralitas automáticas privadas (PABX) a tres periódicos nacionales británicos: "Daily Express", "News of the World" y "Daily Mirror".

Las oficinas del "Daily Express" y "Sunday Express" en Fleet Street van a tener un sistema totalmente nuevo PABX 4 para 1200 extensiones, nueve líneas privadas para otros locales "Express", 220 líneas al exterior y 10 mesas de operadora sin cordones. Esto hace que resulte una de las centralitas de Londres de mayor tráfico y más eficientes.

Las oficinas del "News of the World" y del "Sun" ya equipadas con centralita PABX 4, tendrán facilidades para ampliación de 200 extensiones, 61 líneas exteriores y 3 mesas de operadora sin cordones, elevando a un alto nivel su calidad de servicio.

La oficina del "Mirror" en Manchester, también con una centralita PABX 4 existente de Standard Telephones and Cables, se ampliará con 150 extensiones y 11 líneas exteriores. En la oficina de este periódico en Holborn Circus, Londres, se había instalado ya una centralita PABX 4 equipada con muchas nuevas facilidades incluyendo discado directo al interior.

Standard Telephones and Cables Limited, Reino Unido