

ESCUELA ESPECIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES

CURSOS ESPECIALES

FASCICULO V

LECCIONES

SOBRE

TELEFONIA AUTOMATICA

NUEVAS
GRAFICAS
S. A.
TEL. 33029

Precio: 10 Pesetas

CURSO ACADEMICO 1941-42
M A D R I D

SUMARIO:

D. Ignacio M.^o de Echaide Lizasoain

	<u>Págs.</u>
LECCION I.—El aparato automático	449
LECCION II.—Las Centrales	462
LECCION III.—Los recursos de la telefonía automática	486
LECCION IV.—Probabilidades y elementos auxiliares	505

TELEFONIA AUTOMATICA

por

D. IGNACIO MARIA DE ECHAIDE LIZASOAIN

Ingeniero Industrial. - Director de la Telefónica de Guipúzcoa

ESCUELA ESPECIAL DE INGENIEROS INDUS-
TRIALES, EN BILBAO :—: MAYO DE 1942.

Si cuando yo estudiaba en esta Escuela se hubiese anunciado que un día se iba a dar en sus locales una conferencia sobre telefonía automática, considerada como ESPECIALIDAD TECNICA, se hubiese reputado por sueño. No obstante, el sueño está realizado y superado, porque podríamos dar muchas conferencias sobre una sub-especialidad de la telefonía automática.

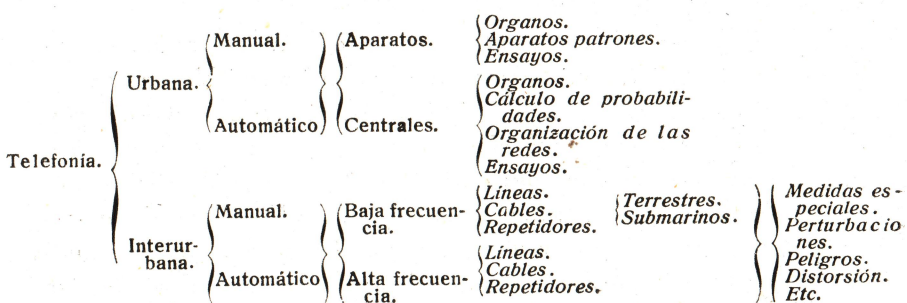
No sé si esto debe enorgullecernos o afligirnos, porque la extensión de la ciencia, no es sino una prueba irrecusable de nuestra ignorancia. Dios, que es sabiduría infinita, sólo posee una ciencia, que es la de conocerse. Y el hombre que posee tantas ciencias, que sólo su clasificación constituye una nueva ciencia, ni se conoce, ni conoce lo que le rodea. Si conociéramos la esencia de la materia, la del espíritu y la del tiempo, podríamos quemar por inútiles la mayor parte de los libros que hoy circulan con el calificativo de obras maestras.

Por lo demás, la extensión de la ciencia, no guarda relación directa con el progreso. Si en el tiempo en que el trivium y el quadrivium resumían las ciencias humanas, hubiesen existido la imprenta y otros medios de divulgación de la cultura de que hoy disponemos, se hubiesen escrito tantos volúmenes como hoy existen sobre las más variadas ciencias; solamente que esos volúmenes contendrían más especulaciones, distingos y sutilezas que ciencia objetiva. Pero, aun hoy día, cuando se abordan tratados de paleontología, arqueología, epigrafía, filología comparada y etimológica, podemos apercibirnos que los autores modernos dejan atrás a los filósofos medievales en sutilezas e hipótesis.

Es conocida la invectiva del célebre humorista americano Mark Twain, en la que dirigiéndose a la Sociedad de Historia y Arqueología de la Universidad de Harvard, exclama humildemente: "Pero ¿qué podría yo agregar, novicio como soy en el noble arte de la mentira? En vano intentaría ponerme al nivel de los miembros de esa augusta Sociedad."

Pero, más o menos objetiva, hoy la ciencia posee una extensión enorme. No ya la física, sino, dentro de la física, la electricidad, no puede ser abarcada por el hombre de mayor talento que exista en el mundo. Dentro de la electricidad existen muchas especialidades, una de ellas, de formación bien reciente, la telefonía. Pero ni aun la telefonía puede ser apenas abarcada por la combinación más poderosa de memoria e inteligencia que podamos imaginar.

En efecto; hoy la telefonía posee tantas ramas que exceden a las fuerzas de un solo sujeto. A continuación exponemos en un cuadro sinóptico las especialidades de la telefonía:



Vamos, pues, a abordar en esta serie de lecciones, algo que es más que una especialidad; algo que es un conjunto de especialidades.

LECCION I

El aparato automático.—Receptor.—Micrófono.—Bobina de inducción.—Timbre polarizado.—Disco.—Condensador.—Alimentación de los aparatos de conversación

El aparato automático

Si hubiera de dedicar estas lecciones a profesionales de la telefonía, comenzaría por abordar la cuestión de las Centrales automáticas, dado que de los aparatos, todos tienen el conocimiento suficiente. Pero habiendo de dirigirme a alumnos de esta Escuela, de tan brillante historial, me parece más atractivo y didáctico comenzar por el aparato, del cual muchos tendrán nociones deficientes.

Hay personas que se forman del aparato telefónico una idea pavorosa, creyendo que dentro de esa caja de metal barnizado se

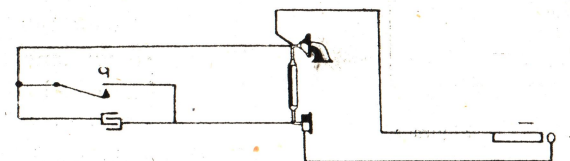


Figura 1

encierran grandes secretos. Diré que en parte aciertan y en parte yerran. Para una exposición elemental, el aparato telefónico es el artefacto más inofensivo que se ha visto; para un estudio profundo, es tal vez un abismo. Se pueden escribir muchos tratados sobre el receptor y la teoría del micrófono de carbón granulado sigue envuelta en profunda oscuridad.

En primer lugar diré que un aparato telefónico puede ser tan sencillo que lo inventaría cualquier alumno; la figura 1 representa un aparato rudimentario empleado en telefonía automática en pruebas de conectadores. El receptor y el micrófono están en serie y unidos a la punta esférica y cuerpo cilíndrico de una clavija

de las que se usan en telefonía, que se enchufa en una hembra especial denominada *jack*. Al enchufarse se conecta en un circuito de, y para el cual han de transmitirse conversaciones y del cual recibe un polo + y un polo - de una batería, la cual alimenta al micrófono, cuando el contacto *b* está cerrado. Con el contacto *b* abierto puede escucharse, pues la corriente alterna de conversación atraviesa el condensador. Aquí se ve con qué escasos elementos se puede construir un aparato telefónico.

Un aparato automático perfecto puede verse dibujado en la figura 2. Cuando el gancho *c* está bajo, como se indica en la figura,

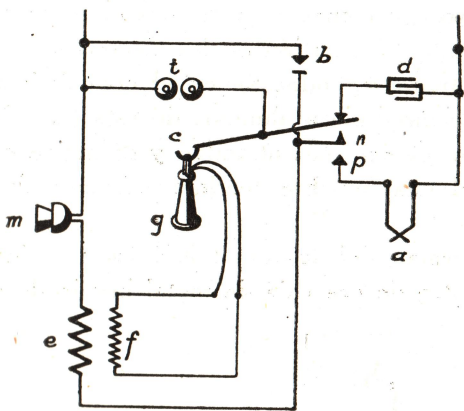


Figura 2

la corriente alterna de llamada, de 16 ó 20 períodos, atraviesa el timbre polarizado *t* y el condensador *d*, de unos dos microfaradios de capacidad. Cuando el gancho se levanta, la barra del mismo hace contacto con los puntas *n* y *p*; el condensador queda fuera del circuito. La corriente continua procedente de la central

alimenta el micrófono *m*, cerrándose el circuito por *e*, *n*, *p* y *a*. La corriente de conversación recorre este mismo circuito. El timbre *t*, de elevada resistencia y fuerte autoinducción, queda en derivación. La corriente festonada de conversación procedente del otro abonado atraviesa el primario *e* de un transformador. En el secundario *f* se obtiene una corriente alterna que acciona el receptor *g*. Para marcar el número se empieza por levantar el gancho *c* y cuando en el receptor se perciba la señal acústica que indica que un registrador puede recibir la llamada, se marca el número. Al tiempo de separarse ligeramente el disco de su posición de reposo se cierra el contacto *b* que cortacircuita *m* y *e*, haciendo más eficaz la acción del disco. Este corta el contacto *a* tantas veces como unidades tiene la cifra marcada, menos el *cero*, que

produce diez interrupciones. Al volver el disco a su posición de reposo se rompe el contacto *b*.

En algunos modelos de aparatos, el condensador no se aísla, sino que está siempre en serie con el condensador, aun cuando el gancho esté levantado; en este caso el timbre y el condensador quedan en derivación sobre el circuito del micrófono *m* y primario *e*. En otros modelos, en la posición de conversación el condensador y el timbre quedan aislados.

Receptor

Pasemos a hablar de los órganos del aparato, uno a uno. Comencemos por el receptor (fig. 3). El tipo de receptor hoy en día casi exclusivamente usado está

formado por un imán permanente de forma de corona circular, formado por dos o más láminas, a fin de que, a igualdad de volumen, sea mayor la intensidad de imantación. Se la dota de piezas polares de hierro dulce de forma de escuadra para que sus extremidades queden frente a la chapa vibrante del mismo metal. En las piezas polares hay devanadas en serie dos bobinas, por las cuales circula la corriente alterna de conversación.

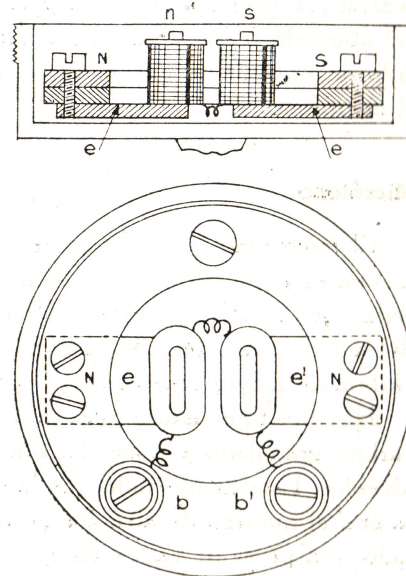


Figura 3

La chapa vibrante está siempre atraída por las armaduras del imán; con los semiperíodos positivos de la corriente, la atracción aumenta, y con los semiperíodos negativos disminuye. De este modo la chapa vibra al unísono con la corriente.

Si hubiésemos puesto, en vez de imán permanente, un hierro dulce, la chapa vibraría también, pero en octava alta; en efecto, un electroimán atrae, cualquiera que sea el sentido de la corriente;

habría, pues, atracción en los semiperíodos positivos y en los negativos y la chapa tendría dos vibraciones por cada una de la corriente.

No es ésta la única razón que mueve al uso de los imanes permanentes. Estos producen una inducción magnética en la chapa y es fácil demostrar que la fuerza atractiva producida por la corriente alterna es proporcional a esta inducción. Hay, pues, interés en poner poderosos imanes permanentes. Sin ellos la audición sería extremadamente débil.

Es claro que en vez de usar imán permanente, se podría poner una bobina suplementaria recorrida por la corriente continua procedente de la central y el rendimiento del receptor aumentaría con la intensidad de esta corriente. Pero sería difícil hacer constante esta corriente, dado que el micrófono que se alimenta también de la central presenta consumos muy variables. Por otra parte, si la línea del abonado fuera larga, el receptor estaría deficientemente alimentado, inconveniente que ya se hace notar también en ocasiones con el micrófono.

Micrófono

El *micrófono* universalmente usado en telefonía manual y automática es el de carbón granulado, variándose la resistencia de éste, según que se trate de batería local (3 voltios) o batería central (caso del automático; 24 ó 48 voltios). Es claro, a mayor voltaje, se usa carbón de mayor resistencia.

Hay dos tipos industriales de micrófono: el de depósito único de carbón granulado y aquél en que éste se halla repartido en varios alvéolos. Está demostrado que la sensibilidad del micrófono aumenta con el número de alvéolos en que está dividido el carbón granulado, y a pesar de esto y de que nada hay más caro que un micrófono poco sensible (pues para unas pocas pesetas que en él se economizan, obliga a gastar enormemente en cobre de líneas urbanas e interurbanas), todos los micrófonos tienen un solo depósito de carbón, a excepción del Ericsson que, desde tiempo inmemorial, ha adoptado el micrófono con división del carbón en seis compartimientos.

Como consecuencia de esta división, el micrófono Ericsson es, en igualdad de las demás condiciones, de mayor rendimiento que

los de otras marcas. Se han llegado a construir micrófonos con más de 300 alvéolos, con resultado excelente; y no obstante, este tipo de micrófono no se propaga comercialmente.

El micrófono Ericsson consta de un carbón conductor *e* que lleva canales radiales, sujeto a la cápsula metálica *m* por una tuerca *a*, con interposición de una pieza aislante *c*. En el fondo de estos canales va un resorte de seis patas *f*; encima de éste una lámina *g* y encima de ésta una rodaja de fieltro esponjoso *h* que encaja en los canales dichos y cuyos bordes quedan más altos que el carbón *e*,

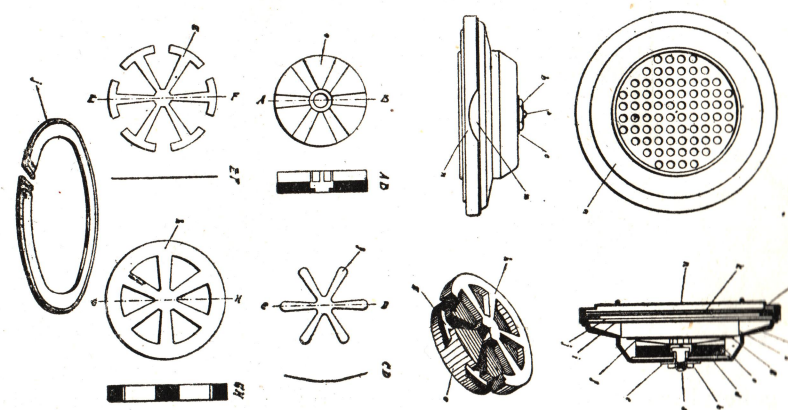


Figura 4

dejando unos sectores huecos donde se aloja el carbón granulado. Encima y cerrando estos huecos va la membrana vibratoria *i* de carbón conductor, sujeta con una arandela metálica hendida *j* y que hace presión sobre la cápsula *m*. Encima de ésta un papel de estaño *k* para impedir el paso de la humedad del hálito, que se sujeta con la rejilla protectora *n*, que encaja a rozamiento fuerte en la cápsula con intermedio de una arandela cartón *l*.

Al vibrar la membrana *i*, el fieltro *h* le sigue en todos sus movimientos por la acción del resorte *f*.

Bobina de inducción

Es un simple transformador minúsculo con circuito magnético,

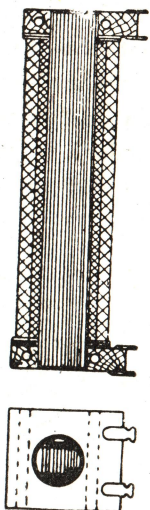


Figura 5

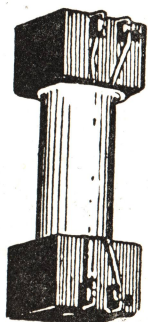


Figura 6

en general, no cerrado. En batería central la relación de transformación varía de 1:1 a 1:1, 2. Véanse las figuras 5 y 6.

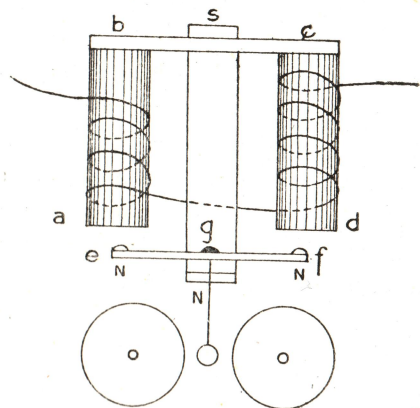


Figura 7

Timbre polarizado

Consta de un imán permanente con una armadura fija de hierro dulce *abcd* y otra *ef* que oscila alrededor de un eje perpendicular al plano de la figura. En los núcleos *ab* y *cd* se devana un arrollamiento por el que circula una corriente alterna de escasa frecuencia (entre 10 y 20 períodos por segundo). Un semiperíodo refuerza

la imantación de uno de los núcleos y debilita la del otro y el semi-

período siguiente al revés; de este modo oscila la parte móvil de la armadura, accionando el timbre.

El timbre polarizado puede ofrecer gran resistencia de circuito y fuerte autoinducción, por lo que puede quedar en derivación (como se ha visto en la figura 2) sobre el circuito de conversación, en el aparato telefónico. Además no causa periódica interrupción del circuito, como los timbres de corriente continua.

Disco

El disco marcador, en su movimiento de avance, funciona como la rueda libre de una bicicleta al pedalear hacia atrás; es decir, que no mueve la rueda dentada que ha de producir el corte

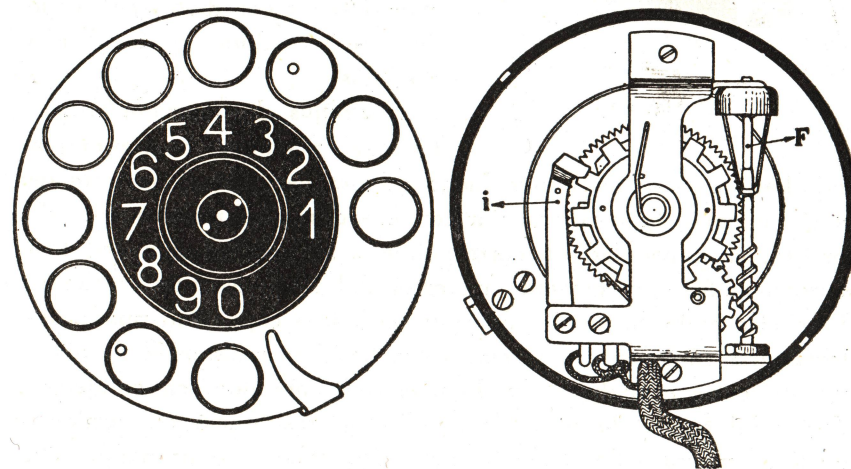


Figura 8

del circuito tantas veces como unidades tenga la cifra marcada (menos el cero, que corta diez veces). En cambio, al volver a la posición de reposo, por la acción de un resorte, arrastra dicha rueda, la cual separa la lámina *i* de otra igual situada detrás. No se ve tampoco en la figura una espigueta que al salir el disco de su posición de reposo, deja actuar a un resorte que cierra el contacto *b* de la figura 2. La regulación de la velocidad se hace como en los gramófonos, sólo que de modo más sencillo, por medio de un regulador de fuerza centrífuga accionado por un tornillo sin fin

reversible. Las masas del regulador, al separarse, rozan con el interior de una cazoleta que tapa la parte superior del regulador. Este roce frena el movimiento. Graduando el rozamiento se puede hacer mayor o menor la velocidad de retroceso del disco.

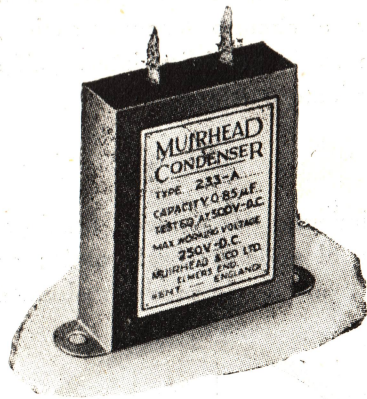


Figura 9

Condensador

Los condensadores industriales son en general de deficiente construcción (fig. 9).

Véase a este propósito lo que en mi obra *La corriente telefónica* (Apéndice) digo acerca de los condensadores destinados a medidas.

»Patrones de capacidad.—Son los que mayores contratiempos nos han ocasionado. Desde luego, ni por casualidad, se trate de emplear como tales patrones a condensadores industriales; por de pronto, su capacidad no corresponde a su nombre sino con una aproximación muy grosera; un error del 10 % es muy corriente. Pero esto es lo de menos, pues su verdadera capacidad puede determinarse fácilmente. Lo malo es la bajísima resistencia de aislamiento entre armaduras. Es lo más frecuente que, en condensadores del orden de un microfaradio, la resistencia en corriente continua no pase de medio megahomio. Solamente probando una gran cantidad de condensadores industriales suele hallarse alguno que otro en que la resistencia de aislamiento es de 1.000 megahomios para un microfaradio de capacidad.

»Pero no es esto lo triste, porque de tales condensadores no se echa mano (para medidas) sino en caso de apuro; lo triste es que nosotros hemos encontrado condensadores de medida, contruidos por casas reputadas, con resistencias bajísimas de aislamiento que falseaban por completo los resultados obtenidos. ¡Cuánto tiempo nos han hecho perder! ¡Cuántas investigaciones han resultado infructuosas por su culpa!

»Es posible que esas casas hayan caído en cuenta de tales de-

fectos y estén absolutamente remediados en los aparatos que ahora fabrican. Pero, por lo que pudiera ocurrir, aconsejamos a nuestros lectores que jamás empleen un patrón de capacidad sin medir previamente su resistencia de aislamiento. Esta resistencia debe ser de 1.000 a 10.000 megahomios en corriente continua por microfaradio de capacidad para los ensayos corrientes. Cuando se trata de medir condensadores con resistencia de aislamiento de 1.000 megahomios por microfaradio (resistencia que se encuentra a veces en condensadores de tipo industrial), se necesitarían patrones de capacidad de una resistencia de aislamiento de diez a cien veces mayor.

»Pero, en general, ninguna casa construye patrones de capacidad de tan elevada resistencia. Esta no suele pasar, de ordinario, de los 1.000 a 10.000 megahomios que hemos indicado anteriormente.

»Esto en cuanto a la resistencia de aislamiento. En cuanto al grado de exactitud, suele ser bastante limitado, siendo corrientes los errores del 1/2 %, y con patrones pequeños, del 2 %. Se comprende, pues, que los patrones de capacidad no son los más adecuados para ser empleados en medidas de corriente alterna de frecuencia audible, si se quiere tener garantía de exactitud en los resultados. No obstante se emplean no poco, por ser muy cómodos.»

La deficiente graduación de los condensadores industriales no tiene influencia nociva en el aparato telefónico que venimos explicando. En cambio, puede influir desfavorablemente en la simetría del circuito cuando se emplean por parejas, como en el caso de las figuras 14 y 15 de esta lección. En tal caso es aconsejable elegir dos condensadores de la capacidad y resistencia de aislamiento más parecidas.

Las deficiencias de los condensadores industriales se explican por su construcción poco esmerada y materiales deficientes. Se colocan las armaduras (tiras estrechas y largas de papel de estaño, o de hoja de aluminio si se quiere mejor calidad) entre tres hojas de papel parafinado de dimensiones algo superiores. Las cinco hojas juntas se devanan a máquina, dotando luego de terminales a las armaduras. El conjunto se encierra en una cajita de hoja de lata que se rellena de un compuesto bituminoso.

Se comprende la dificultad de graduar estos condensadores en los que una diferencia en la presión, en la calidad o calibrado del papel, alteran la capacidad. Los condensadores que emplean aislamiento de mica son mucho mejores, pero también más caros y de volumen enormemente mayor, a igualdad de capacidad

Alimentación de los aparatos en conversación

La alimentación de los aparatos automáticos en conversación, se verifica de igual modo que en los sistemas manuales de batería central, llamados así, porque los aparatos de los abonados no tienen pilas, sino que reciben la corriente de una batería situada en la Central. Como todos los abonados que hablan simultáneamente utilizan la misma batería y tiene, por tanto, esta parte de circuito común, salta a la vista el problema de evitar el cruce de las conversaciones, ya que cada conversación da un cierto voltaje a todos los circuitos que conversan al mismo tiempo. Esto se logra por el hecho de que la resistencia de la batería es mínima con relación a la del resto del circuito.

En efecto, supongamos (fig. 10) dos circuitos 1 y 2, con una

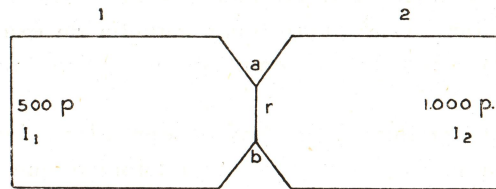


Figura 10

parte común ab . En el de la izquierda supongamos que circula una corriente alterna I_1 de 500 períodos por segundo y en el de la derecha una I_2 de 1.000. El cálculo riguroso del cruce de corrientes es bastante difícil, porque las leyes de Kirchoff sólo pueden aplicarse a corriente continua o a corrientes alternas de la misma frecuencia. Habría, pues, que partir de los valores instantáneos e integrar después. Pero podemos, en el caso actual, adoptar un procedimiento de cálculo sencillo y prácticamente exacto. Sea r la resistencia del trozo ab . Entre a y b habrá un voltaje alterno rI_1 de 500 períodos que provocará una corriente en el circuito 2 y un voltaje de 1.000 períodos rI_2 que provocará una corriente en el

circuito 1. Por tanto, estas corrientes de mezcla serán tanto menores cuanto menor sea r . Y es claro que la resistencia de una batería de acumuladores (del orden de la décima o centésima de ohmio) es mínima frente a la de los circuitos de conversación, cuya resistencia es del orden de las centenas, aparte de la autoinducción de los órganos del aparato. Pero, además, como veremos luego, se emplean unas bobinas de fuerte autoinducción que ofrecen enorme oposición a la mezcla de conversaciones.

Vamos a estudiar, someramente, los diversos sistemas de alimentación de batería central.

La teoría del funcionamiento del micrófono en un sistema de batería en serie, es la más sencilla de todas (fig. 11).

Cuando en uno cualquiera de los micrófonos aumenta o disminuye

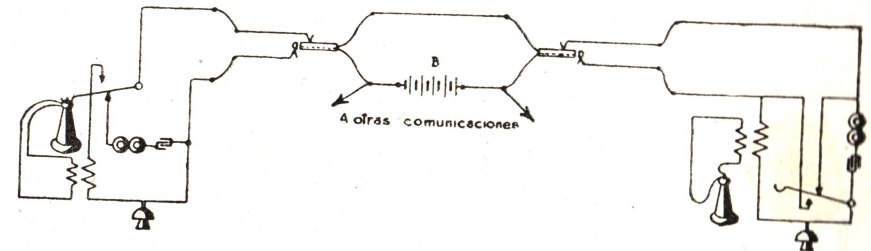


Figura 11

nuye la resistencia, aumenta o disminuye la corriente de alimentación en todo el circuito. Se tiene, pues, en el circuito una corriente festonada, que al transformarse en alterna, en las bobinas de inducción, hace funcionar los receptores, reproduciendo la conversación. Este sistema ofrece dos inconvenientes (por lo cual no está en uso). El primero, la disimetría del circuito, que sería mayor aún si se empleasen bobinas de autoinducción y condensadores, como en el sistema de alimentación independiente, que veremos luego. El segundo, que los micrófonos están en serie con las líneas de los abonados (que pueden tener mucha resistencia); la variación relativa de resistencia ofrecida por el micrófono disminuye, pues, en importancia.

Veamos ahora la alimentación en derivación, llamada no independiente, porque la alimentación de un micrófono disminuye cuando aumenta la del otro (fig. 12). B es la batería de acumulador

res que alimenta los dos micrófonos y a y a' dos bobinas de gran autoinducción que tienden a mantener constante la corriente lanzada por la batería al circuito. Por tanto, el aumento de resistencia en el micrófono de un extremo, hace aumentar la corriente que atraviesa el otro aparato y viceversa, pues la cantidad total de corriente no varía sensiblemente. Los períodos del movimiento vibratorio en el receptor de uno de los aparatos, están en oposición con la corriente festonada que atraviesa el micrófono accionante del otro aparato, así como en el teléfono de batería local y en el sistema de batería en serie van en fase.

El sistema no independiente que acabamos de exponer, ofrece el inconveniente de que si se ponen en relación dos abonados cuyas longitudes de líneas sean diferentes, el más próximo absorbe más corriente y el micrófono del otro queda deficientemente alimentado.

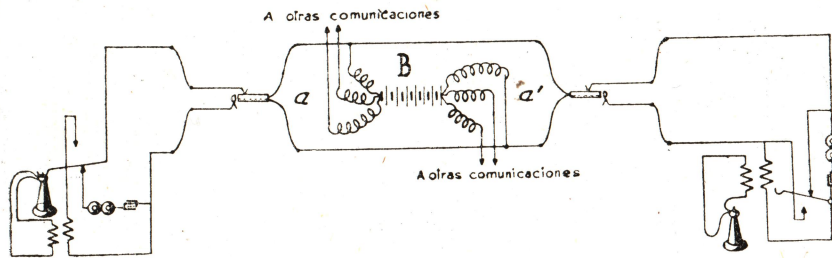


Figura 12

Para obviar este inconveniente se adopta el montaje indicado en la figura 13. Los condensadores c y c' da paso a la corriente alterna de conversación, pero no a la continua de la batería, así que cada abonado se alimenta, durante la conversación, con absoluta independencia. Para el paso de la corriente de conversación no son indispensables los condensadores, siempre que los pares de bobinas correspondientes a un mismo extremo de la batería se hallen montados en el mismo núcleo, pues en este caso la corriente se propaga por transformación.

Hay cuatro modos de montar las bobinas a , a' , b , b' :

1.º Las cuatro independientes, cada una en su núcleo. Son necesarios los condensadores para el paso de la corriente de conversación y para lograr una impedancia determinada en las bobinas se necesita bastante devanado.

Se montan en el mismo núcleo a y b y en otro a' y b' . En este caso tenemos dos transformadores en serie y no son necesarios los condensadores. Pero las impedancias que han de evitar el cruce de las conversaciones quedan reducidas al mínimo, pues el flujo que produce la corriente secundaria contrarresta al de la primaria.

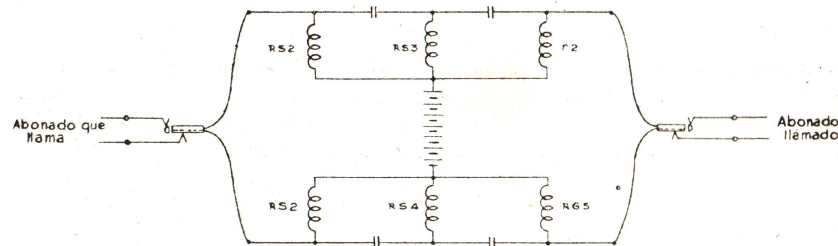


Figura 13

Como consecuencia, el voltaje alterno en los extremos de la batería es mucho mayor que en el caso anterior y mayor el cruce de conversaciones.

3.º Se montan a y a' en un núcleo y b y b' en otro. La impedancia es máxima; el cruce de conversaciones, mínimo. Se necesitan condensadores.

4.º Los cuatro en un núcleo. La impedancia es débil. No hacen falta condensadores.

El sistema universalmente adoptado es, como se comprende, el 3.º

En el sistema automático se adopta también este mismo montaje.

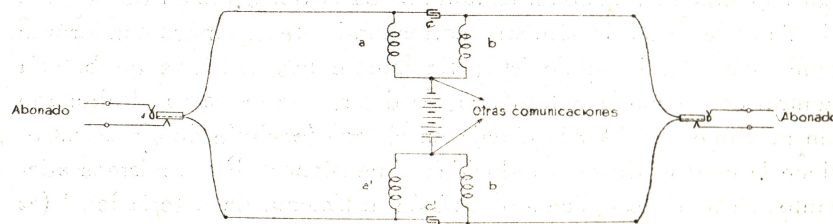


Figura 14

No obstante, a veces son necesarias algunas modificaciones que no afectan a la esencia del mismo. Así, por ejemplo, en la Red Provincial, además del sistema normal de la figura 13, tenemos el indicado en la figura 14.

LECCION II

Centrales automáticas. Su necesidad.—Averías en los sistemas manual y automático.—Selección.—Sistema «paso a paso» y de llamada traducida.—Opiniones sobre estos sistemas.—Ventajas del registrador.—Representación gráfica de los órganos esenciales.—Estructura de los diversos sistemas.

Centrales automáticas. Su necesidad.

En el invento de las centrales automáticas deben tenerse en cuenta dos leyes que rigen los destinos humanos. La primera dice que ningún ser nace en pleno desarrollo. La segunda, que la necesidad es el origen de la mayor parte de los descubrimientos.

La primera ley se cumple desde el momento en que a la automatización se fué de un modo paulatino; y la segunda, por razón de que la automatización progresiva, fué una consecuencia de la necesidad de servir aglomeraciones cada vez más vastas de abonados.

El sistema de batería central fué el primer paso hacia el automático, pues las lámparas llamadas de *supervisión* funcionan automáticamente; cuando cuelga un abonado se enciende la lámpara correspondiente; también es automática la desaparición de la señal de llamada, pues la lámpara correspondiente se apaga tan pronto como contesta la telefonista; finalmente hay sistemas de batería central con llamada automática, es decir, que se llama al abonado sin más que enchufar la clavija en el *jack* (enchufe donde se introduce la clavija, de muy reducidas dimensiones). Estos mismos adelantos se han ido aplicando también al sistema de batería local (es decir, aquél en que el abonado tiene en su domicilio las pilas para alimentar su micrófono), aunque más restringidamente, ya que el sistema de batería local no es adecuado sino para redes pequeñas.

Pero uno de los pasos más trascendentales hacia la telefonía automática se dió al buscar la distribución del tráfico. Expliquemos de qué se trata.

Los abonados de una red urbana se hallan distribuídos en paneles y para el servicio de cada panel hay una telefonista. El número de abonados asignados a cada telefonista varía entre 100 y 200, según el sistema y la intensidad del tráfico.

Es evidente que los abonados son de suyo de tráfico muy variado; cuando un abonado se da de alta, si se preven las condiciones de su tráfico se le puede asignar un número correspondiente a un panel adecuado; si es de mucho tráfico, a un panel donde éste escasea y viceversa. Pero esto no siempre se puede prever y además ocurre que el tráfico de un abonado puede crecer o disminuir impensadamente. Finalmente, el tráfico es muy vario según las horas y aunque al conceder los números se haya procurado equilibrar el tráfico, es posible que en determinadas horas sea excesivo el tráfico en un panel y en otros más moderado.

De aquí resulta una mala utilización del personal; hay horas en que en determinados paneles las telefonistas no pueden atender a las llamadas, al paso que otras están más ociosas. La consecuencia es tener que disminuir el equipo de todos los paneles por la imposibilidad de prever cuáles estarán más recargados, y así, los paneles que con tráfico uniforme pudieran llevar 200 abonados, con tráfico desigual no pueden pasar de 100 ó 120. El personal aumenta en la misma proporción que el número de paneles y, por tanto, los gastos de explotación y también el coste de instalación del cuadro.

Surge inmediatamente la idea de la distribución del tráfico; entre las líneas de llegada de los abonados y el cuadro propiamente dicho se interpone un cuadro de telefonistas *mudas*, es decir que no responden al abonado sino que se limitan a enlazarlo al otro cuadro y a un panel en que la telefonista esté libre en aquel momento; esto lo conocen las telefonistas mudas por medio de unas señales luminosas que funcionan cuando no hay ninguna lámpara de llamada encendida en el panel correspondiente de la telefonista no muda. De este modo las llamadas de los abonados van a parar siempre a un panel donde la telefonista se halla, por el momento, desocupada.

Pero el mutismo de estas telefonistas intermediarias sugirió inmediatamente una idea; si las telefonistas no han de hablar, ¿por qué no sustituirlas por un mecanismo? Y, en efecto, así se hizo,

y un mecanismo bastante sencillo enlazaba a los abonados que llamaban con los paneles desocupados.

Aún hay otra dificultad en la telefonía manual que ha empujado a la telefonía hacia la automatización; es la capacidad limitada de las centrales manuales.

Parece a primera vista que el número de abonados de una central manual puede ser ilimitado; cuestión de poner más y más paneles. Pero no es así; el número de abonados de una central está necesariamente limitado por una longitud, hartamente pequeña, la del brazo de la telefonista. En efecto, una telefonista no tiene que contestar más que a los 100 a 200 abonados asignados a su panel, pero es evidente que tiene que llamar a todos. Esto exige que en un espacio, al alcance de su mano, estén *multiplicadas*, esto es, repetidas en serie o derivación las líneas de todos los abonados no correspondientes a su panel. Un extremo del cordón de enlace lo enchufa en la línea del abonado que llama que corresponde a su panel; el otro extremo, en la línea del abonado pedido que se halla en el multiplaje al alcance de su mano. Lo expuesto se aclara en la siguiente figura número 15, que representa una cen-

	Panel I	Panel II	Panel III	Panel IV	Panel V	Panel VI	Panel VII	Panel VIII	Panel IX		
Multiplaje	201 a 300 501 a 600 801 a 900	301 a 400 601 a 700	401 a 500 701 a 800	501 a 600 801 a 900	601 a 700 1 a 100	701 a 800 101 a 200	801 a 900 201 a 300	1 a 100 301 a 400	101 a 200 401 a 500	201 a 300 501 a 600	301 a 400 601 a 700 1 a 100
Anunciadores y Jacks	1 a 100	101 a 200	201 a 300	301 a 400	401 a 500	501 a 600	601 a 700	701 a 800	801 a 900		

Figura 15

tral de 900 abonados, dividida en paneles de a ciento. Los rectángulos inferiores representan los paneles que contienen los anunciadores y jacks correspondientes a los abonados asignados a cada telefonista; los rectángulos superiores, el multiplaje, formado exclusivamente por jacks.

Sea, por ejemplo, la telefonista del panel V. En la parte inferior de este panel se hallan los anunciadores y jacks de los abonados 401 y 500 asignados a la telefonista de dicho panel. En la parte superior tiene el *multiplaje*, esto es, los jacks para llamar a los abonados 101 a 200 y 701 a 800. Y en los paneles inmediatos de la izquierda y de la derecha, a los cuales puede también alcanzar su brazo, los 1 a 100, 601 a 700, 201 a 300 y 801 a 900.

Es decir, que tiene a todos los abonados al alcance de su mano. En los extremos del cuadro hay dos paneles suplementarios de multiplaje que no serían necesarios en el caso de ser el cuadro circular.

Para hacer lo más amplio posible el radio de acción de una central se han llegado a hacer verdaderas filigranas en materia de clavijas y jacks, dando a éstos dimensiones reducidísimas; pero así y todo apenas se ha podido pasar de la cifra de 10.000 abonados para una sola central. Ahora bien, el multiplicar las centrales, en el sistema manual, si bien puede ser más económico como coste de instalación, es fatal desde el punto de vista del servicio, pues lo complica extraordinariamente y acrecienta enormemente el tiempo necesario para la puesta de las comunicaciones.

Pero así como el mutismo de las telefonistas distribuidoras sugirió la idea de sustituirlas por mecanismos, la falta de longitud del brazo de las telefonistas conectadoras sugirió la de dotarlas de brazo mecánico. Y así existen centrales donde no hay multiplaje a la vista; la telefonista forma con unos botones el número del abonado pedido, y esta maniobra pone en marcha un mecanismo que enlaza el abonado demandante con el solicitado. Es claro que de aquí a la telefonía automática no había más que un paso.

Y el paso se ha dado y ha sido definitivo, porque la telefonía automática, aunque más cara de instalación, es mucho más barata en su explotación. Podía calcularse, en 1926, en 175 pesetas el coste de una central manual (batería central) por abonado; y en 325 el de la automática; este exceso de capital representaba un interés de 9 pesetas por abonado y año (al 6 %); pero la economía de personal femenino representaba, por abonado, una cifra muchísimo mayor, alrededor del triple. El personal de mecánicos aumenta algo, es cierto; pero no en proporción suficiente para anular las ventajas económicas del sistema automático. Tan positivas son las ventajas económicas del sistema automático, que ha desterrado en absoluto los sistemas semiautomáticos de que más arriba nos hemos ocupado; hoy día no se construyen más que centrales automáticas o manuales, según el dinero que se disponga.

Averías en los sistemas manual y automático

Fuera del aspecto económico, las ventajas del sistema automático son incontables. Rapidez en el establecimiento de las comunicaciones, responsabilidad exclusiva del abonado en esta materia, desconexión instantánea al terminar la conversación, secreto absoluto, rapidez grande, tanto si interviene una como si intervienen varias centrales en la comunicación y, por tanto, posibilidad de multiplicar éstas, a fin de obtener la máxima economía en la red de cables y, finalmente, lo que a primera vista parece imposible, menor número de averías. No obstante, la estadística lo prueba de manera terminante. He aquí unos datos recogidos en Bruselas el año 1923:

Número de averías por mes y 1.000 abonados

SISTEMA MANUAL

Averías en cordones de la Central	200
» » el múltiple de abonados	14
» » mesas y llaves	180
» » aparatos de abonados	221
Total	615

SISTEMA AUTOMATICO

Averías en la Central	90
» » aparatos de abonados	228
Total	318

es decir, una mitad sensiblemente.

En la Red Telefónica de Guipúzcoa los resultados son parecidos. El año 1934 se registran 2,74 averías por abonado y año en la zona manual y 1,51 en la zona automatizada.

La figura 16, que nos muestra lo que era la Central manual de La Haya, antes de su automatización en 1921, nos da una idea de lo que eran estas ingentes instalaciones, que necesitaban un ejército de telefonistas para su servicio y locales enormes, sin

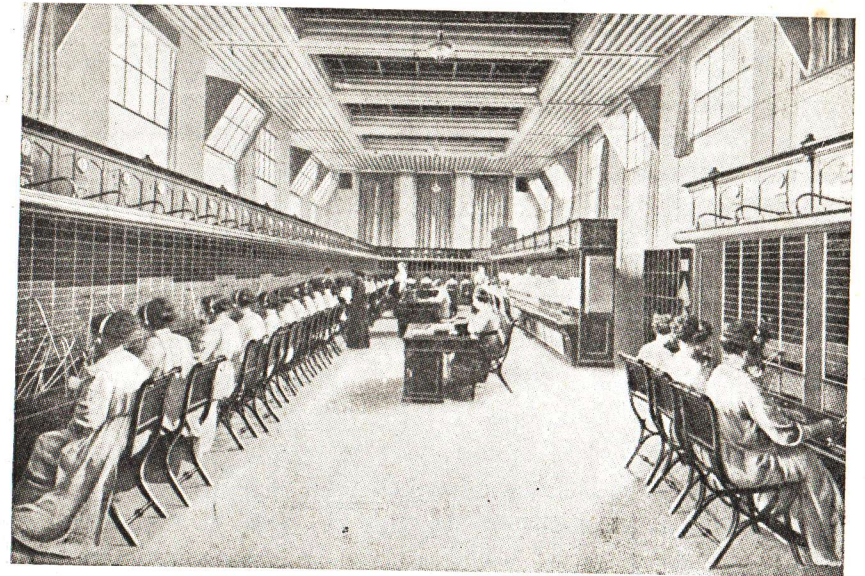


Figura 16

conseguirse jamás un servicio que pueda compararse con el automático.

Selección

Como se ve, una central manual es una superficie llena de enchufes, llamados jacks, donde un órgano perfectísimo introduce las clavijas. Este órgano no falla en el recorrido que tiene que hacer; nunca tropieza con otros órganos semejantes, aunque se encuentre con ellos en su recorrido, sino que los esquivo. Este órgano perfectísimo, como obra de Dios, es el brazo del operador, que se sienta frente al panel del cuadro manual.

Ignoro por qué no se ha intentado hacer el operador mecánico. Comprendo que es difícil, pero no imposible. Si se hubiese intentado desde un principio, tal vez hoy la telefonía automática

estuviese mucho más adelantada. Pero los ingenieros no se atrevieron a hacer el hombre artificial; no se atrevieron a buscar directamente, entre millares, el abonado solicitado. Y han seguido

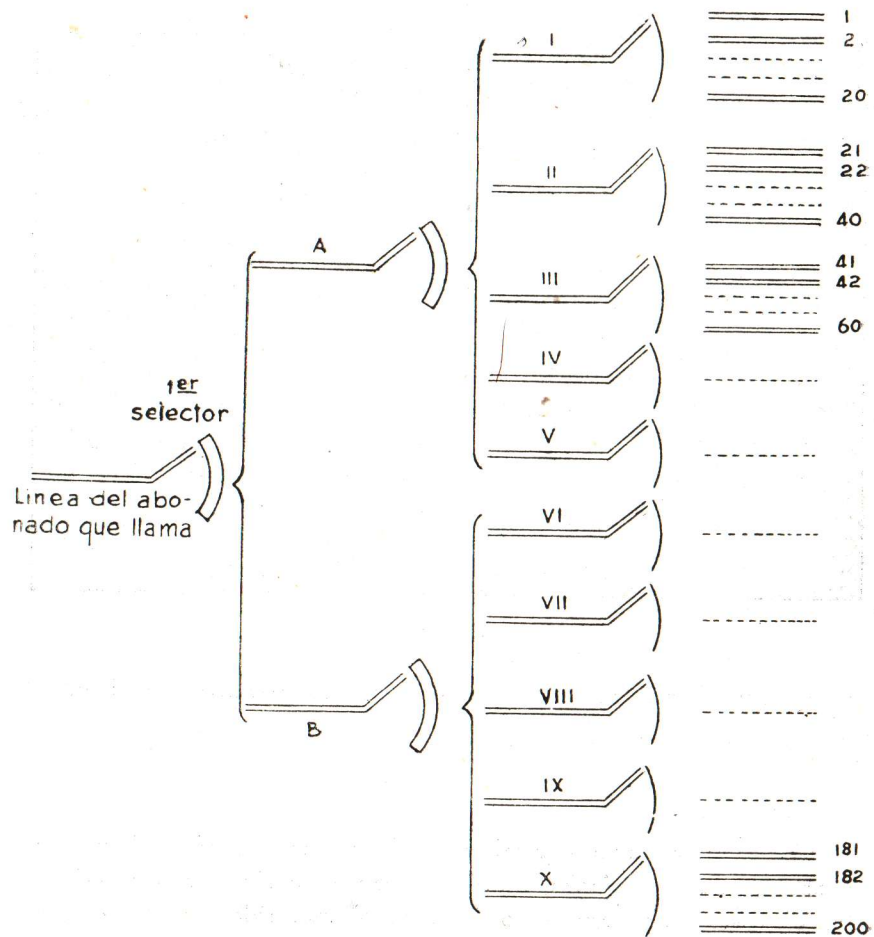


Figura 17

un sistema pesado y carente de audacia; el sistema de la selección, que ha sido adoptado, sin excepción, por todas las casas constructoras.

Se entiende por selección la maniobra necesaria para que la

central encuentre al abonado pedido. Esta selección, como su nombre da a entender, se efectúa progresivamente.

Los abonados están reunidos por grupos; estos grupos varían de unos sistemas a otros; los hay que comprenden 100 líneas de abonados; los hay de 200 y de 500.

Para fijar las ideas vamos a suponer que se trata de una central de 200 abonados, divididos en grupos de a 20 (fig. 17). Existirán 10 de estos grupos. A cada grupo se llega por las respectivas líneas I, II, III, etc. Aunque en este caso concreto no habría en la práctica otra etapa de selección (ya que son sólo diez las direcciones a elegir) vamos a suponer (para ponernos en el caso de las grandes centrales) que la hay y que estos diez caminos I, II, III, etc., están divididos en dos grupos de a cinco. Sean A y B las líneas que conducen a dichos grupos. Estas dos líneas parten de un primer selector.

Supongamos, por ejemplo, que se ha pedido el abonado 42. El abonado que llama, por el solo hecho de descolgar el teléfono, ha unido su línea al primer selector. Al formar el número, el primer selector une su línea con la línea A; el segundo selector A lo enlaza con la línea III; y, finalmente, el conector III lo enlaza con la línea 42.

Es evidente que si una central automática constase solamente de los órganos representados en la figura 17 sólo podría cambiarse una conversación a un tiempo; en efecto, una vez ocupado el primer selector, ya no hay camino para ninguna otra conversación. Ocurre, desde luego, la solución de multiplicar tantas veces la figura 17, en pisos sucesivos, como conversaciones puede haber simultáneas; pero este sistema es caro, pues contrayéndonos al ejemplo de la figura 17, habría por cada piso, durante una conversación que ocupa tres órganos, un segundo selector y 9 conectores, total 10 órganos, en reposo. Es decir, que sólo se utilizaría el 23 % de la instalación; esto, como se ve, es carísimo.

En la práctica lo que se hace es lo siguiente: delante de cada grupo hay tantos conectores (que también se llaman selectores finales) como conversaciones simultáneas pueda haber en el grupo. Las líneas de cada abonado del grupo recorren todos estos conectores, en general de alto a bajo; se hallan, pues, multi-

plicadas estas líneas en todos los conectadores del grupo y, por esto, al conjunto de estos hilos se llama *multiplaje*.

Hay tantos *selectores segundos* para cada haz de líneas I, II, etcétera, como conversaciones simultáneas puede haber en toda la reunión de grupos afectos a dicho haz; y finalmente, hay tantos *selectores primeros* como conversaciones son posibles en toda la red.

La maniobra tiene lugar en esta forma; al llamar el abonado, se une al primer *selector primero* que se halle libre; este *primer selector* puede coger varios selectores (o todos) de cada uno de los grupos A y B; a virtud del impulso del disco del abonado se coge el grupo A o B a donde debe dirigirse; pero a virtud de una selección libre, coge el primer *selector segundo* libre en dicho grupo. Este selector a su vez, a virtud de la maniobra del disco, elige el grupo I a X a donde debe ir; pero a virtud de una selección libre, elige el primer *conectador* libre de dicho grupo. En el *conectador* ya no hay selección libre, sino que se limita, por impulso del disco, a coger la línea pedida.

Tal es, a grandes rasgos, la maniobra de selección de todos los sistemas de telefonía automática.

Sistema «paso a paso» y de llamada traducida

Si todos los sistemas de telefonía automática convienen en adoptar la selección, difieren, en cambio, en algo fundamental, a saber: si los órganos de la central se mueven sincrónicamente con el disco marcador, o si siguen una marcha independiente. Es decir, si hay o no registrador de la llamada efectuada.

En el primer caso los órganos de la Central siguen la marcha del disco marcador y han de tener, por tanto, una agrupación de carácter decimal. En el segundo caso, la llamada del abonado se registra simplemente; y el registrador cambia esa llamada en otra distinta, no decimal, como tampoco son decimales las agrupaciones de abonados y etapas de selección.

En el sistema sin registro, llamado *paso a paso*, los abonados están divididos en grupos de a 100, en 10 filas de a 10 abonados. La segunda selección elige la centena y la primera los millares. Es decir, un primer selector tiene 10 posiciones, correspondien-

tes a otros tantos millares; el segundo selector tiene 10 posiciones, correspondientes a otras tantas centenas; el selector final o conectador recorre diez filas correspondientes a otras tantas decenas y luego, dentro de la decena, halla el abonado solicitado.

En el sistema con registrador, como hemos dicho, la llamada se transforma; así, por ejemplo, el número 15295 puede transformarse en otro cualquiera, verbigracia, el 11-4-15, y un órgano recorre 11 posiciones, otro 4 y otro 15 para hallar el abonado solicitado.

Opiniones sobre estos sistemas. Ventajas del registrador

Hay gran discusión sobre cuál de los dos sistemas es preferible. No vamos a dar nuestra opinión, excesivamente modesta, sobre esta cuestión que debaten los ases de la construcción de centrales automáticas. Nos limitaremos a indicar que el sistema de registrador tiene dos ventajas: primera, la de reunir los abonados y etapas de selección en grupos, teóricamente, todo lo numerosos que se quiera (con la consiguiente economía en el número de órganos) y la de evitar las pérdidas de ciertas llamadas. Añadiremos que el sistema de registro viene a resultar indispensable en ciertos casos de agrupación de centrales, de tal modo que los sistemas paso a paso se ven obligados a adoptar un traductor de llamadas que llaman *director* y que, en puridad, es un verdadero registrador.

En cuanto a la primera ventaja, es evidente que en el sistema paso a paso no caben ante el conectador agrupaciones de abonados mayores de 100, al paso que con registrador el número es indefinido, aunque en la práctica no se haya pasado de 500. Y estas agrupaciones más numerosas traen una economía considerable en el número de órganos necesarios para una igual probabilidad de pérdida en las llamadas de los abonados.

No obstante, el sistema paso a paso se ha ingeniado para suprimir esta condición de inferioridad, y así la Automatic Telephone and Electric C.^o Ltd., de Liverpool, ha conseguido agrupar 200 abonados ante el conectador por el original procedimiento siguiente: Supongamos que se hace el número 1234. El número 1

marca el primer nivel (1) en el primer selector; el 2, el segundo nivel del segundo selector. Pues bien, este segundo selector cogirá unas escobillas pertenecientes a la primera mitad del grupo 1200-1400, al paso que si se hubiese marcado el número 1334 hubiese cogido los frotadores que sirven la segunda mitad. Este procedimiento de dotar a cada grupo de tantos sistemas de frotadores como centenas contenga puede, en teoría, extenderse indefinidamente. Hasta ahora no se ha pasado de agrupaciones de 200 abonados, con dos grupos de frotadores, uno por centena, cogiendo los segundos selectores el primer grupo o el segundo, según que el nivel tomado en el segundo selector haya sido par o impar. En cuanto a los buscadores o preselectores (luego indicaremos la misión de estos órganos) no hay límite teórico en ningún sistema; pero los selectores, en el sistema paso a paso, tienen que ser, forzosamente, de base decimal.

Esta es, indudablemente, una desventaja del sistema paso a paso, puesto que, en general, son necesarias más selecciones. Supongamos, por ejemplo, que en una central los conectadores sirven grupos de 100 abonados; con sistema paso a paso y selección única sólo se podrán servir mil abonados, mientras que si el selector tuviese 20 posiciones de movimiento dirigido, se podrían servir 2.000, y si 30, 3.000. Ahora bien, la supresión de una etapa de selección supone la supresión de todos los órganos correspondientes, con la consiguiente economía. Pero supuestas unas etapas dadas de selección (por ejemplo, dos selecciones) el número de selectores depende del número de caminos indistintos e igualmente accesibles para llegar a estos selectores, y esto ya es independiente del sistema.

El otro inconveniente del sistema paso a paso lo expondremos brevemente con un ejemplo. Supongamos que marcamos el número 1342. El primer selector coge el nivel número 1, y dentro de éste busca un segundo selector desocupado; este coge el nivel 3 y dentro de éste una línea de conector no ocupado; pero supongamos que todos los conectadores a que puede tener acceso

(1) Decimos *nivel*, porque en el sistema Strowger que utiliza esta Compañía, la selección se hace *elevándose* un órgano móvil que tiene diez niveles correspondientes a otras tantas agrupaciones de abonados (en este caso agrupaciones de a mil abonados).

el selector segundo están ocupados en aquel momento. Entonces el abonado que llama o debiera de hacer las dos cifras finales, para no perder la llamada; pero como no hay modo de advertirle instantáneamente acerca de la ocupación de los conectadores, marca el 4 y el 2, que no pueden ser recibidos por ningún conector, y la llamada se pierde. En el sistema de registrador la llamada

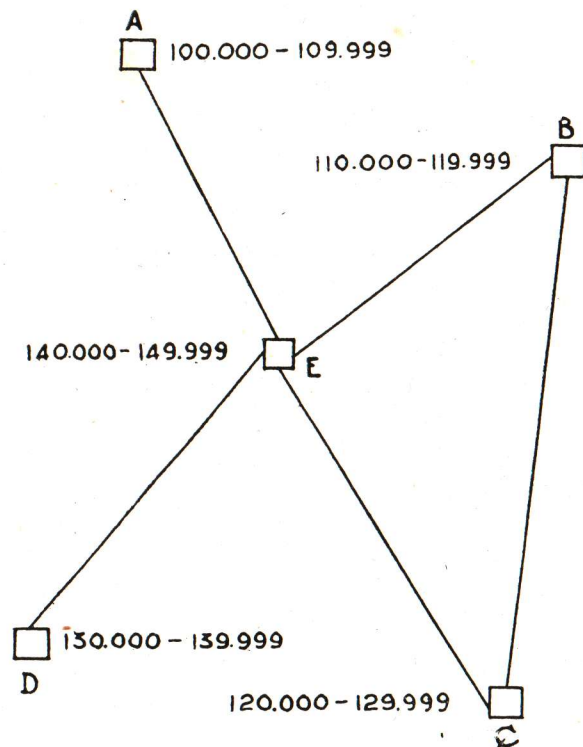


Figura 18

se hubiese inscripto y la llamada traducida se hubiese cursado cuando hubiese conectadores libres.

Pero la necesidad de registrador sobreviene en los sistemas de centrales combinadas (fig. 18). Sea una agrupación de cinco centrales A, B, C, D y E, de sistema paso a paso, de a 10.000 abonados cada una. Partimos del supuesto de que cada abonado ha de tener el mismo número en todas las listas, pues un sistema contrario es prácticamente imposible, aunque con él se podrían

resolver algunos problemas sin necesidad de registrador o director. Es decir, que si un abonado dado figura con el número 132333 en las listas de la central D, con el mismo número figurará en las listas que manejan los abonados de las centrales A, B, C y E.

Esto supuesto, hemos adoptado para dichas centrales la numeración correlativa señalada en la figura 4, aunque pudieran adoptarse también otras diferentes.

Supongamos que un abonado de D quiere comunicar con el 103427 de A. Tiene que marcar primeramente el 1. Como el único camino para llegar a A es la central E, dicha cifra deberá marcar en los primeros selectores de D la dirección de E; la cifra segunda, 0 (que es privativa de la central A), deberá dirigir los selectores situados en E hacia la central A; las cifras 3, 4, 2 y 7 terminarán en A la conexión con el abonado. En forma análoga se verificaría la comunicación entre A y D, entre A y B y viceversa, entre B y C a través de E y viceversa, etc.

No ofrecería mayor dificultad la comunicación de un abonado de una central cualquiera con la E y viceversa. Supongamos que la central A ha de comunicar con la E. El número 1 marcaría la dirección de E; el 4, el de a propia central E; los restantes números establecerían la comunicación con el abonado de E. Si la comunicación parte de E hacia A, la cifra 1 dirigiría los primeros selectores de E a los segundos selectores de la misma central. La cifra 0 dirigiría éstos hacia A, etc.

Supongamos ahora que un abonado de A tiene que comunicar con otro de A. La primera cifra 1 dirigirá la llamada hacia E; la 0, de E hacia A; las restantes cifras terminarán la comunicación en A. En teoría no existe conflicto alguno. Pero en la práctica cada conversación de A con A ocupa inútilmente dos circuitos entre A y E.

Esto no es siempre un obstáculo insuperable. De hecho se practica este sistema cuando el número de conversaciones entre los abonados de la central A es muy limitado. Pero, en general, resulta inadmisibile.

Hay, pues, que evitar la ida y vuelta A-E-A. Pero ello supone la necesidad de registrar la llamada, pues al hacer el 1 no hay manera de prever si la cifra siguiente va a ser cero u otra distin-

ta. Hay, pues, que registrar cuando menos las dos primeras cifras, suspendiendo el efecto de la primera hasta ver cuál es la segunda, y si ésta es cero, cambiando la selección en forma de evitar el recorrido A-E-A, circunscribiendo las operaciones a órganos de la propia central A.

Otro caso que exige la intervención del registro es el de las dobles vías de comunicación.

Supongamos que primitivamente no existió entre B y C más comunicación que a través de E. Pero luego el servicio entre C y B ha aumentado extraordinariamente y, por otra parte, la distancia entre C y B es pequeña. Entonces parece indicado establecer un haz de líneas directo entre C y B. Decimos, parece, porque estos sistemas triangulares, como ECB (en general, reticulares), tienden a ser abandonados, a causa del mejor rendimiento que tienen los grandes haces de líneas. Hoy se preferiría, en general, reforzar los haces entre C y E y entre E y B; es decir, se prefieren los sistemas estrellados a los reticulares. No obstante, éstos pueden ser aconsejables en algún caso, y de hecho existen en muchísimas redes. Estudiemos, pues, este caso.

Es indudable que las comunicaciones entre C y B (y viceversa) han de darse preferentemente por el haz CB, dejando el camino de E expedito para las comunicaciones con A y D, que no tienen vías directas. Pero esto exige la traducción de la llamada que tiene que seguir un camino distinto del primitivo y precisa una cifra menos, puesto que la central E no interviene.

Pero si todas las líneas del haz CB estuviesen ocupadas, entonces habría que seguir el camino CEB (o BEC) sin traducción de las cifras.

Vemos, pues, que en las agrupaciones de centrales, por uno u otro motivo, el registro de la llamada es un hecho inevitable.

Representación gráfica de los órganos esenciales

Pasemos a estudiar la estructura de los grandes sistemas usados en telefonía. Antes que nada es necesario que convengamos en la representación gráfica de los órganos esenciales.

Un selector final o conector lo representaremos (fig. 19) por un brazo que recorre un arco de círculo. Se supone que el brazo

y el trozo de línea *ab* que le precede lleva los tres hilos (en el interior de la central hay tres hilos por circuito) correspondientes al órgano de que se trata y que en el círculo hay 100, 200, 500 etc., posiciones (según el sistema), de a tres contactos cada una. Claro es que esto es puramente esquemático, porque no es posible que un conector tenga una disposición tan sencilla; todos tienen dos movimientos diferentes.

El mismo esquema (fig. 19, inferior), pero acompañado de un círculo en el que hay una cifra o letra, indica una columna de conectadores afectos al servicio de los mismos abonados. La parte inferior de la figura 19 indica, por tanto, que hay *n* conectadores al servicio de un grupo de abonados.

Los mismos signos convencionales sirven para representar los

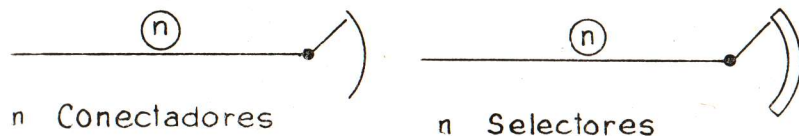
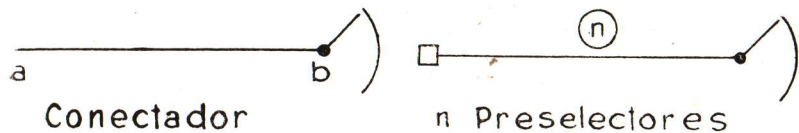


Figura 19

Figura 20

buscadores; son éstos unos órganos que buscan la línea del abonado que llama; también, en algunos sistemas, buscan un selector o un segundo buscador libre.

El preselector (que es un órgano existente en algunos sistemas, ligado exclusiva e invariablemente a una línea de abonado y destinado a enlazarlo con un primer selector libre) lo representaremos del mismo modo que en el conector, sólo que unido a un cuadradito que representa el aparato de abono correspondiente (fig. 20, superior). El número o cifra (*n*) representa que hay en fila o columna *n* abonados, unido cada uno a su correspondiente preselector y que pueden enlazarse a unos mismos selectores.

Un selector lo representaremos (fig. 20, inferior) por un brazo y un arco de corona circular, significando así un movimiento dirigido, por ejemplo, el giro del brazo y otro libre (el avance del brazo después de fijada su posición en el giro) para buscar entre varias una línea libre que conduzca a un selector de la etapa siguiente de selección. La cifra (*n*) significa una fila o columna de *n* selectores del mismo orden y que pueden coger los mismos selectores de orden inmediato.

Hay, pues, diferencia esencial entre el selector y los órganos anteriormente diseñados. El conector sólo tiene movimientos dirigidos por el disco; el buscador y el preselector, sólo movimientos libres, independientes de la maniobra del disco. El selector tiene ambas clases de movimientos. En los sistemas paso a paso el movimiento dirigido es de elevación y el libre de rotación; en el *Panel* ambos son de elevación; el dirigido, por grupos; el libre, dentro de cada grupo; en el *Rotary*, el movimiento dirigido elige un nivel (hay tantos sistemas de frotadores como niveles) y el libre hace girar los frotadores de ese nivel; finalmente, en el *Ericsson*, el movimiento dirigido es de rotación, y el libre de avance radial. El signo convencional que hemos adoptado para el selector se ajusta a estos dos movimientos del selector Ericsson.

Con estos elementos podemos diseñar la estructura de las centrales más complicadas. En las descripciones que van a seguir, y con objeto de simplificar y unificar, supondremos que además de la selección final o conexión hay siempre dos selecciones, aunque, en realidad ello represente capacidades muy diferentes de central, según los sistemas. En efecto, en un sistema paso a paso el conector supone 100 abonados; el segundo selector, 1.000, y el primero, 10.000. Pero como en el primer selector hay que destinar algunas posiciones del movimiento dirigido a conexiones con otras centrales y servicios especiales, la capacidad total con la doble selección no llega en la práctica a 10.000. En cambio, en el sistema Ericsson, el conector supone 500 abonados; el segundo selector, $500 \times 25 = 12500$ abonados (puesto que el selector Ericsson tiene 25 posiciones de movimiento dirigido), y el primer selector $12.500 \times 25 = 312.500$ abonados, cifra que excede a las posibilidades y conveniencias económicas en la actual organización de la telefonía urbana. Una central (salvo en las zonas

de extrema densidad) no debe pasar de 10.000 abonados, pues para mayor número, los circuitos de los abonados resultarían de una longitud media excesiva. En las grandes aglomeraciones urbanas se instalan varias centrales de 10.000 abonados unidas automáticamente entre sí; en zonas de gran densidad de abonados cabe que dos o tres de estas centrales se instalen en un mismo edificio.

Estructura de los diversos sistemas

Comenzaremos por los sistemas paso a paso que utilizan, todos, las patentes caducadas Strowger, más o menos modificadas.

El esquema que a continuación indicamos ha sido adoptado por la Automatic Electric C.º, de Chicago, Siemens Halske, de Berlín, y otras (fig. 21).

Cada abonado está invariablemente unido a un primer preselector P_1 , que, en los primitivos modelos tenía 10 posiciones de

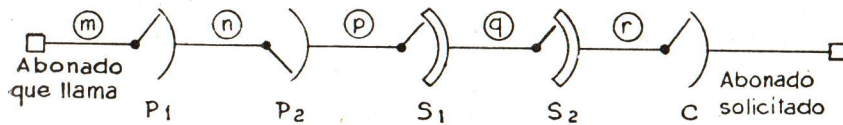


Figura 21

giro; pero que en los modernos llega a 25. Por tanto, cada abonado puede unirse a 25 preselectores segundos P_2 o a 25 selectores primeros S_1 , si no existiesen preselectores segundos. Estos tienen por objeto concentrar el tráfico y hacer que en el número de selectores sea menor, aumentando el rendimiento de los órganos.

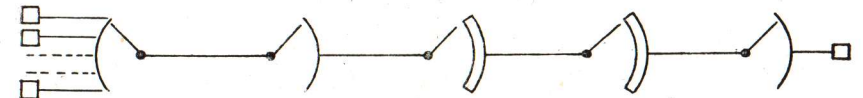
El que cada abonado tenga 25 salidas no quiere decir que éstas sean exclusivas para cada abonado. Un número m de abonados se agrupa para utilizar estas mismas salidas; es decir, que los 25 segundos preselectores tienen sus contactos multiplicados frente a m preselectores primarios.

Como por cada m abonados hay 25 preselectores segundos, el número de éstos guarda con el de abonados la proporción $\frac{25}{m}$. Hay otra nueva reducción al pasar de los segundos preselectores a los primeros selectores. Pero la aplicación de la segunda pre-

selección era más necesaria cuando los primeros preselectores sólo tenían 10 posiciones, que actualmente cuentan con 25; en efecto, con 25 posiciones se agrupan muchos más abonados, de modo que la reducción arriba indicada es mucho mayor que en el caso de 10 y así una segunda reducción no siempre es necesaria.

Los segundos preselectores se agrupan por filas de n preselectores que utilizan los mismos selectores. Estos son aún menos en número que los segundos preselectores, según hemos indicado ya.

El primer selector bajo la acción del disco marcador asciende y toma el nivel correspondiente al grupo (millar en nuestro caso) a que pertenece el abonado solicitado. Una vez alcanzado este nivel, gira libremente hasta encontrar los contactos de la línea de un segundo selector que no se halle ocupado por ninguna otra comunicación. Este hace lo propio y, finalmente, el conector



Thomson Houston

Figura 22

C termina la operación. En el conector, tanto el ascenso como el giro son guiados por el disco.

La Compañía Thomson Houston que utiliza también el sistema Strowger, sustituye el preselector por el buscador. En vez de ser el abonado el que busca un selector, son los selectores desocupados los que buscan el abonado que llama. De ordinario, por razón de economía en la instalación se utiliza el *buscador-doble*. Es decir, que cada buscador de abonados está enlazado invariablemente a un buscador de selectores (fig. 22). Los buscadores Thomson-Houston tienen una capacidad de exploración de 50 posiciones.

A continuación una vista del órgano esencial del sistema Strowger, conector o selector. Este órgano, aunque esencialmente idéntico, presenta variantes de detalle de unas casas cons-

structoras a otras. El dibujo que presentamos representa el construido por la Automatic Telephone Manufacturing C.º, Ltd.

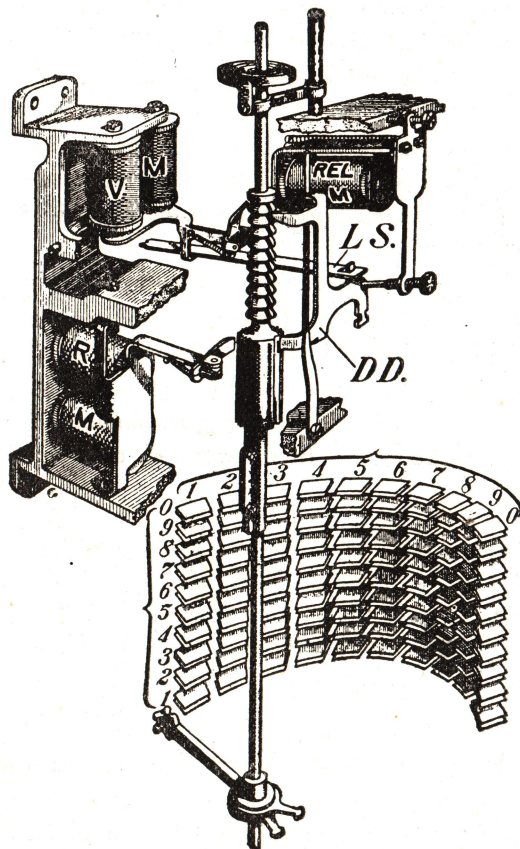


Figura 23

El electroimán VM produce la ascensión del frotador, mediante un diente que levanta la cremallera circular, la cual queda detenida en la nueva posición por un diente de retención situado a la parte opuesta. El movimiento de giro se produce por el electroimán RM, existiendo también para este movimiento un diente de retención. El electroimán M suelta los dientes de retención, y entonces el resorte en espiral de la parte superior produce un movimiento giratorio de retroceso hasta la posición cero, y al llegar a ella, el frotador cae por su propio peso.

Pasemos ya a los sistemas con registrador. Empezaremos por el Rotary de la Western Electric, que utiliza no el *buscador-doble*, sino el *doble buscador* (fig. 24).

Las capacidades actuales de exploración son:

Buscadores, 100.

Selectores, 10 niveles de selección dirigida (sin ascensión: hay un brazo distinto para cada nivel) y 30 posiciones de giro libre.

Conectador, 300 posiciones.

Cada buscador segundo está unido invariablemente a un primer selector.

Como se ve, este sistema ofrece sobre el Strowger la ventaja de campos de exploración mucho mayores, lo que permite redu-

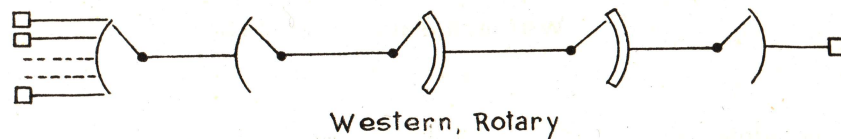


Figura 24

cir, en conjunto, el número de órganos para la misma probabilidad de llamadas fallidas.

A continuación una vista del selector del Rotary (fig. 25), en

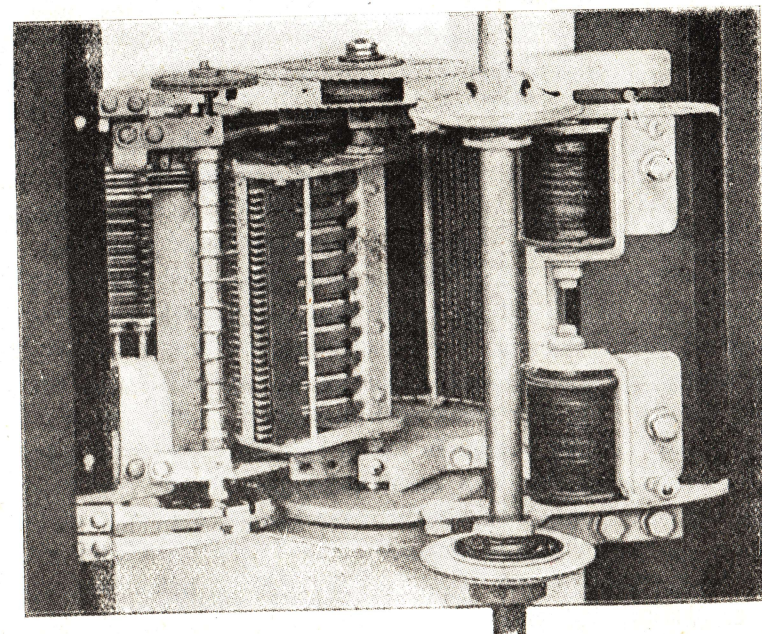
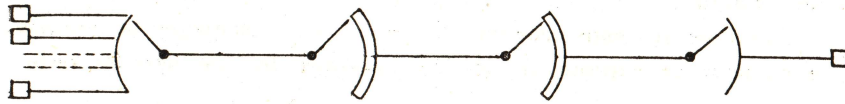


Figura 25

el cual se ven los diez frotadores correspondientes a otros tantos niveles.

Pero muchos mayores campos presentan aún el Panel de la

misma Western y el Ericsson. Ello permite suprimir uno de los dos



Western, Panel y Ericsson

Figura 26

buscadores (fig. 26). El buscador único está invariablemente unido a un primer selector.

El conector Panel es de 500 posiciones. También los selectores, pudiendo, a voluntad, escogerse las combinaciones de 5 posiciones dirigidas por 100 libres, 10 por 50 ó 20 por 25. El buscador es de 300 posiciones.

En el sistema Ericsson todos los órganos, buscador, selector y conector son iguales. Tienen forma de abanico con 25 posiciones de giro y 20 de avance. En el buscador y conector las 500 posiciones corresponden a otros tantos abonados; en el selector hay 25 posiciones de giro dirigido y 20 de avance libre.

A continuación una vista del selector Panel (fig. 27).

Los campos P de contactos Ct de los órganos de los selectores están constituidos por tiras horizontales superpuestas verticalmente y separadas por hojas aislantes. P representa

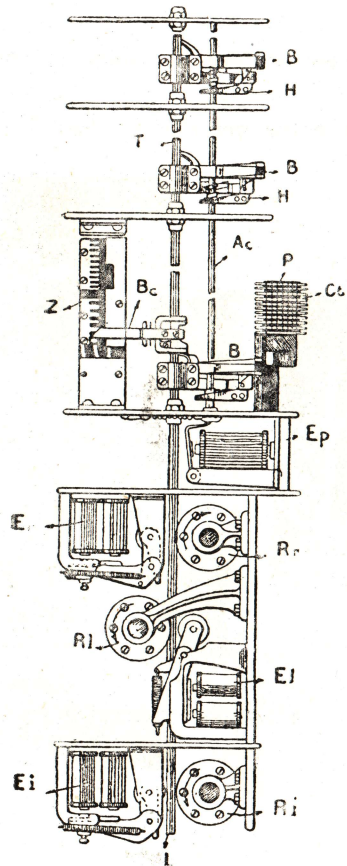


Figura 27

en la figura 13 el corte transversal de una pequeña parte de la

porción inferior del panel. Los contactos Ct están por ambos lados, para que por ambos lados puedan instalarse selectores. Cada tira metálica está recortada de modo que ofrece por ambos lados salientes (que son los contactos) espaciados unos 3 centímetros, así que dichas tiras parecen espinas de pescado.

Tres tiras inmediatas constituyen los tres polos de un circuito; las tres inmediatas otro, etc., salvo en el panel del buscador en el que cada circuito comprende cuatro tiras. El agrupamiento de 3×500 tiras comprende el panel o campo de exploración de selectores y conectadores y el de 4×300 el de los buscadores.

Volviendo al caso de los selectores y conectadores diremos que hay cinco grupos de escobillas B que podrían explorar simultáneamente cada uno una quinta parte del campo. Pero en realidad sólo explora una de las escobillas, aquella que puede coger el grupo de líneas que interesa. Las otras ascienden también, pero tienen sus frotadores separados y no tocan los contactos (lo cual ahorra energía). En la figura sólo están indicados los órganos y frotadores del lado izquierdo; por el lado derecho hay otros simétricos. Por ambos lados hay el número necesario (por ejemplo, 20 ó 25 de cada lado, máximo 30); pero en la figura, como es lógico, sólo puede aparecer el primero.

Los frotadores van montados sobre un tubo de latón T, el cual lleva adherida en su parte inferior una cinta metálica perforada para ser arrastrado por una de las ruedas Rr, Ri o Ri. Al actuar el electroimán Er se aplica el tubo T contra la rueda Rr que produce un movimiento de ascensión rápido hasta llegar a la decena donde se halla la línea que debe tomarse; entonces deja de funcionar Er y actúa Ri, que aplica el tubo T contra Ri que produce un movimiento de ascensión lento que permite una parada más exacta, que se afina además mediante un peine Z y su frotador Bc. Ei y Ri sirven para el movimiento de descenso una vez terminada la conversación.

Finalmente, una vista del buscador, selector y conector Ericsson (fig. 28).

Es, sin duda, el más ingenioso de los órganos utilizados en telefonía automática y pudiera servir de ejemplo en una clase de cinemática. Consta de una bandeja BP de base. Sobre ella hay dos discos montados sobre el mismo eje, pero independientes; el in-

ferior KR de forma circular y el superior TS que lleva en su parte izquierda un saliente que viene a ser un cuarto de corona circular. KR lleva dos engranajes, uno superior y exterior y otro interior. La rueda ZR tiene su eje solidario del plato superior TS. El gatillo ER es también solidario del plato TS y el EV del BP.

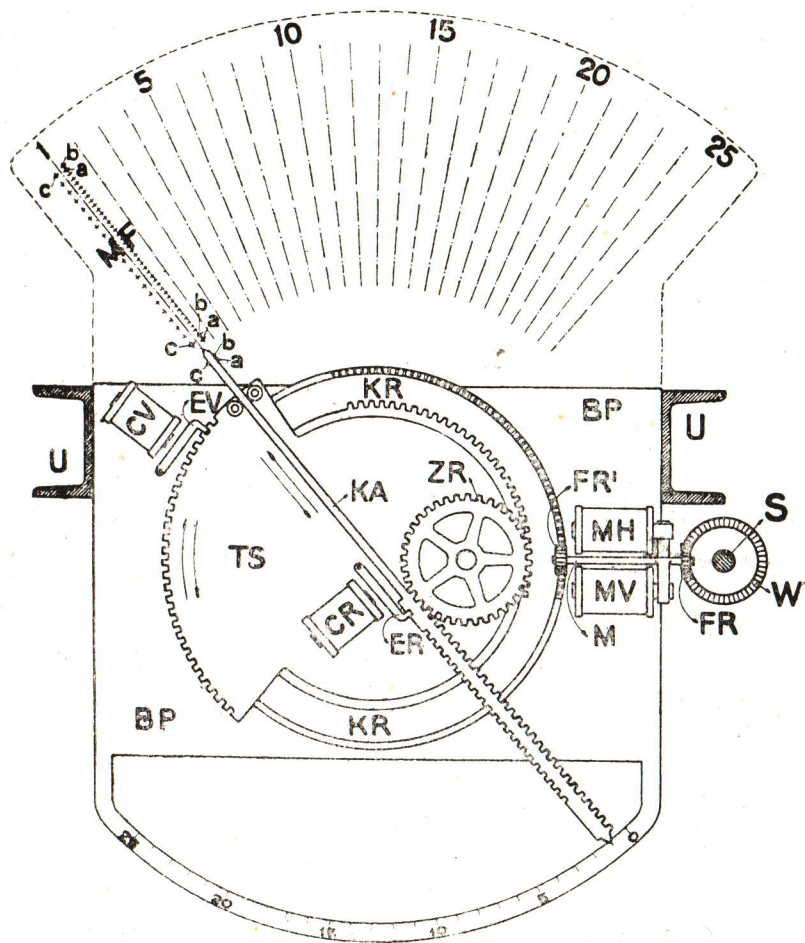


Figura 28

Actúa CV y se suelta el gatillo EV. Después y en ningún caso antes, actúa MH que hace engranar el piñón FR con una rueda dentada igual a la W pero situada encima de ésta y con los dien-

tes hacia abajo. Como el árbol S gira en el sentido de las agujas de un reloj, se produce el movimiento de KR en este mismo sentido. El plato TS es en este momento solidario del KR a causa del gancho ER, rueda ZR, cremallera de la varilla KA y engranaje interior de KR. Por tanto, los dos platos KR y TS y la varilla KA giran entre la posición 0 a la 25, deteniéndose en aquella que sea menester, para lo cual dejan de funcionar MH y CV. EV vuelve a engancharse. CR actúa y se desengancha ER. Vuelve a actuar MH que hace girar a KR en el sentido de las agujas de un reloj; pero KR no puede ahora arrastrar a TS que está detenido por el gancho EV. Gira ZR que hace avanzar a la varilla, la cual ahora no está detenida por ER. En el momento oportuno dejan de actuar MH y CR, deteniéndose el avance de la varilla.

Para los movimientos retrógrados todo es igual, salvo que actúa MV que hace engranar a FR con W.

LECCION III

Los recursos de la telefonía automática.—Inscripción y traducción de una llamada.—Montaje de las Centrales.

Los recursos de la telefonía automática

Si alguien cree que este invento, que parece prodigioso, de la telefonía automática, encierra algo de notable, está completamente equivocado. No puede darse cosa más vulgar y en que menos haya tenido que ejercitarse el ingenio humano. Los recursos utilizados son poquísimos y siempre los mismos, en todos los sistemas.

Empecemos por manifestar que, en telefonía automática, domina como reina la corriente continua; la más sencilla e ingenua de las corrientes. Sólo se utiliza la corriente alterna para señales y llamadas.

El órgano esencial, sobre todos, es el relé, o sea un electroimán de dimensiones muy reducidas. Hay sistema (que no se ha extendido) que sólo utiliza los relés. Pero, aun los que utilizan los motores, dan cada vez menos lugar a los movimientos de rotación y traslación; lo que se puede hacer con relés, se hace con relés exclusivamente. Y el papel del relé se limita a atraer su armadura, cuando le atraviesa la corriente, utilizando este movimiento para abrir unos contactos y cerrar otros.

Puede verse un relé en la figura 29. La parte izquierda de la armadura es móvil y en forma de escuadra; al ser atraído el lado vertical, asciende el horizontal cerrando los dos pares de contactos que se ven en la parte superior, mediante un vástago de material aislante solidario de la armadura. Este vástago está torneado en dos diámetros diferentes, para que la parte inferior, más ancha, empuje a la lámina inferior de contacto y la parte superior a la

tercera (empezando a contar por abajo). Así, pues, este relé sirve para cerrar dos circuitos; pero con igual sencillez se logra que corte dos, que abra uno y cierre otro, etc.

En la parte superior derecha se ven las extremidades de las

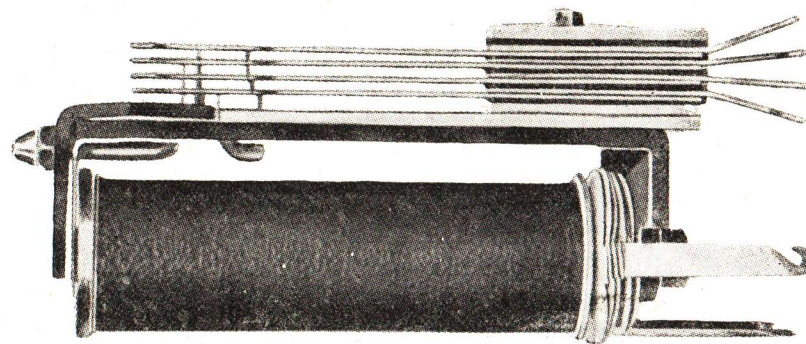


Figura 29

láminas de contacto destinadas a recibir los hilos de los circuitos por soldadura, rara vez por presión. En la parte inferior derecha se ven los terminales del arrollamiento del relé dispuestos también para soldarse.

Las dimensiones de los relés oscilan alrededor de 8 cms. de largo por 2 de diámetro.

Relé retardado.—Después del relé corriente, el que juega un papel preponderante en telefonía es el relé retardado. Este lleva un anillo de cobre que envuelve la bobina en parte de la extensión de la misma. El efecto que produce este anillo es que el relé sigue atrayendo la armadura un rato después de que ha cesado la corriente en el arrollamiento. Se atribuye este fenómeno a corrientes de Foucault (extracorrente de apertura) desarrolladas en el

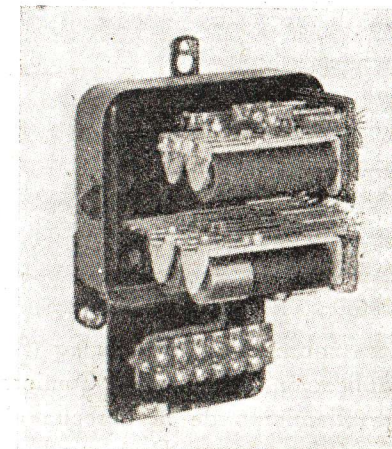


Figura 30

anillo. La figura 30 muestra dos relés; el de la parte superior ordinario y el inferior, retardado.

Los relés se representan esquemáticamente, en esta forma (figura 31).

Se utiliza también bastante el relé con arrollamiento dividido



Figura 31

(fig. 32). Generalmente este relé sirve, al mismo tiempo que para establecer sus contactos propios, para determinar o no el funcionamiento de otro relé, que trabaja con él en serie. Así, por ejemplo, si ciertos órganos móviles dan un polo + en *a* y un polo - en *b*, funciona el relé B, pero no el A. Pero si el polo - se da en *c*, funcionan ambos.

También es utilizado el relé de dos arrollamientos independien-

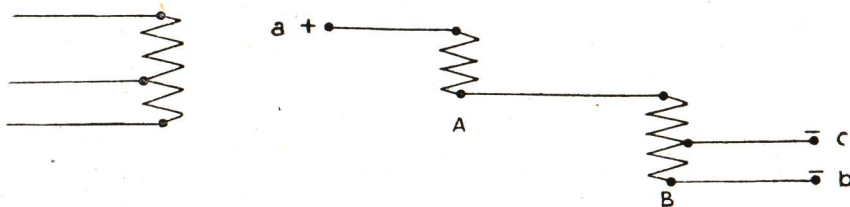


Figura 32

tes sobre el mismo núcleo (fig. 33). La figura es un ejemplo de aplicación del mismo. Comienza, por ejemplo, por funcionar el arrollamiento de la derecha al cual ciertos órganos móviles dan un polo + en *c*. Pero puede ocurrir que sea necesario, o imposible de evitar, el que dicho circuito se corte en un punto, al cabo de cierto tiempo (por ejemplo, rompiéndose el contacto *d* por acción de un relé B) y no obstante conviene que el relé A siga funcionando. Esto se obtiene por medio del arrollamiento de la iz-

quierda. En efecto, al funcionar el arrollamiento de la derecha, se cierra el contacto *a* y funciona el arrollamiento de la izquierda. De este modo, aunque se rompa el contacto *d*, el relé A sigue funcionando, manteniéndose rotos o cerrados varios contactos que no

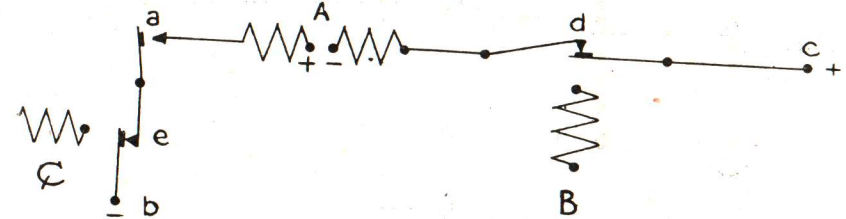


Figura 33

se representan en la figura. Cuando, finalmente, es necesario que A deje de funcionar, un relé C corta el contacto *e*.

Amarre.—El recurso más corrientemente usado con el relé, es el *amarre*, o sea la toma de un polo inmediato y con independencia de otros sistemas (fig. 34). Supongamos que el relé A toma un polo + en *a* y que un órgano móvil le da un polo - en *b* por breve tiempo. Si se quiere que A siga funcionando por más largo espacio de tiempo, se hace que la armadura de A cierre el con-

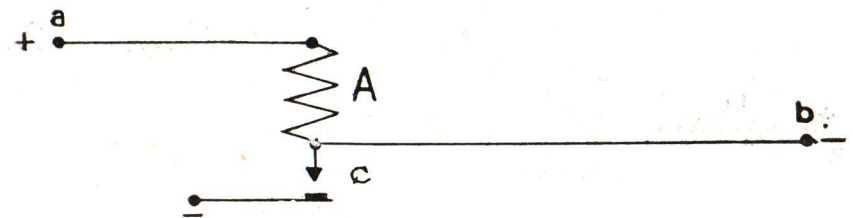


Figura 34

tacto *c*, con lo cual obtiene un polo - inmediato, de modo que A seguirá funcionando aun cuando le falte el polo - en *b*.

El amarre puede ser indirecto, es decir, no inmediato y fijo, sino sujeto a la contingencia de un corte de corriente por otros órganos (fig. 35). Al cerrarse el contacto *d* se toma el polo - en *e*, pero

este polo puede perderse al ser cortado el circuito en *c*, *b* ó *a* por los relés C, B y A.

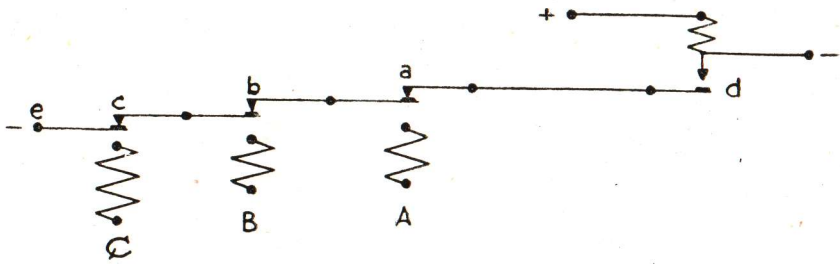


Figura 35

Resistencias.—Es muy importante la combinación de los relés con resistencias que impiden o permiten el funcionamiento del mismo (fig. 36). Supongamos, por ejemplo, que el brazo *m* en su giro hace contacto con un conductor cilíndrico *p* (representado en proyección). Funciona el relé A a través de las resistencias r_1 y r_2 ; pero se amarra inmediatamente, eliminando la resistencia r_2 . Si dos brazos *m* y *n* hubiesen hecho contacto simultáneamente con *p*, no funcionaría ninguno de los dos relés A y B, porque la corriente que circula a través de r_1 es ahora mayor y, consiguientemente,

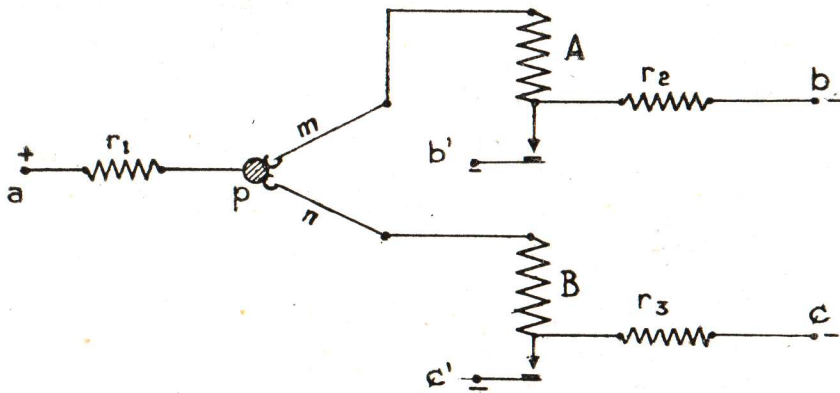


Figura 36

mayor la pérdida de voltaje en r_1 . Si después de haber hecho contacto *m* lo hiciese *n*, B no funcionaría por esta misma razón, pero

A no dejaría de funcionar, por haber eliminado la resistencia r_2 al amarrarse.

Uno de los usos más importantes del relé es el de hacer entrar en juego la tracción mecánica de los órganos. En las centrales automáticas hay motores eléctricos accionando, bien continuamente, bien solamente cuando hay llamadas. Estos motores mantienen en rotación unos árboles de transmisión que tienen ruedas dentadas. Los relés hacen engranar unos piñones con estas ruedas dentadas (fig. 37). A tal efecto la armadura del relé tiene dos partes, una

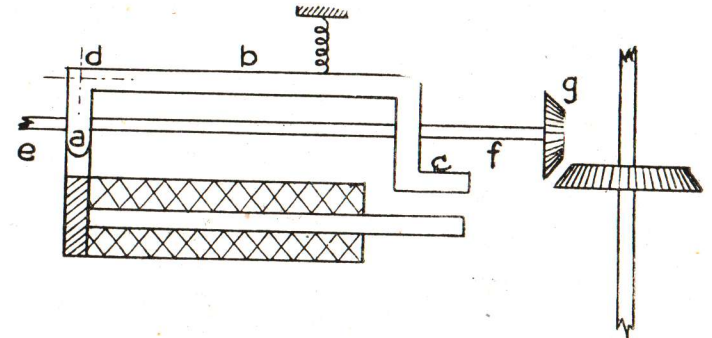


Figura 37

fija y otra móvil. La fija (izquierda de la fig. 37) tiene forma de horquilla y entre las ramas de ésta, pivota la parte móvil *a*, *b*, *c* alrededor de un eje *d* perpendicular al plano de la figura. Esta parte móvil está atravesada por el eje *ef* que lleva el piñón *g*. Al ser atraída la armadura se produce el engrane. En el otro extremo del eje que lleva el piñón va una rótula de construcción sencilla u otro piñón. Generalmente el árbol de rotación continua tiene dos ruedas dentadas, una con el filete hacia arriba y la otra hacia abajo (fig. 38). Según el piñón engrana con una o con otra, gira en un sentido o en otro. Claro está que se necesitan dos relés diferentes, uno para engranar con la rueda superior y otro para engranar con la inferior.

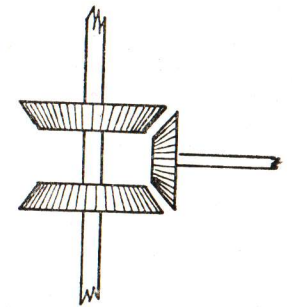


Figura 38

Claro está que se necesitan dos relés diferentes, uno para engranar con la rueda superior y otro para engranar con la inferior.

Conmutadores.—Para lograr los cambios automáticos de movimiento, al final de la carrera de un órgano móvil, se usan los conmutadores (fig. 39). Supongamos, por ejemplo, que A es un relé que es causa de movimiento en sentido de avance. Al llegar el órgano móvil al límite del avance, empuja la lámina c al contacto b; deja actuar A y actúa B que produce el movimiento de retroceso; al llegar éste a su límite, c es empujado a la posición a; actúa A y comienza de nuevo el avance, etc.

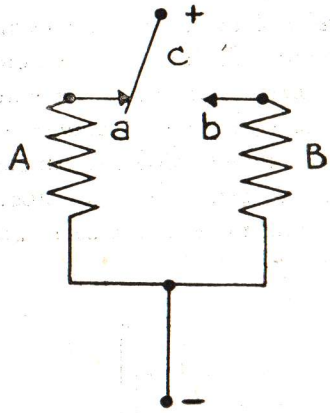


Figura 39

esfuerzo algo considerable, y es, por tanto, de dimensiones mayo-

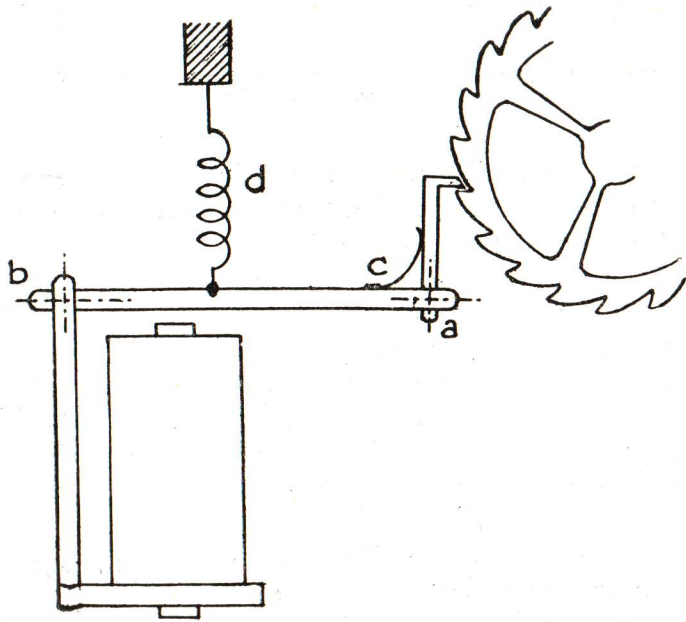


Figura 40

res, se le da el nombre de electroimán (fig. 40). El electroimán tiene

dos partes en su armadura; una fija *mnp* y otra móvil *ba*. La fija tiene la parte *p* de forma de horquilla y entre sus ramas pivota la parte móvil, alrededor de un eje de giro *r*, perpendicular al plano de la figura. El diente *t* pivota alrededor de un eje *s* y está empujado contra la rueda dentada por un resorte *c*. Al ser atraída la armadura, la rueda gira el espacio de un diente. Existe en otra parte de la circunferencia de la misma un diente de retención que la fija en la nueva posición. Al cesar la actuación del electroimán, sube la parte móvil de la armadura, por acción del resorte *d*, y *t* se engancha en el diente superior de la rueda.

Este procedimiento de tracción está generalmente aceptado en telefonía automática. Constituye una excepción el sistema Ericsson, que no lo admite. Cuando se trata de hacer esfuerzos de alguna consideración, aun cuando el desplazamiento sea muy pequeño, acude el engrane con el árbol motor de que hemos hablado antes, adoptando ciertas disposiciones para que el avance sea siempre constante e igual a la longitud deseada. Debe advertirse que los esfuerzos de tracción necesarios son considerables con relación a la fuerza de un electroimán, pues hay que arrastrar simultáneamente un número considerable de frotadores para establecer contactos.

Escape de áncora.—Un sistema de gran precisión que emplea Ericsson y sin tener necesidad más que de un simple relé es el de escape de áncora (fig. 41). El relé R atrae la armadura A que pivota alrededor de *a*. El extremo *b* levanta el áncora que deja escapar el diente *c*. Pero al propio tiempo baja el extremo *d* del áncora que retiene el diente *e*. Cuando el relé deja de actuar, el resorte *r* vuelve la armadura a la posición de reposo y el áncora deja escapar el diente *e*. Pero como el extremo *g* del áncora ha descendido, retiene el diente *h*. De este modo se produce un paso al actuar el relé R y otro al cesar su actuación. El esfuerzo de tracción está producido por un resorte K que se arrolla en el eje de giro.

Es claro que este sistema no puede funcionar indefinidamente. El resorte K está calculado para un cierto recorrido correspondiente a los contactos que han de establecer los frotadores. Al termi-

nar el recorrido hay que *remontar* el sistema, como si fuese un re-

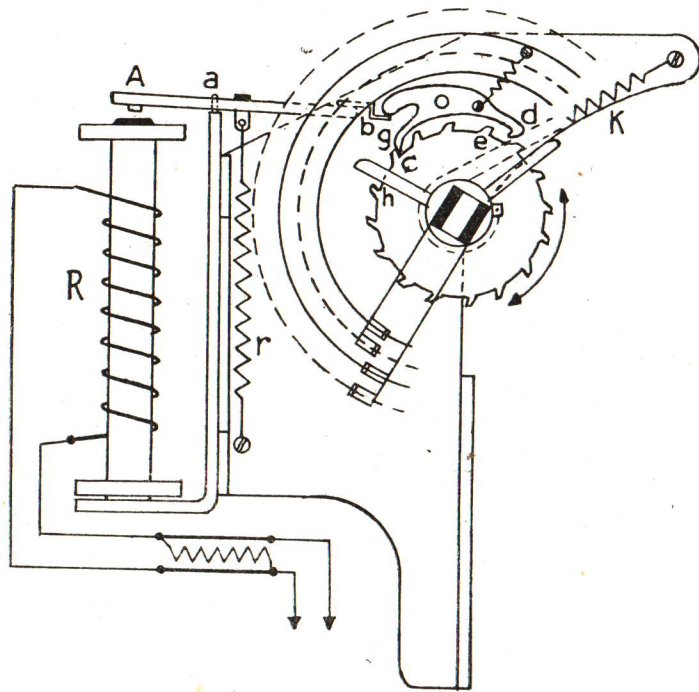


Figura 41

loj, por medio del engrane con un árbol motor que produce el giro en sentido inverso hasta la posición de partida.

Termostatos.—Finalmente, explicaremos el funcionamiento de las alarmas, mediante termostatos. Hay alarmas para diversos fines. Uno de ellos es el señalar el estacionamiento de un órgano. Hay órganos que en ciertas posiciones pueden permanecer indefinidamente; v. gr.: en las posiciones que corresponden a la conversación del abonado; pero en otras, por ejemplo, en las que corresponden a marcar el número con el disco, no deben estar retenidos más que de un cierto tiempo. De lo contrario, en los sistemas con registrador, estos órganos, que son escasos en número (porque no intervienen sino en el establecimiento de la comunicación) quedarían retenidos inútilmente. Es, pues, preciso dar la señal de alarma, siempre que un órgano que debe estacionarse durante unos

segundos solamente, en una posición, permanece un tiempo excesivo.

Supongamos (fig. 42) que el relé A está afecto a una de esas posiciones de breve duración y que mientras el órgano está en ella, se le da un polo + en e. Como en f toma un polo —, A actúa y se amarra, tomando un polo — inmediato, pues más tarde, según veremos, ha de perder el polo — que toma en f. Al actuar A, se cierra el contacto a y se da un polo + al termostato t que toma el — en f. El termostato se calienta, lo cual produce al cabo de un tiempo prefijado el encorvamiento de la lámina b que pierde el contacto con la punta c y lo establece con la d. Funciona B que

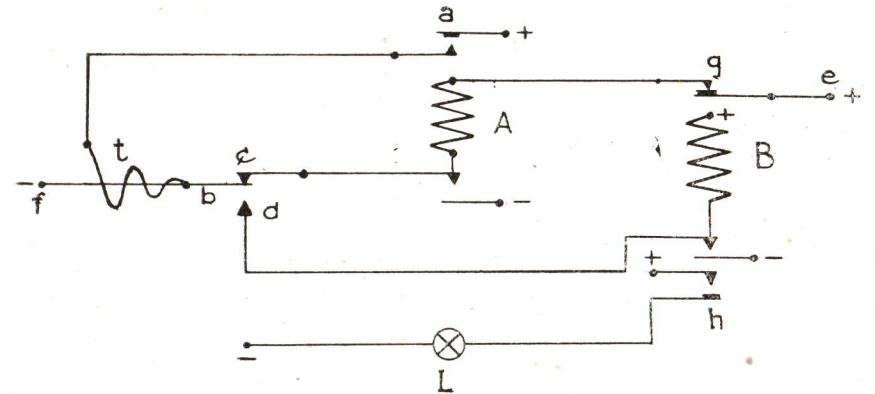


Figura 42

toma polo — en f y se amarra inmediatamente. B rompe el contacto g que hace que A deje de funcionar. Se rompe el contacto a y el termostato deja de seguir calentándose inútilmente. Se cierra el contacto h y se enciende la lámpara de alarma L. Puede también hacerse que funcione un timbre.

Y con esto y con lo expuesto en la anterior lección sobre órganos del automático, hemos terminado de explicar la casi totalidad de los recursos de que dispone la telefonía automática.

Inscripción y traducción de una llamada

Nos tocaría ahora explicar detalladamente las operaciones de conexión y desconexión en una central automática. Pero esta tarea,

que requeriría un texto de 50 ó 60 páginas, no encaja en el marco de esta conferencia. Nos limitaremos a explicar de un modo sucinto la inscripción de un número en el registrador y el lanzamiento de la llamada traducida, en el sistema Ericsson.

Cuando el abonado, después de descolgar, percibe la señal fónica del registrador al cual ha sido enlazado, el relé RR_1 de éste queda en serie con el aparato del abonado. El polo — lo toma inmediatamente, como se ve en la figura 43 (lámina) y el +, a través de la línea del abonado, en otro punto de la central automática que no aparece en la figura 43, la cual solamente comprende el registrador. Por tanto, desde que el abonado que llama percibe la señal fónica, el relé RR_1 está actuando.

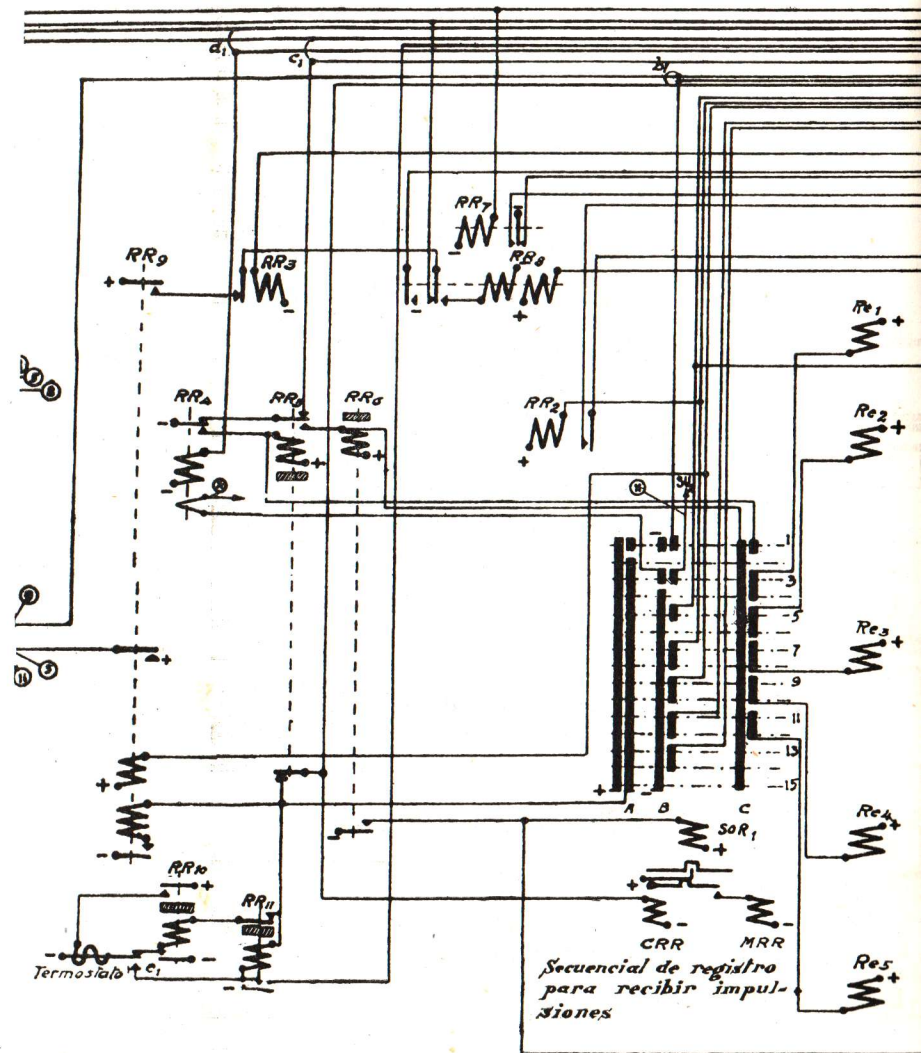
Como consecuencia, la lámina situada encima de éste y que lleva el polo — desciende y produce la actuación de RR_5 .

Antes de seguir adelante en nuestra exposición, debemos dar una explicación de la constitución del registro.

Este, aparte de los relés como RR_4 , RR_5 , RR_6 , etc., comprende once coronas semicirculares de contactos, recorridas por frotadores. El sistema de tracción, en todos ellos, es el escape de ánfora que arriba hemos explicado. En la figura, esas coronas están representadas por sus desarrollos en un plano y llevan los nombres de los relés que tienen a su lado y que producen el movimiento de los frotadores, a saber SOR_1 , Re_1 a Re_9 y SOR_2 . Aunque por la comodidad de la explicación no aparezca así en la figura, todas las coronas son de eje horizontal (en la figura SOR_1 y SOR_2 aparecen con eje horizontal; las demás aparentan tenerlo vertical) y coaxiales. SOR_1 tiene tres filas de contactos (A, B y C) con tres frotadores. Re_1 , dos; Re_2 , dos; Re_3 , dos; Re_4 , tres, etc.

En el momento en que el abonado que llama percibe la señal fónica, los frotadores de todas las coronas están en la posición inicial, salvo los de SOR_1 que están en la posición tercera.

Al marcar el abonado la primera cifra, corta el circuito de RR_4 tantas veces como unidades tiene el número marcado, salvo el cero que corta diez veces. En consecuencia, la lámina situada sobre RR_4 que lleva el polo — asciende otras tantas veces. Parece, pues, que otras tantas veces debiera dejar de funcionar RR_5 , pero no ocurre así por ser retardado y su funcionamiento no sufre interrupción. Cada vez que esa lámina sube, parece que debe funcionar



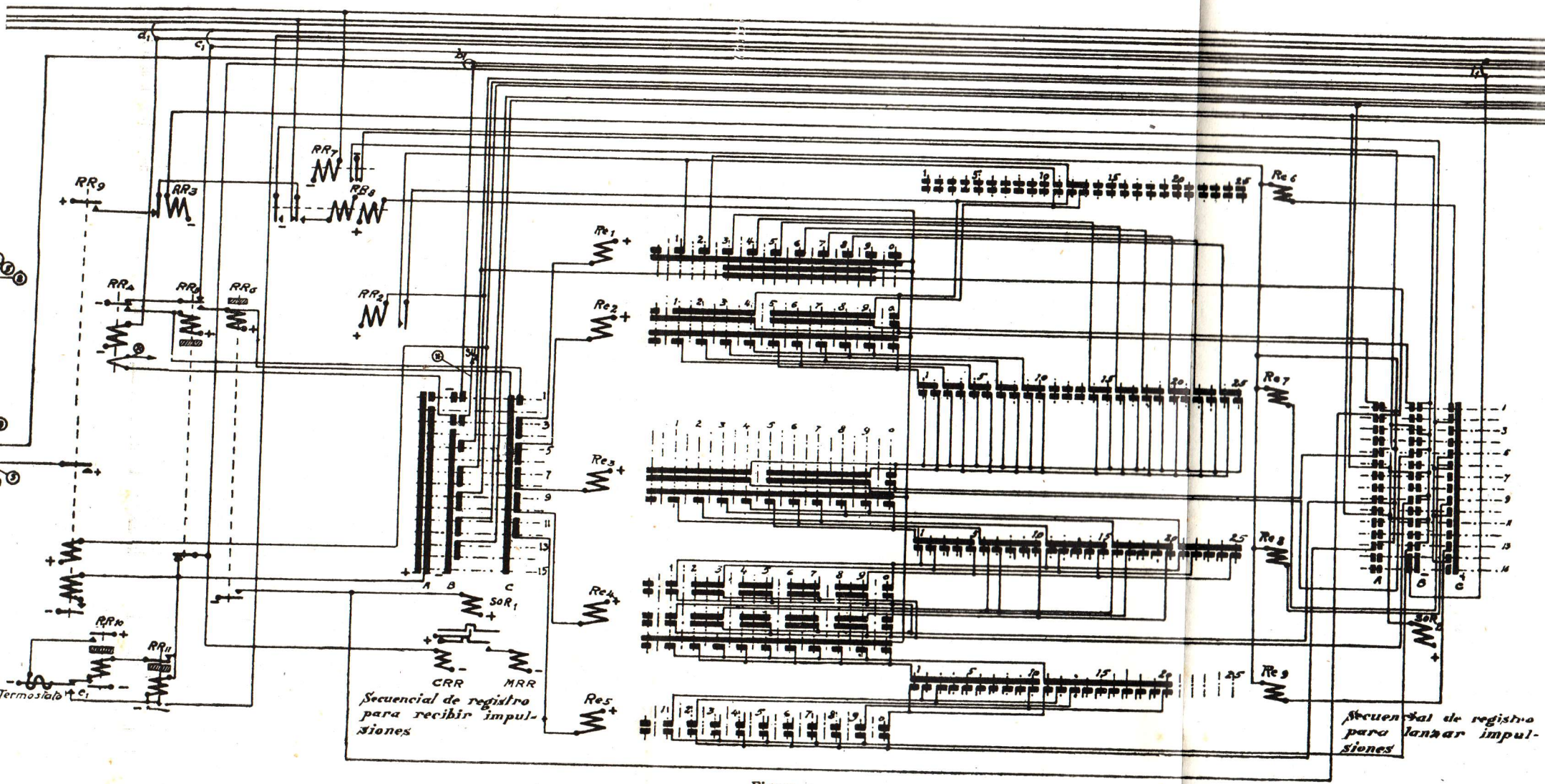


Figura 43

RR₆ (téngase en cuenta que la lámina situada encima de RR₅ está en posición inferior o de trabajo). Pero como es retardado, RR₆ no funciona más que una sola vez por cada tren de impulsiones.

El funcionamiento de RR₆ da un polo — SORI que avanza un paso, pasando los frotadores de la posición tercera a la cuarta, en la cual permanece hasta que deje de actuar SORI, esto es, hasta después de terminar el tren de impulsiones de la primera cifra.

Mientras los frotadores de SORI permanecen en las posiciones tercera y cuarta, funciona el relé Rel a través de C-3 y C-4 de SORI, contacto de trabajo de RR₅ y contacto de reposo de RR₄. Por tanto, los frotadores de la corona Rel se trasladan a una posición de número igual a la cifra marcada. Así queda inscripta la primera cifra en la corona Rel.

Al terminar el primer tren de impulsiones, RR₆ deja de funcionar y SORI da otro paso, situándose sus frotadores en la posición quinta. Aquí se repiten de igual modo las cosas para la segunda cifra, trabajando Re2 y quedando inscripta la segunda cifra en la corona correspondiente a este relé. Y así sucesivamente hasta inscribirse la quinta cifra en la corona Re5.

Antes de explicar cómo se lanza y actúa la llamada traducida, debemos hacer una advertencia. Las coronas Rel y Re6 no intervienen. La primera porque todos los números empiezan por 1 por tratarse de abonados de número mayor que 10.000 y menor que 20.000 (hay ciertos servicios especiales en que intervienen Rel, que no nos es posible explicar en esta conferencia); la segunda por estar reservada para el caso de doble selección, que se supone no implantada aún, en la figura 15.

El órgano que primero se pone en movimiento es el selector, que una vez puesto en marcha avanzaría indefinidamente si no se le detuviese en la posición requerida, por intervención del registro. En cada posición que avanza, da un polo + a RR₇ el cual, por tanto, funciona a cada paso que da el selector en su giro. Al actuar RR₇, trabaja Re7 que toma el polo + en C-5 de SOR2 y el — en el contacto de trabajo de RR₇. El frotador de Re7 recorre, pues, tantas unidades como pasos avanza el selector. Cuando este frotador cierra circuito con los enlaces producidos por los frotadores de Re2 y Re3, entonces actúa el relé RR₈ que ocasiona la detención del selector.

Supongamos, por ejemplo, que el frotador de Re2 estuviese en la segunda posición y el de Re3 en la tercera. Re8 funcionaría en la posición quinta, de Re7, por el siguiente circuito.

Polo +, arrollamiento de la derecha de RR₈ (este relé es de dos arrollamientos), barra inferior de la corona Re2, contacto número 2 de esta corona, posición quinta de Re7, contactos superiores (tercera posición) de Re3, A-5 de SOR2, contacto de trabajo de RR₇ y polo —.

Se detiene, pues, el selector en la posición quinta que es la que corresponde a las cifras iniciales 1, 2 y 3 (números entre 12.300 y 12.399), que es, en efecto, la que corresponde, pues la posición primera corresponde a los abonados 1.000 a 104.999 (en el sistema Ericsson los grupos son de 500), la segunda a los 10.500 a 10.599, la tercera a los 11.000 a 11.499, la cuarta a los 11.500 a 11.999 y la quinta a los 12.000 a 12.499 entre las cuales están los 12.300 a 12.399.

A continuación puede verse (fig. 44) un registro Ericsson con la cubierta protectora.

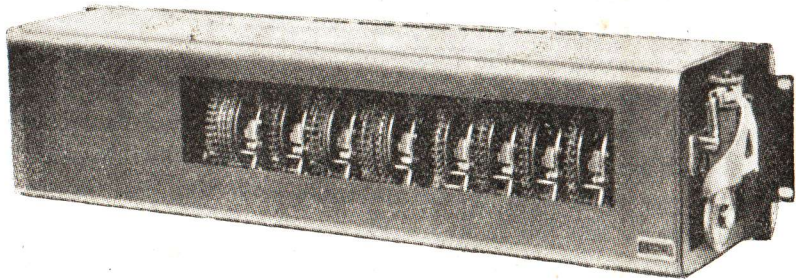


Figura 44

Las figuras 45 y 46 nos representan un elemento de registro y el registro completo sin cubierta protectora.

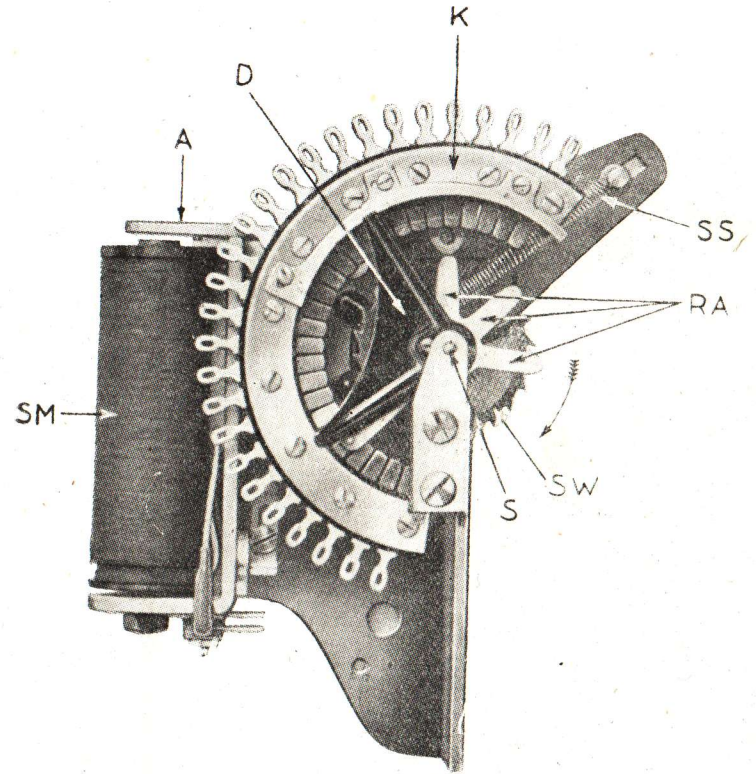


Figura 45

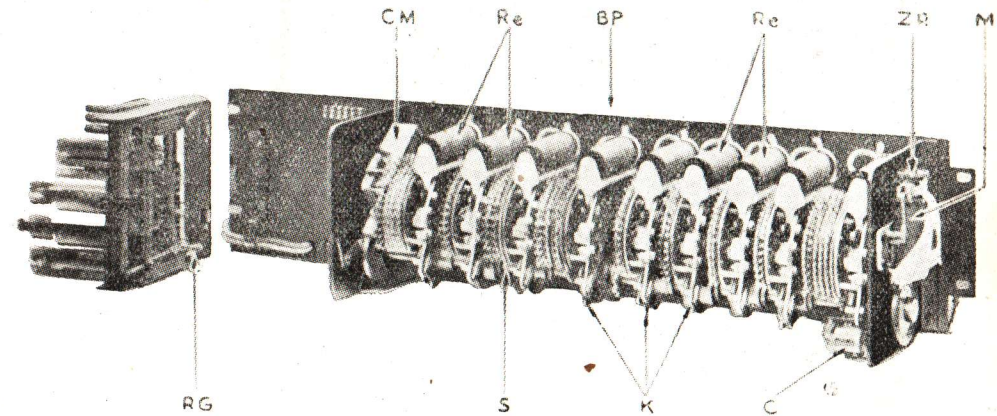


Figura 46

Finalmente, unas vistas de conjunto (figs. 47 y 48)

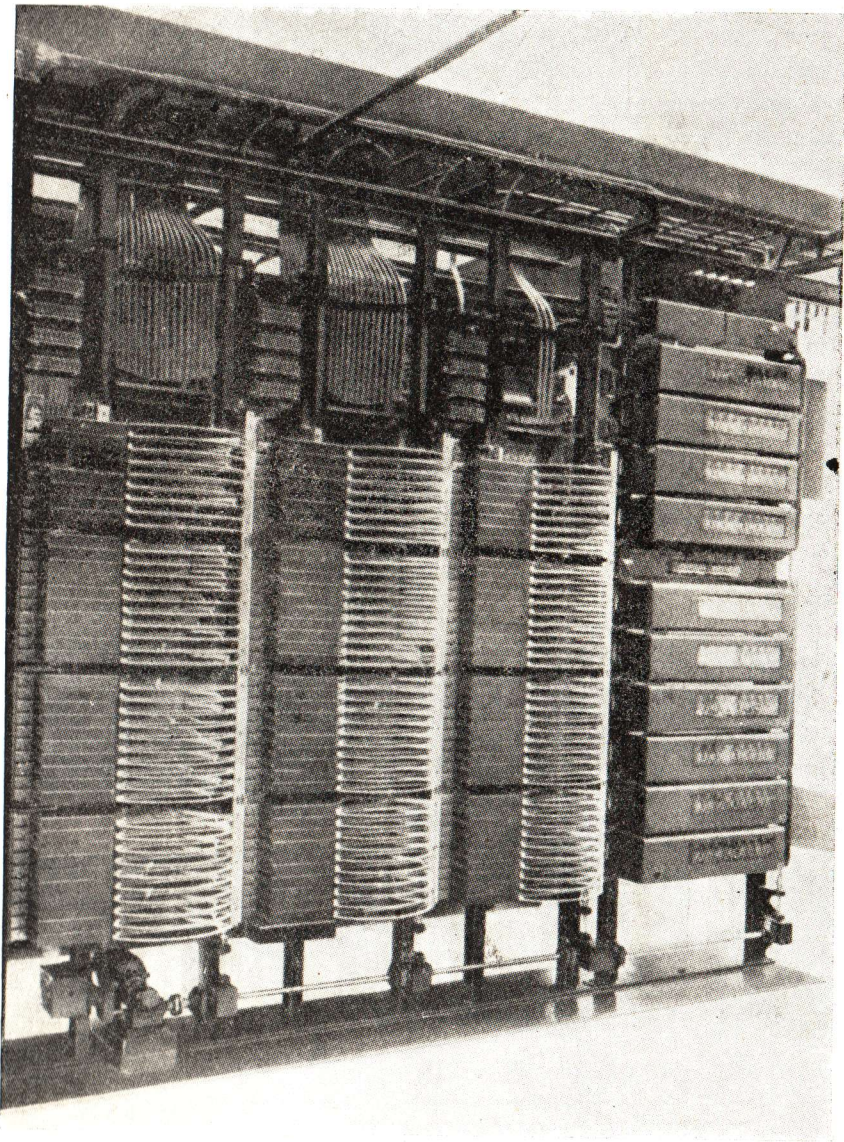


Figura 47

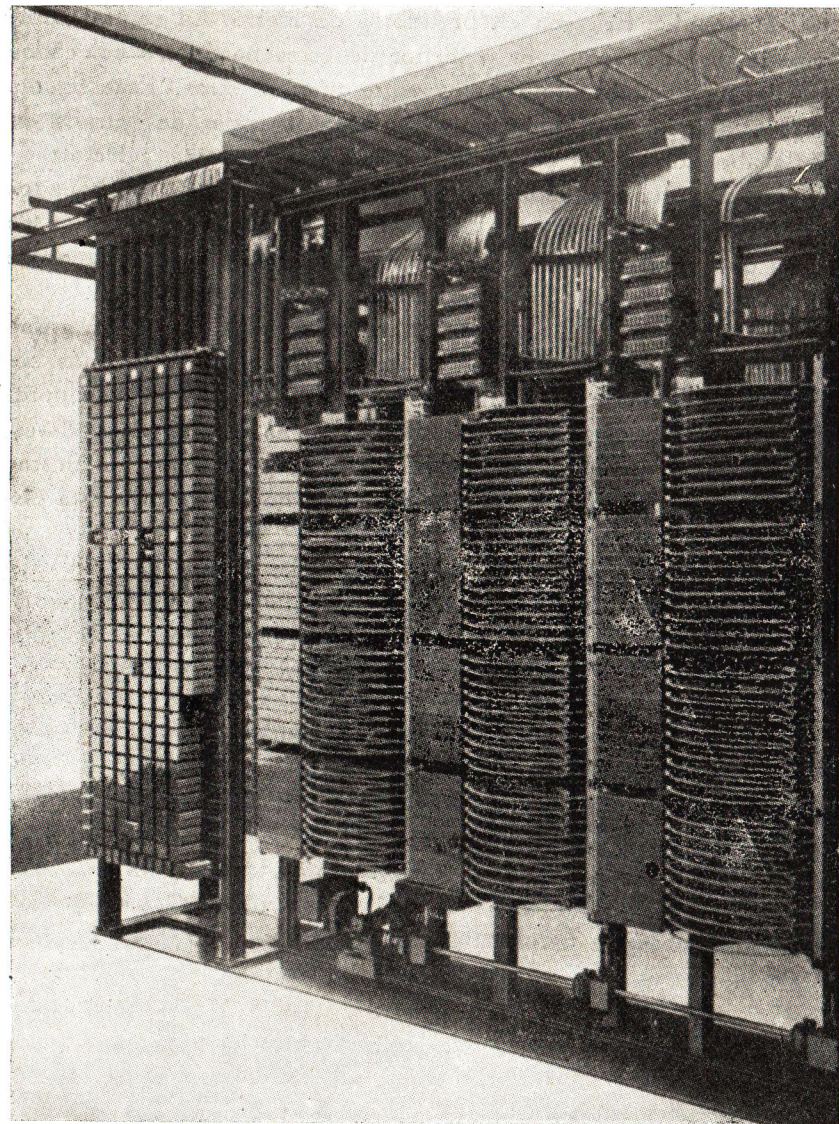


Figura 48

Montaje de las Centrales

Estas figuras muestran el montaje de los órganos de una central automática Ericsson en bastidores de hierro. La central comprende un número mayor o menor de estos bastidores colocados paralelamente, dejando pasillos entre unos y otros. Esas figuras representan los bastidores que contienen los relés de entrada de cada abonado (izquierda de la figura 48), buscadores, selectores y conectadores correspondientes a un mismo grupo de 500 abonados y registradores (derecha de la fig. 47). La figura 47 no deja ver los relés de entrada situados a su izquierda ni la 48 los registradores situados a su derecha. Por eso, ambas figuras se completan.

En general no es usual que los registradores afectos a un grupo de selectores estén montados en el mismo bastidor. Es más corriente que todos los registradores estén en una serie de bastidores independientes. En cambio, lo más usual es que los buscadores, selectores y conectadores relativos a un grupo estén en el mismo bastidor, aunque también se ven montajes no ajustados a esta disposición.

Además de los órganos que muestran las figuras 47 y 48 existen los secuenciales o combinadores que guían los movimientos de los buscadores, selectores y conectadores, montados en bastidores, generalmente paralelos e inmediatos a los de los órganos a que están afectos.

LECCION IV

Cálculo de probabilidades.—Diversas fórmulas y resultados que arrojan.—Curvas para el cálculo del número de órganos en los casos sencillos.—Probabilidad en el caso de varias operaciones sucesivas e independientes.—Influencia de los campos extensos de exploración.—Deducción de la fórmula de Erlang.—Elementos auxiliares.

Cálculo de probabilidades

Pocas personas, ajenas a nuestra especialidad, se darán cuenta de que la telefonía automática pueda tener relaciones estrechas con la ciencia de los juegos de azar; con el cálculo de probabilidades. Y entre los que me escuchan habrá, seguramente, muchos que no hayan tenido nunca relaciones con ésta. No es la ciencia más necesaria para el ingeniero.

No así en telefonía; desde el momento en que una llamada puede no ser atendida, por aglomeración de tráfico, hay una probabilidad de pérdida que conviene conocer y limitar. No es, pues, la aplicación del cálculo de probabilidades, exclusiva de la telefonía automática, sino aplicable y aplicada de hecho a toda clase de telefonía; pero es indudable que a la telefonía automática deben esas aplicaciones su principal impulso.

En rigor, no es la telefonía concebida en un plan teórico la que necesita de este cálculo, sino la práctica, la que ha de enfrentarse con la economía. En efecto; si en una red de 1.000 abonados se dispusiesen, en sistema manual, 1.000 telefonistas y en sistema automático 1.000 buscadores, 1.000 selectores y 1.000 conectadores, es evidente que no habría probabilidad ninguna de pérdida. Pero tales centrales son imposibles de realizar práctica y económicamente.

Supongamos que tenemos un grupo de 500 abonados y para servirlos, 48 buscadores. Es evidente que alguna vez ocurrirá que haya 48 conversaciones simultáneas; todas las llamadas que entonces ocurran, serán llamadas perdidas.

Nadie puede prever si esto ocurrirá realmente nunca, ni, en caso de ocurrir, el número de veces que ocurrirá, pues se trata

de fenómenos fortuitos o cuyas causas escapan a nuestros medios de investigación. Lo único que podemos decir es *que es más o menos probable* que eso ocurra.

Pero la probabilidad ¿es algo real? ¿Qué significado tiene? ¿Cómo se mide? He aquí unas cuestiones previas que es preciso dilucidar.

La probabilidad en los fenómenos fortuitos no guarda una relación necesaria con los acontecimientos, sino cuando éstos son muy numerosos. Es fácil darse cuenta de que la probabilidad de que se presente para arriba la cara de un dado marcada con un solo punto, es $1/6$. Si tiramos el dado al aire seis veces, es posible que el *uno* no aparezca ninguna vez o aparezca cuatro veces. Pero si tiramos muchas veces el dado, el número de veces que salga el *uno* se acercará tanto más a la sexta parte, cuanto mayor sea el número de tiradas. Y si éste pudiese ser infinito, entonces el *uno* habría salido exactamente la sexta parte de las veces. Así, pues, podremos decir que la probabilidad es el cociente de los sucesos esperados al de todos los sucesos posibles, cuando estos números tienden al infinito.

La ciencia del cálculo de probabilidades es, pues, la ciencia de calcular el número de los sucesos esperados y el de todos los posibles. Esto siempre es factible en los juegos de azar, con mayor o menor complicación en las fórmulas, pero con exactitud matemática. El caso citado del dado, es el más sencillo de todos; uno es el suceso esperado, seis los posibles; o, por mejor decir, múltiplo de uno el primero y de seis el segundo. La probabilidad es $1/6$.

Cálculos más prolijos, pero de igual exactitud, nos prueban que la probabilidad de sacar con tres dados doce puntos es $25/216$. Pero el cálculo de la probabilidad en telefonía no es de este género, ni susceptible de exactitud matemática, porque, según veremos, depende de hipótesis más o menos arbitrarias y nunca ajustadas a la realidad.

En efecto; hay que empezar por suponer un tráfico dado y constante; pero, ni aun admitida como cierta esta hipótesis, se alcanza la exactitud matemática en los resultados que arrojan las diversas fórmulas empleadas. Ello es porque se admiten diversas hipótesis; se supone a veces que el tráfico es idéntico en todos los grupos;

que todas las conversaciones duran igualmente; que el número de llamadas en cada grupo es constante, o, por el contrario, que obedece a una ley determinada, dependiente del tráfico existente o de las comunicaciones establecidas, siendo así que ese fenómeno obedece a leyes que escapan al cálculo matemático, etc.

No obstante, los resultados que arrojan las diversas fórmulas son bastante coincidentes, como se puede apreciar en el siguiente cuadro:

FORMULA DE	Número de selectores para	
	$m=3,25$	$m=75$
Erlang	11	100
Poisson	10	103
Spiecker	10	93
Christensen ..	11	105
Engset	10	104
Holm	9	94
Campell	9	91
Lubberg	10	95
Plejel	10	99
Valor medio ..	10	98

La cantidad m que aparece en este cuadro es el tráfico medido en conversaciones-hora por hora, en la hora de mayor tráfico. La probabilidad de pérdida de conversación se ha supuesto la misma en todas estas fórmulas; 1 por 1.000 (excesivamente reducida). Vemos, pues, que se necesitan 10 órganos para sacar el tráfico de $3,25$ conversaciones-horas, si la probabilidad de pérdida es del $1/1.000$. Como 10 órganos, en plena utilización, pueden sacar 10 conversaciones-horas por hora, el rendimiento para la pérdida del $1/1.000$ es del $3,25\%$, o sea muy bajo, máxime si se tiene en cuenta que estamos hablando de la hora de mayor servicio. En una explotación económica es, pues, forzoso admitir pérdidas mucho mayores. Es frecuente admitir el $1/100$.

Diversas fórmulas y resultados que arrojan

El cálculo de probabilidades, en telefonía, es en muchos casos de una complejidad extraordinaria. Nosotros nos limitaremos a de-

finirla y dar fórmulas para los casos sencillos, a saber: preselección única, buscador único, selectores y conectadores. En estos casos podemos definir la probabilidad por el hecho de que puedan existir *tantas o más* comunicaciones simultáneas en un grupo homogéneo.

Supongamos, por ejemplo, que 48 buscadores sirven a 500 abonados, pudiendo cualquiera de los abonados ser servido por cualquiera de los buscadores. Supongamos que la probabilidad de que existan 49 o más comunicaciones simultáneas (para un tráfico dado) es del 1/500. Según eso, la probabilidad de que una o varias llamadas no sean atendidas es solamente del 1/500. Es decir, que (supuestas exactas las hipótesis aceptadas), en un número infinito de llamadas, de cada 500, se perderá una.

Esta probabilidad de que aquí hablamos es la rigurosa. Pero en ocasiones, la probabilidad se define, no para 49 o más comunicaciones, existiendo 48 órganos, sino para 48 o más comunicaciones simultáneas. Se dice, para justificarlo, que si entonces sobreviniese una llamada, no sería atendida; es cierto, pero esa llamada no sería una por cada 500 (si es que la probabilidad adoptada ha sido de 1/500), sino por cada 700 o por cada 1.000, por ejemplo, puesto que, por hipótesis, una vez por cada 500 se dan 48 o más llamadas simultáneas y no 49 o más.

La razón de esta manera de proceder es que alguna de las fórmulas usadas, no está estructurada para poder calcular la probabilidad, cuando el número de llamadas es superior al de órganos que pueden atenderlas; en la práctica, la cuestión carece de importancia, porque, si bien el método empleado da como consecuencia un número de órganos ligeramente mayor del realmente necesario, este defecto se puede corregir en la práctica admitiendo probabilidades algo más fuertes de pérdida. Finalmente, hay que advertir que en el cálculo del número de órganos es ocioso proceder con extremado rigor, si se tiene en cuenta que el tráfico va, de ordinario, en aumento; hay que calcular siempre el número de órganos con un cierto margen, para no tener que estar haciendo ampliaciones continuamente. Y no sólo hay que prever este margen, sino la posibilidad de ampliar la instalación para que admita aún más órganos, cuando el tráfico hubiese sobrepasado las cifras previstas.

Siguiendo con criterio general el sistema de calcular la probabilidad para un número igual o mayor del de órganos existentes, indicamos a continuación tres fórmulas distintas para dicho cálculo:

Fórmula de Erlang

$$P = \frac{\frac{m^x}{x!}}{1 + \frac{m}{1} + \frac{m^2}{2!} + \dots + \frac{m^x}{x!}}$$

Fórmula de Poisson

$$P = \sum_x e^{-m} \frac{m^x}{x!}$$

Fórmula de Pleijel

$$P = 1 - \left[\left(1 - \frac{m}{l}\right)^l + \sum_{n=1}^{n=x-1} \left[\begin{matrix} l \\ n \end{matrix} \right] \left(\frac{m}{l}\right)^n \left(1 - \frac{m}{l}\right)^{l-n} \right]$$

En estas fórmulas m es el tráfico en conversaciones-hora por hora, x el número de órganos existente en cada grupo y P la probabilidad de que existan simultáneamente x o más de x conversaciones, es decir, la probabilidad de pérdida (no rigurosa, como hemos hecho observar más arriba). En la fórmula de Pleijel, que analiza más profundamente los fenómenos y es, por lo mismo, más complicada, hay otro dato que aportar; el número l total de abonados o grupos de líneas que pueden llamar (1).

Los resultados de la aplicación de estas diversas fórmulas, a un mismo caso, suelen ser, en apariencia, muy divergentes y se encuentran, con frecuencia, diferencias en la probabilidad de pérdida del sencillo al doble. Pero estas divergencias apenas influyen en el cálculo del número de órganos (siempre que las probabilidades de pérdida sean pequeñas), que responde, no a las probabilidades de pérdida, sino a las de curso del tráfico, que son complementarias. Un ejemplo lo aclarará.

Supongamos que la probabilidad de llamada no atendida es de

(1) El símbolo $\left[\begin{matrix} l \\ n \end{matrix} \right]$ de esta última fórmula (se lee *l sobre n*), muy usado en cálculo de probabilidades, equivale a $\frac{l!}{n! (l-n)!}$.

0,003 calculada por una fórmula y de 0,006 calculada por otra. Las probabilidades de que la llamada sea atendida son las complementarias, o sean, 0,997 y 0,994 respectivamente, y los números de órganos calculados por una y otra fórmula guardan relación con estas últimas cifras. Ahora bien, el cociente $0,997/0,994$ es igual a 1,003 que apenas difiere de la unidad. Así, pues, mientras las fórmulas de probabilidad no difieran en sus resultados en proporción mayor que 2/1, sus resultados se pueden tener por coincidentes.

Supuesto esto, es claro que las fórmulas de Erlang han ganado a todas el terreno por su mayor sencillez y son las que más se emplean.

Curvas para el cálculo del número de órganos en los casos sencillos

Pero aunque la fórmula de Erlang es relativamente sencilla, para el manejo a diario resultaría extremadamente penosa. De ahí que se hayan trazado curvas de esa y otras fórmulas, con las cuales el cálculo del número de órganos, en los casos sencillos, se hace con una rapidez extraordinaria (fig. 49).

La figura 50 es una parte, a escala más amplia, de la 49. Cada curva responde a una probabilidad distinta, desde 0,1 por 1000 hasta 100 por 1000.

Así vemos que con 21 órganos a servir un tráfico de 500 conversaciones-minutos, hallamos una probabilidad de pérdida de 0,1 por 1000. Es decir, que en un número infinito de llamadas, de cada 10000 se perdería 1.

Hemos visto precedentemente que razones de economía obligan a adoptar probabilidades bastante fuertes, del orden del 1 por 100. A primera vista pudiera parecer excesiva esta probabilidad de pérdida; pero debe tenerse en cuenta que se refiere a la hora de más tráfico, por lo cual en el resto del día la probabilidad será mucho menor. Pero aun la pérdida de un 1 por 100 pasa desapercibida a los abonados, pues las llamadas que fallan por descuido en marcar, confusión de número y ocupación del abonado, suponen un tanto por ciento bastante elevado. En horas de tráfico intenso, en zonas comerciales, puede fallar hasta un 20 por 100 de las llamadas, por estar comunicando los abonados a quienes se llama.

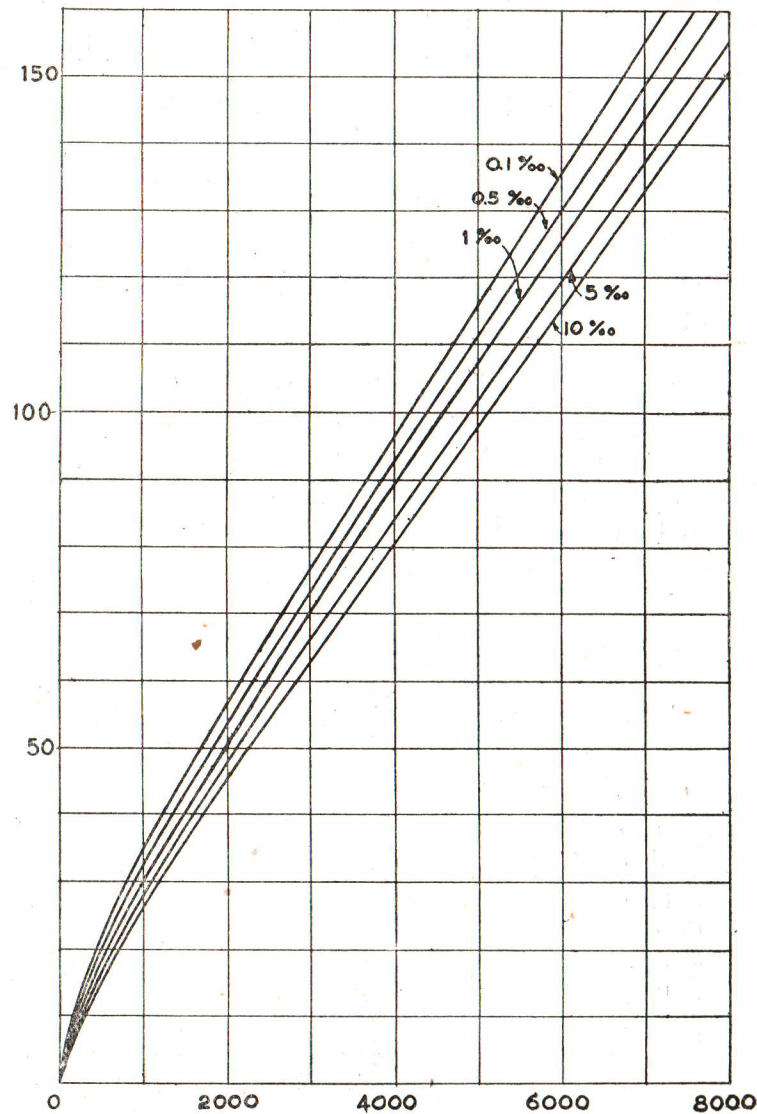


Figura 49

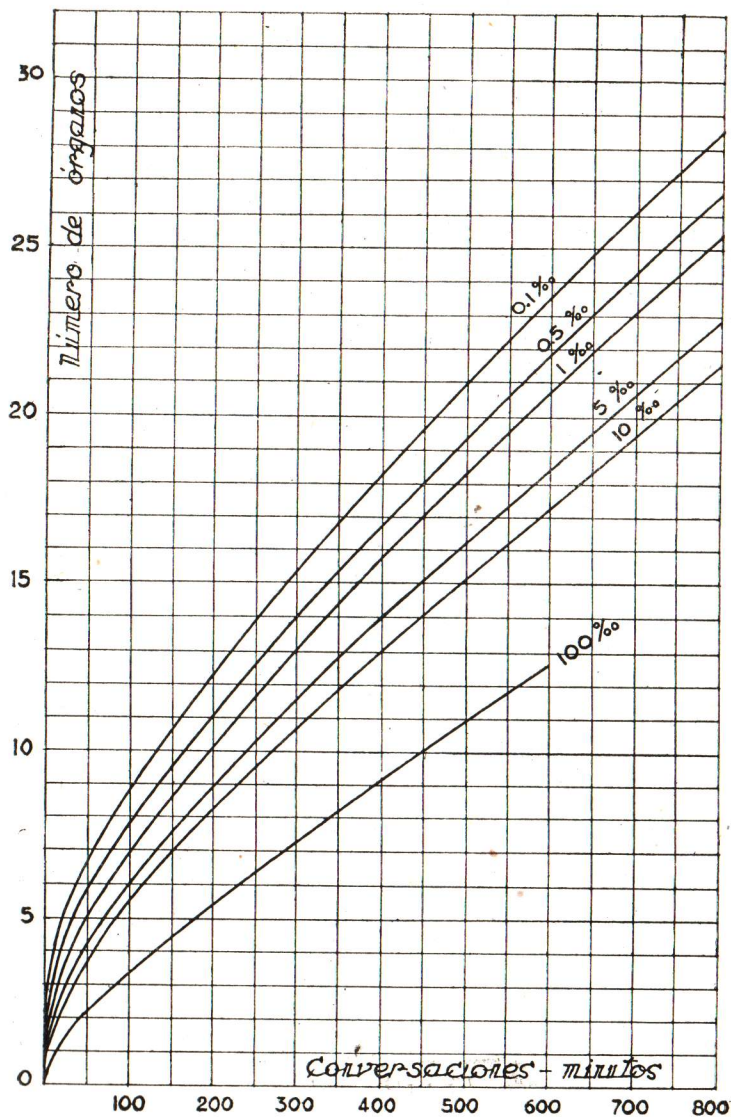


Figura 50

Probabilidades en el caso de varias operaciones sucesivas e independientes

Hemos indicado que sólo íbamos a estudiar el cálculo de la probabilidad para el caso sencillo de varios órganos afectos todos indistintamente a un grupo de líneas, en forma que sólo estas líneas puedan ser servidas por aquellos órganos y que lo puedan ser indistintamente por cualquiera de ellos que no esté ya ocupado por otra línea del mismo grupo. Pero no podemos menos de tratar el caso de las operaciones sucesivas, por ser esto lo normal en telefonía automática, donde una comunicación, como hemos visto, se establece siempre por el intermedio de varios órganos pertenecientes a etapas distintas.

Supongamos varias operaciones sucesivas, como la preselección, selección primera y selección segunda. La preselección primera se hace, por ejemplo, sobre 25 líneas utilizables indistintamente, la primera selección y la segunda, sobre 10.

Es evidente que estas operaciones sucesivas son independientes unas de otras. Supongamos, por ejemplo, que un abonado llama; su preselector tiene siempre a su disposición (junto con los demás abonados del mismo grupo), 25 caminos disponibles, sin que esta opción pueda disminuir (ni aumentar) por el desarrollo del tráfico en etapas posteriores de la comunicación automática (cosa que no ocurre en los sistemas de preselección doble o búsqueda doble). Una vez cogido un primer selector, éste tiene siempre a su disposición (junto con los demás selectores del mismo grupo) 10 caminos, cualquiera que sea el desarrollo del tráfico en la preselección o en las etapas posteriores de selección, etc.

Para que una comunicación deje de tener efecto, no es indispensable que falten órganos en todas las etapas de la comunicación; basta que falte en una sola. Además, las posibilidades de que falle una comunicación en una o en otra etapa, se excluyen mutuamente. Si falla en la preselección, ya no siguen adelante las operaciones y no cabe un fallo en una de las etapas siguientes. Si falla en la primera selección, no pudo fallar, en la preselección que ya está hecha, ni en la segunda selección que ya no podrá hacerse. Finalmente, en una llamada pueden darse todos los casos de comunicación e incomunicación posibles, sin que ninguno quede excluido.

Nos hallamos, pues, en un caso análogo al siguiente ejemplo clásico del cálculo de probabilidades; una urna contiene *a* bolas blancas (comunicación realizada), *b* bolas rojas (fallo en la preselección), *c* bolas amarillas (fallo en la primera selección y *d* bolas verdes (fallo en la segunda selección). Se trata de averiguar la probabilidad de que salga una bola de color (fallo en una etapa cualquiera). Notaremos que la extracción de una bola de un color dado, depende puramente del azar; la presencia de otras bolas de color no influye más que la presencia de las bolas blancas. Si se saca una bola amarilla, no puede salir la roja ni la verde; hay exclusión. Puede salir cualquiera de las bolas blancas y cualquiera de las de color, sin que ninguna quede excluida de la posibilidad.

En tales condiciones, la probabilidad de que falle en cualquier punto una comunicación (extracción de una bola de color) es la suma de probabilidades de que falle en la preselección (extracción de una bola roja), en la primera selección (extracción de una bola amarilla) y en la segunda selección (extracción de una bola verde).

Supongamos que la probabilidad de falta de comunicación en la preselección es de $1/500$, de $2/500$ en la primera selección y de $2/500$ en la segunda selección. La probabilidad de que falle la comunicación en una cualquiera de esas operaciones, será $5/500 = 1/100$.

Si, pues, nos proponemos que la probabilidad total sea una dada, por ejemplo $1/100$, en varias operaciones sucesivas, tendremos que asignar a cada una de ellas una probabilidad menor, para que entre todas sumen $1/100$. Generalmente se adopta para todas las operaciones sucesivas la misma probabilidad. Si son 3 y adoptamos un $1/300$ para cada una de ellas, resultará un $1/100$ para el conjunto.

Influencia de los campos extensos de exploración

Hemos indicado más de una vez la influencia de los grupos numerosos en la disminución del número de órganos de las centrales automáticas. Esto se ve patente en la figura 50, puesto que la inclinación de la tangente a las curvas, disminuye a medida que la abscisa aumenta. Así, vemos que para la probabilidad de un 5 por 1000, 10 caminos u órganos dan salida a 240 comunicaciones-minutos por hora. Si el número de órganos o caminos sube a 20, para

la misma probabilidad de pérdida, podemos sacar un tráfico de 675 c-m. Es decir, a doble número de órganos, 2,8 veces tráfico.

Podemos hacer una aplicación interesante al caso a que hemos hecho referencia en nuestra segunda conferencia, acerca de la agrupación realizada de 200 abonados en los conectadores (en vez de los 100 clásicos), por la Automatic Telephone C.º Ltd., de Liverpool, con el sistema Strowger. Vamos a calcular la economía de órganos que supone esta agrupación.

Supongamos una central con un tráfico total de 16.500 c-m. en la hora más cargada. Supongamos que existen 6 grupos de segundos selectores. Supuesta igual repartición del tráfico, cada grupo tendrá un tráfico de 2.750 c-m. Y suponiendo que todos los niveles de la segunda selección tengan un tráfico igual, a cada nivel corresponderán 275 c-m en la hora de mayor tráfico.

Si nosotros adoptamos la agrupación clásica de conectadores Strowger, cada segundo selector tendrá en cada nivel 10 conectadores a su disposición. Con estos 10 caminos y una probabilidad del 5 por 1000, acabamos de ver, que se pueden sacar 240 c-m: por hora. Como nosotros hemos de sacar 275 cm. por nivel, necesitaremos $275/240 = 1,15$ grupos de a 10 conectadores por nivel, o sean 11,5 por los 10 niveles. En total, 115 conectadores.

Si se adopta el sistema de la Automatic Electric, tendremos 20 conectadores para cada dos niveles que han de sacar un tráfico de 550 c-m. Con 20 caminos y probabilidad de 5 por 1000, acabamos de ver que se puede sacar un tráfico de 675 c-m. Luego necesitaremos $550/675 = 0,815$ grupos por cada dos niveles; por 10 niveles, 4,075, o sean, 81 conectadores en vez de los 115 arriba calculados.

No obstante, hay que tener en cuenta que los conectadores de 200 posiciones, vienen a ser la unión de dos conectadores del sistema antiguo; y si el coste fuese también doble, si bien en número de órganos saldríamos ganando, en coste saldríamos perdiendo. Esta es la opinión de Max Langer en su notable obra «Estudios económicos y técnicos sobre la telefonía» y en donde dice (hablando de los selectores), que «la ventaja del empleo de grandes haces, a saber la reducción del número de órganos, se anula por los gastos más elevados todavía, que resulta del coste de los selectores».

Como se ve, es una cuestión ésta que se presta a discusiones y no puede ser enfocada simplistamente. Bueno es reducir el núme-

ro de órganos, pero siempre que el coste individual de los mismos no suba en la misma proporción. A nuestro juicio, esto no es imposible de lograr y ello determinará un mayor desarrollo de los sistemas de grandes campos de exploración, que son los de registrador.

Deducción de la fórmula de Erlang

Nos parecería defraudar a los oyentes, si no diésemos una demostración de esta fórmula, la más sencilla de todas. Hemos ideado, para esta conferencia, una demostración, tal vez menos rigurosa que otras, pero más fácilmente comprensible.

Supongamos una central automática con un número de grupos de abonados, servidos, cada uno por n órganos, número de grupos que supondremos es muy grande y tiende a infinito. Aunque en número finito de grupos, es muy difícil que en un momento dado haya grupos que no tengan ninguna comunicación establecida, o muy pocas, en la hora de mayor tráfico, en un número infinito podemos suponer que hay de todo y que existen:

- N_0 grupos sin ninguna comunicación
- N_1 grupos con una sola comunicación
- N_2 grupos con dos comunicaciones
- ...
- N_n grupos con n comunicaciones

Este último grupo comprenderá, no sólo los que tienen todas las llamadas atendidas, sino los que además de las n comunicaciones que sirven los n órganos, tienen llamadas no atendidas. Llamando N al número total de grupos (que tiende a infinito, lo mismo que $N_0, N_1, \text{etc.}$):

$$N = N_0 + N_1 + N_2 + \dots + N_n$$

Es esencial el tener en cuenta que los grupos varían constantemente de constitución. Por ejemplo, el grupo N_3 estará en un momento dado compuesto por los grupos números 1, 7, 14, 21, ... y en otro momento por los 2, 9, 17, 41, ... Pero el número total se supone que permanece siempre constante, pues ha de ser proporcional (cuando el número de grupos tiende a infinito) a la probabilidad de que existan 3 conversaciones simultáneas en un grupo.

Si consideramos un espacio de tiempo considerable, el número de llamadas será proporcional al tráfico m , siempre que esta

cantidad se exprese en conversaciones-hora, por hora o conversaciones-minuto, por minuto, pero no, por ejemplo, en conversaciones-minuto por hora, pues sólo en aquellas condiciones expresa m el número medio de conversaciones simultáneas en el grupo. El número de llamadas será, pues, km . El número de bajas será proporcional al número x de orden del grupo; kx . En efecto: Supongamos que la duración media de las conversaciones es de un minuto y que el tiempo considerado es de una hora. Para cubrir esta hora tendrán que nacer $60m$ conversaciones, si el tráfico es m . El número de bajas en el grupo x será $60x$ puesto que cada conferencia fenecer al cabo de un minuto, por término medio.

En el grupo N_0 , no puede fenecer ninguna conversación porque no las hay. Pero nacerán km . Como el tráfico, en conjunto, es constante, este nacimiento debe compensarse con el fenecimiento de conversaciones en otro u otros. Es lo más lógico echar mano solamente del grupo N_1 ; en efecto, los grupos que en un momento dado forman parte del conjunto N_0 , es más presumible que pasen al orden N_1 que a otro cualquiera y, por tanto, del N_1 deberán pasar otros tantos al N_0 . Como en el grupo N_1 fenecerán $kN_1 \cdot 1$ conversaciones, tendremos:

$$k \cdot N_1 \cdot 1 = k \cdot N_0 \cdot m \quad N_1 \cdot 1 = N_0 \cdot m$$

Hagamos análoga compensación entre las altas de los grupos N_1 y las bajas del N_2 y tendremos:

$$N_2 \cdot 2 = N_1 \cdot m$$

y, en general:

$$N_x \cdot x = N_{x-1} \cdot m$$

de donde

$$N_x = N_0 \cdot \frac{m^x}{x!}$$

y finalmente:

$$N = N_0 + N_0 \frac{m}{1} + N_0 \frac{m^2}{2!} + \dots + N_0 \frac{m^n}{n!}$$

Luego la probabilidad de que haya n comunicaciones o más simultáneamente es:

$$P = \frac{N_n}{N} = \frac{\frac{m^n}{n!}}{1 + \frac{m}{1} + \frac{m^2}{2!} + \dots + \frac{m^n}{n!}}$$

Tal es la deducción de la fórmula de Erlang; su fundamento, como se ve, estriba en suponer que las conversaciones que fenecen en el conjunto de grupos de un orden, compensan las pérdidas del conjunto de grupos de orden inmediato inferior; y que las llamadas hechas al mismo, compensan las pérdidas del conjunto de grupos de orden inmediato superior.

Las fórmulas de probabilidad son perfectamente homogéneas, pues, ninguna de las cantidades que intervienen tiene magnitud física; el tráfico m se mide en conversaciones-hora por hora y, por tanto, es independiente del tiempo.

Elementos auxiliares

Con lo expuesto, hemos terminado nuestro programa, muy modesto, en lo que a telefonía automática propiamente dicha se refiere. Pero podríamos dar otras tantas conferencias sobre las instalaciones accesorias y auxiliares. En la imposibilidad de abarcar esta extensa materia en los pocos minutos que nos restan, voy a abordar un tema que juzgo para vosotros de preferente interés; el de los motores y cuadros de distribución de energía, asunto que conocéis perfectamente en lo que atañe a instalaciones industriales. Ahora podréis daros cuenta de las diferencias esenciales entre unas y otras distribuciones.

La corriente industrial que se utiliza es alterna trifásica. La entrada de esta línea de fuerza se ve en la parte alta e izquierda del esquema (fig. 51). Comienza por pasar la línea a través de un interruptor general tripolar A; luego la línea se bifurca; el ramal que tira hacia la derecha es el del motor de carga de la batería; el que sigue hacia abajo vuelve a bifurcarse; el ramal de la derecha es para las máquinas de llamada; el que sigue hacia abajo es para los motores de bastidores.

Comencemos por el primer ramal (parte alta de la figura 51).

Hay en primer término fusibles; luego un interruptor bipolar para la puesta en marcha del motor; es suficiente que sea bipolar puesto que con un solo hilo ni produce el movimiento ni calienta el motor.

En el espacio comprendido entre los fusibles y el interruptor, los dos hilos que pasan por éste se derivan hasta el interruptor

automático de mínima afecto al generador de corriente continua, de tal modo que estando caído ese interruptor queda interrumpido el circuito de dichos hilos. El interruptor bipolar sólo se conecta al comenzar la carga, hasta que el interruptor de mínima atrae y luego se retira.

La razón de esta disposición es la siguiente; por una avería en la línea de corriente industrial, o por quemarse uno de los fusibles por cualquier causa, puede ocurrir que sólo tengan corriente dos de los hilos; el motor no anda, pero se calienta y puede quemarse; pero merced a la disposición adoptada, cuando no anda el motor, como el interruptor de mínima está caído, se corta la corriente a dos hilos del motor y éste no puede sufrir avería.

El motor de carga es asíncrono. Está acoplado a un generador de corriente continua con excitación BA en derivación; existe un reostato C que permite graduar el voltaje aumentándolo hacia el fin de la carga.

Existe un voltímetro y un amperímetro; el voltímetro puede medir, mediante un conmutador:

- 1.º El voltaje en G del generador de carga.
- 2.º El voltaje en B¹ de primera batería.
- 3.º El voltaje en B² de la segunda batería.

El amperímetro, mediante un conmutador, mide la corriente de carga en A¹ o bien la corriente de descarga en A².

Para las combinaciones de carga y descarga de las baterías hay tres llaves unipolares, D₁, D₂, D₃ que pueden ponerse en posición superior o inferior. Las combinaciones son las siguientes:

D₁ en posición superior }
D₂ en posición superior } Carga de la primera batería

D₁ en posición superior }
D₃ en posición superior } Carga de la segunda batería

D₂ en posición inferior; descarga de la primera batería.

D₃ en posición inferior; descarga de la segunda batería.

D₁ en posición inferior; alimentación directa por medio del generador.

D_1 en posición superior	}	Carga de la batería primera y descarga de la segunda.
D_2 en posición superior		
D_3 en posición inferior		

D_1 en posición superior	}	Descarga de la batería primera y carga de la segunda
D_2 en posición inferior		
D_3 en posición superior		

Vamos ahora al segundo ramal; el de los generadores de llamada.

Hay primero unos fusibles E, un interruptor tripolar F, un interruptor bipolar G, unas bobinas H_1 , H_2 , H_3 y finalmente el motor trifásico asíncrono que mueve los generadores de llamada.

Las máquinas de llamada son las siguientes:

1.^a Un generador de corriente alterna GA con cuatro escobillas; dos para la corriente continua de excitación y dos para la alterna. Una de estas está unida al polo + de la batería en un borne inmediato; la otra va al borne RG; la misma, después de pasar por un interruptor periódico (un excéntrico) va a otro borne RG-INT (intermitente).

A continuación del alternador GA viene un generador de frecuencia audible GFB que tiene una bobina de excitación K alimentada por corriente continua de la batería. La bobina L productora de corriente alterna tiene un polo común con el + de la batería; el otro va al borne SU_2 y el mismo, a través de un interruptor excéntrico a SU_3 (señal de llamada intermitente).

El generador GFA da corriente audible de doble frecuencia que GFB. La bobina M es de excitación. La N que produce la corriente de frecuencia audible tiene un polo unido al + de la batería; el otro, al borne P. Al borne SU_1 va la misma corriente después de pasar por un interruptor excéntrico; pero esta corriente interrumpida no se utiliza, por lo cual los contactos frente a los dos excéntricos de la izquierda (el superior correspondiente al motor de corriente industrial y el inferior correspondiente al motor movido por corriente de la batería) se hallan unidos eléctricamente.

Para el caso en que faltase la corriente industrial, hay segundo equipo de máquinas de llamada idéntico al anterior salvo que está movido por un motor de corriente continuada por la batería.

Hemos supuesto en la anterior descripción que, para que funcionase el motor asíncrono trifásico estaba cerrado el interruptor bipolar G. Pero puede estar levantado, con objeto de que el motor pueda funcionar, a voluntad, o de un modo continuo solamente cuando hay llamadas. En efecto; en la parte superior y superior de la figura 51 se ve un botón BT; cuando el botón está levantado funciona CA en serie con BA y en consecuencia funcionan DA y EA y se cierra el circuito del motor. Si BT estuviera oprimido no funcionaría CA y, por tanto, no funciona el motor, a menos que hubiese una llamada, en cuyo caso por funcionar IG (según explicaremos luego), se quita el polo procedente de BT y actúa CA en serie con BA.

Si falta corriente a uno cualquiera de los tres hilos del motor asíncrono, deja éste de funcionar, pero también deja de funcionar una de las bobinas H_1 , H_2 ó H_3 y se cierra el contacto inferior correspondiente. CA está funcionando en serie con BA si BT no está oprimido; y también si está oprimido, cuando hay una llamada, pues entonces los secuenciales piden corriente al hilo II y los relés de entrada al III, corriente que pasa a través del interruptor IG de forma de galvanómetro y del shunt de éste. Funciona IG, se quita el polo más que daba la aguja de éste y funciona CA en serie con BA.

CA da un polo menos a FA a través de uno o varios de los contactos de trabajo de H_1 , H_2 ó H_3 . Funciona MA a través del contacto del rodillo MB y contacto de trabajo de FA. Funciona en consecuencia el motor MC de corriente continua, con corriente de la batería. Es un motor con excitación MD en serie que tiene por objeto accionar el reostato de arranque ME. El motor NA que es un motor con excitación NB en derivación alimentado también por corriente continua de la batería. Tan pronto como ha comenzado el movimiento de rotación de ME sale el contacto h de la muesca del rodillo MF. El rodillo MB gira también por estar montado en el mismo eje y cuando el contacto k encuentra en su muesca deja de funcionar MA; esto ocurre cuando el reos-

to ha girado todo lo necesario para la marcha normal del motor. Cuando ya no hay llamadas deja de funcionar FA y trabaja MA por el contacto de trabajo del rodillo MF y el de reposo de FA. Vuelve a girar el motor MC y lleva a MF a su posición de reposo; en este instante llega *h* a la muesca de MF, se corta este contacto y para el motor MC.

El grupo de generadores de corrientes de llamada movido por motor de corriente continua es idéntico al que hemos estudiado anteriormente. Al actuar el reostato ME se da un polo — a las bobinas K_1 , K_2 , K_3 y K_4 lo cual hace que se corte la comunicación a los hilos de llamada procedentes del grupo movido por corriente alterna y se franquee a los procedentes del segundo grupo.

FC es un fusible para la toma de corriente de excitación de los generadores. RC es una resistencia variable para graduar la corriente de excitación. La corriente que da la señal de ocupación (bornes P) se gradúa con un shunt HR.

Pasemos finalmente a ocuparnos de los motores de bastidores que mueven los órganos de la central.

Hay primero fusibles, luego un interruptor tripolar y otro bipolar, abierto ordinariamente, para poder gobernar los motores desde la central. Si BT no está oprimido o si, estando oprimido, hay una llamada, CA da un polo — a RM y RN que actúan y trabaja el motor asíncrono, actuando al propio tiempo las bobinas X_1 , X_2 y X_3 .

Si el motor se para, uno de estos X deja de actuar y funciona SA. Actúa el motor de reserva. Se enciende la lámpara Y y actúa la bobina YA que da un polo — a un hilo de alarma. Si los motores ambos se paran, se cierra el contacto *v* (que, ordinariamente, se mantiene abierto por efecto de la fuerza centrífuga), se enciende Z, actúa ZA y se da un polo — a otro hilo de alarma.

He terminado, señores, la sucinta y muy limitada exposición que tuvisteis a bien confiarme acerca de las centrales automáticas. No he podido abarcar muchas cuestiones, ni profundizar mucho en ellas. Empero, si de estas conferencias hubiesen podido sacar mis oyentes una idea general acerca de la telefonía automática y un índice de los problemas más fundamentales de la misma, se verían colmados mis deseos, pues, a más no pueden aspirar lo limitado de mi capacidad y del tiempo de que he dispuesto para desarrollar el tema.