

MÉTODO DE CONSERVACIÓN

Núm. 4
(5,400 antiguo)

INTERNATIONAL TELEPHONE & TELEGRAPH CORP.
NEW-YORK

Conservación de Cables

ESTAS INSTRUCCIONES SON DE CARÁCTER PROVISIONAL Y SERÁN
MODIFICADAS Y AMPLIADAS A MEDIDA QUE LA PRÁCTICA LO EXIJA

Facilitado por la International Telephone and Telegraph Corporation a la Compañía Telefónica Nacional de España quien, en ningún caso, podrá transferirlo, ni consentir su aprovechamiento por otra entidad o particulares por tener carácter de exclusiva su utilización.

FEBRERO, 1936

CONSERVACIÓN DE CABLES

GENERALIDADES

1.—*Los cables que han de ser objeto de conservación son:*

- 1.º Cables subterráneos.
- 2.º Cables aéreos en postes.
- 3.º Cables en fachadas, y
- 4.º Cables en edificios.

2.—*Los medios generales de conservación comprenden:*

- A) La inspección del estado de los cables.
- B) Las revisiones periódicas de los cables para suprimir cuantas causas puedan presentarse y que pudieran ocasionar, más tarde, averías.
- C) La localización de las averías ya presentadas, para que puedan ser reparadas.

3.—*Los métodos de inspección y las revisiones de los cables tienen por objeto prevenir las causas que pudieran producir averías, y son operaciones más o menos periódicas que se realizan de acuerdo con el régimen especial que para cada caso concreto se crea conveniente.*

Estos métodos comprenden:

- a) La comprobación de los pares disponibles en el repartidor de la Central.
- b) La inspección de los cables subterráneos en las cámaras-registro.
- c) La inspección de los cables aéreos.

- d) La inspección de los cables en fachadas y por sótanos.
- e) La inspección de los cables interiores.
- f) La inspección de los cables nuevos o modificados.

Los procedimientos de localización de las averías ya presentadas, se indican en la parte C) y consisten en diversas mediciones eléctricas, siendo por lo tanto más exactos y precisos que los indicados en otras partes de este Método.

(a) COMPROBACION DE LOS PARES DISPONIBLES EN EL REPARTIDOR

4.—*Generalidades.*—Estas comprobaciones en el repartidor principal no se harán en los cables en que estén trabajando los empalmadores.

Los pares que no estén en servicio, de todos los cables terminados en los repartidores principales, se comprobarán periódicamente y se hará un informe indicando el número de cada par y si están o no averiados, añadiendo en este último caso la clase de avería que tengan. Dicho informe se remitirá inmediatamente a la oficina correspondiente, para que, a la vista del registro de asignación de líneas del cable en cuestión y de los datos recogidos en la referida comprobación, se investiguen las diferencias que aparezcan y se corrijan los errores que hubiere.

Se harán pruebas para averiguar si los pares están en circuito abierto, cruzados, en cortocircuito, derivados a tierra o trocados. En las siguientes páginas se indican los aparatos y procedimientos para hacer estas pruebas.

Inmediatamente después de hacer la comprobación y antes de enviar el informe a la oficina, el operario de pruebas cotejará su informe con el que tenga guardado

el encargado de pruebas, a quien facilitará las correcciones a que hubiere lugar en su informe.

- 5.—*Pares encontrados defectuosos.*—Cuando por los resultados de estas pruebas resulte que en un cable o grupo aparezca un 5 % o más de averías, deberá darse cuenta de ello al Jefe correspondiente para que decida si debe probarse todo el cable, si ha de retirarse éste o repararse la avería. Caso que se decida reparar la avería, se avisará a la mesa de pruebas para que la localice como se indica en la sección C) "Localización de las averías ya presentadas".
- 6.—*Esquema de averías.*—Después de haber hecho la prueba de localización se hará un esquema del cable y su tamaño, con la situación, número y naturaleza de las averías, el cual se enviará a la mesa de pruebas. Se averiguará también si se está haciendo o no algún trabajo en el cable. En caso de que no se esté haciendo ningún trabajo, el esquema se enviará a los Ingenieros correspondientes, quienes informarán si se tiene o no algún proyecto respecto al cable y, en este último caso, el tiempo aproximado que tardará en terminarse el trabajo. Si este plazo de tiempo fuera razonable se aplazará el trabajo. En caso contrario y si hubiera más de dos averías en un mismo sitio, el esquema y el informe dado por los Ingenieros se enviarán a la mesa de pruebas, la cual dispondrá el arreglo de la avería si es posible. Se dará preferencia al arreglo de los conductores averiados en los cables que contengan pocos pares de reserva, es decir, en los más cargados y en los de enlace.
- 7.—*Tramitación de la hoja de averías.*—El asignador de líneas llenará una hoja de averías por cada informe de par averiado en relación con las demandas de cambio de asignaciones a causa de averías y por cada par asignado que se encuentre averiado.

Las hojas de averías se llenarán correlativamente y se enviarán al encargado de la mesa de pruebas, el cual las archivará para averiguar cuando dos o más pares del mismo cable se averían en un espacio de tiempo relativamente corto. Estas averías indican, generalmente, que el estado del cable es deficiente.

Cuando la deficiencia del cable se manifieste en esa forma, se hará la prueba de localización y un esquema indicando la situación de las averías. Cuando se reúnan en un mismo punto dos o más averías, se enviará el esquema a la mesa de pruebas, la cual dispondrá el arreglo de la avería.

Tan pronto como se tenga noticia de una avería en un cable pupinizado, se hará una prueba de localización y, en caso necesario, otra de la bobina de pupinización, preparándose también un esquema que se enviará a la mesa de pruebas para que se encargue del arreglo de las averías.

8.—*Comprobación de pares en el repartidor principal.* — Prueba n.º 1, figura 1.

El método que se seguirá en la comprobación de pares será el siguiente: L y L' se conectarán a un par de reserva. Si no se percibe sonido en el receptor, se desconectará el conductor L' y se conectará, por turno, a cada hilo de los dos o tres pares de reserva siguientes. Esta operación se repetirá con el conductor conectado al otro hilo del par primeramente tomado.

Todos los pares defectuosos, excepto aquellos que tengan derivaciones a tierra de gran resistencia o los que tengan falta de circuito en el extremo lejano, producirán un ruido en el receptor (figura 1).

Los hilos que no produzcan sonido en ninguna de estas pruebas están bien, y así se hará constar en el registro

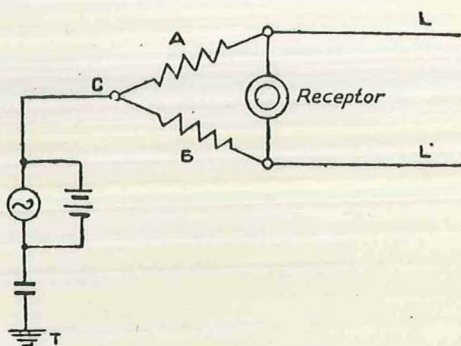


Fig. 1

Comprobación de pares en el repartidor principal.

A y B bobinas de 300 ohmios de resistencia no inductiva.

correspondiente. Todos los pares de reserva del repartidor principal se comprobarán en esta forma.

Si se percibe un sonido con cualquier hilo y un conductor de un par bueno, el hilo está mal y deberá anotarse para probarle más detenidamente.

Los hilos averiados encontrados en la forma citada se probarán, con más detenimiento, como sigue:

Se conectará el conductor L a un par bueno. Si no se percibe sonido con el otro conductor L' conectado a un hilo malo, éste está cruzado o en cortocircuito. Cuando el otro conductor del par que tiene el hilo malo aparece en buen estado, la avería es un cruce. Cuando el hilo malo no da sonido en la prueba con el otro conductor de su par, la avería es un cortocircuito.

El suministro de corriente alterna se verifica en C, desde un circuito secundario que se forma, poniendo una batería de cuatro pilas secas en paralelo con un zumbador de 60 ohmios, que está en serie con un condensador;

L y L' son los dos conductores del receptor equipados con pinzas, para hacer contacto con los hilos objeto de prueba (véase figura 1).

Los hilos derivados a tierra dan un sonido muy agudo y pueden distinguirse, en general, por esta cualidad.

Por medio de la prueba n.º 1 se descubrirán los corto circuitos, cruces y derivaciones a tierra, constituyendo las restantes averías los pares trocados y las faltas de circuito, que se descubrirán con la prueba n.º 2.

Las faltas de circuito se encontrarán de la manera siguiente:

Se conectará, por turno, el conductor L a cada hilo averiado, dejando el L' desconectado. Los que tengan falta de circuito producirán solamente un ligero sonido. Si el hilo está cortado cerca del extremo lejano de la Central la avería no podrá ser encontrada haciendo esta prueba.

Las averías restantes serán entonces pares trocados o hilos con falta de circuito *cerca del extremo lejano*.

Para determinar los conductores de los pares trocados se conectará uno de los hilos averiados al conductor L del receptor, como se ve en la figura 2; el otro L' se pon-

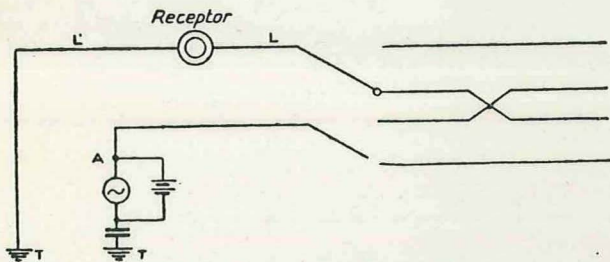


Fig. 2

Comprobación de pares en el repartidor principal.
Prueba de pares trocados y cruzados por medio del receptor.

drá en comunicación con tierra. Conéctese el generador de corriente alterna a los restantes hilos averiados por turno. El hilo que dé el sonido más alto es el que está trocado con el par primeramente tomado. Los restantes hilos averiados están cortados cerca del extremo lejano.

Para determinar el conductor de un par con el cual está cruzado un hilo averiado, se seguirá el mismo procedimiento que para determinar los conductores de los pares trocados.

El suministro de corriente alterna se verifica en A desde un circuito secundario que se forma poniendo una batería de cuatro pilas secas en paralelo con un zumbador de 60 ohmios, que está en serie con un condensador; L y L' son dos conductores del receptor equipados con pinzas para hacer contacto con los hilos objeto de prueba. (Véase figura 2.)

- 9.—*Relación diaria de las averías.*—Se enviará a la brigada de averías una relación diaria de todas las líneas que tienen averías al terminar el día anterior.

En cada caso de avería de un cable, la mesa de pruebas se encargará, si es posible, de arreglar la avería o hará un cambio especial con el cual la línea quede bien. Si la mesa de pruebas no pudiera dejar la línea en condiciones, localizará la avería y dará cuenta a la brigada de empalmes para su arreglo o lo pondrá en conocimiento de los ingenieros correspondientes, los cuales ordenarán que se haga nueva instalación de hilo o dispondrán el socorro del cable.

Todas las líneas que estén fuera de servicio, excepto aquéllas cuya interrupción sea debida a dificultades en la obtención de permisos, serán recorridas continuamente durante el día por los celadores hasta ponerlas en servicio. Las averías en otras líneas se procurará arreglarlas en un plazo de veinticuatro horas.

(b) INSPECCION DE LOS CABLES SUBTERRA-
NEOS EN LAS CAMARAS REGISTRO

10.—*Esta inspección periódica* deberá ser realizada por operarios cuidadosos. Se inspeccionarán todas las cámaras-registro de la Red, comprobándose el buen estado de los elementos de las mismas.

Se observará que los cables, así como sus empalmes y los muñones, no son utilizados por los operarios para subir y bajar a la cámara, y que se mantiene la buena colocación de aquéllos en los ganchos y en las regletas correspondientes; se observará también si los cables presentan otras señales que indiquen poco cuidado o maltrato.

En las cámaras no deberán existir escombros ni aguas residuales, y la limpieza de la cámara deberá ser esmerada. No existirán sustancias tóxicas o de naturaleza tal que pudieran perjudicar al cable. Se observará si los cables presentan señales de corrosión.

Los cables tendrán sus etiquetas de plomo indicando su clase y los grupos de conductores que contienen.

El enlace eléctrico de los cables por medio de la cinta de enlace soldada a los casquillos de los empalmes deberá ser perfecto. Los conductos no utilizados se conservarán perfectamente obturados con un tapón de tipo aprobado.

Finalmente, de vez en cuando, deberá inspeccionarse la existencia de corrientes descarriadas u otras causas que pudieran originar los efectos de electrolisis que se indican en el Método de Conservación n.º 5.401, "Protección de cables contra la electrolisis".

De los resultados de estas inspecciones se dará siempre cuenta al Jefe inmediato.

(c) INSPECCION DE LOS CABLES AEREOS

11.—*Deberá comprobarse*, que no presentan señales visibles de estar sometidos a efectos de electrolisis, que no hay contacto ni entre el cable telefónico ni el de suspensión, con los accesorios metálicos colocados en el poste; que están colocadas todas las grapas de suspensión, así como los estribos de acceso a los postes y que éstos estén colocados en la forma adecuada para facilitar la subida y la comodidad del trabajo; que los operarios de nuestra Compañía y de las extrañas que tengan que subir a los postes, puedan hacerlo sin tocar a los cables, que éstos no rozan contra arbolado, que no cruzan sobre hilos de tranvía sin la debida protección, y que no hay riesgo por la proximidad de hilos de alumbrado o de energía a nuestros cables. Se comprobará también que las bridas tienen sus tornillos bien apretados, que las cajas terminales no tienen su tapa levantada, que los bloques de porcelana de las cajas del n.º 14 no tienen resquebrajaduras, que las anillas de cable de acometida están bien colocadas, y que aquéllos están bien ordenados; comprobando asimismo que los empalmes de los cables aéreos tienen las ataduras correspondientes. En las cajas que llevan protecciones se comprobará con todo cuidado si su equipo está completo y en buen estado y por lo tanto que no faltan bloques de carbón de los descargadores ni fusibles, y que éstos son del calibre adecuado, prohibiéndose el uso de hilos en lugar de fusibles porque estas prácticas son malas y pueden ocasionar perjuicios.

Hay que observar también que los cables no presenten en la proximidad de los empalmes señales de estar sometidos a esfuerzos ni a maltrato, y también se verá que ningún cable presenta en la proximidad de los postes señales de haber sido deteriorado por perdigonadas,

balas, etc., puesto que estos defectos, aunque en el momento no produzcan averías, las producirán sin duda transcurrido algún tiempo.

De cualquier anomalía observada se dará cuenta al jefe inmediato en el informe correspondiente a la inspección.

(d) INSPECCION DE LOS CABLES DE FACHADA Y POR SOTANO

12.—*En la inspección de estos cables se comprobará si las grapas de pared permanecen bien sujetas a los muros a fin de que mantengan los cables en la posición en que fueron instalados, que los empalmes estén bien sostenidos, pero no sometidos a esfuerzo alguno que pudiera deteriorarlos.*

Se observará si el cable no está en contacto con hilos de alumbrado, tubos de bajada de agua u otros objetos metálicos que pudieran ocasionar algún perjuicio.

En aquellos sitios donde los cables estén próximos a balcones o ventanas, se observará que no experimentan daño alguno por personas o cosas.

En los cruces aéreos entre manzanas se comprobará la buena sujeción de las anclas de pared, guardacabos y bridas, para que el cable telefónico esté bien sostenido, pero sin estar sometido a esfuerzos perjudiciales.

Se inspeccionarán las cajas terminales como hemos indicado al tratar de los cables aéreos. La sujeción de estas cajas será perfecta, y sus bornes interiores y demás accesorios permanecerán siempre en buen estado de conservación y limpieza. El cierre de las cajas terminales será perfecto.

En los cables en sótanos, además de observar cuanto antecede, se comprobará que no pueden sufrir daños al

almacenar cajas, baúles o cualquier otra clase de objetos en el sótano.

Los resultados de esta inspección se consignarán en un informe que se remitirá al Jefe inmediato.

(e) INSPECCION DE LOS CABLES INTERIORES

- 13.—*También serán objeto de inspección periódica los cables interiores* para distribución a los diversos pisos de las casas.

Las cajas de conexión de estas instalaciones, sean o no embutidas en los muros, permanecerán bien cerradas. El equipo interior de estas cajas, es decir, las regletas y bornes, estarán bien conservados, sin presentar señal alguna de deterioro.

Se comprobará que las cajas, especialmente las situadas en techos de sótanos, no son tropezadas con cajas ni otros objetos. Respecto a los cables interiores, pueden tenerse en cuenta todas las observaciones indicadas para los casos anteriores.

Los resultados de esta inspección se remitirán en un informe al Jefe inmediato.

(f) INSPECCION DE LOS CABLES NUEVOS O MODIFICADOS

- 14.—*Pruebas de comprobación.*—Cuando se reciba orden para establecer una línea nueva que ha de ser conectada a una caja terminal, en la cual, según el registro del cable, los únicos conductores de reserva disponibles están averiados, se hará una comprobación de todos los conductores que terminan en la referida caja, y también de los conductores que terminan en otras cajas con las cuales está en múltiple la citada primeramente. Esta úl-

tima comprobación se hará únicamente cuando haciendo cambios se pueda utilizar un par bueno de una de las cajas terminales que están en múltiple y pueda repararse también uno de los pares averiados en la caja terminal a la que ha de unirse la línea nueva.

Si de la comprobación resultara que no hay ningún par de reserva disponible, se hará una prueba de localización de los conductores averiados, y si es practicable arreglar la avería, se hará un esquema para que la mesa de pruebas estudie el modo de arreglarla.

- 15.—*Pruebas de aislamiento.*—En todos los tendidos largos de cable nuevo, el encargado de empalmes solicitará de quien corresponda que se haga una prueba de aislamiento en cada seis a diez secciones de cable subterráneo. Si el aislamiento resultara bajo, la brigada de empalmes se encargará de mejorarlo. Si la sección tiene varios conductores defectuosos según la prueba corriente que hace el encargado de empalmes y en su opinión debiera arreglarse la avería, solicitará de la mesa de pruebas una prueba de localización al mismo tiempo que se hace la de aislamiento.

El aislamiento de todos los nuevos tendidos de cable subterráneo, así como el de todo cable subterráneo cuyos empalmes hayan sufrido alteración notable como consecuencia de los trabajos exigidos por proyectos determinados, se medirá una vez terminado el trabajo. Si el aislamiento resultara bajo, se avisará al Departamento de cables para que se encargue de mejorarlo.

- 16.—*Pruebas de pupinización.*—Cuando se haya terminado de hacer la pupinización de un cable o cualquier cambio en la pupinización del mismo, se harán pruebas de pupinización, además de las de aislamiento, en todos los pares pupinizados, para averiguar si las bobinas han sido o no colocadas debidamente y si tienen eficacia.

RUTINAS DE COMPROBACION DEL AISLAMIENTO DE LOS CABLES Y MODO DE REALIZARLAS

17.—*Las medidas de aislamiento de los cables, se verificarán todos los meses en las diferentes Centrales, midiendo cada mes cinco vacantes diferentes por grupo, y en la siguiente forma: Primeramente se medirá el aislamiento entre los dos hilos del par y, separadamente, el de cada hilo con tierra, anotando los resultados de estas medidas en los impresos destinados para cada grupo, con la fecha en que se realizaron.*

Este trabajo lo realizarán dos operarios prácticos, con toda escrupulosidad y por el turno siguiente: Centrales Gran Vía, Jordán, Salamanca, Delicias y Hortaleza.

El tiempo calculado en realizar estas medidas de aislamiento en las cinco Centrales es de quince días y pueden destinarse los quince primeros de cada mes, haciéndolas en horas de la noche para evitar accidentes, pues bien pudiera ocurrir que al estar midiendo una vacante en la Central, otro operario, en la caja, estuviese probando el mismo par y sufriera la descarga del Megger, la que podría hacerle perder el equilibrio.

Del resultado de estas medidas se mandará un impreso diario a la Dirección, otro al Jefe de Cables, quedándose con el original el Jefe de Conservación.

GRUPO

COMPAÑIA TELEFONICA NACIONAL DE ESPAÑA.-

MEDIDAS DE AISLAMIENTO EFECTUADA EN LA CENTRAL DE _____

DEPARTAMENTO DE CONSERVACION.-

Mod. X-Cn-124

SECCION DE CABLES.-

| Fecha | Par | Resistencia en megohmios. | | | Fecha | Par | Resistencia en megohmios. | | |
|-------|-----|---------------------------|------------|-----------------|-------|-----|---------------------------|------------|-----------------|
| | | Entre 2 hilos | Con tierra | los hilos Rojo. | | | Entre 2 hilos | Con tierra | los hilos Rojo. |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Fecha _____

Firma. _____

Modelo del impreso para las pruebas de comprobación del aislamiento de los cables.

En este modelo está hecho el encasillado para 12 meses, comprobando el aislamiento de 5 vacantes diferentes cada mes. De este modo se puede comprobar el aislamiento de todo el grupo.

(C) LOCALIZACION DE LAS AVERIAS EN LOS CABLES
INSTRUCCIONES PRELIMINARES PARA LAS PRUEBAS

18.—*Objeto.*—En estas instrucciones se describen los métodos empleados para hacer las pruebas que son necesarias para determinar y localizar averías en los cables, así como las pruebas que es preciso hacer, durante su instalación, para tener la seguridad de que los cables quedan, al terminar el trabajo, en buenas condiciones eléctricas.

Ciertas pruebas de transmisión no se describen aquí, por tratarse de ellas en otras instrucciones.

Las características eléctricas fundamentales, a que se refieren las pruebas aquí indicadas, son: la resistencia óhmica, la capacidad electrostática y el aislamiento.

Las mediciones de la resistencia óhmica son las más frecuentes, ya que de su correcta interpretación, cuando se realizan en determinadas condiciones, puede deducirse la situación de las averías más corrientes.

La localización de las faltas de circuito y pares trocados requiere generalmente mediciones de capacidad electrostática.

El aislamiento es quizá la cualidad más importante en los circuitos de los cables, ya que su valor puede tomarse como una indicación del estado de los mismos. Mientras se hacen empalmes en un cable nuevo, es necesario comprobar con frecuencia el aislamiento para asegurarse de que no ha penetrado humedad. Una vez terminados los empalmes, se hace generalmente un informe sobre el aislamiento de los cables más importantes para el encargado de la mesa de pruebas, el cual después comprueba de vez en cuando el aislamiento de los circuitos del cable, tomando aquel informe como referencia.

En la redacción de estas instrucciones se ha supuesto que el Encargado de Pruebas, está familiarizado con los

conceptos de resistencia y capacidad, y que tiene por lo menos conocimientos elementales de la ley de Ohm y de la teoría del puente de Wheatstone, cuya exposición puede encontrarse en cualquier buen tratado de electricidad.

MANERA DE ENCONTRAR LOS PARES DEFECTUOSOS

19.—*Las averías más frecuentes que pueden presentarse en los cables son las que se indican en la figura 3.*

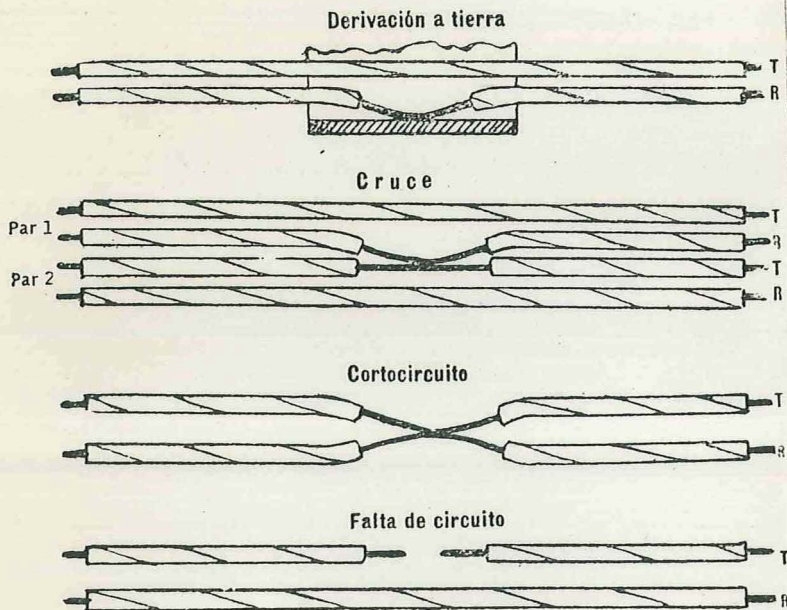


Fig. 3
Averías más frecuentes.

Una derivación a tierra tiene lugar cuando un hilo de un cable hace contacto eléctrico con la cubierta del mismo. Este contacto eléctrico puede ser debido al contacto metálico entre el hilo y la cubierta del cable, o bien puede ser producido por la humedad que ha penetrado en el cable de algún modo y ha deteriorado el aislante a tal extremo que su resistencia de aislamiento sea sumamente débil. Una derivación a tierra cuya resistencia es relativamente elevada, constituye una pérdida por mal aislamiento.

Un cruce tiene lugar cuando dos o más hilos hacen contacto entre sí. Un cortocircuito es el caso particular de un cruce entre los dos hilos del mismo par.

La falta de circuito es producida por la rotura de un hilo.

Las averías indicadas pueden encontrarse en el cable o en los empalmes. La figura 4 representa otras averías que son debidas a errores cometidos al hacer los empalmes.

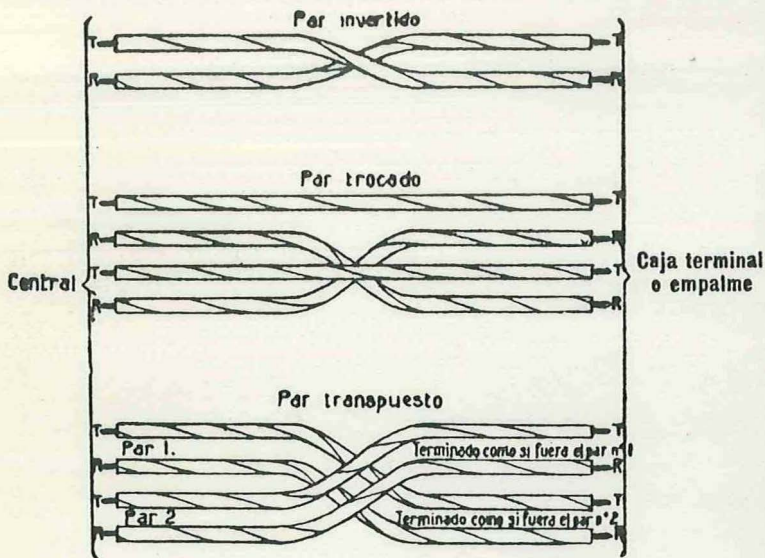


Fig. 4

Defectos debidos a errores cometidos al hacer los empalmes.

20.—Para encontrar las derivaciones a tierra pueden seguirse los procedimientos siguientes:

(a) Con receptor y batería.

Se harán las conexiones como indica la figura 5.

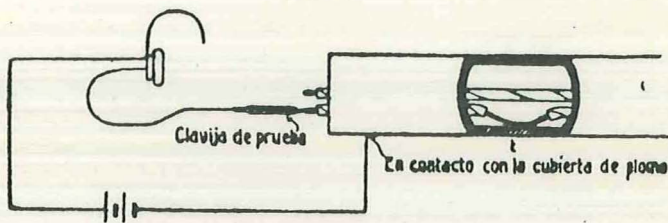


Fig. 5

Modo de determinar una derivación a tierra por medio del receptor y la batería.

Se conectará un polo de la batería a la cubierta del cable (a tierra) y el otro polo se pondrá en serie con el receptor y con el hilo que se supone derivado a tierra. Cuando se toque con la clavija de pruebas al hilo que está en comunicación con tierra se oirá un chasquido en el receptor, debiendo tener cuidado de no confundir el ruido producido por una derivación a tierra, con el que se origina por la capacidad de un hilo aislado. Si el cable es largo, el ruido producido por la capacidad del circuito es fuerte cuando se le toca por primera vez con la clavija de prueba, pero tocando el hilo repetidas veces con rapidez, los ruidos se hacen mucho menos perceptibles que al principio; por el contrario, cuando hay una derivación a tierra, el ruido es tan intenso la primera vez que se toca el hilo, como en las sucesivas. Además, el ruido debido a una derivación a tierra se oye cada vez que se abre o se cierra el circuito, mientras que el debido a la capacidad sólo se oye al cerrar el circuito.

Las derivaciones a tierra, debidas a la humedad, producen un sonido estridente en el receptor cuando se mantiene el contacto con el hilo derivado.

(b) Con un voltímetro y una batería:

Las conexiones se efectuarán como indica la figura 6.

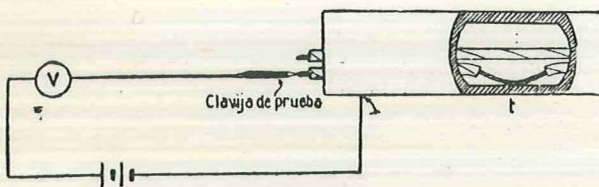


Fig. 6

Modo de determinar una derivación a tierra por medio del voltímetro y la batería.

Cuando la clavija de pruebas se pone en contacto con un hilo que tiene derivación a tierra, el voltímetro marcará un potencial constante. Si la derivación a tierra es perfecta por tener el punto de contacto "t" muy poca resistencia, el voltímetro marcará el voltaje de la batería. Si la derivación a tierra fuera imperfecta por ofrecer el punto de contacto "t" una gran resistencia, el voltímetro indicará un voltaje algo menor que el de la batería; esta indicación del voltímetro puede servir para medir la resistencia de la derivación (véase "Medida del aislamiento de un circuito por medio de un voltímetro y una batería", párrafo 64).

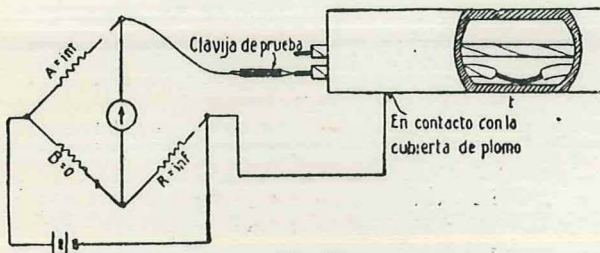


Fig. 7

Modo de determinar una derivación a tierra por medio del puente Wheatstone.

(c) Con un puente de Wheatstone:

Se harán las conexiones como indica la figura 7.

Con las conexiones tal como están indicadas en la figura 7, el galvanómetro ocupa la posición que ocupaba el receptor telefónico en el procedimiento (a) o la del voltímetro en el (b).

La desviación de la aguja del galvanómetro, cuando se cierran las llaves de éste y de la batería, indica una derivación a tierra.

21. *Manera de encontrar los cruces y los corto circuitos.*

(a) Por los mismos procedimientos empleados para encontrar las derivaciones a tierra.

Los procedimientos para encontrar derivaciones a tierra pueden emplearse para descubrir los cruces y los corto circuitos, siendo únicamente necesario sustituir uno de los hilos, que se suponen cruzados (un corto circuito es un cruce entre los dos hilos del mismo par), por la toma de tierra de la batería indicada en las figuras 5, 6 y 7. Los esquemas de las nuevas conexiones se indican en las figuras 8, 9 y 10.

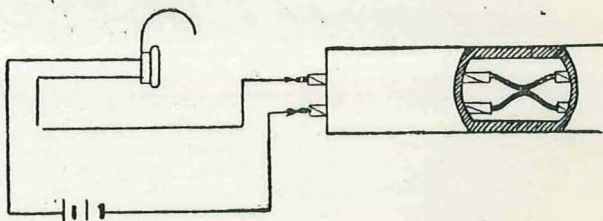


Fig. 8

Modo de determinar los cruces y corto circuitos
con el receptor y la batería.

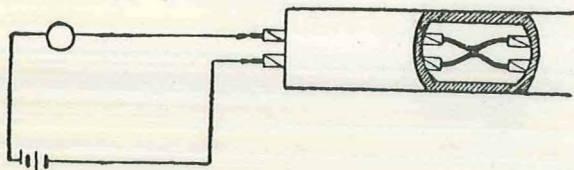


Fig. 9

Modo de determinar los cruces y corto circuitos
con el voltímetro y la batería.

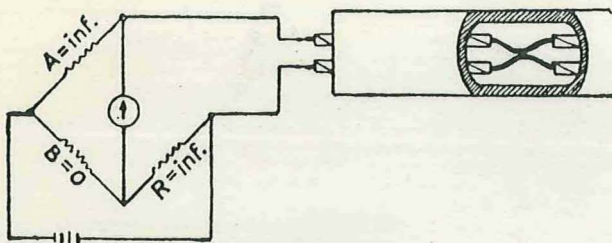


Fig. 10

Modo de determinar los cruces y corto circuitos
con el puente de Wheatstone:

La figura 8 indica el modo de encontrar las averías por medio de un receptor y de una batería; la figura 9 lo hace por medio de un voltímetro y de una batería; la figura 10 por medio del puente de Wheatstone.

(b) Por medio de un zumbador:

Con frecuencia tiene lugar el cruce de un par con otro que se desconoce, y el mejor procedimiento para descubrir este segundo par es emplear un zumbador en combinación con el receptor.

Las conexiones para realizar la prueba son las indicadas en la figura 11.

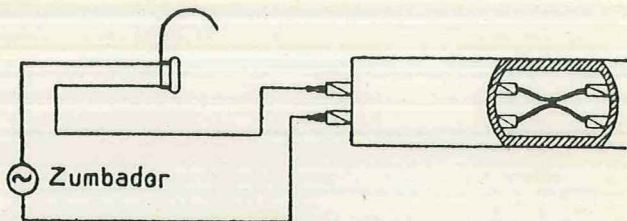


Fig. 11

Modo de determinar los cruces y cortocircuitos por medio del zumbador.

Para aplicar el procedimiento se conectará un polo del zumbador al hilo o par que se considera cruzado con otro hilo o par. Uno de los terminales del receptor se conectará al otro polo del zumbador, y el otro terminal se une a un hilo de exploración, con el que se prueban los demás hilos o pares del cable tocándolos hasta encontrar uno que produzca el mismo sonido que se oye al unir los hilos del circuito del zumbador, y éste será el hilo o par cruzado con el hilo o par que se ensaya. En los demás hilos puede percibirse algún ruido debido a la inducción, pero de una intensidad mucho menor que el percibido en los hilos o pares cruzados.

- 22.—*Los hilos rotos se manifiestan por la falta de circuito.* El hilo que se supone roto se pondrá en comunicación con tierra o con la cubierta de plomo en uno de sus extremos, y después se comprobará en el otro si hay derivación a tierra, como se indica en la figura 12.

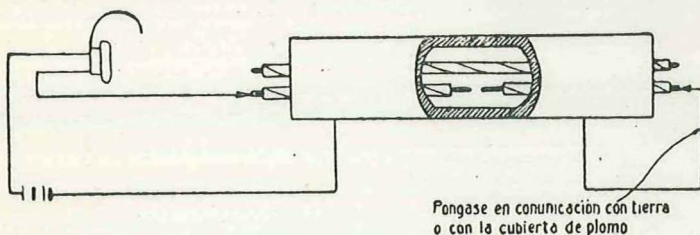


Fig. 12

Modo de determinar las faltas de circuito.

Si no hay indicio de derivación a tierra, es señal de que el hilo está roto (véase la explicación referente a la distinción entre el ruido que produce una derivación a tierra y el producido por la capacidad como se explicó al tratar de buscar derivaciones a tierra, párrafo 20).

En vez de poner su extremo en comunicación con tierra, puede ponerse en contacto con su pareja o con otro hilo conocido, y entonces se busca el cruce desde el otro extremo. También se puede sustituir el voltímetro o el galvanómetro del puente de Wheatstone por un receptor.

- 23.—*Modo de encontrar los pares invertidos, trocados y traspuestos.*—Estos defectos pueden encontrarse ampliando las pruebas de continuidad descritas anteriormente. El mejor procedimiento para encontrarlos es probablemente comprobar la identidad de cada hilo, empleando el procedimiento descrito en las instrucciones para el empalme de cables, como se indica esquemáticamente en la figura 13.

Para ello, primeramente, se establecerá un circuito de conversación entre la central y la caja terminal o entre

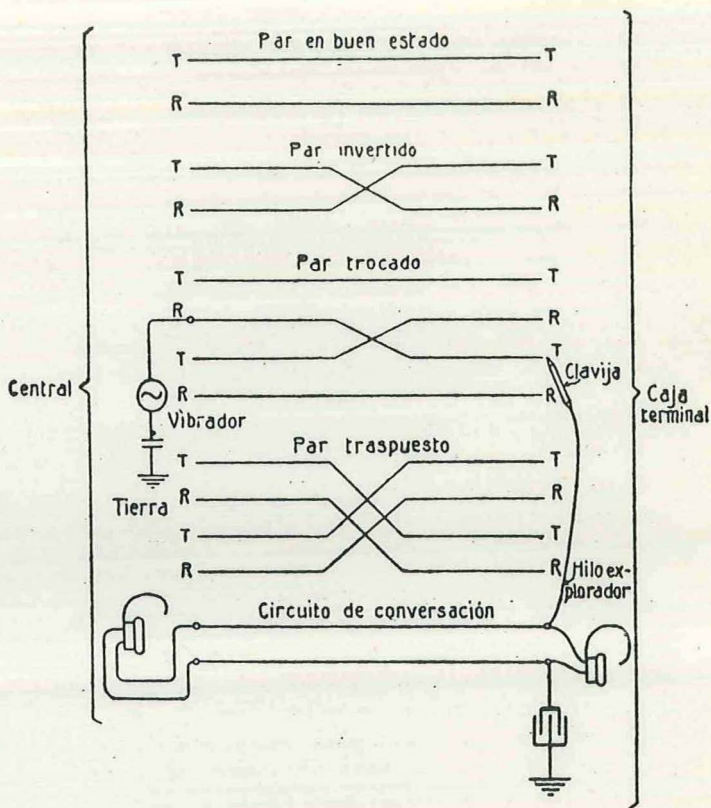


Fig. 13

Modo de determinar los pares invertidos, trocados y traspuestos.

las dos cajas terminales de los extremos de la sección que se va a probar. Generalmente hay un par de reserva en buen estado para este objeto. El operario de pruebas

intercalará el zumbador o vibrador entre los hilos que hay que probar y tierra, y el ayudante conectará un "hilo explorador" a un hilo del circuito de conversación, y pondrá el otro hilo de dicho circuito en comunicación con tierra a través de un condensador. Después conectará la clavija de prueba al extremo libre del "hilo explorador" y tocará uno por uno los hilos de la caja terminal hasta oír un sonido. Este sonido deberá también ser oído a la vez por el ayudante, y este último dirá entonces al operario de pruebas el número del par y el hilo "A" ("tip" o "positivo") o el "B" ("ring" o "negativo") en que oye el sonido. Identificando de este modo los hilos en dos puntos de terminación, es posible encontrar los pares que están invertidos, trocados o traspuestos.

Aunque los pares invertidos o traspuestos no perjudican a la transmisión de la conversación, es conveniente, sin embargo, que éstos queden en su posición correcta para eliminar así ciertos inconvenientes que se presentan luego al buscar los pares asignados y al instalar los aparatos de abonado. Dichos defectos pueden ser corregidos en cualquier punto conveniente deshaciendo la inversión o trasposición de los hilos de que se trate.

Los pares trocados producen molestos cruces de conversación entre los dos pares afectados, que persisten, aunque se compense el defecto volviéndolos a trocar en otro punto de modo que los conductores parezcan estar en su posición correcta al llegar a los extremos. Si los pares trocados no se han compensado es fácil localizar el trueque, después de lo cual se puede corregir el defecto *en el mismo punto en que se hayan trocado*. Si se han compensado los pares trocados se puede localizar el defecto por medio de la bobina exploradora, pero el procedimiento es largo y molesto. Más adelante, al ha-

blar de la localización de averías, se tratará con más detenimiento de los pares trocados.

24.—Pruebas por comparación de sonidos.

(a) Teoría:

Las pruebas por comparación de sonidos son un medio seguro y rápido de encontrar derivaciones a tierra, cruces y cortocircuitos. También pueden encontrarse (bajo ciertas condiciones) los hilos rotos y los pares trocados.

Es por lo tanto un procedimiento conveniente para comprobar los pares de reserva, así como todos los de un cable nuevo, después de que los empalmes han sido hechos.

Estas pruebas se realizan con un receptor de casco al que se han adicionado dos resistencias no inductivas. La figura 14 muestra el esquema de conexiones.

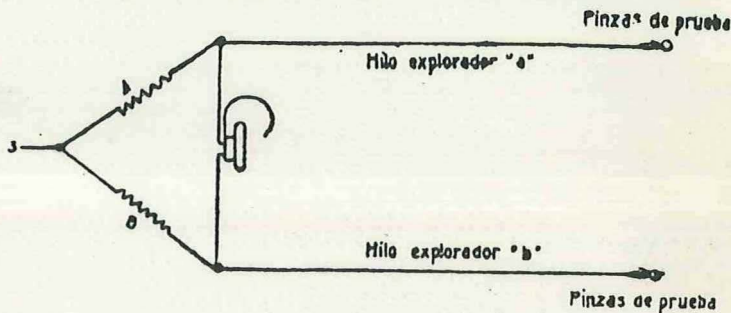


Fig. 14

Esquema de conexiones para las pruebas por comparación de sonidos.

Se observará que este circuito corresponde en parte al puente de Wheatstone. Las resistencias "A" y "B" forman los brazos de relación y el receptor telefónico actúa como detector del desequilibrio del puente. Con esta dis-

posición hay que emplear corriente alterna, ya que el receptor telefónico no funcionaría con corriente continua. Mediante la comparación de sonidos es posible comparar dos resistencias, dos capacidades o dos inductancias cuando se cierra el circuito a través de las mismas, como indica la figura 15.

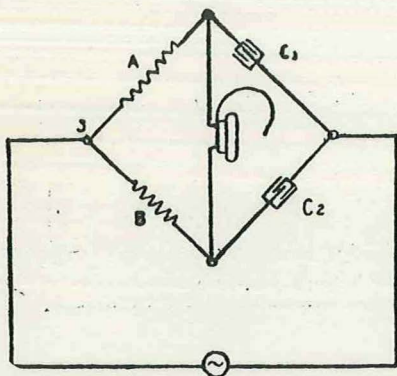


Fig. 15

Modo de comparar capacidades con la prueba por comparación de sonidos.

En el esquema anterior, los brazos tercero y cuarto del puente de Wheatstone se han sustituido por capacidades, ya que lo general es que sean comparadas por la prueba de comparación de sonidos. Se notará que si $C_1 = C_2$ no pasa corriente por el receptor; pero si las capacidades C_1 y C_2 no son iguales, se oirá un sonido en el receptor cuya intensidad dependerá de la diferencia entre C_1 y C_2 . En este principio se fundan las pruebas por comparación de sonidos. Cada hilo del cable constituye una capacidad con relación a los demás hilos y la cubierta de plomo. Esta capacidad conocida con el nom-

bre de capacidad respecto a tierra, varía con la longitud y número de hilos. Dos hilos en contacto (cruzados) tendrán una capacidad mucho mayor que un solo hilo, mientras que si un hilo tiene derivación a tierra, su capacidad será despreciable. Teniendo esto en cuenta, los hilos de los cables pueden sustituirse por los condensadores (capacidades) indicados en la figura 15, siendo la cubierta de plomo, la armadura común a los dos condensadores así formados. Esta disposición está representada en la figura 16.

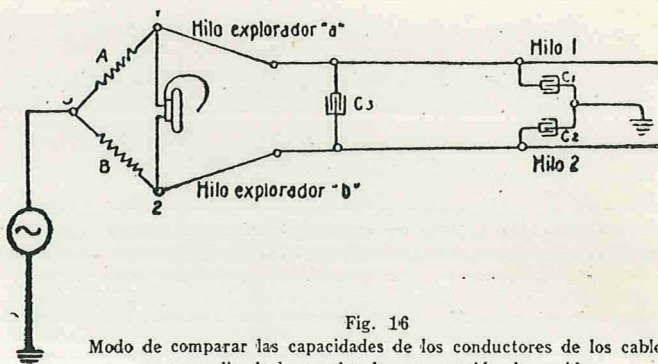


Fig. 16

Modo de comparar las capacidades de los conductores de los cables por medio de la prueba de comparación de sonidos.

Se observará que las capacidades C_1 y C_2 de la figura 16, son las capacidades de los hilos 1 y 2 con relación a tierra. La capacidad C_3 entre los hilos 1 y 2 no afecta al equilibrio, puesto que está en derivación con el receptor.

(b) Modo de efectuar las pruebas:

En la práctica las pruebas por comparación de sonidos se efectúan del modo siguiente:

Como indica la figura 17 el hilo explorador "a" se

conectará por ejemplo al hilo "A" (Tip) del par número 1, el cual se considerará como conductor tipo para los efectos del ensayo. El hilo explorador "b" se conectará entonces al hilo "B" (Ring) del mismo par. El zumbador o vibrador se conectará al borne 3 y a tierra.

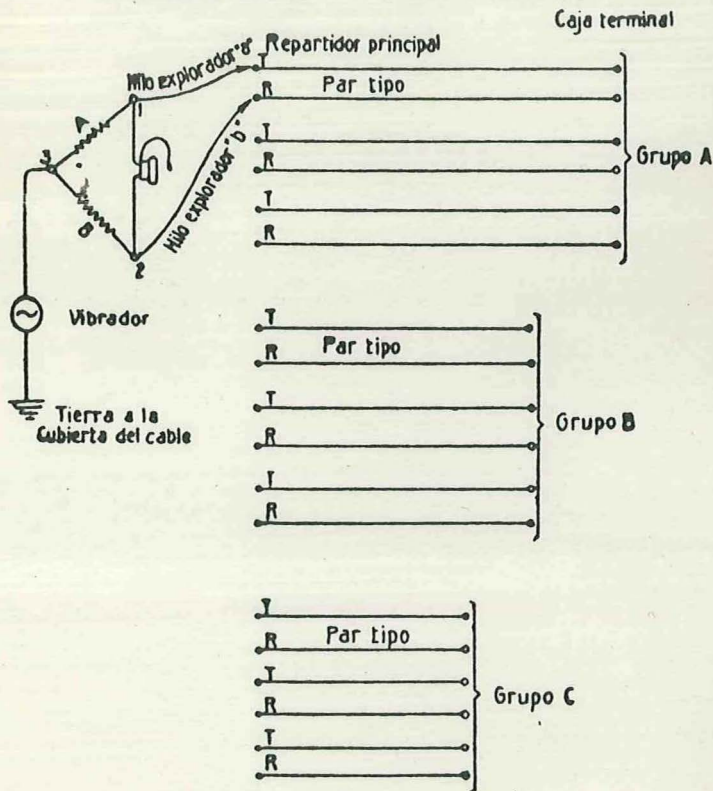


Fig. 17

Prueba por comparación de sonidos. Esquema de conexiones.

Si la capacidad del hilo "A" ("tip" o "positivo") es igual a la del hilo "B" ("ring" o "negativo") no se oirá ningún sonido en el receptor. El hilo explorador "b" se pondrá entonces en contacto con el hilo "A" del par número 2, después con el "B" y así sucesivamente en todos los pares, al 2R, 3T, 3R, etc. (El número designa el del par, y las letras R y T son iniciales de "ring" y "tip"). Si no se oye ningún sonido en el receptor durante estas pruebas, puede suponerse que los pares comprobados están en buen estado. Si se oye algún ruido, es probable que los hilos que acusan desequilibrio, sean defectuosos o por lo menos estén en distintas condiciones que el hilo tomado como tipo.

Si el par número 1 está en cortocircuito, no se oirá ningún sonido cuando el receptor esté conectado en derivación con él, pero habrá sonido cuando esté conectado a un hilo del par número 1 y a un hilo de otro par, a no ser que este segundo par esté también en cortocircuito. Por consiguiente, si un hilo del par número 1 está equilibrado con su pareja, pero no con ningún otro hilo, es probable que el par número 1 esté en cortocircuito, en cuyo caso habrá que elegir como tipo un nuevo par.

El par que se toma como patrón debe ser del mismo calibre y tiene que ser de la misma longitud que los demás pares que han de compararse con él. Si las longitudes fueran diferentes, sus capacidades serían también diferentes, y no podría conseguirse el equilibrio. Igualmente las capacidades de los hilos de diferentes calibres también difieren un poco, por cuya razón hay que elegir el que se toma como patrón de calibre igual al de los demás.

Para realizar las pruebas por comparación de sonidos, no es esencial que el que las realiza sepa qué conductores componen un grupo determinado, ya que tan pron-

to como los hilos exploradores "a" y "b" hagan contacto con hilos de grupos diferentes, se oirá ruido en todos ellos, lo que indica que los hilos comparados pertenecen a distintos grupos o son todos defectuosos. Cuando ésto suceda, se desconecta el hilo explorador "a" del par tomado como tipo y se conecta a otro del grupo en que todos los hilos producen sonido, y se le tomará como patrón. Sin embargo, es conveniente, que el operario de pruebas disponga de un esquema indicando la distribución de los diferentes grupos del cable para que pueda determinar con rapidez, la causa de pequeños desequilibrios que en apariencia puedan existir. Cuando el operario de pruebas tenga duda de si los desequilibrios son debidos a diferencias de longitud en los hilos o a defectos en los mismos, llamará a la Central para comprobarlo con el registro de cables.

(c) Determinación de las causas de desequilibrio:

Se probarán, además, los hilos que han acusado desequilibrios, del modo siguiente:

Se empalmará el hilo explorador "a" con los dos hilos de un par en buen estado. Cada uno de los hilos que acuse equilibrio con este par, está en cortocircuito o cruzado.

Si cada hilo de un mismo par está en equilibrio con el par conectado al hilo explorador, la avería es un cortocircuito; si sólo uno acusa equilibrio, la avería es un cruce.

Los hilos en comunicación con tierra dan un sonido muy alto en comparación con el que da un hilo bueno, pudiendo distinguirse generalmente los primeros, por dicha cualidad. Por lo que queda dicho, se deduce que las averías restantes son faltas de circuito, las cuales pueden comprobarse conectando el hilo explorador "a" a cada uno de los hilos defectuosos, por turno y dejando el hi-

lo "b" desconectado. La rotura de un hilo, a no ser que esté cerca del extremo más distante del cable, será indicada por un pequeño sonido en el receptor. Un hilo bueno da un sonido fuerte en el receptor, pero como la rotura de un hilo, cerca del extremo opuesto al de pruebas, produce también un sonido fuerte, esta prueba no es definitiva.

Los pares trocados pueden o no ser indicados por las pruebas corrientes de comparación de sonidos. El único método eficaz para encontrarlos es el explicado en el párrafo 23, figura 13.

Si el trueque ha ocurrido entre pares de grupos muy separados, podrá producirse un sonido al hacer las pruebas de comparación de sonidos.

MEDICIONES CON EL PUENTE DE WHEATSTONE

25.—El Puente de Wheatstone.

(a) Teoría:

El puente de Wheatstone es, en esencia, una red de conductores dispuestos como indica la figura 18.

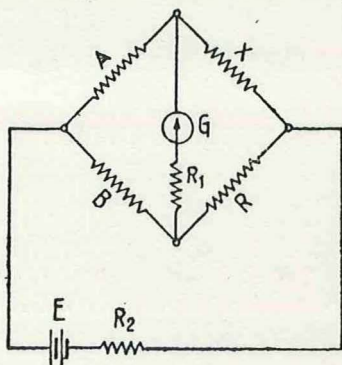


Fig. 18

Esquema teórico del puente de Wheatstone.

En el esquema precedente A, B, R y X representan resistencias y G representa un galvanómetro o aparato equivalente para medir o indicar la corriente. El signo convencional para una batería se representa en E. Las cuatro resistencias A, B, R y X se llaman brazos del puente; A y B son los brazos de relación, R es el brazo variable y X es el brazo desconocido o sea la resistencia a medir.

En una red de conductores así constituida, no pasará corriente alguna por el galvanómetro cuando se verifique la igualdad:

$$\frac{A}{B} = \frac{X}{R} \quad (1)$$

Esta propiedad del puente de Wheatstone, se utiliza para medir resistencias por el método de reducción a cero. Los valores A, B y R se regularán de manera que no pase corriente por el galvanómetro y entonces el valor de la resistencia desconocida podrá obtenerse por la igualdad:

$$X = \frac{A}{B} \cdot R \quad (2)$$

Las relaciones indicadas en las igualdades (1) y (2) siguen verificándose aunque se permuten el galvanómetro y la batería; así mismo la adición de las resistencias R_1 y R_2 (fig. 18) no afecta a las condiciones de equilibrio del puente. Sin embargo, la inserción de tales resistencias afecta a la sensibilidad del galvanómetro ya que un aumento en R_1 reduce la corriente que le atraviesa, cuando el puente no está equilibrado y un aumento en R_2 producirá una disminución en la corriente total de la batería, disminuyendo así, la sensibilidad del galvanómetro.

(b) Tipos comerciales del puente de Wheatstone.

En los puentes construidos por los diferentes fabricantes varían las disposiciones de los diversos elementos.

Las figuras 19 y 20 indican las disposiciones más corrientes.

La figura 19 representa el puente de "Thompson-Levering", y la 20 el de "Leeds & Northrup".

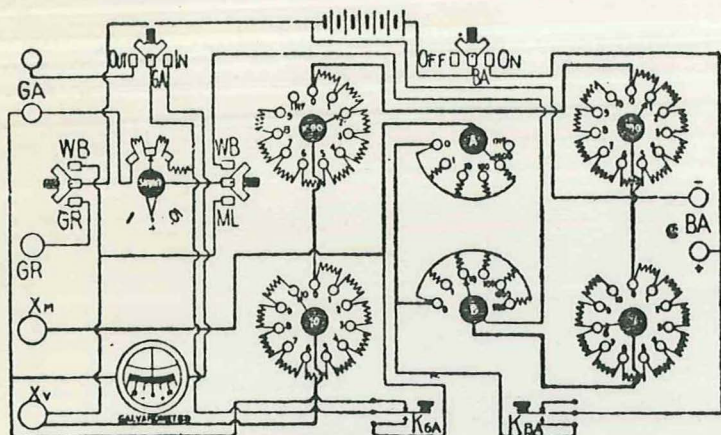


Fig. 19

Conexiones interiores del puente de Thompson-Levering.

Se observará en la figura 19 que las resistencias de los brazos A, B y R pueden variarse a voluntad. Los cuatro reóstatos marcados 1, 10, 100 y 1000 están conectados en serie y forman el brazo R. Variando las resistencias A y B pueden obtenerse diferentes relaciones $\frac{A}{B}$. La resistencia de R se variará hasta lograr el equilibrio.

El shunt protege al galvanómetro contra las corrientes excesivas que pudieran inutilizarle y puede ajustarse de tal modo que las lecturas del galvanómetro sean proporcionales a 0,01, 0,1, ó a toda la corriente que pasa por su circuito.

La llave KGA. es la del galvanómetro; al hacer presión sobre ella éste queda intercalado en el puente, cuando se deja libre interrumpe su contacto con el mismo y pone al galvanómetro en cortocircuito por lo que su aguja vuelve a la posición cero rápidamente.

La llave de la batería, es la marcada con KBA. Cuando esta llave se cierra pone en comunicación a la batería con el puente.

La batería está compuesta de seis pilas secas encerradas en un compartimiento en el fondo de la caja. Pueden cambiarse las pilas abriendo la puertecilla del fondo de la caja.

Los bornes de conexión de la línea están marcados con las letras Xv y Xm. El borne Xv está conectado al brazo R de la resistencia y el Xm al brazo A. La razón por la cual se han marcado así los bornes, se verá claramente al tratar de los métodos de Varley y Murray.

El borne G R está conectado a tierra para cuando se hagan pruebas que requieran poner la batería a tierra.

Los dos pequeños conmutadores de cuchilla, uno de ellos señalado con W B y G R y el otro con W B y M L se emplean para pasar de las conexiones del puente de Wheatstone a las de los métodos de Varley y Murray. Para medir resistencias con el puente de Wheatstone, ambos conmutadores se colocan en la posición W B. Para las pruebas por el método de Varley, se coloca el conmutador de la derecha en la posición de W B y el de la izquierda en la de G R. Para las pruebas por el método de Murray se coloca el conmutador de la derecha en M L y el de la izquierda en G R.

El aparato lleva además dos conmutadores, uno para el caso en que se utilice una batería exterior en vez de la que lleva el aparato, y otro que permite utilizar un galvanómetro cualquiera distinto del que lleva el aparato.

En el puente de "Leeds & Northrup" representado en la figura 20, los dos brazos de relación se combinan y manejan por medio de un solo disco conmutador, pudiendo conseguirse las relaciones $\frac{A'}{B}$ iguales a 0,001, 0,01, 0,1, 1, 100 y 1000 para la medición de resistencias.

Para el método Murray "A" puede ser de 10, 100, 1000 ohmios. Para los métodos de Varley la relación $\frac{A}{B}$ puede ser igual a 0,01, 0,1 ó 1.

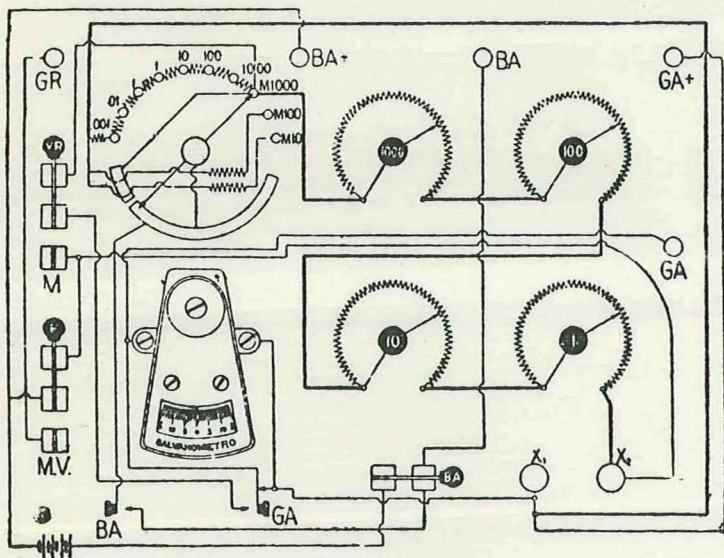


Fig. 20
Conexiones interiores del puente de Leeds & Northrup.

Este puente tiene conmutadores y bornes para poder emplear una batería o un galvanómetro exterior y los bornes X_1 y X_2 para conectar al puente la resistencia que se trata de medir.

El borne X_1 corresponde al X_m del puente de "Thomson-Levering, y el borne X_2 corresponde al X_v .

Los conmutadores de la izquierda de la placa, se emplean para pasar de las conexiones del puente ordinario de Wheatstone a las de los métodos de Murray y de Varley. Para el bucle de Murray, las palancas de dichos conmutadores se colocarán de manera que las letras M y M V queden a la vista. Para las pruebas con el bucle de Varley, V R y M V deben quedar a la vista. Para las mediciones de resistencia deben verse R y V R.

El galvanómetro del puente de "Leeds & Northrup" no tiene shunt.

(c) Empleo de la batería exterior:

La batería del puente tiene generalmente una fuerza electromotriz de 9 voltios. Cuando sea necesaria una batería mayor, se conectará una batería exterior a los bornes dispuestos al efecto y se abrirá el conmutador de la batería. Nunca se emplearán más de 400 voltios y se limitará la corriente a 0,1 de amperio, poniendo una resistencia en serie con la batería. El valor de esta resistencia puede determinarse por la fórmula (3).

$$R = 10 E \quad (3)$$

en la que R es igual a la resistencia en serie con la batería y E el voltaje de ésta.

(d) Empleo de un megóhmetro en lugar de la batería exterior:

Como fuente de energía puede utilizarse un megóhmetro en vez de una batería exterior. Para ello, se conectará el borne de reserva del megóhmetro al borne — BA del puente y el borne de tierra del megóhmetro al + BA

del puente. El manejo del megóhmetro se describe en el párrafo 62.

(e) Empleo de un galvanómetro exterior:

Si se dispone de un galvanómetro de gran sensibilidad puede utilizarse. Para ello se conectará a los bornes correspondientes del puente, pero no se empleará hasta después de haber obtenido (al cerrar el circuito) un equilibrio aproximado con el galvanómetro del puente, que es menos sensible. Cuando se emplee un galvanómetro exterior, debe utilizarse el shunt si le tiene el aparato.

26.—*Medida de la resistencia con el puente de Wheatstone.*

(a) Manejo del puente:

Se colocarán los conmutadores de manera que se forme el puente de Wheatstone, y si fuera necesario se ajustará de modo que la aguja del galvanómetro marque cero. Esto se consigue por medio del tornillo señalado con la expresión: "Ajuste a cero" (Adj. Zero).

La resistencia a medir se conectará a los bornes X, asegurándose de que las conexiones están bien hechas. Se apretarán fuertemente los bornes pero sin someterlos a un esfuerzo excesivo.

Si el galvanómetro tiene shunt se utilizará dándole para el ensayo preliminar el valor mínimo.

Después se obtendrá una primera aproximación de la resistencia de X, como sigue:

Dispóngase el puente de manera que

$$\frac{A}{B} = \frac{100}{100} \text{ ó } \frac{1000}{1000} \text{ ó } 1$$

Hágase $R = 1$ y después ciérrense las llaves de la batería y del galvanómetro. Ciérrese la llave de la batería primero y después la del galvanómetro. Obsérvese la dirección en que se mueve la aguja del galvanómetro y

después déjense libres las llaves, primero la del galvanómetro y después la de la batería. A continuación hágase $R = 5000$ y vuélvanse a cerrar las llaves observando la dirección en que se mueva la aguja del galvanómetro. Si la aguja se moviese en una dirección con $R = 1$ ohmio y en la opuesta con $R = 5000$, la resistencia X está comprendida entre 1 y 5000 ohmios. Si el movimiento de la aguja es mayor en un sentido que en el otro, el valor que debe darse a R está más próximo al de la resistencia que produce la menor desviación. Estrechando ahora los dos límites que comprenden a X y ajustando R hasta producir el equilibrio, una vez obtenido éste se ajustará el shunt a 0,1 y se volverá a equilibrar de nuevo, finalmente se ajustará el shunt a 1 equilibrando otra vez.

Este resultado que será el más aproximado que puede obtenerse cuando es la relación

$$\frac{A}{B} = \frac{100}{100} \text{ ó } \frac{1000}{1000}$$

viene dado con una aproximación de 1 ohmio.

Para ciertos valores de la resistencia se puede obtener un equilibrio más exacto cambiando la relación $\frac{A}{B}$

Los mejores valores de $\frac{A}{B}$ y las fórmulas para calcular el valor de X , para los diferentes valores de la resistencia desconocida, se indican en la tabla n.º 1.

TABLA NUM. 1

| Resistencia desconocida en ohmios | Relación entre los brazos del puente | Fórmula para calcular la resistencia des- conocida |
|--------------------------------------|---|---|
| Menor de 10 | $\frac{A}{B} = \frac{1}{1000} = 0,001$ | $X = 0'001 R$ |
| de 10 a 100 | $\frac{A}{B} = \frac{10}{1000} = 0,01$ | $X = 0'01 R$ |
| de 100 a 1.000 | $\frac{A}{B} = \frac{100}{1000} = 0,1$ | $X = 0'1 R$ |
| de 1.000 a 10.000 | $\frac{A}{B} = \frac{1000}{1000} = 1$ | $X = R$ |
| de 10.000 a 100.000 | $\frac{A}{B} = \frac{1000}{100} = 10$ | $X = 10 R$ |
| de 100.000 a 1.000.000 | $\frac{A}{B} = \frac{1000}{10} = 100$ | $X = 100 R$ |
| de 1.000.000 a 10.000.000 | $\frac{A}{B} = \frac{1000}{1} = 1000$ | $X = 1000 R$ |

(b) Resistencia de los conductores auxiliares:

Generalmente no se puede conectar directamente la resistencia que se trata de medir a los bornes X del puente. En estos casos se conectará dicha resistencia a los bornes X por medio de conductores auxiliares. La resistencia de éstos hay que restarla de la obtenida al hacer la medida con el puente, para obtener el verdadero valor de la resistencia que se busca. La resistencia de los conductores auxiliares se determina por separado, antes o después, de medir la resistencia que buscamos.

(c) Resistencia por separado de los hilos:

La resistencia de un solo conductor puede obtenerse mejor por el método de las tres resistencias como se indica a continuación:

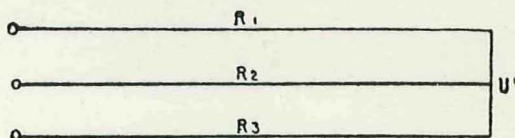


Fig. 21

Medida de las resistencias de los conductores, separadamente, por el método de las tres resistencias.

Sean R_1 , R_2 y R_3 la resistencia de cada uno de los conductores de longitud L , medida desde el extremo en que se hacen las pruebas al punto de unión de los tres conductores.

Si medimos la resistencia de los tres bucles podremos establecer las igualdades siguientes:

$$R_1 + R_2 = a$$

$$R_2 + R_3 = b$$

$$R_1 + R_3 = c$$

de las que se deduce que:

$$R_1 = \frac{a + c - b}{2} \quad (4)$$

$$R_2 = \frac{a + b - c}{2} \quad (5)$$

$$R_3 = \frac{b + c - a}{2} \quad (6)$$

Estos resultados pueden ser expresados así:

"Se suman las resistencias de los dos bucles que contienen el hilo cuya resistencia se busca y de esta suma, se resta la del bucle que no contiene la resistencia buscada, dividiendo el resultado por 2. Las cifras decimales de éste se determinarán de acuerdo con la relación $\frac{A}{B}$ empleada."

Cuando sólo haya dos hilos disponibles se determinarán las resistencias de cada uno de la manera siguiente:

Unanse los dos hilos por sus extremos distantes como indica la figura 22.

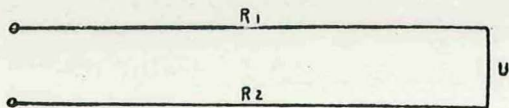


Fig. 22

Medida de las resistencias de los conductores, separadamente, por el método de los dos hilos.

Una vez medida la resistencia del bucle que será:

$$R_1 + R_2 = a$$

se variarán las conexiones del puente para formar el bucle de Varley y se unirá a tierra el extremo más distante, como indica la figura 23. (El bucle de Varley se describe en el párrafo 28.)

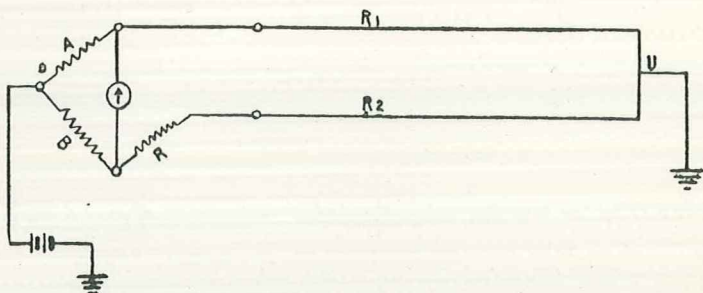


Fig. 23

Medida de las resistencias de los conductores, separadamente, por el método de los dos hilos.

Se dispondrá el aparato de manera que:

$$\frac{A}{B} = \frac{100}{900} \text{ ó } \frac{100}{1000} \text{ y se equilibrará el puente.}$$

R es la resistencia que indica el reóstato.

Tendremos

$$R_1 = \frac{A}{A + B} (R + a) \quad (7)$$

$$\text{y} \quad R_2 = a - R_1 \quad (8)$$

Los dos términos de la relación $\frac{A}{B}$ se elegirán desiguales, de modo que la resistencia de cada hilo pueda obtenerse en décimas de ohmio. Asimismo no siendo esta relación igual a la unidad no será necesario permutar las conexiones R_1 y R_2 en el puente.

Este procedimiento no puede emplearse cuando alguno de los hilos o los dos están en comunicación con tierra o cuando los dos hilos están en cortocircuito, pero puede emplearse para los hilos que estén cruzados con otros.

BUCLES DE PRUEBA

- 27.—La localización de las averías en los conductores puede realizarse por medio de los llamados bucles de prueba, de los cuales los de Varley y Murray son los que se emplean principalmente en telefonía.
- 28.—Bucle de Varley.—Las conexiones para el bucle de Varley se indican en la figura 24.

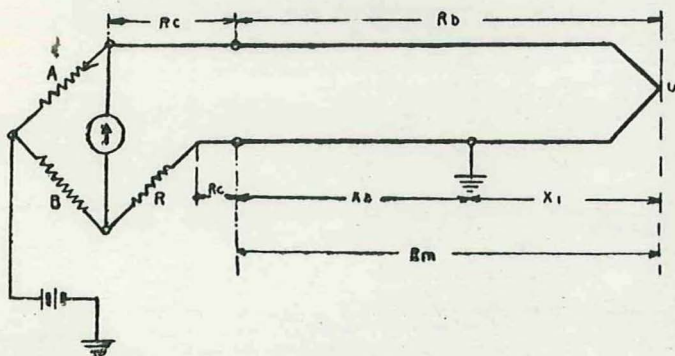


Fig. 24
Conexiones del bucle de Varley.

El hilo averiado se conecta al borne de línea que está conectado al brazo R del puente. En el otro extremo se unirán los hilos bueno y averiado de tal modo que la resistencia del hilo de unión y de sus conexiones sea despreciable; después se dispondrán los conmutadores del puente para el bucle de Varley y se hará:

$$\frac{A}{B} = \frac{100}{100} \text{ ó } \frac{1000}{1000} \text{ ó } 1$$

Hecho ésto se equilibrará el puente y se anotará la resistencia que marque el reóstato R. Suponiendo que los

hilos bueno y malo tengan la misma resistencia, la *resistencia desde el hilo de unión a la avería* puede determinarse por la fórmula (9)

$$x_1 = \frac{R}{2} \quad (9)$$

Ahora bien, como la resistencia de los hilos, bueno y malo, casi nunca es igual, aunque tengan la misma longitud y calibre, las ventajas que tiene el usar una relación $\frac{A}{B}$ distinta de la unidad aconsejan el empleo de la fórmula (10) que resuelve de un modo general el problema del bucle de Varley representado en la fig. 24.

$$x_1 = \frac{A (R + R_c + R_m) \quad B (R_c + R_b)}{A + B} \quad (10)$$

La fórmula (10) se simplifica mucho en una modificación del bucle de Varley, conocida con el nombre de Método triple de Varley.

- 29.—*Método triple de Varley.*—En este procedimiento se toman tres lecturas de R , cada una con diferentes conexiones. El valor de la relación $\frac{A}{B}$ debe ser el mismo para las tres lecturas. La prueba requiere tres hilos, dos de ellos buenos, el tercero es el hilo defectuoso en que hay que localizar la avería y el cual se conectará al borne del puente que está unido al brazo R . El hilo que une los extremos más alejados de los tres hilos debe ser de resistencia despreciable.

Las conexiones de Varley 1, se indican en la fig. 25.

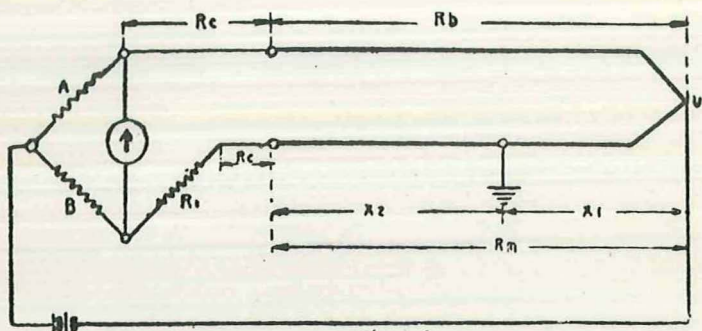


Fig. 25

Conexiones del Bucle triple de Varley - Varley 1.

Como puede observarse en la figura 25, Varley 1, es una prueba de equilibrio. La batería se conecta a los extremos más distantes del hilo averiado y del que está en buen estado por medio de un segundo hilo en buen estado; equilibrado el puente, se observará la indicación del reóstato R designando esta lectura por R_1 . Después se variarán las conexiones poniendo a tierra la batería, como indica la figura 26.

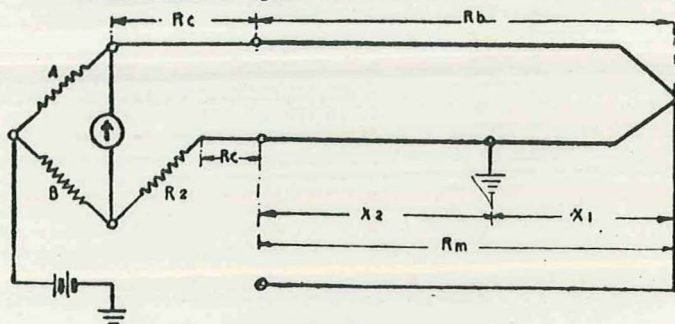


Fig. 26

Conexiones del Bucle triple de Varley - Varley 2.

Equilibrado otra vez el puente y llamando R_2 al nuevo valor de R , la resistencia desde el punto de unión de los tres hilos al punto en que está situada la avería vendrá dada por la expresión

$$x_1 = \frac{A}{A + B} (R_2 - R_1) \quad (11)$$

Para comprobar la situación de la avería se sustituirá la toma de tierra de la batería por una conexión en el extremo del hilo que une el conductor averiado al puente, como indica la figura 27.

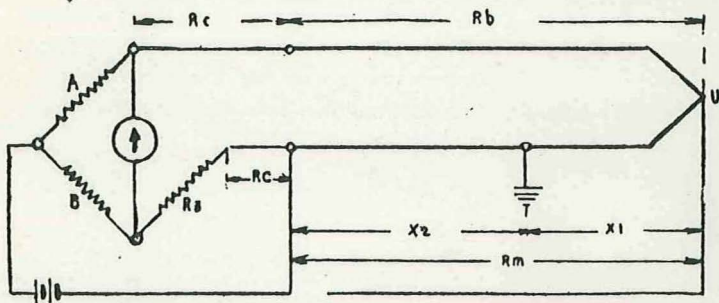


Fig. 27

Conexiones del Bucle triple de Varley - Varley 3.

Esta prueba recibe el nombre de Varley 3, y para realizarla se equilibrará el puente y se designará la indicación del reóstato por R_3 . La resistencia desde el extremo del cable en que se hacen las pruebas al punto en que está la avería, podrá entonces determinarse por medio de la fórmula (12).

$$x_2 = \frac{A}{A + B} (R_3 - R_2) \quad (12)$$

La resistencia total del hilo averiado puede obtenerse por medio de las fórmulas (13) o (14)

$$R_m = \frac{\lambda}{A + B} (R_3 - R_1) \quad (13)$$

$$R_m = x_1 + x_2 \quad (14)$$

Al efectuar las pruebas por el método triple de Varley, se empleará siempre que sea posible la relación $\frac{A}{B} = \frac{100}{1000}$ y si el brazo B tuviera una bobina de 900 ohmios se haría $\frac{A}{B} = \frac{100}{900}$.

Cuando $\frac{A}{B} = \frac{100}{1000}$ las fórmulas que se emplean para localizar la avería son:

$$x_1 = \frac{R_2 - R_1}{11} \quad (11 a)$$

$$x_2 = \frac{R_3 - R_2}{11} \quad (12 a)$$

Cuando $\frac{A}{B} = \frac{100}{900}$ las fórmulas se simplifican más todavía, convirtiéndose en:

$$x_1 = \frac{R_2 - R_1}{10} \quad (11 b)$$

$$x_2 = \frac{R_3 - R_2}{10} \quad (12 b)$$

Se observará que al hacer pruebas por el Método triple de Varley no hay que tener en cuenta la resistencia del conductor que une el hilo averiado al puente, puesto que forma parte del brazo variable de éste (véase figura 27). Esta propiedad hace al Método triple de

Varley muy adecuado para localizar desde la mesa de pruebas, puesto que en este caso los hilos de conexión son generalmente conductores de cable que van desde la mesa de pruebas a una central lejana, donde los conductores de aquél se conectan a los hilos que hay que probar.

En las pruebas por el Método triple de Varley es imposible, algunas veces, hacer la primera medición del Varley 1 empleando la relación:

$$\frac{A}{B} = \frac{100}{1000} \text{ ó } \frac{100}{900}$$

Esto ocurre cuando $\frac{A}{B} = \frac{100}{900}$ y la resistencia total, desde el puente al hilo de unión, es mayor de 1250 ohmios; y si ésta es mayor de 1100 ohmios cuando $\frac{A}{B} = \frac{100}{1000}$. En estos casos se hace la relación $= \frac{100}{100}$ para hacer la medición, que será generalmente pequeña, y cero si el hilo malo y el bueno tienen la misma resistencia.

Si el hilo bueno tiene menos resistencia que el averiado, será necesario permutar sus conexiones en el puente, o sea conectar el hilo bueno al borne del brazo R, y el malo al borne X, para obtener R_1 . En estas condiciones se pondrá el signo menos al valor obtenido para R_1 . Antes de continuar las pruebas para obtener R_2 y R_3 se tendrá la precaución de conectar los hilos a sus bornes correspondientes. La relación $\frac{A}{B}$ tiene que ser la misma para las tres pruebas.

Cuando la resistencia del hilo bueno es menor que la del averiado, se puede emplear un procedimiento mejor, que consiste en poner en serie con el hilo bueno una pequeña resistencia, como indica la figura 28.

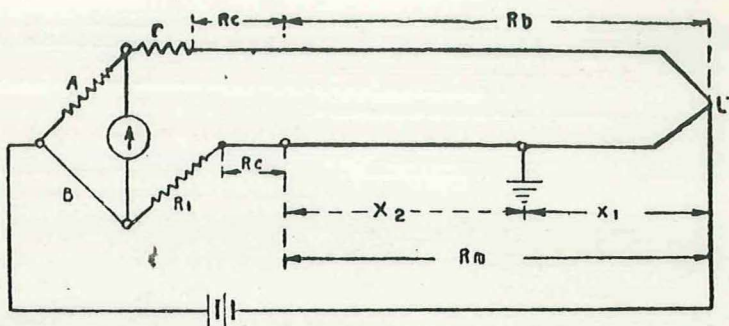


Fig. 28

Conexiones del Bucle triple de Varley - Varley 1.
Resistencia intercalada en el hilo bueno.

La resistencia "r" puede tener un valor prudencial cualquiera, pues sólo es necesario que la resistencia del hilo bueno, más la de "r", sea mayor que la del hilo averiado. Tampoco se necesita saber el valor de "r" más que aproximadamente, puesto que en las tres mediciones Varley, "r" está en serie con el hilo bueno y, por lo tanto, su valor desaparece al aplicar la fórmula.

- 30.—*Método de Murray*.—Cuando los conmutadores del puente están colocados para obtener el bucle de Murray, la resistencia del brazo B del puente se hace igual a cero, y el galvanómetro queda conectado entre los brazos A y R_2 , como indica la figura 29.

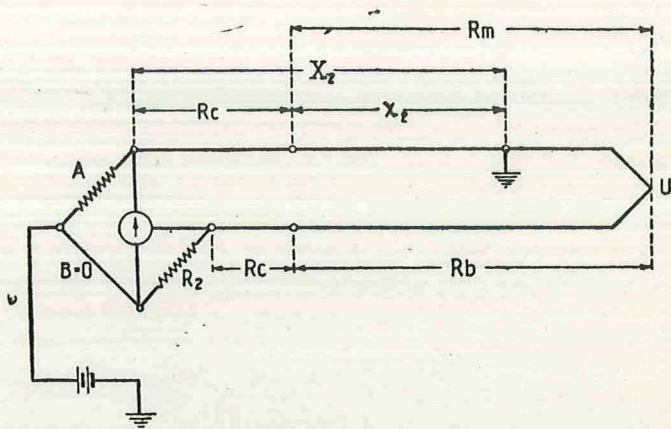


Fig. 29
Conexiones del Bucle de Murray.

En este esquema:

R_c = resistencia de los hilos de conexión que unen el hilo bueno y el averiado al puente.

R_m = resistencia del hilo malo.

R_b = resistencia del hilo bueno.

X_2 = resistencia desde el puente a la avería.

x_2 = resistencia desde el extremo más próximo del cable a la avería, o sea

$$x_2 = X_2 - R_c.$$

En el Método de Murray se observará que A y R_2 son los dos brazos de relación; los otros dos son: uno $X_2 = (R_c + x_2)$, y el otro la resistencia desde la avería

al brazo R_2 del puente, pasando por el hilo de unión que hay en U, o sea $(R_c + R_b + R_m - x_2)$.

Para el método directo por el procedimiento de Murray se conectará el hilo malo al borne del brazo A, como indica la figura 29.

Sea r la resistencia del circuito formado por el hilo averiado y el bueno, con los hilos de conexión inclusive, es decir, $r = 2 R_c + R_m + R_b$. Cuando el puente esté en equilibrio, se tendrá:

$$X_2 = \frac{r \cdot A_2}{A_2 + R_2} \quad (15)$$

En esta expresión X_2 es igual a la resistencia desde el puente a la avería.

r = resistencia del bucle formado por el hilo bueno y el averiado, con los hilos de conexión inclusive.

A_2 = resistencia del brazo A.

R_2 = resistencia del brazo R.

La resistencia x_2 desde el extremo más próximo del cable a la avería, se deducirá por medio de la fórmula (16).

$$x_2 = X_2 - R_c \quad (16)$$

Se ha supuesto que la resistencia del hilo de conexión R_c y la resistencia r se han obtenido con anterioridad a las pruebas de localización de la avería.

31.—*Comprobación del resultado obtenido por el Método de Murray.*—Para una prueba de comprobación se permutan las conexiones del hilo bueno y del averiado en el puente. Las conexiones quedan entonces como indica la figura 30.

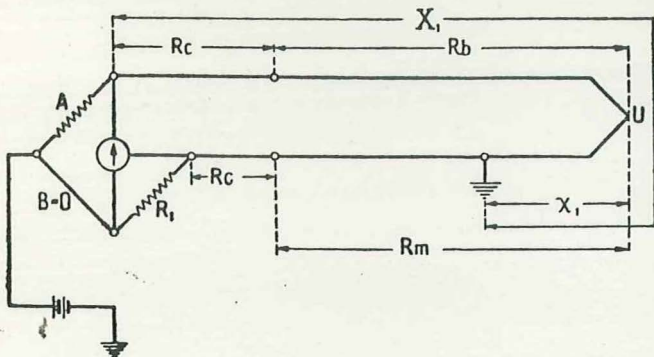


Fig. 30

Conexiones del Bucle de Murray. Prueba de comprobación.

Cuando el puente esté en equilibrio se tendrá:

$$X_1 = \frac{r \cdot A_1}{A_1 + R_1} \quad (17)$$

en donde

X_1 = resistencia desde el brazo A a la avería.

r = resistencia del circuito constituido por los hilos buenos y averiado, incluyendo los hilos de conexión.

A_1 = resistencia del brazo A.

R_1 = resistencia del brazo R_1 .

La resistencia x_1 desde U a la avería puede determinarse por medio de la fórmula (18)

$$x_1 = X_1 - (R_c + R_b) \quad (18)$$

y si las dos pruebas dan la misma situación para la avería, tendremos que:

$$x_1 + x_2 = R_m \quad (19)$$

Se supone que la resistencia R_m se ha determinado por el método de las tres resistencias (párrafo 26) (c).

En general, no resulta necesario hacer dos pruebas para la localización de la avería.

Si $A_1 A_2 = R_1 R_2$ (20) las dos pruebas darán la misma situación para la avería. Si el producto de A_1 por A_2 no fuera exactamente igual al producto de R_1 y R_2 , las dos pruebas no darían la misma situación para la avería, lo cual indicaría la existencia de un error por exceso o por defecto.

Si $A_1 A_2$ es menor que $R_1 R_2$ el error será por defecto, esto es, la suma:

$$x_1 + x_2 \text{ será menor que } R_m.$$

Si $A_1 A_2$ es mayor que $R_1 R_2$ habrá un error por exceso, o lo que es igual:

$$x_1 + x_2 \text{ será mayor que } R_m.$$

32.—*Modo de ejecutar las pruebas por el método de Murray.*

Es conveniente hacer, siempre que sea posible, A_1 y A_2 iguales a 1000. Si el hilo averiado y el que está en buen estado tienen la misma resistencia, R_1 será siempre menor que A_1 y R_2 siempre mayor que A_2 . Cuando la avería esté cerca del extremo de prueba será a veces imposible hacer A_2 igual a 1000, siendo en estos casos conveniente hacer $A_2 = 100$. Cuando la avería esté cerca del extremo opuesto al de pruebas, se verificará que $R_2 = R_1 = A$, y cuando la avería esté próxima al extremo de pruebas, R_2 será infinito y R_1 cero. Resulta, pues, posible tener una idea de la situación de la avería por la simple inspección de los valores de R_1 y R_2 .

El método de Murray es muy útil para determinar la situación de las averías en longitudes de cable relativamente cortas.

33.—*Métodos de Murray modificados.*—En condiciones especiales pueden ser útiles ciertas modificaciones del Método de Murray, de las cuales la más conocida es el Método de Fisher.

(a) Método de Fisher.

Para esta prueba son necesarios dos hilos en buen estado, que pueden ser de cualquier resistencia.

Esta prueba es muy útil cuando todos los conductores de un cable están averiados, pero en ella es necesario emplear dos hilos buenos de otro cable, dos hilos aéreos en buen estado o dos hilos aislados tendidos temporalmente en tierra.

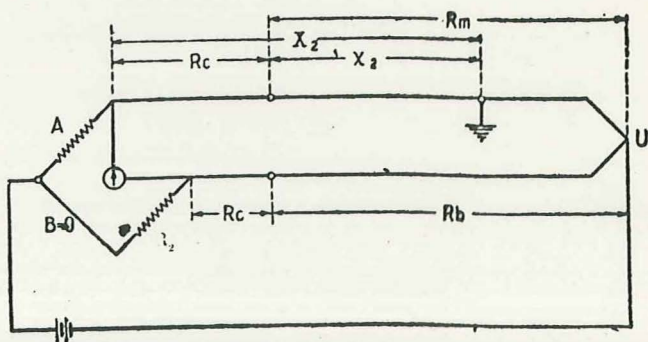


Fig. 31

Conexiones del Bucle de Fisher. *Primera* prueba.

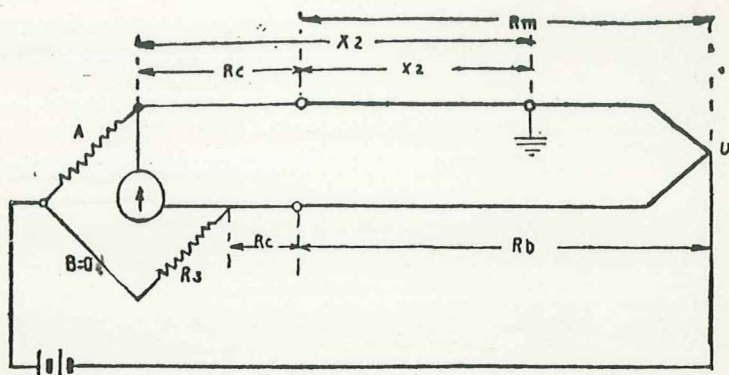


Fig. 32
Conexiones del Bucle de Fisher. Segunda prueba.

Se hará la prueba típica del Método de Murray con las conexiones, como indica la figura 31, y después se variarán las conexiones como indica la figura 32, y las dos pruebas deberán dar el mismo valor para A, en cuyo caso se tiene que:

$$X_2 = \frac{(A + R_3)(R_c + R_m)}{A + R_3} \quad (21)$$

y,
$$x_2 = X_2 - R_c \quad (22)$$

(b) Bucle de Moody.

El bucle de Moody es un bucle de Murray, modificado para establecer circuitos, por secciones, desde la mesa de pruebas. Para realizar con él las pruebas se necesitan dos pares en buen estado entre el puente y las cámaras registro entre las cuales se sabe que está la avería. Las conexiones son las indicadas en la figura 33.

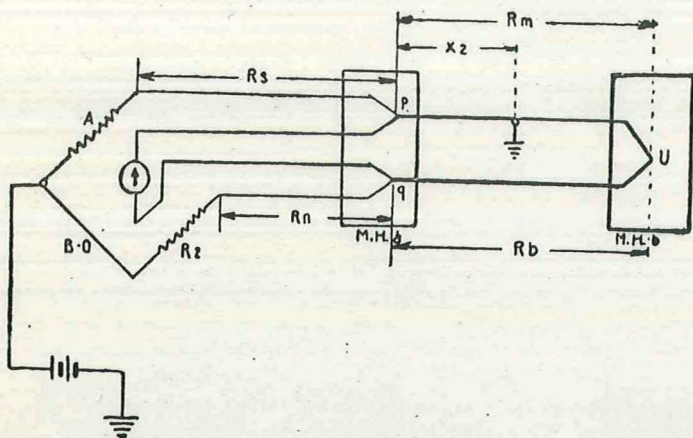


Fig. 33
Conexiones del Bucle de Moody.

Se conectará el galvanómetro, a dos de los hilos, entre la mesa de pruebas y la cámara a. Esto es imposible de realizar en algunos puentes sin deshacer algunas de las conexiones, siendo en estos casos lo mejor emplear un galvanómetro exterior provisto de una llave para abrir y cerrar su circuito. Las conexiones en las dos cámaras registro se harán del modo indicado (figura 33).

Una vez equilibrado el puente, tendremos:

$$x_2 = \frac{r (A + R_s)}{A + R_2 + R_s + R_n} \quad (23)$$

Fórmula en la que:

x_2 = a la resistencia desde p a la avería.

r = resistencia del circuito p, U, q.

A = resistencia del brazo A del puente.

R_2 = resistencia del brazo R del puente.

R_s = resistencia del brazo A a p.

R_n = resistencia desde el brazo R del puente a q.

Para hacer la prueba de comprobación se variarán las conexiones, como indica la figura 34.

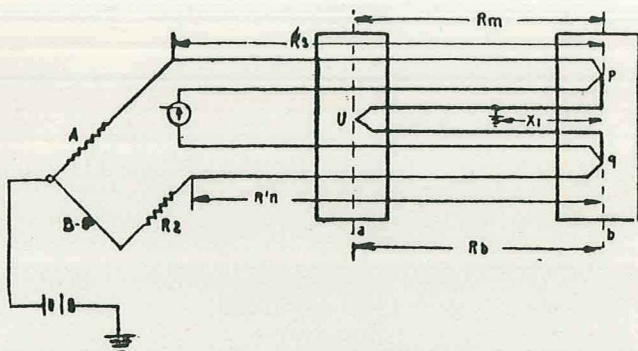


Fig. 34

Conexiones del Bucle de Moody. Prueba de comprobación.

Cuando se haya equilibrado el puente, tendremos:

$$x_1 = \frac{r(A + R'_s)}{A + R_2 + R'_s + R'_n} \quad (24)$$

después se comprobará si $x_1 + x_2$ resulta igual a R_m .

(c) Método de Hilborn.

En el Método de Hilborn uno de los bornes del galvanómetro se desconecta del puente y se conecta al extremo más alejado del hilo averiado como indica la fig. 35.

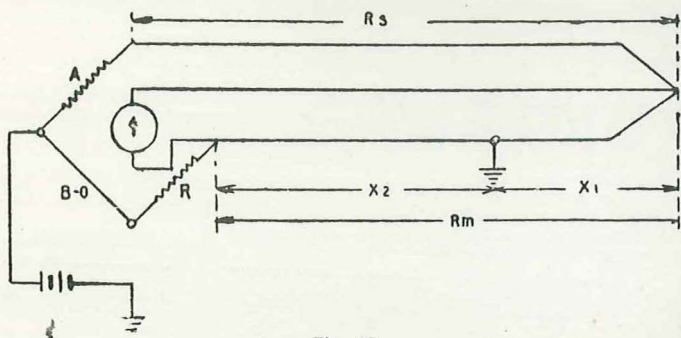


Fig. 35
Conexiones del Bucle de Hilborn.

Una vez equilibrado el puente, tendremos:

$$x_1 = \frac{(A + R_s) R_m}{A + R_s + R} \quad (25)$$

En general se puede despreciar R_s cuando se hacen pruebas del bucle por secciones, y de este modo la avería quedará localizada aproximadamente por medio de la fórmula

$$x_1 = \frac{A}{A + R} R_m \text{ (aproximadamente)} \quad (26)$$

Para comprobar la situación de la avería se hará una segunda prueba de bucle desde el otro extremo del hilo defectuoso.

El Método de Hilborn es útil para localizar averías, por secciones de cable.

- 34.—Caso en que ninguno de los hilos en buen estado pueda ser utilizado para el bucle.—Cuando no se pueden utilizar los hilos buenos del cable en que está el hilo averia-

do se utilizarán los de otro cable. La única condición necesaria para que ésto sea posible, es que los hilos bueno y averiado puedan conectarse en el extremo lejano. Se podrá entonces localizar la avería por medio de los métodos de Varley o de Murray o por uno de estos métodos modificado, como se ha descrito anteriormente.

En algunos casos, cuando los hilos buenos no están en el mismo cable que el malo, es muy difícil equilibrar el puente, debido a las perturbaciones que afectan a los hilos buenos y no al averiado o viceversa, siendo conveniente en estos casos el empleo de un condensador.

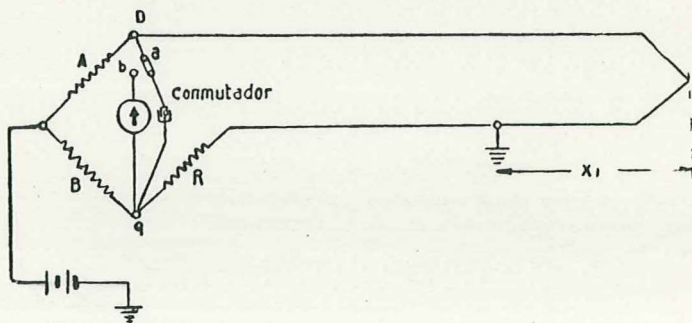


Fig. 36

Empleo de un condensador en las pruebas de Bucle, cuando los hilos bueno y malo no estén en el mismo cable.

Se establecerán las conexiones en la forma acostumbrada para el método que vaya a emplearse, pero el galvanómetro y un condensador se dispondrán de la manera que indica la figura 36. Para conectar el condensador entre los bornes p q del puente, o para ponerle en cortocircuito por medio del galvanómetro, se empleará un conmutador. La capacidad del condensador

debe ser relativamente grande, por ejemplo 12 ó 14 mf. El procedimiento se desarrollará como sigue:

Se cargará el condensador colocando el conmutador en a y se descargará poniéndole en b. Si R se ha ajustado de manera que el puente quede en equilibrio, no pasará corriente al colocar el conmutador en la posición b. Hecho ésto se verá la indicación de R y se calculará la situación de la avería, por medio de la fórmula correspondiente al bucle empleado.

Cuando se tenga que hacer una prueba de bucle en una sección en que todos los hilos estén averiados, será lo mejor, generalmente, tender un cable de acometida sobre el suelo, entre los dos extremos de la sección que se ensaya. La prueba para la localización de la avería se hará, empleando los dos hilos del cable de acometida como hilos buenos.

- 35.—*Método de Murray para localizar faltas de circuito.*— El Método de Murray, descrito anteriormente, se aplica a la localización de derivaciones a tierra, cruces y cortocircuitos. La situación de las faltas de circuito se determina por medio de otro Método de Murray, especialmente adaptado para la comparación de capacidades. Una corriente alterna producida por un zumbador u oscilador, sustituirá a la corriente continua de la batería empleada en la localización de las derivaciones a tierra, y como indicador de equilibrio del puente se empleará un receptor telefónico. En los cables con cuadretes el procedimiento siguiente da buenos resultados, cuando sólo hay un hilo roto en un cuadrete.

Las conexiones se harán como indica la figura 37.

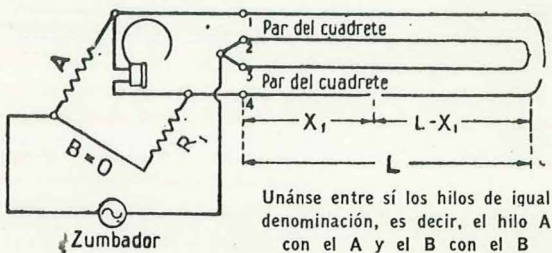


Fig. 37

Método de Murray para localizar las faltas de circuito en los pares en cuadrete.

Se equilibrará el puente regulando R, hasta que no se oiga sonido alguno en el receptor. Entonces:

$$X_1 = \frac{2 L A}{A + R_1} \quad (27)$$

En esta fórmula X_1 es la distancia en metros al punto en que está la rotura y L la longitud total del cable en metros. Para hacer la comprobación, se permutan las conexiones de los hilos unidos al brazo X del puente y se repite la prueba. Las conexiones quedarán entonces como indica la figura 38.

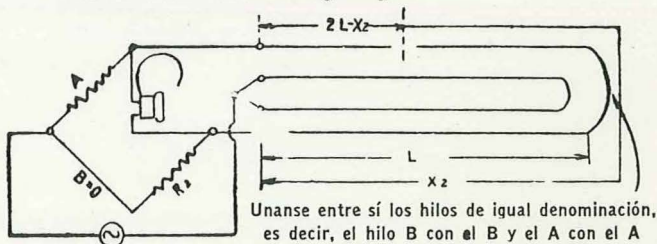


Fig. 38

Bucle de Murray invertido para localizar las faltas de circuito en los pares en cuadrete.

Cuando en estas condiciones se haya equilibrado el puente, se verificará la igualdad:

$$X_2 = \frac{2 L A}{A + R_2} \quad (28)$$

Puede emplearse la misma prueba para localizar las faltas de circuito en los cables sin cuadretes cuando algunos de los hilos de un par esté roto. Para ello se empleará un par bueno y el averiado haciendo las conexiones como se indica en la figura 37.

Para hacer estas pruebas hay otros varios procedimientos, el mejor de los cuales es el que se describe a continuación, que se hace comparando la capacidad del hilo roto y la del bueno por medio de un condensador. Las conexiones se establecen como indica la figura 39.

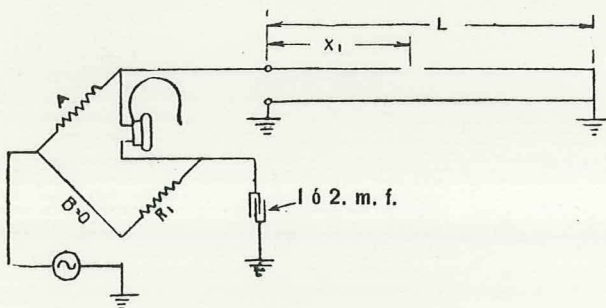


Fig. 39

Bucle de Murray para localizar las faltas de circuito en los pares que no forman cuadretes. Primera prueba.

Se equilibrará el puente designando por R_1 la indicación de R y se sustituirá por un par bueno el que tiene un hilo roto, como indica la figura 40.

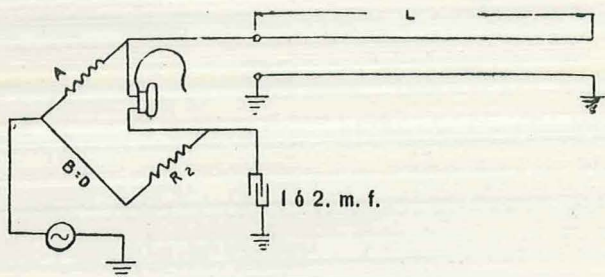


Fig. 40

Bucle de Murray para localizar las faltas de circuito en los pares que no forman cuadrete. Segunda prueba.

Equilibrando el puente de nuevo, la indicación de R se designará por R_2 pudiendo establecerse la igualdad.

$$X_1 = \frac{R_1 L}{R_2} \quad (29)$$

en la que

X_1 = la distancia hasta la rotura en metros.

L = la longitud del cable en metros.

Conviene hacer esta prueba desde ambos extremos del cable repartiendo después el error, por exceso o por defecto, proporcionalmente a las distancias X e Y , siendo Y la distancia que desde el otro extremo a la rotura nos indique la prueba desde el segundo extremo. Si hubiera un espacio entre las dos localizaciones su longitud sería: $L - (X + Y)$ debiendo sumar a X el valor siguiente:

$$\frac{X}{X + Y} \left[L - (X + Y) \right]$$

e Y deberá ser aumentado en

$$\frac{Y}{X + Y} \left[L - (X + Y) \right]$$

Análogamente si las dos localizaciones se solaparan, la longitud en que ésto ocurra sería: $(X + Y) - L$ y habría que restar del valor de X el dado por la expresión:

$$\frac{Y}{X + Y} [(X + Y) - L]$$

y de la Y el de la expresión

$$\frac{Y}{X + Y} [(X + Y) - L]$$

Cuando la longitud del cable es mayor de 800 metros, será difícil probablemente equilibrar el puente, empleando el zumbador y el receptor. En estos casos se empleará una batería y un conmutador, y se sustituirá el receptor por un galvanómetro equilibrando con éste el puente.

- 36.—*Método de Murray para localizar los pares trocados.*— En cualquier cable, tenga o no cuadretes, puede determinarse con bastante aproximación la situación de los pares trocados por medio de la prueba siguiente, que consiste en aplicar el Método de Murray haciendo las conexiones como indica la figura 41.

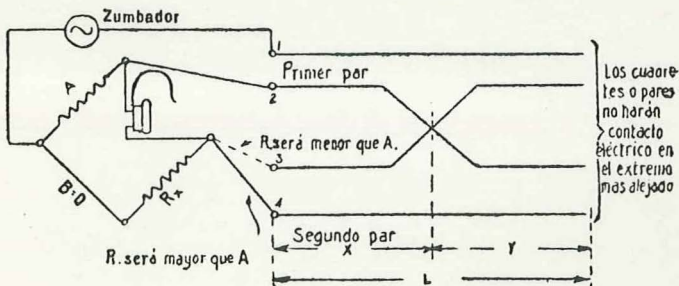


Fig. 41

Bucle de Murray para localizar los pares trocados. Primera prueba.

Se conecta el zumbador a uno de los hilos del primer par, manteniéndolo así durante la prueba; se conecta el brazo R del puente a los hilos 3 y 4 sucesivamente y se equilibra el puente empleando un receptor telefónico en vez del galvanómetro. Una de las lecturas de R será menor que A y la otra mayor, despreciando la más pequeña, sólo se anotará la mayor designándola por Rx.

Se dejará el brazo R conectado al hilo 3 ó 4, que ha dado la lectura Rx y se variarán las conexiones de modo que el brazo A quede conectado al otro hilo del par 2.º, como indica la figura 42.

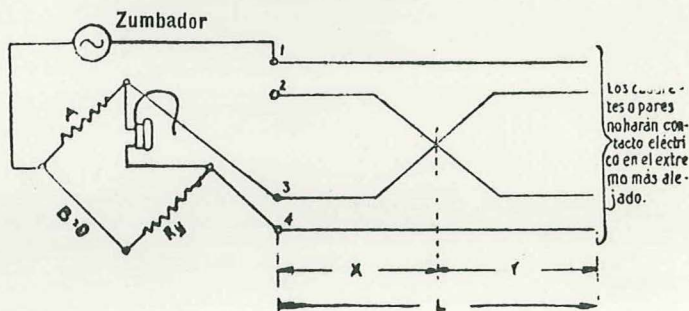


Fig. 42

Bucle de Murray para localizar los pares trocados. Segunda prueba.

Equilibrado de nuevo el puente, se designará por Ry la indicación de R, determinando a continuación los valores de X e Y por medio de las fórmulas siguientes:

$$X = \frac{(R_x - A) L}{(R_x + R_y) - 2A} \quad (30)$$

$$Y = \frac{(R_y - A) L}{(R_x + R_y) - 2A} \quad (31)$$

en las cuales

X = distancia en metros desde el extremo de pruebas a la avería.

Y = distancia desde el otro extremo a la avería.

L = longitud total de la sección que se ensaya.

Lo mismo que las pruebas de localización de faltas de circuito, ésta es también una medición de capacidades y en ella, si la sección que se prueba es larga (mayor de unos 800 metros), es preferible emplear una batería y un conmutador en lugar del zumbador, y el galvanómetro del puente en lugar del receptor. "A" se mantendrá con el mismo valor durante toda la prueba.

Este procedimiento de localizar pares trocados puede ser empleado para los cables con o sin cuadretes. Si la longitud de los cables es de ocho kilómetros como máximo, los errores en la localización de la avería rara vez excederán de la distancia entre dos empalmes. Cuando el trueque no esté en el primer empalme que se abra, se hará siempre una nueva prueba de localización *desde dicho empalme*, pues haciendo ésto el trueque puede descubrirse casi con toda seguridad, sin necesidad de abrir más que otro empalme.

Para localizar un trueque entre dos cuadretes se procederá como se ha indicado para determinar la situación de un trueque entre dos pares, considerando cada par, de los dos cuadretes de que se trata, como si fuera un hilo y aplicando las fórmulas (30) y (31).

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

- 37.—*Metros por ohmio*.—Se han descrito varios procedimientos para obtener la resistencia entre una avería y cualquiera de los extremos del hilo averiado. Esta resistencia debe ser expresada en longitudes de hilo para poder determinar la situación de la avería.

Cuando el hilo averiado sea uniforme, es decir que no varía de diámetro en toda su longitud, puede determinarse el número de metros por ohmio conociendo la resistencia del hilo y su longitud.

$$\text{Metros por ohmio} = \frac{\text{longitud en m. del hilo averiado (32)}}{\text{resistencia en ohms. del hilo averiado}}$$

Luego $D = x$ multiplicado por el número de metros por ohmio,

Siendo $D =$ distancia a la avería en metros, y

$x =$ la resistencia hasta la avería en ohmios.

38.—*Tabla de reducción.—Longitudes equivalentes.*—En la tabla siguiente se da el número de metros por ohmio y la resistencia por kilómetro para cada calibre de hilo a la temperatura de 16° C.

TABLA NUM. 2

| Diámetro en m/m | Calibre B. & S. O. A. W. G. | N.º de metros por ohmio a 16° C. | Resistencia en ohmios por kilómetro de hilo a 16° C. |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------------|--|
| 2,59 | 10 | 305,10 | 3,23 |
| 1,82 | 13 | 152,18 | 6,57 |
| 1,62 | 14 | 120,70 | 8,30 |
| 1,29 | 16 | 76,00 | 13,10 |
| 1,02 | 18 | 47,73 | 21,00 |
| 0,91 | 19 | 37,86 | 26,40 |
| 0,81 | 20 | 30,00 | 33,30 |
| 0,64 | 22 | 18,88 | 53,00 |
| 0,51 | 24 | 11,80 | 84,80 |
| 0,36 | 27 | 5,92 | 169,00 |

Esta tabla no es exacta para temperaturas distintas de 16°, puesto que la resistencia de un hilo de cobre

varía en razón directa con la temperatura, de modo que el número de metros por ohmio disminuirá cuando aumente la temperatura, y aumentará cuando la temperatura disminuya.

Por cada grado de aumento sobre los 16° para que está calculada la tabla, el número de metros por ohmio decrecerá en: 0,003924 multiplicado por el número de metros por ohmio a 16° C.

Por cada grado menos de los 16° para que está calculada la tabla, el número de metros por ohmio aumentará en: 0,003924 multiplicado por el número de metros por ohmio a 16° C.

Como la temperatura del hilo que se prueba puede no ser la misma que la del ambiente (en días de calor la temperatura de los hilos de los cables aéreos puede exceder hasta en 10° C. a la del ambiente) es mejor generalmente deducir los metros de longitud correspondiente a cada ohmio de resistencia, de la longitud y resistencia del hilo en el momento de hacer la prueba, en lugar de utilizar los valores de la tabla anterior. Como excepción a esta regla puede emplearse el número de metros por ohmio que da la tabla, en el caso de que la resistencia desde el puente a la avería sea menor de 20 ohmios y el diámetro del hilo de 0,91 m/m o menos.

Cuando el hilo averiado no es uniforme, es decir, cuando está formado por hilos de diámetro diferente unidos en serie, hay que obtener la longitud equivalente en hilo de un solo diámetro. En la figura 43 en la que el conductor se compone de los trozos:

a b = 425 metros de 0,51 m/m (n.º 24 B & S)

b c = 670 metros de 0,64 m/m (n.º 22 B & S)

c d = 1160 metros de 0,91 m/m (n.º 19 B & S)

será necesario hallar la longitud equivalente a d en hilo de 0,64 m/m de diámetro.

Longitudes equivalentes

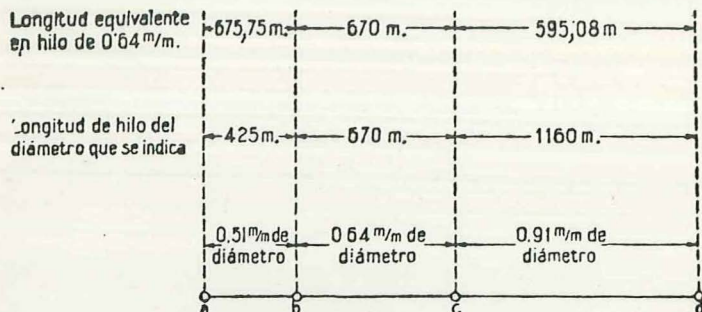


Fig. 43

Longitudes equivalentes en hilo de 0,64 m/m.

La longitud equivalente a 100 metros de hilo de diámetro determinado en hilo de otro diámetro, puede hallarse por medio de la tabla núm. 3.

TABLA NUM. 3

| 100 m. de hilo de | | Longitud equivalente en metros de hilo de los diámetros Indicados en la siguiente línea | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Calibre B & S O A. W. G. | Diáme- tro en m/m | 2,59 | 1,82 | 1,62 | 1,29 | 1,02 | 0,91 | 0,81 | 0,64 | 0,51 |
| | | 10 B&S | 13 B&S | 14 B&S | 16 B&S | 18 B&S | 19 B&S | 20 B&S | 22 B&S | 24 B&S |
| 10 | 2,59 | 100,0 | 49,9 | 38,6 | 24,9 | 15,7 | 12,1 | 9,8 | 6,2 | 3,9 |
| 13 | 1,82 | 200,5 | 100,0 | 77,5 | 49,9 | 31,4 | 24,2 | 19,7 | 12,4 | 7,8 |
| 14 | 1,62 | 258,8 | 128,8 | 100,0 | 64,5 | 40,3 | 31,3 | 25,4 | 16,1 | 10,2 |
| 16 | 1,29 | 402,0 | 200,5 | 155,6 | 100,0 | 63,0 | 48,6 | 39,6 | 24,9 | 15,6 |
| 18 | 1,02 | 640,0 | 318,8 | 247,2 | 159,0 | 100,0 | 77,3 | 62,9 | 39,6 | 24,9 |
| 19 | 0,91 | 828,0 | 413,7 | 320,7 | 206,0 | 129,5 | 100,0 | 81,6 | 51,5 | 32,2 |
| 20 | 0,81 | 1016,0 | 506,8 | 394,0 | 252,7 | 158,9 | 122,8 | 100,0 | 63,0 | 39,5 |
| 22 | 0,64 | 1615,6 | 805,9 | 624,0 | 401,9 | 252,8 | 194,6 | 159,0 | 100,0 | 62,9 |
| 24 | 0,51 | 2569,6 | 1281,7 | 992,0 | 639,0 | 402,0 | 310,0 | 252,8 | 159,0 | 100,0 |

De la tabla núm. 3 se deduce que:

a b = 425 m. de 0,51 m/m de diámetro = 675,75 m. de 0,61 m/m de diámetro

b c = 670 m. de 0,64 m/m » » = 670,00 m. de 0,64 m/m » »

c d = 1160 m. de 0,91 m/m » » = 595,08 m. de 0,64 m/m » »

La longitud equivalente a d será 1940,83 m. de 0,64 m/m » »

Si suponemos ahora que la resistencia medida de a d ha sido de 102,5 ohmios, el número equivalente de metros por ohmio en hilo de 0,64 m/m. de diámetro será

$$\frac{1940,83}{102,5} = 18,93 \text{ metros por ohmio.}$$

La avería se supone situada a 33,4 ohmios de d, luego $x_1 = 33,4$ ohmios y aplicando la fórmula (32) tendremos que: $D = 33,4 \times 18,93 = 632,26$ m. a partir de d, en su equivalente de 0,64 m/m. de diámetro.

De la figura 43 se deduce que c d = 595,08 m. en su equivalente de 0,64 m/m. de diámetro y restando este valor del de D tendremos:

$$632,26 - 595,08 = 37,18 \text{ m.}$$

lo que indica la distancia a que se encuentra la avería del punto c en la parte del conductor de 0,64 m/m. de diámetro. La situación real de la avería resulta, pues, dada por la suma:

$$1160 \text{ m.} + 37,18 \text{ m.} = 1197,18 \text{ m. a partir de d.}$$

Si x_1 hubiera sido menor de 20 ohmios la situación de la avería se habría determinado multiplicando la resistencia medida desde d por el número de metros por ohmio para el hilo de 0,91 m/m. de diámetro indicado en la tabla núm. 2 por ejemplo, si $x_1 = 12,5$ ohmios

$$D = 12,5 \times 37,18 = 464,75 \text{ metros desde d}$$

Se observará que en este último caso se emplea el número de metros por ohmio del diámetro real del hilo.

Si la longitud de c d fuera menor que D la avería estaría en la parte b c de 0,64 m/m. de diámetro. En este caso es necesario convertir las longitudes de las respec-

tivas secciones en sus equivalentes y localizar la avería por el método explicado anteriormente, volviendo a convertir las longitudes equivalentes en reales.

- 39.—*Correcciones que hay que efectuar para tener en cuenta las bobinas de pupinización.*—Debe tenerse en cuenta la resistencia de las bobinas de pupinización cuando se efectúan mediciones en conductores pupinizados. En la tabla número 4 se da la resistencia media a la corriente continua, por devanado de línea para los diferentes tipos de bobinas.

Generalmente, el método para hacer correcciones para las bobinas de pupinización es el siguiente:

Se obtiene la resistencia del hilo malo y se resta de ella la suma de las resistencias de todos los devanados de las bobinas de pupinización que forman parte del circuito del mismo, el resultado así obtenido es la resistencia del hilo malo, dividiendo esta resistencia del hilo malo por su longitud, se obtendrán los metros por ohmio del hilo malo. La situación de la avería se determinará entonces, como se ha indicado para los conductores no pupinizados.

La figura 44, es un ejemplo del método a seguir para hacer las correcciones correspondientes a las bobinas de pupinización en un circuito de 1,29 m/m. de diámetro, pupinizado con 6 bobinas de 2,2 ohmios y cuya longitud total es de 10800 m.

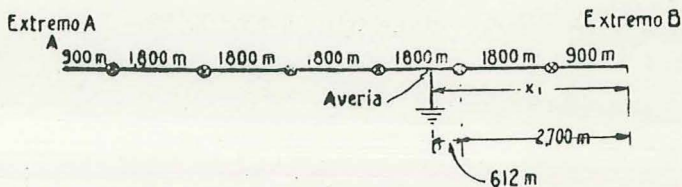


Fig. 44

Ejemplo del método a seguir para hacer correcciones por la resistencia de las bobinas de pupinización.

La distancia entre bobinas es 1800 m.

Cada una de las secciones extremas es de 900 m.

Resistencia del hilo averiado 157 ohmios

Resistencia de 6 bobinas de pupinización a 2,2 ohmios cada una... 13,2 "

Resistencia real del hilo averiado... 143,8 "

Longitud del hilo averiado 10800 metros

Metros del hilo averiado por ohmio

$$\frac{10800}{143,8} = 75,10 \text{ metros.}$$

De la situación de la avería determinada por medio del puente, resulta que:

$$x_1 = 48,5 \text{ ohmios desde el extremo B.}$$

La longitud de cable desde el extremo B a la primera bobina de pupinización es 900 m., luego, dividiendo 900 por 75,10 que es el número de metros por ohmio que hemos deducido para el hilo malo, tendremos el número de ohmios desde el extremo B a la primera bobina de pupinización, o sean:

$$\frac{900}{75,10} = 11,984 \text{ ohmios.}$$

La longitud de cable comprendida entre la primera bobina de pupinización y la segunda, es de 1800 m., luego

$$\frac{1800}{75,10} = 23,968 \text{ ohmios.}$$

Si sumamos la resistencia de las dos bobinas de pupinización a la resistencia de la primera y segunda sección

de cable contadas desde B hasta la segunda bobina de pupinización, incluyendo la resistencia de ésta, tendremos:

$$11,984 + 23,968 + 2,2 + 2,2 = 40,35 \text{ ohmios.}$$

El puente nos ha indicado que la avería se encontraba a 48,5 ohmios desde B, por lo tanto tendremos:

$$48,5 - 40,35 = 8,15 \text{ ohmios.}$$

Esto nos indica que la avería se encuentra a 8,15 ohmios de la segunda bobina de pupinización o a:

$$8,15 \times 75,1 = 612,06 \text{ metros.}$$

Otro método para hacer las correcciones correspondientes a la resistencia de las bobinas de pupinización es el siguiente:

El puente nos ha dado para x_1 el valor de 48,5 ohmios; por lo tanto si multiplicamos ésto por el número de metros por ohmio que hemos obtenido para el hilo malo, tendremos la distancia aparente desde la avería al extremo B, o sea:

$$48,5 \times 75,1 = 3642,35 \text{ metros.}$$

Una simple inspección del esquema del cable (figura 44) indica que esta longitud, tomada a partir del extremo B, comprende dos bobinas de pupinización y que por consiguiente hay que tener en cuenta su resistencia.

La situación real de la avería será:

$$\left[48,5 - (2,2 \times 2) \right] \times 75,10 = 3312 \text{ m. del extremo B.}$$

40.—Cuando las pruebas de localización indican que la avería está en un punto de bifurcación puede ocurrir, que

realmente se encuentre en el punto de bifurcación o que esté en el cable ramal empalmado al principal en dicho punto.

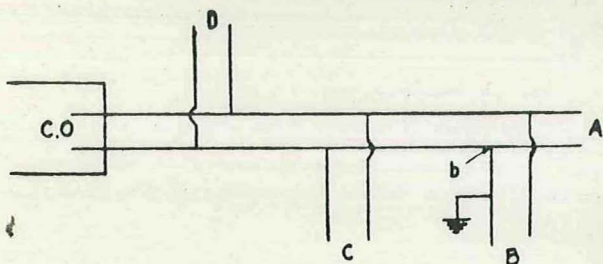


Fig. 45

Modo de localizar una avería en un punto de bifurcación.

Así la avería representada en la figura 45 parecería como si estuviera en *b*, si se localizara poniendo el hilo de unión en *A*. Para determinar si realmente está en *b*, o en el cable ramal, es necesario quitar el hilo de unión de *A* y determinar otra vez la situación de la avería poniendo el hilo de unión en *B*. Por medio de esta segunda prueba se deducirá la verdadera situación de la avería. Si ésta se encuentra realmente en *b*, ambas pruebas nos darán la misma situación.

- 41.—*Elección del empalme que debe abrirse.*—Una gran proporción de las averías en los cables telefónicos ocurren en los empalmes; por lo tanto, cuando una avería parece estar entre dos empalmes, lo mejor generalmente es abrir el empalme más próximo a la situación indicada, a menos que la situación real haya sido determinada ya por los métodos descritos en los párrafos 42 a 52 inclusive, al tratar de la “localización de averías con la bobina exploradora”; sin embargo, siempre que sea posible

se inspeccionará el cable en las proximidades de la situación indicada antes de abrir un empalme. Cuando la situación de la avería se determina desde la mesa de pruebas y la avería parece estar entre dos empalmes, lo mejor generalmente será abrir el empalme más distante de la mesa de pruebas. Esto facilitará la repetición de la prueba por el otro extremo del circuito, si fuera necesario.

PROCEDIMIENTOS PARA LOCALIZAR AVERIAS CON LA BOBINA EXPLORADORA

- 42.—*Las pruebas para la localización de una avería se harán siempre que sea posible, por medio de una bobina exploradora.*
- 43.—*Teoría de las pruebas con la bobina exploradora.*— Para realizar estas pruebas se enviará una corriente alterna a través del hilo defectuoso y de la avería, como indica la figura 46.

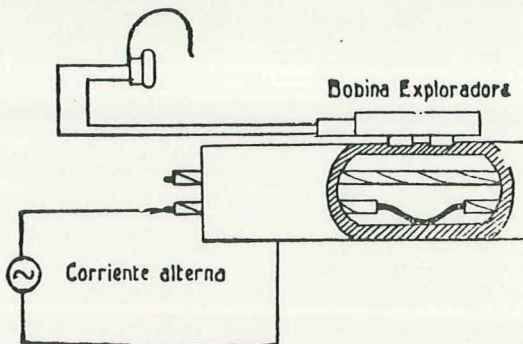
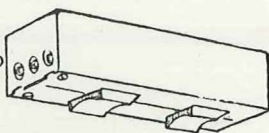
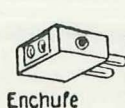
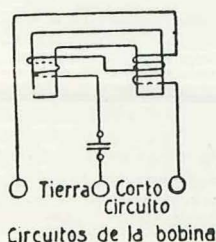


Fig. 46

Modo de localizar una avería con la bobina exploradora.

En esta figura la avería consiste en una derivación a tierra. Se conectará el generador de corriente alterna al hilo averiado y a la cubierta del cable, de modo que la corriente pueda ir desde el generador, por el hilo averiado, a la avería y volver por la cubierta del cable al generador. Esta corriente creará un campo magnético alternativo alrededor del conductor. Si se mantiene próxima al cable una bobina exploradora en serie con un receptor, de tal modo que las espiras de aquélla corten el flujo del campo magnético, se producirá en ella una corriente que se manifestará por un sonido en el receptor. Cuando la bobina exploradora se lleva más allá de la avería el sonido cesa, correspondiendo el punto en que esto sucede con la situación exacta de la avería.

La bobina exploradora tipo es la indicada en la figura 47. Esta bobina (es tipo aprobado del n.º 1020-C de la W. E. C.º Especificación n.º 950 de la I. T. and T. Corp.) está dispuesta de tal modo, que cuando se mantiene próxima al cable, en la posición adecuada para localizar derivaciones a tierra, no es afectada por las corrientes que pasan por la cubierta.

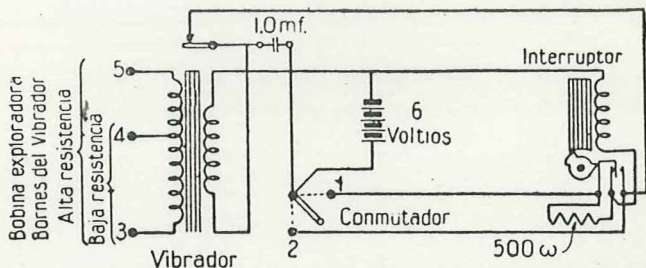


Bobina Exploradora

Fig. 47

Bobina exploradora de tipo aprobado (n.º 1020-C, W. E. C.º)

44.—*Aparato de pruebas n.º 1020-C.*—La figura 48 indica un esquema de las conexiones del aparato de pruebas n.º 1020-C. Este aparato sirve para producir la corriente alterna que se utiliza para localizar averías por medio de la bobina exploradora.



Con el conmutador sobre 1 el vibrador actuará con intermitencia.
Con el conmutador sobre 2 el vibrador actuará continuamente.

Fig. 48
Aparato de pruebas n.º 1020-C.

Consiste, en esencia, en un vibrador, para interrumpir la corriente del primario de una bobina de inducción, la cual induce una corriente en el secundario que es la que pasa por el hilo averiado. El aparato está provisto, además, de los elementos siguientes:

1 receptor n.º 528 B. W.

1 bobina exploradora n.º 19 C.

1 caja que contiene: una resistencia n.º 18 A C; un condensador n.º 21 K; un interruptor; un conmutador de dos direcciones; una pila seca de 6 voltios; tres cordones n.º 540 y accesorios. Lleva además un libro de instrucciones.

Las dimensiones de la caja son aproximadamente

30 × 26 × 16 cm. Las piezas metálicas son de níquel y el asa de cuero con hebilla. Su peso, sin batería, es aproximadamente de unos 6 kilos.

Este aparato permite la aplicación de la corriente alternativa a intervalos regulares y proporciona medios al operario de pruebas para distinguir los sonidos producidos por la corriente de prueba, de los ruidos extraños o de los originados por otras corrientes.

- 45.—*Empleo de los aparatos de pruebas.*—El secundario de la bobina de inducción del aparato n.º 1020-C está provisto de dos devanados, uno de alta y otro de baja impedancia. Los bornes 3 y 5 están conectados al de "alta" y los 3 y 4 al de "baja". Cuando se trate de una avería de pequeña resistencia (100 ohmios o menos) se empleará el devanado de "baja" y cuando la resistencia de la avería sea superior a 100 ohmios el de "alta".

La resistencia de la avería no siempre es conocida. Por esto, lo mejor es, generalmente, ensayar los devanados de alta y baja sucesivamente y aquél que dé el sonido más intenso en el receptor, en un punto conveniente del cable, al aplicar la bobina exploradora, será el más indicado para localizar la avería que se busca.

Cuando se trate de localizar averías de gran resistencia con la bobina exploradora, el sonido puede no desaparecer por completo después de pasar la avería. Esto es debido al efecto de transporte de la capacidad del hilo que hay más allá de la avería. En la mayoría de los casos hay un cambio en el sonido en el momento de pasar la avería, pero a veces es tan pequeño, que no puede localizarse la avería exactamente.

Cuando se tienen dudas acerca de la situación exacta de la avería, debidas a la imposibilidad de apreciar el cambio de sonido, se facilitará la localización, si se conecta el vibrador en un punto del cable en que la dis-

tancia a la situación aproximada de la avería no se deduce claramente por las condiciones del cable (juntas mal hechas, agujeros en la cubierta, o malas condiciones de colocación del cable, por rozar contra el arbolado, etc.). Es conveniente conectar el vibrador, primero a un extremo del cable, y después al otro y confrontar las dos situaciones de la avería así obtenidas antes de abrir un empalme.

También puede obtenerse, en casos difíciles, la verdadera situación de la avería, conectando el aparato número 1020-C al hilo averiado en un punto lo más próximo posible a la probable situación de la avería.

Cuando se trate de localizar averías en cable aéreo por medio de la bobina exploradora, se mantendrá ésta en la parte inferior del cable. Esto evita que las corrientes del cable de suspensión tengan efecto en la bobina.

- 46.—*Manera de localizar las derivaciones a tierra con la bobina exploradora.*—Se conectará el hilo averiado a los bornes 4 ó 5 según su resistencia a tierra y el terminal 3 a la cubierta del cable (a tierra). El enchufe de la bobina exploradora se introducirá en los agujeros G o tierra. Una vez hecho esto se colocará la bobina en la posición indicada en la figura 49.

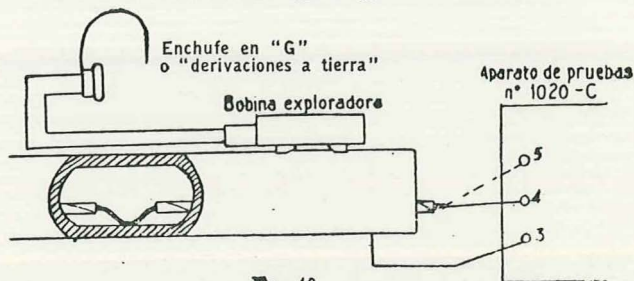


Fig. 49

Modo de localizar las derivaciones a tierra con la bobina exploradora.

Cuando la bobina exploradora se mantiene en la posición indicada en la figura 49 las corrientes de la cubierta no la afectan, y el sonido del receptor es debido únicamente a las corrientes que pasan por el hilo defectuoso y la avería. Colóquese la bobina exploradora en esa posición, en puntos convenientes a lo largo de la cubierta del cable, y aplíquese el receptor al oído. Cuando se pase más allá de la avería no se producirá sonido alguno en el receptor. Se oirá un sonido de gran intensidad si se coloca la bobina exploradora en la posición que indica la figura 50, con el enchufe en S o cortocircuitos.

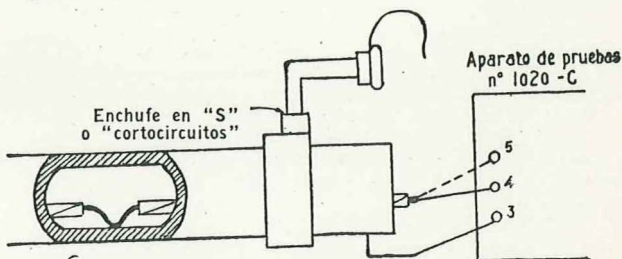


Fig. 50

Modo de localizar las derivaciones a tierra cuando no existen corrientes en la cubierta del cable.

Cuando la bobina exploradora tiene esta posición influyen en ella las corrientes de la cubierta del cable, debiendo sólo emplearse de este modo cuando el cable está bastante libre de dichas corrientes. Si en la cubierta del cable hubiera corriente se oíría un sonido debido a la misma, más allá de la avería, que confundiría al que hace las pruebas.

47.—*Modo de determinar la situación de los puntos húmedos con la bobina exploradora.*—Un punto húmedo puede

considerarse como un caso particular de derivación a tierra, en el que todos o un gran número de pares están en comunicación con tierra en el mismo punto. Esta clase de averías puede localizarse por el método descrito anteriormente para las derivaciones a tierra o por el procedimiento siguiente:

Elíjanse cierto número de pares, de los que tengan menor aislamiento, conectando un número igual de éstos a cada polo del aparato número 1020-C. Insértese el enchufe en S o cortocircuitos y manténgase la bobina exploradora como indica la figura 51.

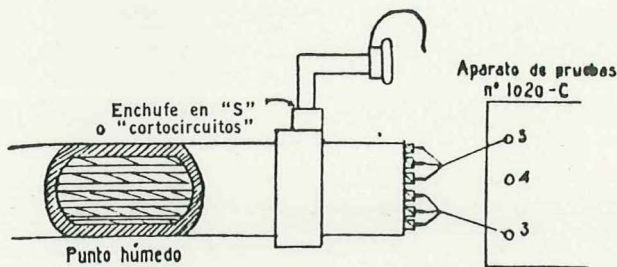


Fig. 51

Modo de localizar los puntos húmedos con la bobina exploradora.

En la localización de puntos húmedos conviene generalmente emplear los bornes 3 y 5 puesto que la resistencia que, un punto húmedo, ofrece al paso de la corriente es relativamente grande. Cuando se haya pasado el punto húmedo, no se oirá sonido alguno en el receptor, o si se oye habrá disminuído mucho en intensidad.

- 48.—*Modo de localizar cortocircuitos con la bobina exploradora.*—Para comprender con perfección el procedimiento de localización de cortocircuitos con la bobina exploradora es necesario considerar los efectos, que so-

bre la misma, producen las corrientes que pasan por el par en cortocircuito.

Efecto de cortocircuito

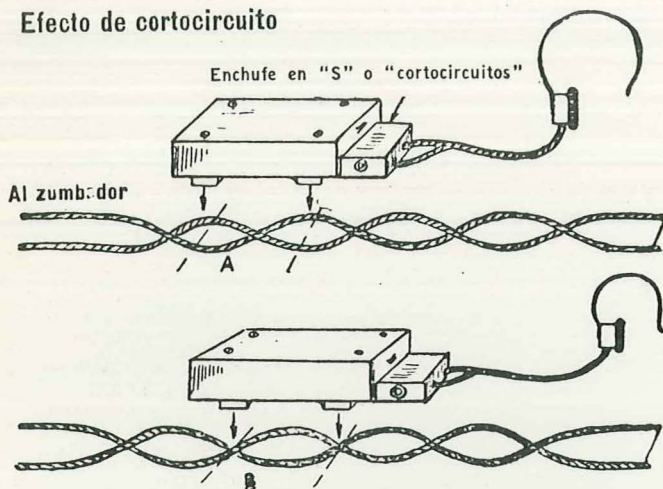


Fig. 52

Bobina exploradora en las posiciones de "sonido máximo" y "sonido mínimo" sobre un par en cortocircuito.

Cuando una corriente alterna pasa por un par en cortocircuito, como indica la figura 52, se oirá un sonido de intensidad máxima al colocar la bobina exploradora con las piezas polares en el centro de dos bucles consecutivos de los hilos del par, como se ve en A. Si la bobina exploradora se corre a lo largo del cable hasta la posición B, en la cual los puntos medios de las piezas polares corresponden con los puntos en que los hilos del par en cortocircuito se entrecruzan (como muestra en B la figura 52), no se oirá sonido alguno. En los puntos

intermedios el sonido se oirá menos que en A, pero más que en B. Esto recibe el nombre de efecto de cortocircuito. Determinando la situación de tres puntos de sonido máximo en unos 60 c/m. de cable, es posible llegar a conocer la dirección en que están arrollados los pares alrededor del alma del mismo, y pasando después la bobina exploradora a lo largo de esta línea se podrá llegar a descubrir los puntos de sonido máximo o mínimo. El sonido que se oye al pasar la bobina a lo largo del cable es algo semejante al que produciría un chico que pasara corriendo a lo largo de una empalizada, manteniendo un palo contra la misma, o al que produce un palo cuando se mantiene apoyado contra los rayos de una rueda que gira.

Se conectará el aparato número 1020-C como indica la figura 53 y la bobina exploradora se pasará como se ha indicado anteriormente.

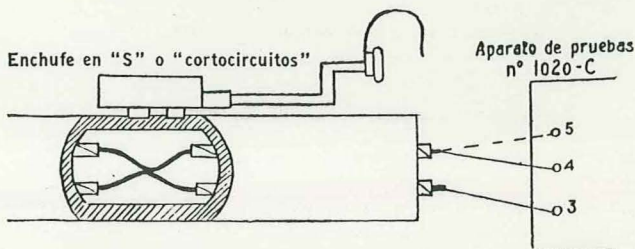


Fig. 53

Modo de localizar cortocircuitos con la bobina exploradora.

Se conectará un hilo del par al borne 3 y el otro a los bornes 4 ó 5, según la resistencia que presente la avería. Más allá de ésta no habrá sonido o a lo más se oirá un sonido de muy pequeña intensidad en el receptor.

49.—*Modo de localizar cruces con la bobina exploradora.*—

Cuando pasa una corriente por dos hilos cruzados no se producen los efectos de cortocircuito descritos anteriormente. Por el contrario, cuando los hilos están cruzados el sonido es aproximadamente constante en cualquier sitio que se coloque la bobina exploradora, conociéndose este hecho con el nombre de efecto de cruce.

Para determinar la posición de un cruce se conectará el aparato número 1020-C y se colocará la bobina exploradora como indica la figura 54.

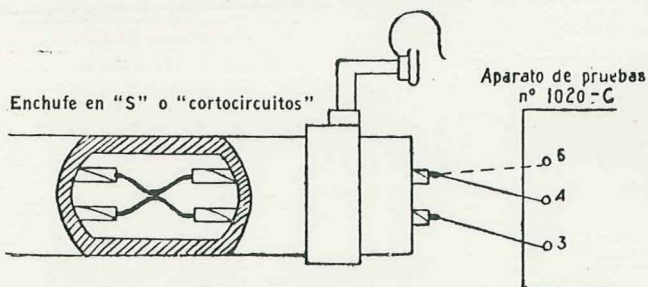


Fig. 54

Modo de localizar cruces con la bobina exploradora.

Se emplearán los bornes 3 y 4 ó 3 y 5 según la resistencia de la avería y se pasará la bobina exploradora a lo largo del cable hasta un punto en que no haya sonido o su intensidad se haya reducido considerablemente.

50.—*Modo de localizar, con la bobina exploradora, pares trocados en los cables sin cuadretes.*

Se conectarán los bornes 3 y 4 del aparato número 1020-C a uno de los pares, y los cuatro hilos de los dos pares se reunirán por medio de un hilo en el otro extremo del cable, como indica la figura 55, emplean-



Fig. 55

Modo de localizar, con la bobina exploradora, pares trocados en los cables sin cuadretes.

do para la prueba un sonido constante y utilizando después la bobina exploradora para descubrir los efectos de cortocircuito. Cuando se haya pasado más allá del punto en que está el trueque, será imposible notar los efectos del cortocircuito, pero podrán observarse los producidos por el cruce de hilos.

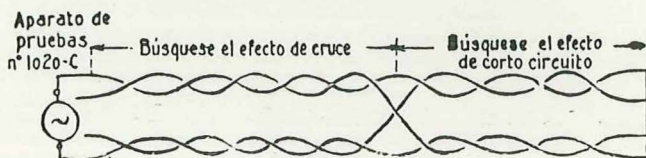


Fig. 56

Modo de localizar, con la bobina exploradora, pares trocados en los cables sin cuadretes. Prueba de comprobación.

Se hará una prueba de comprobación sustituyendo las conexiones por las que se indican en la figura 56. En estas condiciones el efecto de cruce se observará hasta el punto en que ha ocurrido el trueque; más allá de este punto se observará el efecto de cortocircuito.

51.—*Modo de localizar cuadretes trocados con la bobina exploradora.*—La localización del trueque entre los pares de un cuadrete es imposible, pero los cuadretes trocados

pueden determinarse del mismo modo que los pares trocados. En el caso de cuadretes trocados se ponen simplemente en cortocircuito los dos hilos de cada par de los dos cuadretes a que afecta el trueque, se considera a cada par como si fuese un solo hilo y se sigue el procedimiento descrito para localizar pares trocados. Las conexiones son las indicadas en las figuras 57 y 58.

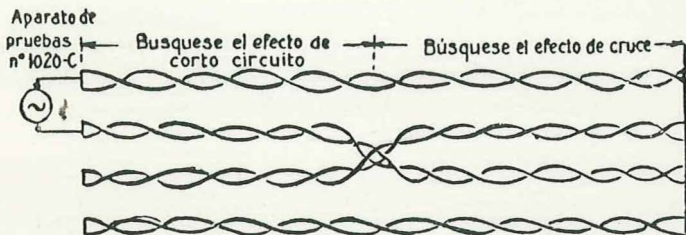


Fig. 57

Modo de localizar, con la bobina exploradora, pares trocados en los cables con cuadretes.

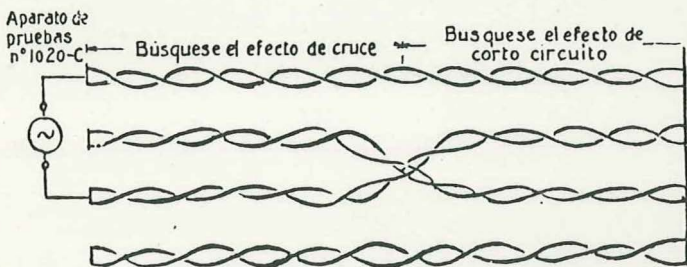


Fig. 58

Modo de localizar, con la bobina exploradora, pares trocados en los cables con cuadretes. Prueba de comprobación.

52.—*Empleo del amplificador.*—Los pares en cortocircuito y los trocados pueden localizarse más fácilmente con la bobina exploradora, si se utiliza un amplificador portátil para aumentar el sonido producido en el receptor. Para ello se conectarán los bornes de entrada del amplificador a la bobina exploradora, y los de salida al receptor. El sonido descrito anteriormente se oír con mucha facilidad al localizar pares en cortocircuito, o cuando la bobina exploradora esté en el lado del cortocircuito del trueque en los pares trocados. La figura 59 muestra el esquema del circuito de un amplificador adecuado para este objeto.

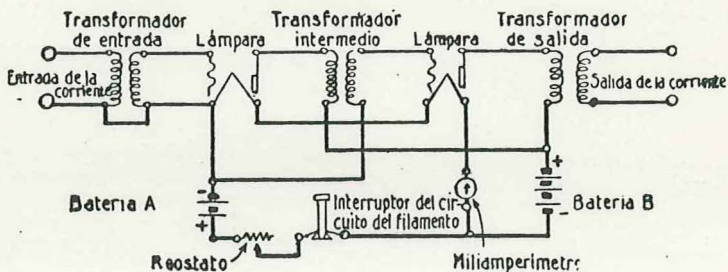


Fig. 59
Esquema de conexiones del amplificador.

LOCALIZACION DE CONDUCTORES CUYO TRAZADO SE DESCONOCE

53.—*El principio utilizado para localizar los conductores cuyo trazado se desconoce, es el mismo que se ha empleado al localizar averías con la bobina exploradora.* Por el conductor que se trata de localizar se hace pasar una corriente alterna, la cual produce un campo mag-

nético alternativo alrededor del conductor. Cuando las líneas de fuerza de este campo cortan la bobina exploradora, se produce una corriente en el circuito de dicha bobina, que a su vez produce un sonido en un receptor intercalado en este circuito. Las conexiones del vibrador a los distintos tipos de hilos ocultos son las indicadas en las figuras 60 a 65, ambas inclusive.

El amplificador descrito en el párrafo 52 se conectará entre la bobina exploradora y el receptor, y servirá únicamente para reforzar la débil corriente de aquélla, de modo que se obtenga en el receptor un sonido de intensidad conveniente.

En algunos casos no es necesario el empleo del amplificador.

- 54.—*El sonido que produce el aparato número 1020-C es suficiente para la localización de conductores cuyo trazado se desconoce. Si no se dispone del aparato número 1020-C puede utilizarse cualquier vibrador que produzca un sonido semejante. La corriente del vibrador debe ser de bastante intensidad: 0,1 a 0,3 amperios en cortocircuito, para que pueda obtenerse un campo magnético bastante intenso.*
- 55.—*Tipo de la bobina exploradora.*—Puesto que la intensidad del sonido producido en el receptor depende del número de líneas de fuerza que corta la bobina exploradora, obtendremos buenos resultados empleando una que sea bastante grande. Una bobina de unas 300 vueltas de hilo de cobre de 0,51 m/m. de diámetro, con doble cubierta de algodón, enrollado sobre la llanta de una rueda de bicicleta, dará resultados satisfactorios.
- 56.—*Localización de un cable subterráneo o submarino.*—Para determinar la ruta de los cables submarinos o subterráneos se conectará el vibrador como indica la figura 60.

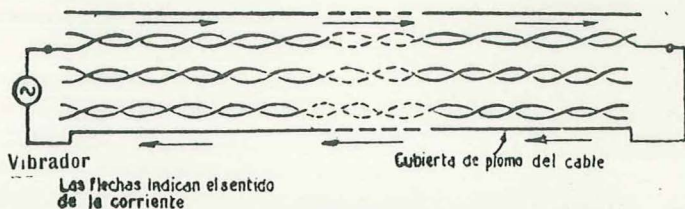


Fig. 60

Modo de determinar la dirección de un cable subterráneo o submarino.

La elección del hilo en la última capa del cable producirá un sonido de máxima intensidad en los receptores. Si el cable fuera submarino, la cubierta de plomo debería conectarse con los alambres de la armadura.

La bobina exploradora se mantendrá horizontal y al aproximarla a un punto sobre el cable se oír un sonido que irá aumentando gradualmente en intensidad, hasta que quede la bobina en el mismo plano vertical que el cable, en cuya posición el sonido desaparecerá o disminuirá mucho de intensidad. La figura 61 es la representación gráfica de la intensidad del sonido con respecto a las posiciones relativas del cable y de la bobina.

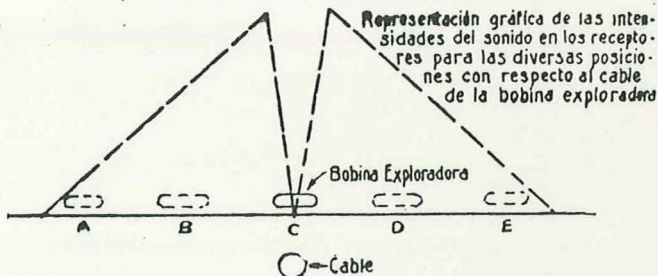
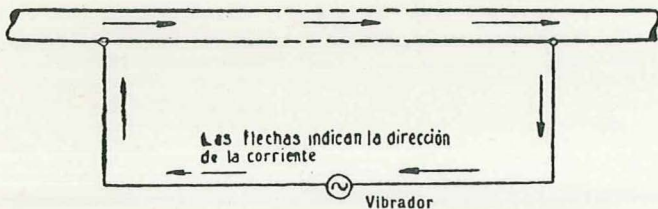


Fig. 61

Representación gráfica de la intensidad del sonido, con respecto a las posiciones relativas del cable y de la bobina exploradora.

Al pasar la bobina de A a B el sonido aumenta. El máximo sonido se obtiene justamente un poco antes de que la bobina llegue al punto C, situado en el mismo plano vertical que el cable. Cuando la bobina está en C, las líneas de fuerza son tangentes al plano de la misma, de modo que no se produce sonido. Cuando la bobina se retira del cable hacia E, el sonido alcanza rápidamente un máximo y después decrece gradualmente a medida que la bobina se va retirando del mismo.

- 57.—*Modo de localizar la dirección de una canalización perteneciente a otra Compañía.*—Con frecuencia es necesario determinar el trazado de un trozo de tubería de gas o de agua cuya situación exacta se desconoce. Si la tubería es metálica y accesible en dos puntos, entre los cuales está comprendida la parte de la canalización de que se trata, puede determinarse su trazado conectando a la misma el vibrador por medio de hilos largos, como indica la figura 62.

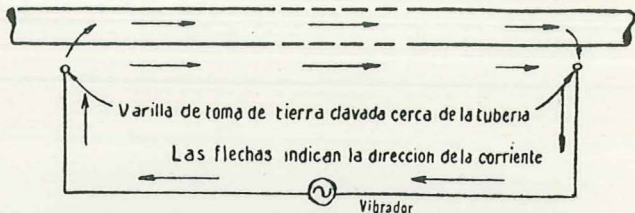


Hay que tener cuidado de colocar los conductores bastante alejados de la tubería, para evitar que sus campos eléctricos se confundan con el de la canalización

Fig. 62

Modo de localizar la dirección de una canalización extraña, cuando son accesibles los extremos de la sección que se trata de localizar.

Con el vibrador conectado como indica la figura 62, la tubería, los hilos y el aparato forman un circuito metálico cerrado. En el caso de que la tubería no fuera accesible en dos puntos, se puede localizar su trazado conectando el vibrador, como indica la figura 63.



Hay que tener la precaución de colocar los dos conductores bastante alejados de la tubería para que sus campos eléctricos no se confundan con el de la canalización.

Fig. 63

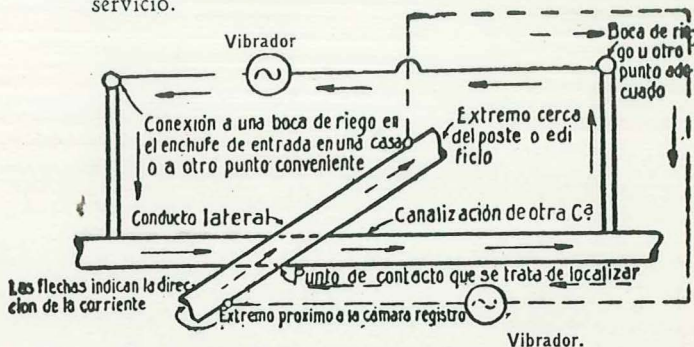
Modo de localizar la dirección de una canalización extraña, cuando no son accesibles los extremos de la sección que se trata de localizar.

Se introducirán en tierra, cerca de la tubería, dos varillas de toma de tierra, separadas entre sí unos 30 metros, o más. Los bornes del vibrador se conectarán a las varillas por medio de hilos largos recubiertos. En estas condiciones también habrá una corriente que pasará por la tierra situada entre las dos varillas de tierra y en la misma dirección que la que va por la tubería. Si la distancia entre las varillas y aquélla es corta, puede considerarse que, prácticamente, toda la corriente pasa por la misma.

Durante la operación hay que tener cuidado de colocar el vibrador y los conductores bastante alejados de la tubería, para que el campo que producen las corrientes en los conductores no se confunda con el de ésta.

58.—Localización del contacto entre dos tuberías.—En la

figura 64 se indica el procedimiento para localizar un contacto entre el tubo de hierro de la canalización lateral de la Compañía Telefónica y una tubería de otro servicio.



Hay que tener la precaución de colocar los conductores bastante lejos de la tubería, para evitar que los campos eléctricos de éstos se confundan con el de la canalización.

Fig. 64

Modo de localizar un contacto entre una canalización lateral de la Compañía Telefónica y una tubería de otra Compañía, determinando el punto de intersección trazando la dirección de cada tubería.

Para poder localizar un contacto de esta clase es necesario determinar dónde se cruzan la tubería extraña y la canalización lateral telefónica. Se conectará primero el vibrador a la tubería en dos puntos convenientes, tales como bocas de riego o incendios, o al enchufe de la tubería de entrada en una casa, como se indica en la figura 64. El trazado se determinará como se ha descrito anteriormente. Se conectará el vibrador al conducto lateral como indica la línea de trazos de la figura 64, y se determinará su trazado de la misma manera. La línea de cruce de las dos canalizaciones determinará el punto de contacto.

Cuando el conducto lateral se cruce con otras tuberías principales o secundarias en más de un sitio en las proximidades del punto de contacto, podrá haber alguna dificultad en localizar éste; sin embargo, puede ser posible determinar su situación conectando el vibrador como indica la figura 65, siempre que el contacto entre el conducto lateral y la tubería sea de baja resistencia.



Fig. 65

Modo de localizar un contacto de baja resistencia, entre una canalización lateral de la Compañía Telefónica y una tubería de otra Compañía.

En este caso la corriente pasará por el punto de contacto. Este procedimiento se empleará únicamente como un método auxiliar del indicado en la figura 64, cuando se considere conveniente comprobar los resultados obtenidos.

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

59.—*La definición de la resistencia de aislamiento* (1) tal como se emplea en las especificaciones para cables telefónicos, es la resistencia entre un hilo y la cubierta, cuando todos los demás están en comunicación con tierra por intermedio de aquélla.

Las especificaciones para cables con aislamiento de papel exigen que la resistencia de aislamiento no sea inferior a 800 megohmios por kilómetro, a la temperatura de 15°, después de una carga con potencial máximo continuo de 500 voltios y mínimo de 100 durante un minuto de electrización.

El término "megohmios-kilómetro" equivale al de "megohmios por kilómetro".

60.—*Tabla de resistencias de aislamiento.*—La resistencia de aislamiento varía en razón inversa de la longitud del cable, esto es, cuanto más largo es el cable, menor es su aislamiento. La tabla núm. 5, indica el aislamiento necesario para cada hilo, en cables de diferentes longitudes sobre la base de un aislamiento de 800 megohmios por kilómetro (2).

(1) Se suele denominar simplemente "aislamiento" para mayor brevedad.

(2) En cables de larga distancia suelen requerirse aislamientos mayores. Puede darse a título de indicación la cifra de 16.000 megohmios-kilómetro.

TABLA NUM. 5
RESISTENCIAS DE AISLAMIENTO

| Longitud del cable en metros | Resistencia de aislamiento necesaria en megohmios | Longitud del cable en kilómetros | Resistencia de aislamiento necesaria en megohmios |
|------------------------------|---|----------------------------------|---|
| 50 | 16000 | 1 | 800 |
| 100 | 8000 | 2 | 400 |
| 150 | 5330 | 3 | 266 |
| 200 | 4000 | 4 | 200 |
| 300 | 2665 | 5 | 160 |
| 400 | 2000 | 6 | 133 |
| 500 | 1600 | 7 | 114 |
| 600 | 1330 | 8 | 100 |
| 700 | 1336 | 9 | 89 |
| 800 | 1000 | 10 | 80 |
| 900 | 848 | 11 | 73 |
| 1000 | 800 | 12 | 67 |

Para un cable de cualquier longitud la resistencia de aislamiento necesaria puede obtenerse por la fórmula

$$R_a = \frac{800}{L} \quad (33)$$

en la que

R_a = resistencia de aislamiento necesaria, suponiendo 800 megohmios por kilómetro.

L = longitud del cable en kilómetros.

Cuando se conocen la resistencia absoluta total de aislamiento R_a , y la longitud L , la resistencia de aislamiento por kilómetro R_k se encontrará por medio de la fórmula

$$R_k = R_a L \quad (34)$$

La resistencia de aislamiento es diferente para las diversas temperaturas y para diferentes períodos de electrificación. En tiempo frío la resistencia de aislamiento será mayor que en tiempo caluroso para igual humedad ambiente.

61.—*La resistencia de aislamiento puede medirse por varios procedimientos, cuatro de los cuales se describen a continuación:*

- (a) Por medio de un megóhmetro.
- (b) Por medio de un galvanómetro, una batería y una resistencia patrón.
- (c) Por medio de un voltímetro y de una batería.
- (d) Por medio del puente de Wheatstone.

62.—*Medida del aislamiento con el megóhmetro.*—El megóhmetro es un aparato muy apropiado para determinar la resistencia de aislamiento de un cable. Las lecturas se hacen en megohmios, y el único cálculo que es necesario hacer, es simplemente la determinación de la resistencia por kilómetro. (Fórmula 34.)

En la figura 66 se da un esquema de las conexiones del megóhmetro.

La amplitud de la escala en los megóhmetros empleados en medidas telefónicas, es de 5 a 1.000 megohmios.

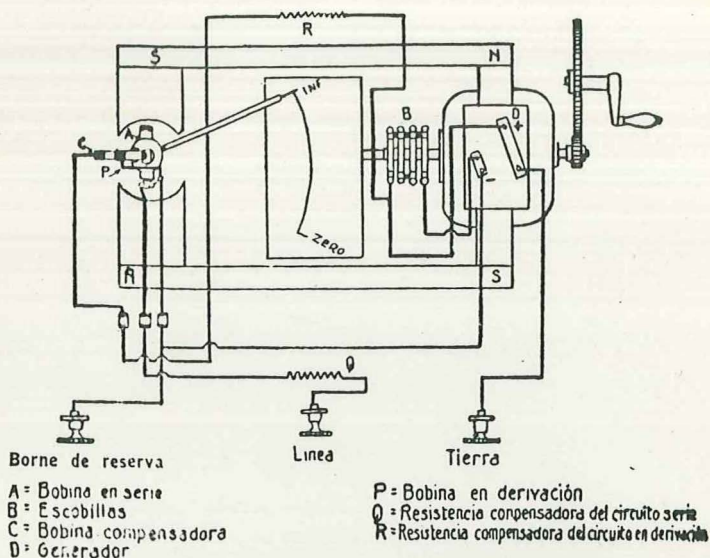


Fig. 66
Esquema de las conexiones del megóhmetro.

El megóhmetro consiste esencialmente en un generador de corriente continua de alto potencial (400 voltios para los trabajos telefónicos) accionado a mano por medio de una manivela, y además un dispositivo indicador, una parte del cual actúa sobre la aguja proporcionalmente al voltaje y la otra proporcionalmente a la intensidad de la corriente que pasa por la resistencia exterior. La posición resultante de la aguja es proporcional a la resistencia (voltios divididos por amperios).

Para medir el aislamiento con un megóhmetro se procede como sigue: Se coloca el megóhmetro sobre un

soporte firme y aproximadamente a nivel, se regulan los tornillos de nivelación sobre los que descansa el aparato hasta que la burbuja del nivel indique que el megóhmetro está horizontal. Conseguído esto, se da vueltas a la manivela hasta hacerla girar con rapidez sin que haya que realizar gran esfuerzo para que continúe, se mantiene esta velocidad y se ajusta la aguja hasta que marque el infinito (inf.) por medio del botón marcado "Index Adjuster". A continuación se probarán los conductores del aparato para asegurarse que tienen buen aislamiento. Para ello uno de los conductores se unirá al borne marcado "Line" (Línea), y el otro al marcado "Earth" (Tierra), se hace girar la manivela como antes, asegurándose de que los otros extremos de los conductores no se tocan. Si éstos están secos y en buen estado, la lectura del megóhmetro será infinito. Después se conectará el conductor del borne marcado "Línea" a uno de los hilos del cable, y el de "Tierra" a la cubierta, uniendo el resto de todos los demás hilos del cable a la misma. Se hace girar otra vez la manivela como antes, hasta que la indicación de la aguja sea bastante firme. Esta lectura (R_a) será la resistencia de aislamiento entre el hilo conectado al terminal de "Línea" y todos los demás hilos y la cubierta del cable.

El aislamiento de los otros hilos se mide del mismo modo, el próximo hilo a probar se saca del manajo que está en comunicación con la cubierta, y el que se acaba de probar se vuelve a colocar en el manajo.

El empleo del megóhmetro como queda descrito nos da el aislamiento real. Para las pruebas durante la ejecución de los empalmes en los cables, no es necesario en general comprobar cada hilo con respecto a todos los demás unidos a la cubierta. El procedimiento corriente en estos casos es hacer una prueba de manajos como sigue:

Se retiran unos 8 c/m del aislamiento de los extremos de todos los hilos y se atan en manojos de tamaño conveniente (poniendo juntos en cada uno los hilos de un mismo color, o los de un mismo calibre, cuando se trate de cables mixtos; los manojos no deben contener más de 100 pares cada uno).

Se nivela el megóhmetro, se ajusta la aguja y se prueban los conductores del aparato como se ha descrito anteriormente. Después se probará cada manojó de pares, estando todos los demás unidos a la cubierta. La lectura del megóhmetro será generalmente superior a 1.000 megohmios, para secciones cortas de cable, y para las largas será generalmente mayor que los valores dados en la tabla de resistencias de aislamiento (tabla n.º 5). Si la lectura fuera menor que la dada en la tabla, se separará el manojó que tenga poco aislamiento, y se probará cada uno de sus hilos con respecto a los demás manojos, puestos en comunicación con la cubierta. Cada hilo debe dar en esta prueba una lectura tan alta por lo menos, como la indicada en la tabla. En el caso de que la lectura para uno cualquiera de los hilos fuera menor que la dada en la tabla, se comprobará éste con respecto a los otros manojos (desconectando antes los manojos de la cubierta), después se probará el hilo solo con respecto a la cubierta, con lo que se verá si la avería se encuentra entre el hilo y los otros grupos, entre el hilo y la cubierta o en ambos a la vez.

Después de probar todos los grupos, se probarán algunos hilos de cada manojó con el resto de los del mismo manojó, para determinar si hay falta de aislamiento en los diversos manojos.

El voltaje empleado para efectuar las pruebas de resistencia con el megóhmetro carga los conductores del cable, por lo que hay que tener cuidado de no ponerlos

en comunicación con tierra a través del cuerpo, porque hay probabilidad de recibir una sacudida. Cuando se prueben cables no pupinizados se deben poner en comunicación con tierra, después de hacer las pruebas, el manojo o hilo probados, a través de un trozo de hilo recubierto conectado a la cubierta del cable. No se tocarán los conductores con las manos antes de ponerlos en comunicación con tierra.

Si el cable está pupinizado se conectará en serie con el hilo cubierto, conectando a la cubierta del cable una resistencia no inferior a 4.000 ohmios, o mejor todavía, se dejará que los conductores que se han probado, vayan descargándose gradualmente sin ponerlos en comunicación con tierra. La descarga gradual deberá durar algunos minutos, durante cuyo tiempo no deben tocarse los conductores con las manos.

- 63.—*Mediciones con el galvanómetro y la batería.*—Primera-mente se deducirá la constante del galvanómetro, haciendo las conexiones como indica la figura 67.

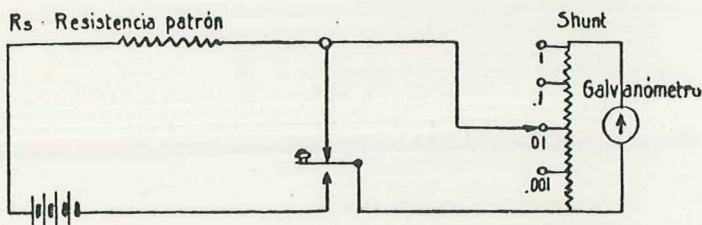


Fig. 67.

Modo de determinar la constante del galvanómetro para la medida de la resistencia de aislamiento con el galvanómetro y la batería.

La resistencia patrón debe ser alta; siendo el valor usual 100.000 ohmios ($1/10$ de megohmio). La batería debe dar 100 voltios por lo menos. Cuando la llave abra el circuito de la batería, el galvanómetro deberá quedar en cortocircuito, como indica la figura 67.

Sea $K = 2$ la constante en megohmios del galvanómetro. Esta puede definirse como el valor de la resistencia en megohmios, a través de la cual la batería empleada produce una desviación de la aguja del galvanómetro, igual a una división de la escala cuando el shunt está en 1.

Sea R_t la resistencia de la unidad tomada como tipo expresada en megohmios (1 megohmio = 1.000.000 de ohmios) y M el poder multiplicador del shunt que variará según su posición, como indica la tabla núm. 6, y sea D la desviación de la aguja del galvanómetro.

TABLA NUM. 6

**PODER MULTIPLICADOR DEL SHUNT
DEL GALVANÓMETRO**

| SHUNT | VALOR DE M |
|-------|------------|
| 1,0 | 1 |
| 0,1 | 10 |
| 0,01 | 100 |
| 0,001 | 1000 |

Al oprimir la llave se observará la desviación D.

Entonces tendremos que: $K = M D R_t$ (35).

Primero se probará siempre con el shunt de 0,001; si la desviación fuera menor que 1/10 del total de la escala, se empleará el shunt de 0,01, y así sucesivamente. Una vez hecho ésto, se sustituirá la resistencia patrón por la resistencia de aislamiento que hay que medir, como indica la figura 68.

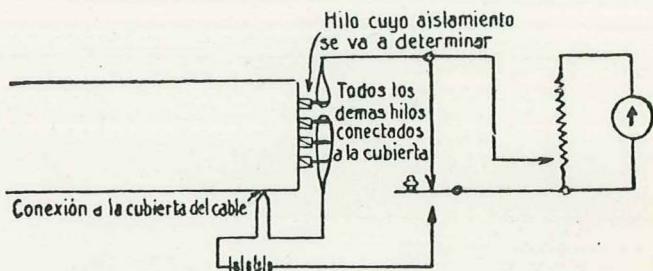


Fig. 68

Medida de la resistencia de aislamiento con el galvanómetro y la batería.

Se observará la desviación en la escala después de haber mantenido oprimida la llave durante un minuto. Si llamamos D a la desviación, tendremos:

$$R_a = \frac{K}{M \times D} \quad (36)$$

En donde

R_a = valor absoluto de la resistencia de aislamiento.

K = constante en megohmios del galvanómetro.

M = poder multiplicador del shunt.

La resistencia de aislamiento por km., se determinará por medio de la fórmula (34). Generalmente sólo es ne-

cesario saber qué conductores cumplen con exceso las condiciones de aislamiento exigidas en la especificación.

En este caso es conveniente saber la desviación máxima admisible para 800 megohmios por kilómetro. Esta se determina por medio de la fórmula:

$$D = \frac{K L}{800 M} \quad (37)$$

en la que

D es la desviación máxima admisible, ésto es que las desviaciones mayores que D indican un aislamiento inferior a 800 megohmios por kilómetro.

K es la constante del galvanómetro en megohmios

M el poder multiplicador del shunt.

L la longitud del cable en kilómetros.

64.—Para medir el aislamiento por medio de un voltímetro y de una batería, se procederá como sigue:

Primero se medirá el voltaje de la batería llamándole Vb. Después se conectarán el voltímetro, la batería y la resistencia desconocida en serie, como indica la figura 69.

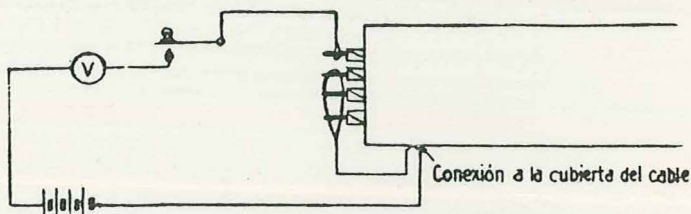


Fig. 69

Medida de la resistencia de aislamiento con el voltímetro.

Luego se cerrará la llave del voltímetro y se anotará su lectura que llamaremos V_x . También se anotará la resistencia del voltímetro, de antemano conocida, que llamaremos R_v . El valor absoluto de la resistencia de aislamiento se determinará por medio de la fórmula:

$$R_a = \frac{(V_b - V_x)}{V_x} R_v \quad (38)$$

en la que

R_a = resistencia de aislamiento que se busca.

V_b = voltaje de la batería.

V_x = lectura del voltímetro cuando está en circuito la resistencia desconocida.

R_v = resistencia del voltímetro.

El aislamiento por kilómetro se determinará por medio de la fórmula (34).

- 65.—*Medición de la resistencia por medio del puente de Wheatstone.*—Las resistencias hasta 1 megohmio pueden medirse con bastante exactitud por medio del puente de Wheatstone. Las resistencias mayores de un megohmio pueden medirse empleando una resistencia auxiliar en paralelo con la resistencia desconocida. Para ello se harán las conexiones, como indica la figura 70.

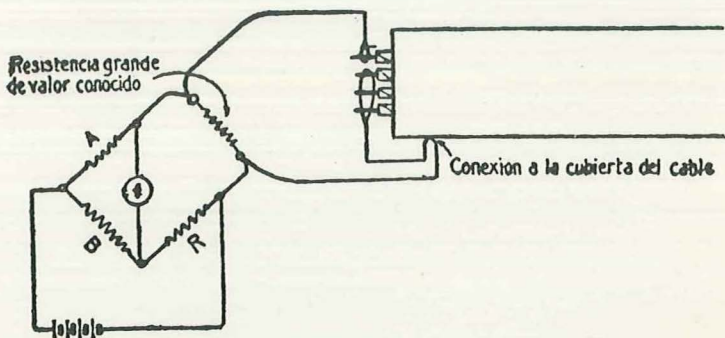


Fig. 70

Empleo del puente de Wheatstone. Medida de una resistencia grande en paralelo con otra gran resistencia de valor conocido.

Se medirá la resistencia combinada de las dos resistencias en paralelo; si la llamamos Z tendremos:

$$R_a = \frac{Z Y}{Y - Z} \quad (39)$$

en la que

R_a = valor absoluto de la resistencia de aislamiento.

Y = resistencia auxiliar.

Z = resistencia de Y y R_a en paralelo.

Por este procedimiento pueden medirse aislamientos hasta dos megohmios si la resistencia Y es de 100.000 ohmios.

RESISTENCIA A TIERRA

66.—Con frecuencia es necesario medir la resistencia de la toma de tierra de un protector, para determinar si su valor es el conveniente para la protección requerida.

Esto puede hacerse fácilmente por medio del método de las tres resistencias descrito en el párrafo (26) (c). Si se emplease corriente continua para esta medición habría errores debidos a la polarización, por lo que debe emplearse la corriente alterna producida por un zumbador y sustituir por un receptor telefónico el galvanómetro del puente de Wheatstone, procediendo de la manera siguiente:

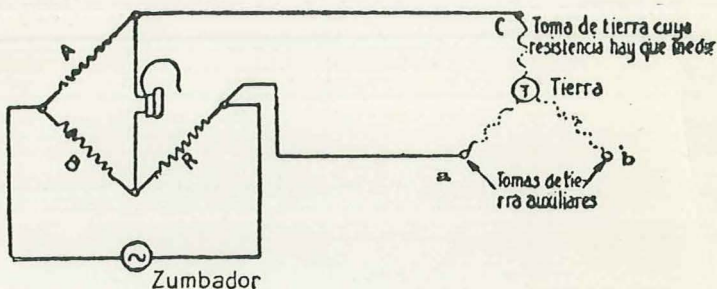


Fig. 71

Medida de la resistencia de una toma de tierra.

Se harán dos tomas de tierra auxiliares clavando varillas de tierra a una profundidad de 0,60 a 1,20 metros. Las tomas de tierra auxiliares estarán separadas 3 m., como mínimo, de la toma de tierra cuya resistencia hay que medir y guardarán entre sí esta misma separación. Si en las proximidades de la toma de tierra que hay que medir hay otras dos que puedan convenir para hacer la prueba, se utilizarán en lugar de las dos varillas de tierra. Las conexiones se harán como indica la

figura 71 y se medirán las resistencias C_a , C_b y $a b$; determinando después la resistencia de la toma de tierra de la protección por medio de la fórmula:

$$C T = \frac{C_a + C_b - a b}{2} \quad (40)$$

Al hacer esta prueba se conectará a tierra el borne de tierra del protector. Los hilos de conexión al puente serán de poca resistencia, o bien se medirá ésta y se restará para obtener la verdadera resistencia de la toma de tierra.

PREPARADO POR

F. M. DE VELASCO

Ingeniero de Instalaciones Exteriores

APROBADO:

F. T. CALDWELL

Ingeniero Jefe para España

ÍNDICE

| Párrafos | | Páginas |
|----------|--|---------|
| 1 a 3 | Generalidades | 3 |
| 4 a 9 | Comprobación de los pares disponibles en el repartidor | 4 |
| 10 | Inspección de los cables subterráneos en las cámaras registro | 10 |
| 11 | Inspección de los cables aéreos... .. | 11 |
| 12 | Inspección de los cables de fachada y por sótano | 12 |
| 13 | Inspección de los cables interiores... .. | 13 |
| 14 a 16 | Inspección de los cables nuevos o modificados | 13 |
| 17 | Rutinas de comprobación del aislamiento de los cables y modo de realizarlas | 15 |
| 18 | Localización de las averías en los cables | 17 |
| 19 y 24 | Manera de encontrar los pares defectuosos | 18 |
| 25 a 26 | Mediciones con el puente de Wheatstone | 35 |
| 27 a 36 | Bucles de prueba | 47 |
| 37 a 41 | Interpretación de los resultados obtenidos | 70 |
| 42 a 52 | Procedimientos para localizar averías con la bobina exploradora | 81 |
| 53 a 58 | Localización de conductores cuyo trazado se desconoce | 93 |
| 59 a 65 | Resistencia de aislamiento | 100 |
| 66 | Resistencia a tierra | 111 |