

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

APOYOS DE MADERA

PARA LAS LÍNEAS DE TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA⁽¹⁾

Le transmisión de energía eléctrica á alta tensión por medio de líneas aéreas se ha generalizado en Inglaterra desde hace unos dos ó tres años, donde su instalación está sometida á las siguientes condiciones establecidas por el Ministerio de Comercio: «El factor de seguridad para los conductores será 6, y 12 para los demás elementos de la línea sobre la cual se supondrá la acción de un viento que produzca una presión de 244 kilogramos por metro cuadrado». Recientemente se ha reducido el segundo factor de seguridad de 12 á 10 y la presión del viento á 146 kilogramos por metro cuadrado.

Era tan grande la oposición en aquel país hacia las líneas aéreas de transporte de energía eléctrica, que las primeras Compañías que se establecieron con este objeto no se preocuparon de conseguir la autorización necesaria para su instalación, y desde un principio resolvieron colocar los cables enterrados, disposición que supone un gasto enorme, que hubiera podido reducirse considerablemente con el empleo de líneas aéreas, preferibles desde el punto de vista técnico á las subterráneas.

Las empresas de transporte de energía eléctrica son las que han introducido en Inglaterra las líneas aéreas, porque únicamente así es como podían alcanzar un éxito financiero obteniendo el capital invertido la remuneración correspondiente.

La Compañía *The Lancashire Electric Power* fué la primera que estableció una línea aérea, mediante autorización legal obtenida sin dificultades; esta Empresa dispone actualmente de siete kilómetros de conductores aéreos, por medio de los cuales transporta energía eléctrica á 10.000 voltios que distribuye entre numerosos industriales. El ejemplo de la Compañía *The Lancashire Electric Power* fué muy pronto seguido por otras muchas, existiendo hoy día en Inglaterra 88,5 kilómetros de líneas aéreas.

No deja de ser extraño lo reducido de esta longitud, y más aún si se observa que en las comarcas de Grenoble, Lyon y St. Etienne existen más de 1.126 kilómetros con voltajes que varían desde 200 hasta 26 500 voltios; en la mayoría de las instalaciones los conductores se apoyan sobre postes de telégrafo, y las líneas están situadas muy próximas á las carreteras. La línea de St. Etienne, que tiene 17,7 kilómetros de longitud y en la cual se transporta la energía eléctrica á 5.500 voltios, costó

2.486 francos el kilómetro, incluyendo las disposiciones especiales para el cruce de carreteras y de ferrocarriles, la compra de los árboles situados en el trazado de la línea, y los derechos de servidumbre.

Los ensayos que sobre apoyos de madera para líneas aéreas hizo el autor en Agosto y Noviembre de 1906, son debidos á la iniciativa de Mr. A. P. Trotter, funcionario del Ministerio de Comercio.

La primera serie de experiencias demostró con toda claridad; 1.º La gran superioridad de los apoyos en forma A sobre los postes sencillos, como que son cuatro veces y media más resistentes que éstos según se ha deducido de ensayos hechos con todo cuidado. 2.º La gran flexibilidad y elasticidad de los apoyos de madera. Varios postes sencillos con 9,65 metros de longitud fuera del terreno fueron sometidos á fuerzas en su extremo superior que produjeron flechas de 4,00, 4,25 y 4,50 metros sin romperlos, presentando una deformación permanente muy pequeña al cesar la acción de aquellas fuerzas. La conclusión á que se llegó fué que tanto desde el punto de vista económico como del mecánico, los apoyos en forma de A son preferibles á los postes sencillos.

El ensayo de estos últimos se hizo en forma tal que su extremo inferior estuviese perfectamente empotrado en una longitud de 1,50 metros, lo cual se conseguía con dos fuertes pilotes que se hincaban en el terreno á los cuales se fijaba el pie del poste; su extremo superior estaba sostenido por un pequeño carro que podía moverse sobre una plataforma inferior. La fuerza se aplicaba á dicho extremo por medio de un cable que pasaba por las poleas necesarias para poder colgar de él un tablero sobre el que se colocaban pesos, y el cual se introducía en un pozo abierto en el terreno. Este procedimiento tenía, entre otros inconvenientes, el de que daba lugar á muchos rozamientos y de que la carga del tablero llevaba mucho tiempo, razón por la cual, se substituyó por el peso de hombres colgados de cables ó cadenas en los que se insertaba un dinamómetro.

Un procedimiento análogo se siguió para ensayar los apoyos en forma de A actuando la fuerza en sentido normal al plano de los dos postes, es decir, según la dirección de los conductores, con resultado satisfactorio; pero cuando la fuerza ejerce su acción en la misma dirección que el plano de aquéllos, el empotramiento no es tan firme y es imposible obtener resultados dignos de toda confianza, por cuyo motivo, y de acuerdo con las ideas del profesor Goodman, se modificó la forma de realizar el ensayo, así como la disposición del empotramiento.

En los nuevos ensayos, limitados á los apoyos en forma de A, el empotramiento se hizo de la manera siguiente (figura 1.ª): presentado el apoyo en su posición definitiva y construido con postes que tenían todos ellos unos 20 centímetros de

(1) Extracto de una Memoria leída por Mr. C. Wade en la Institución de Ingenieros Electricistas de Londres.

diámetro á metro y medio del extremo inferior, se colocaban dos fuertes tablonos *EF* formando cepo, sejetos á los postes con pernos y á unos 75 centímetros del suelo, en el poste que había

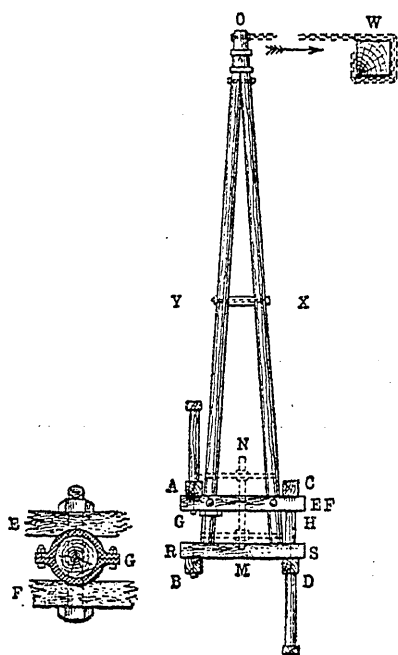


Fig. 1.

de trabajar á tensión, inferiormente al cepo y en contacto con éste, se ponía un anillo de fundición *G* para evitar todo deslizamiento; el pie del apoyo estaba sujeto con el bastidor *BDRS* reforzado con la pieza *H*.

Con esta disposición, cuando la fuerza se aplica en la dirección *OW*, el poste que trabaja ó tensión no puede sufrir desviación alguna en su parte inferior por oponerse á ello la pieza *A* sujeta á un fuerte armazón de roble, mientras que el que trabaja á compresión tampoco puede moverse porque su pie descansa sobre *RS*.

El apoyo se mantiene perfectamente empotrado, como no se logra nunca en las instalaciones corrientes.

El profesor Goodman tuvo la idea de colocar un anteojo en *MN* con objeto de observar el hilo de una plomada suspendida de *O*, pudiendo apreciar de esta manera cualquier deslizamiento que pudiera presentarse en el empotramiento del apoyo. El empleo de un anteojo en los ensayos de esta naturaleza es un detalle del que generalmente se prescinde, pero que no dejó de aplicarse en los relativos á los apoyos que constituyen el objeto de este artículo.

En los ensayos realizados se observó que así como un poste sencillo tomaba una flexión muy pronunciada antes de romperse, un apoyo en forma de *A* apenas manifestaba una flecha de algunos centímetros, en tanto que los postes que le constituían se mantuviesen unidos en el extremo superior. Un apoyo de esta forma resiste en dirección normal á los conductores una carga cuatro ó cinco veces mayor que un poste sencillo del mismo diámetro que cada uno de los que constituyen aquél. También demuestran los ensayos que cuando la dirección de la fuerza es paralela á los conductores el apoyo en forma de *A* tiene por lo menos doble resistencia que un poste sencillo de la misma sección, así como que la flecha que toma el primero es la mitad de la correspondiente al segundo.

La rotura de los apoyos en forma de *A* es producida casi siempre por la flexión que toma el poste comprimido, iniciada ya antes de aplicar la carga por el peso propio de aquél, imposible de evitar, y sin cuya existencia el apoyo podría revestir cargas mucho más grandes. El poste deformado recobra su forma tan pronto como cesa la acción de la carga, la cual se aplica en todos los casos en un punto situado á unos 60 centímetros del extremo superior de aquél, que es como se verifica en las aplicaciones.

Durante el año 1885, Sir William Preece, Ingeniero Jefe de la Dirección de Correos, realizó una serie de ensayos relativos á la resistencia de postes sencillos de diferentes especies y con distintos grados de humedad, unos en estado natural y otros inyectados con creosota, variando también las longitudinales y diámetros de aquéllos. Los ensayos no comprendieron el estudio de la flexibilidad de los postes ni el de su resistencia comparada con la de los formados por varios elementos, pero hasta la fecha el trabajo de Sir Preece constituía los únicos datos existentes sobre la resistencia de postes sencillos.

De los ensayos ahora verificados se deduce que la gran mayoría de los apoyos establecidos son desproporcionados, sobre todo los de forma de *A*; unos son ridículos por lo grande, y otros inspiran temor por demasiado pequeños; los pocos que tienen formas y dimensiones racionales lo deben á la casualidad exclusivamente. Los ensayos demuestran que los postes sencillos se rompen generalmente por un punto situado á 1,50 metros sobre el suelo, ó á 3,00 á partir del extremo superior, por cuya razón el diámetro del poste en la sección correspondiente á dicho punto es la dimensión á que hay que dar importancia en una recepción, mientras que la tiene muy pequeña el relativo al extremo superior.

En un apoyo en forma de *A*, el ángulo es la parte débil porque es donde se aplican las fuerzas debidas al peso de los conductores y al viento; los dos postes que le constituyen tienen una forma tal, que se produce una tendencia al deslizamiento de uno sobre otro cuando se aplica la carga, puesto que el extendido ha de alargarse y el comprimido se ha de acortar.

En un apoyo en forma de *A* tiene tanta importancia su construcción como la forma elegida para enlazar los dos postes en su parte superior. El sistema representado en la figura 2.^a es muy

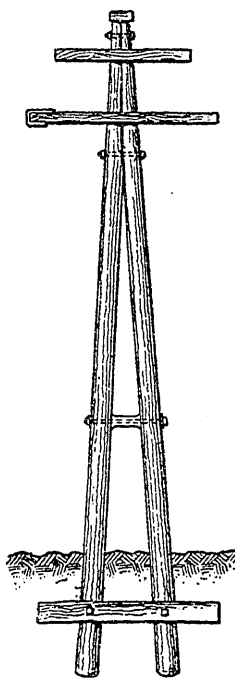


Fig. 2.

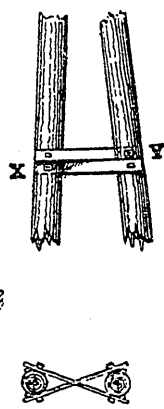


Fig. 3.

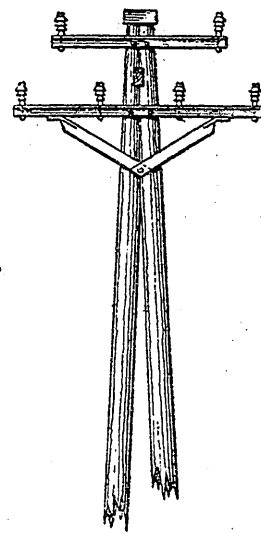


Fig. 4.

digno de ser recomendado. La extensión de la superficie de contacto de los dos postes depende del ángulo que éstos forman y del diámetro del extremo superior, que no debe bajar de los $\frac{2}{3}$ del

correspondiente á cada uno de aquéllos. El enlace se hace con dos pernos de 20 milímetros, situado uno de ellos á 30 centímetros del extremo superior y el otro á 1,20 metros. En la parte inferior se enlazan los dos postes con una pieza de madera de 1,80 metros de longitud y de 10×20 centímetros de sección, y situada á unos 60 centímetros de sus extremos. La disposición descrita es completamente análoga á la adoptada en los ensayos.

Á unos 3 metros del suelo y entre los dos postes se coloca un taco perforado, sujeto con un perno que puede sustituirse con

dos llantas colocadas en la forma que representa la figura 3.^a, con lo cual se refuerza considerablemente el apoyo y se dificulta su flexión. También es muy conveniente colocar una cuña en el empalme de los dos postes (fig. 4.^a), cuya altura debe ser, por lo menos, 15 cm. y su grueso el necesario para morder dos ó tres centímetros en cada uno de aquéllos, habiendo demostrado los ensayos que si la sección era cuadrada, las cuñas presentaban cierta tendencia á girar, que contribuía á separar los postes. Una sola cuña de gran altura es preferible á varias más pequeñas, porque se debilita más el poste, y si están muy altas, al aplicar la carga comprimirán la parte superior del apoyo, cuya resistencia para esta fuerza no puede ser muy grande. Los brazos de roble sujetos al apoyo para colocar sobre ellos los aisladores, contribuyen verdaderamente á reforzarle, sobre todo si, como sucede con frecuencia, se colocan tornapuntas de madera ó de hierro para evitar la flexión del brazo inferior; sin embargo, debe procurarse todo lo posible el hacer pocos taladros en la parte alta del apoyo, porque es la que más directamente sufre la acción de las cargas.

Una cuestión que se debate mucho es la relativa á la preferencia que debe darse á los brazos de hierro sobre los de madera, en cuya resolución ejerce gran influencia el aislamiento de la línea. La duración de unos y otros es próximamente la misma; pero los de madera son más baratos que los de hierro y favorecen la conservación de los apoyos.

También se han hecho ensayos con apoyos en forma de A, cuyos postes se enlazaban en la parte superior con piezas de hierro fundido de diferentes formas.

Los primeros ensayos se hicieron con piezas que rodeaban por completo los dos postes y colocadas entre los dos brazos que sostienen los aisladores (fig. 5.^a); dichas piezas estaban formadas por dos partes unidas entre sí por tres fuertes pernos que pasaban por la junta de los dos postes, y construidas en forma

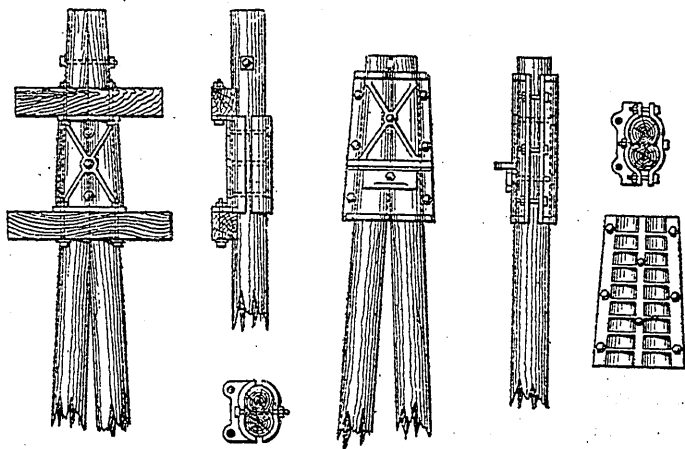


Fig. 5.

Fig. 6.

tal, que al apretar los pernos no se tocasen; la parte superior de aquéllas llevaba un reborde para apoyar los brazos transversales, los cuales á su vez entraban en una caja que se hacía á los postes para aumentar la resistencia del apoyo.

Otros ensayos se hicieron con piezas fundidas que se colocaban en el extremo superior del apoyo, en la forma representada en la figura 6.^a, disposición que en un principio dió malos resultados, porque como las secciones de los dos postes no eran exactamente iguales, la pieza fundida no podía adaptarse con toda exactitud á los dos, permitiendo, por lo tanto, que pudiera existir un deslizamiento relativo, inconveniente que se remediaba eligiendo los dos postes con secciones tan iguales como fuera posible, en cuyo caso el resultado obtenido era muy satisfactorio, tanto desde el punto de vista relativo á la carga que el apoyo puede recibir, como por lo que se refiere á su deformación, resultando prácticamente nulo el deslizamiento entre los dos postes. El procedimiento descrito constituye el mejor medio

para enlazar las cabezas de éstos, y sus ventajas compensan el aumento de coste que llevan consigo las piezas de fundición.

También se ensayó la forma de enlace representada en la figura 7.^a A, según la cual, los dos postes se sujetan uno con otro en la forma corriente: los brazos transversales se fijan á los postes por medio de llantas de hierro dulce cuyos extremos pasan á través de los primeros, y entre los segundos se coloca una

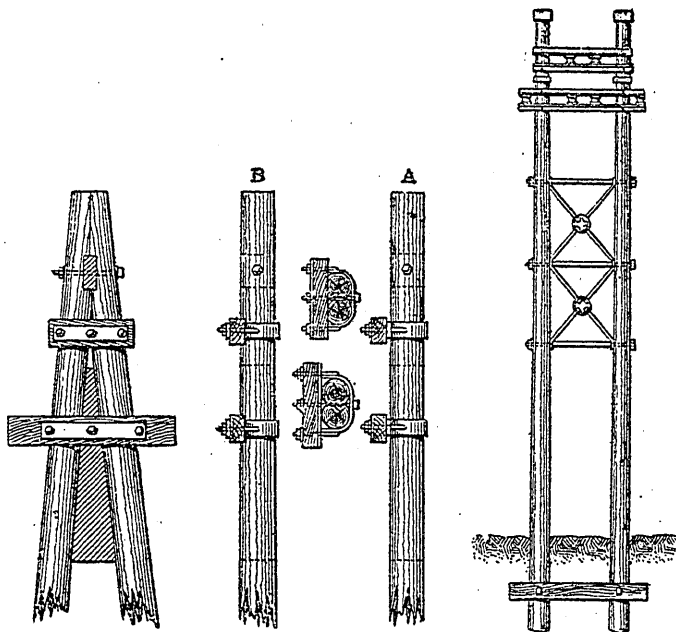


Fig. 7.

Fig. 8.

fuerte cuña de roble sujeta por uno de los pernos del brazo inferior, la cual proporciona mucha rigidez al apoyo; también es muy conveniente colocar una cuña en la junta de los dos postes, con su perno correspondiente. El resultado obtenido fué bastante satisfactorio, resistiendo el apoyo una carga muy grande, aunque la deformación fuese muy marcada.

La disposición anterior se mejoró (fig. 7.^a B) colocando las llantas en la cara anterior de los brazos, los cuales además entraban en unas cajas de poca profundidad abiertas en los postes, lo cual contribuía á disminuir las deformaciones. Este sistema permite aumentar la carga de los apoyos y les da más rigidez.

Por último, se ensayaron apoyos cuyas cabezas se sujetaban con una pieza de hierro fundido sin dividir en partes, colocada á manera de sombrerete, fija á los postes con un perno, pero el resultado fué poco satisfactorio.

Con objeto de comparar las dos formas de empotramiento de que se ha hecho mención, se ensayó un apoyo con la segunda, cuyos postes tenían 28 centímetros de diámetro á 1,50 metros del extremo inferior, con resultado mucho más satisfactorio, puesto que la carga de rotura fué mucho mayor, la cual se produjo por el movimiento de las cuñas del ensamble, cuya sección era cuadrada.

Se hicieron después ensayos con objeto de averiguar qué separación convendría dar á los postes en la base del apoyo, llegando á la conclusión de que debe adoptarse la que corresponde á una inclinación de 1×8 ; si es menor que ésta, se disminuye la resistencia del apoyo; si es mayor, se aumenta; pero también crecen los gastos de instalación y los relativos á los derechos de servidumbre.

El apoyo en forma de H (fig. 8.^a) es muy aceptado, y sus condiciones de resistencia dependen principalmente de la disposición del arriostramiento, que si es suficiente, constituye un apoyo tanto ó más robusto que el de forma de A, sobre el cual tiene la ventaja de que permite colocar con más desahogo los conductores, razón por la cual se prefieren para los extremos de la línea, en cuyo caso necesitan estar atirantados, así como para aquéllas constituidas por un gran número de conductores, como

sucede con las telegráficas y telefónicas en los grandes centros de población.

Las experiencias demostraron la gran flexibilidad de los apoyos de madera, así como la propiedad que poseen de recuperar sus condiciones de resistencia después de haber sufrido deformaciones importantes causadas por fuerzas anormales, como son las que se desarrollan durante las heladas por la contracción de los conductores. Si por una circunstancia cualquiera se rompieran todos los correspondientes a un tramo, los apoyos inmediatos y los sucesivos a uno y otro lado sufrirían deformaciones que irían disminuyendo con la distancia a aquel tramo, con lo cual se evita la rotura de los apoyos y se reduce a un mínimo el coste de la reparación.

En algunas instalaciones para el transporte de energía eléctrica se han empleado apoyos de hierro fundido, de celosía y hasta de hormigón armado, todos los cuales son mucho menos flexibles que los de madera, por cuya razón no dan tan buenos resultados, sobre todo en caso de avería; por otra parte, aquéllos son más caros y requieren cimientos más resistentes que los segundos. Los apoyos metálicos necesitan pintarse cada tres años, por lo menos, para evitar los efectos de la oxidación, lo cual no evita que las renovaciones sean frecuentes, mientras que los de madera, si ésta ha sido sometida a un buen sistema de preservación, pueden durar más de cincuenta años sin atención alguna.

Las piezas de madera, después de creosataadas, no deben sufrir corte alguno, á ser posible, porque se anulan los efectos de la inyección en aquella parte, defecto cuya importancia puede disminuirse cuando sea de absoluta necesidad hacer cortes, cubriendo las caras de éste con varias manos de alquitrán.

Los ensayos hechos con postes sencillos demostraron que su rotura tenía lugar por la sección situada á unos dos metros de su extremo inferior, en la cual el trabajo es menor que en la correspondiente al nivel del terreno, circunstancia que en un principio se atribuyó á las diferentes condiciones de resistencia de la madera en una y otra sección, explicación que no confirma la experiencia.

El estudio mecánico de un poste sencillo es relativamente fácil y entre ciertos límites bastante exacto; no sucede otro tanto con los apoyos en forma de A, porque el enlace de los dos elementos que le constituyen no es invariable y porque tampoco se conocen con toda seguridad las condiciones mecánicas del empotramiento en el terreno, por cuyas razones no queda otro remedio que atenerse á los resultados de los ensayos y de la experiencia.

Cuando un apoyo en forma de A, como el representado en la figura 4.^a, se somete á la acción de las cargas, uno de los postes que le constituyen se comprime y el otro se estira; la caída puede ser producida porque el primero se rompa por una flexión exagerada, ó porque se destruya el enlace del segundo con el terreno, ó, finalmente, por la rotura del enlace de ambos.—Ω.

NOTA SOBRE LOS FERROCARRILES DEL ESTADO ITALIANO

En tanto que el comercio, la industria y la agricultura de Italia se hallan en plena marcha de prosperidad, los medios de transporte son deficientes y desorganizados en lo posible. Los ferrocarriles del Estado (que comprenden más de 13.000 kilómetros de los 16.000 que constituyen la red completa), son precisamente casi los únicos responsables de esta falta de servicio, del *disserviozio*, expresión nueva con la que se designa actualmente el mal funcionamiento de los ferrocarriles en Italia.

Las redes particulares que subsisten, generalmente de corta longitud (pueden citarse el Oeste siciliano, las dos redes de la

isla de Cerdeña y las líneas de la Sociedad «Veneta»), han podido, al menos hasta ahora, sostener una marcha regular en sus servicios.

Sin embargo, no por esto debe deducirse que la nacionalización sea condenable en principio. Debe existir, y no hay en Italia ninguna persona razonable que sueñe que sea posible volver á la explotación por Compañías particulares. Mas bien debe buscarse la razón de la enorme inferioridad del servicio, en las condiciones, en extremo defectuosas, en que el Gobierno y el Parlamento, bajo la presión de la agitación y de la huelga de los empleados ferroviarios, han procedido á la nacionalización de las vías férreas. En Prusia, en Suiza, actualmente en Austria, se ha adoptado esta medida con plena conciencia de las dificultades que presenta, y después de muchos años de preparación; no ha ocurrido lo propio en Italia.

En la primavera de 1905 se dictó precipitadamente una ley, poco meditada, á fin de poner, desde 1.^o de Julio, la explotación de los ferrocarriles en manos del Estado. Seis semanas tan sólo, con anterioridad á esta fecha, se nombró Director general al Ingeniero Ricardo Bianchi, entonces Director de los ferrocarriles sicilianos, quien quedó encargado de toda la nueva organización de la administración y de la explotación. Al mismo tiempo se crearon direcciones regionales de ferrocarriles, pero los diferentes directores no pudieron ser nombrados ni entrar en funciones hasta los meses de Octubre y Noviembre. Se concedió á las direcciones regionales una autoridad y una iniciativa muy restringidas, y al propio tiempo que en toda la vida política de Italia, se trató de centralizar todo lo posible. Con este objeto se crearon varios servicios centrales con su residencia en Roma, que eran las verdaderas autoridades directoras.

Con el fin de hacer desaparecer las malas relaciones que existían entre el personal de los ferrocarriles del Mediterráneo, el de la Compañía del Adriático y el de la Inspección del Estado (actualmente suprimida), se trató de efectuar en la Dirección general una fusión, reuniendo en cada servicio empleados de diferentes procedencias. Esta tentativa, inspirada en sentimientos generosos, según reconocieron los propios interesados, no dió resultado alguno, aumentándose aún más las desavenencias. La falta de unidad y la ambigüedad en las órdenes dadas, la indolencia, la repugnancia y hasta la desobediencia en cumplirlas, han sido y son las consecuencias, y las disensiones continúan cada vez más.

Con frecuencia se han permutado los destinos de los diversos funcionarios del modo más arbitrario; los innumerables traslados desde todos los puntos del país á Roma y otros sitios, como consecuencia del nuevo régimen, han lesionado muchos intereses. La brusca supresión de antiguas y sólidas instituciones creadas por las Compañías particulares, ejerció un efecto perjudicial. Muchos agentes, y especialmente los que procedían de la Inspección del Estado, fueron promovidos á los más altos cargos, y sus adversarios afirman que esto es la recompensa por la nacionalización tenazmente defendida y ejecutada por dichos agentes. Este hecho ha sido, naturalmente, considerado como atentatorio á los derechos, imaginarios ó reales, de los altos funcionarios de las Compañías particulares. Sin duda el tiempo suavizará estas asperezas, pero hará falta que pase bastante para atenuar todos estos efectos.

Entre tanto el poder regulador es muy defectuoso. Se ven pocos inspectores en las líneas y en las estaciones, los agentes de las estaciones son indolentes y el servicio está casi por completo abandonado al personal de los trenes. De modo que no es de extrañar el hecho frecuente de que los trenes lleven retrasos de una á cinco horas y que estén formados de manera que la regularidad y la seguridad del servicio y la comodidad del viaje dejen mucho que desear. El estado de conservación y la limpieza de los coches de viajeros son muy deficientes y el servicio de mensajerías se hace con mucha negligencia. Cargamentos completos de comestibles, en gran velocidad, se pudren en los vagones y en los almacenes de las estaciones, mientras que