TELÉGRAFOS ELÉCTRICOS.

DEL ESTABLECIMIENTO DE LAS LINEAS ELECTRO-TELEGRÁFICAS.

(Conclusion.)

V.

Trazado y construccion de las lineas en general.

Descritos ya en los artículos anteriores todos los diversos elementos que entran á constituir una línea electro-telegráfica, y examinadas con algunos detalles las propiedades y circunstancias á que deben satisfacer, réstanos para completar todo lo que ofrecimos en nuestro primer artículo, hacer alguna indicacion acerca del modo de combinar y establecer estas diversas partes, para que su conjunto llene cumplidamente el objeto de las líneas telegráficas. Esto es lo que nos proponemos en el presente artículo.

En el establecimiento de toda línea debe atenderse á dos partes principales, que son: su direccion ó trazado y su ejecucion; es decir, que no solo debe saberse colocar y disponer convenientemente los diversos elementos que ya hemos esplicado, sino tambien determinar la direccion ó puntos por donde la línea debe marchar; atendiendo en la eleccion de esta direccion, ademas de las condiciones de mas fácil trasmision, las de economía en la construccion y conservacion.

Si una línea electro-telegráfica hubiera de establecerse entre solos dos puntos dados, el mejor trazado seria sin duda alguna la línea recta, puesto que asi se conseguiria la línea mas corta, el menor número de postes y aisladores, la mas pequeña longitud de alambre, y por lo mismo el menor desperdicio posible de fluido; mas la mayor parte de las veces no se presenta este caso, sino que por el contrario, se fijan otros puntos intermedios entre los dos principales que deben ponerse en comunicacion, por existir mayor economía y facilidad en aumentar la longitud de la línea para establecer la correspondencia entre estos diversos puntos señalados, que el construir una comunicacion directa entre cada dos de ellos.

Estas consideraciones, unidas á los obstáculos que la naturaleza presenta por causa de las grandes desigualdades de los terrenos que se han de atravesar, obligan á construir las líneas electro-telegráficas no solo de tramos rectos, sino tambien formando curvas mas ó menos pronunciadas á semejanza de lo que se practica con el trazado de las carreteras. La facilidad y economía de la construccion y conservacion exigen ademas que las líneas telegráficas marchen por parages por donde pueda circularse con facilidad, y todas estas ventajas se hallan reunidas estableciendo las líneas en direccion de las carreteras y caminos de hierro, ó bien en las inmediaciones de los caminos; separándolas únicamente en aquellos parages en que se presenten curvas muy pronunciadas ó de pequeño radio, que deben evitarse á fin de que no resulten en la direccion del alambre cambios bruscos, que llevan consigo no solo mayor longitud de línea, sino tambien mas gasto en la construccion del telégrafo por causa de las precauciones que es indispensable tomar en todos estos puntos, conforme á lo que despues indicaremos.

Siendo, pues, necesario que el trazado de las líneas electro-telegráficas se componga de rectas y curvas, examinemos sus condiciones en ambos casos.

En los tramos rectos los alambres quedan suspendidos de los aisladores que se hallan fijos á los postes, del modo que ya hemos indicado en el artículo 3.°, y en este caso dichos postes, colocados de distancia en distancia, no tienen que resistir mas que el peso del alambre, ó á esfuerzos verticales que obrarán en el sentido de su longitud; no asi en los tramos curvos, pues en virtud del ángulo que en cada poste formarán las direcciones de los alambres y las tensiones de estos, existirá una resultante horizontal, que obrando normalmente al poste, tenderá á doblarle, lo cual obligará á dotarle de mayor resistencia, bien sea aumentando su escuadria, ó bien fijando

á él tornapuntas ó vientos que le hagan conservar su verticalidad.

A estas causas que asi como el espesor de los alambres, influyen en la resistencia de los postes, podemos agregar para cada localidad el efecto de los vientos reinantes; y atendiendo á todas ellas, podriamos emprender la investigacion de las fórmulas que nos dieran las condiciones de equilibrio entre sus efectos y la resistencia de los postes, lo cual conduciria á determinar su escuadria, y la influencia que en él tuviera el mayor ó menor número de alambres, y la separacion de uno á otro.

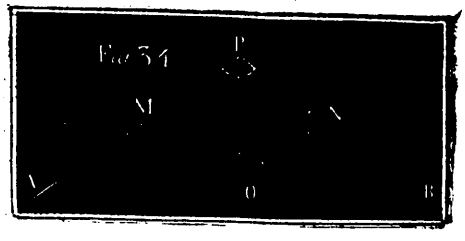
Esta determinacion nos llevaria demasiado lejos y no seria de mucha utilidad práctica; por esta razon nos vamos á concretar al cálculo de lo que mas inmediatamente tiene un interés de aplicacion, sujetándonos para ello á las condiciones con arreglo á las cuales se estan ejecutando nuestras líneas.

Si consideramos la separacion de los postes entre si, observaremos que varia en las diversas líneas, y que mientras en Francia se adopta para separacion media la de 75^m, en Alemania se fija ordinariamente entre 40 y 50 para las líneas construidas al lado de las carreteras y caminos de hierro. Sin embargo, en los terrenos montañosos que ha sido preciso salvar con las líneas telegráficas, se encuentran ejemplos en que los puntos de suspension del alambre, se han establecido á 400^m y mas de distancia. En España la separacion media á que resultarán colocados los postes telegráficos, segun el pliego de condiciones con que se construyen las líneas, es de 59 metros aproximadamente.

El número de alambres de cada línea es tambien muy variable y dependiente de las necesidades que tienen que satisfacer, pudiéndose citar alguna en que existen postes con 20 alambres suspendidos. Mas en la suspension y colocacion de estos alambres debe procurarse que se hallen en diversos planos verticales y horizontales, á fin de evitar el contacto de unos con otros en los movimientos que puedan adquirir, y arreglar su separacion conforme á su número y á su tension. Por esta razon en muchas líneas de Alemania en que el alambre recibe la tension en un principio, y en que esta tension es menor que la que se comunica á los de las líneas francesas, la separacion de ellos suele ser de $0,^m40$, mientras que en Francia solo es de 0,20.

Hechas estas consideraciones respecto al establecimiento de las líneas y las indicaciones que antes hemos enumerado referentes á su trazado, pasemos á examinar detalladamente la diferencia de condiciones en que se encuentran los diversos tramos de las líneas telegráficas y el límite de los cambios de direccion admisibles que corresponde al material adoptado para las nuestras.

Como ya hemos dicho, en los tramos rectos todos los esfuerzos permanentes que obran sobre los postes, se hallan situados en un plano vertical, y por tanto, actuando en sentido de su longitud no tienden á producir en los postes sino efectos á los que cómodamente pueden resistir. Por el contrario en los tramos curvos, las direcciones de los alambres forman polígonos cuyos vértices son los puntos de suspension, contra los cuales se desarrolla un esfuerzo horizontal, que es la resultante de las tensiones de todos los alambres, y que obrando normalmente á la direccion del poste, tiende á doblarle y á romperle, si su intensidad es suficiente. De consiguiente, deberemos procurar en un buen trazado, que la *resultante de estas tensiones sea siempre menor, que el* mas pequeño *esfuerzo capaz de romper el* poste dado.



Si suponemos que AP y BP fig. 34 sean las dos direcciones de los alambres y P el poste, la resultante de las dos fuerzas iguales MP y NP será PO, y tendremos llamando T las primeras y E la segunda que

$$E : T :: \operatorname{sen} \delta : \operatorname{sen} \alpha$$

$$E=\frac{T \operatorname{sen} \delta}{\operatorname{sen} \alpha}$$

pero ON=PN, luego OPN=α de consiguiente $\delta=180°-2\alpha$, sen $\delta=\operatorname{sen}(180°-2\alpha)=\operatorname{sen} 2\alpha=2 \operatorname{sen}\alpha \cos\alpha$; de aqui resulta

$$E=\frac{T\times 2 \operatorname{sen}\alpha\cos\alpha}{\operatorname{sen}\alpha}=2\ T\cos\alpha;$$ y por tanto $$\cos\alpha=\frac{E}{2T};\qquad (1)$$

De modo que si E representa el mas pequeño esfuerzo que puede romper el poste, y T las tensiones dadas de los alambres, α será el límite de los ángulos que pueden formar dos alineaciones consecutivas, puesto que angulos menores darian para $E=2\ T\cos\alpha$ un valor mayor que el esfuerzo que puede soportar.

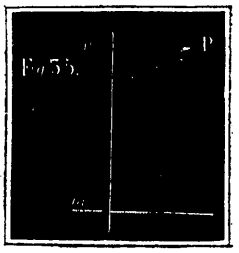
Vemos pues que bastará conocer para nuestras líneas los valores de E y T para que podamos fijar las condiciones de buen trazado.

Para determinar E basta observar que estos postes se hallan en las condiciones de una pieza vertical empotrada en su estremidad inferior, y que actua en la superior un esfuerzo P que le es perpendicular.

Segun las condiciones 2.ª y 3.ª de las aprobadas en 14 de noviembre de 1855, los postes han de tener 6 y 8 metros de longitud empotrándose los primeros 1 metro y $1,^{m}50$ los segundos de modo que las longitudes de los postes desde las secciones de empotramiento serán 5^{m} y $6,^{m}5$, y suponiendo que el punto de aplicacion de la resultante de las tensiones de todos los hilos se verifique á $0,^{m}50$ de distancia del estremo superior del poste, no tendremos que considerar en los cálculos sino las longitudes de $4,^{m}50$ y 6 metros.

Para facilitar los cálculos podemos suponer cilíndrica la forma cónica que ordinariamente tendrán los postes, adoptando por seccion la media que resulte de las fijadas en las condiciones, en lo cual no habrá inconveniente ninguno, puesto que equivale á disminuir algun tanto la resistencia de la pieza dada, y nos evita cálculos mucho mas complicados.

Segun esto adoptaremos por diámetros de las secciones medias, $0,^{m}16$ para los postes de mayor longitud y $0,^{m}12$ para los otros



La fórmula general que nos da el equilibrio de la pieza *mn* (fig. 35) solicitada por la fuerza P y despreciando el efecto de la curvatura que toma es:

$\rho=P\,a$; P siendo la fuerza que actua, a la distancia *mn* y ρ el momento de rotura, cuya espresion general en este caso es $\rho=R\frac{\pi r^{3}}{4}$; de consiguiente sustituyendo tendremos.

$$R\frac{\pi r^{3}}{4}=P\,a;\qquad P=\frac{R}{a}\ \frac{\pi r^{3}}{4};$$

Por lo que ya hemos dicho, tendremos

Para los postes mayores. . . $\begin{cases} a=6^{m} \\ r=0,^{m}08 \end{cases}$
Para los postes menores. . . $\begin{cases} a=4,^{m}5 \\ r=0,06 \end{cases}$ y $\pi=3,1416$

El valor de R para el pino será de 8 000 000^{k} y en la aplicacion 800 000 y por lo tanto el valor general de P se convertirá en los particulares.

$$1.°\quad P'=\frac{800\ 000^{k}}{6}\times\frac{3,1416\times(0,08)^{3}}{4}$$

$$=\frac{2\ 513\ 280\times 0,000\ 512}{24}=\frac{1286,80}{24}=53,^{k}61$$

$$2.°\quad P'=\frac{800\ 000}{4,50}\times\frac{3,1416\times(0,06)^{3}}{4}$$

$$=\frac{2\ 513\ 280\times 0\ 000\ 216}{18}=\frac{542,87}{18}=30,^{k}16$$

De consiguiente resultará para los valores de E correspondientes á las dos clases de pos-

tes E=53,^{k}61; E=30^{k}16; pasemos ahora á determinar la tension de cada alambre.

Segun la condicion 8.ª debe servir de regla para determinar la tension de los alambres, el *esfuerzo que hacen los hilos de 4 milímetros cuando entre dos postes colocados á 50 metros se deja á la curva una flecha de* 0,^{m}30.

Estando el alambre suspendido de los dos puntos, la ecuacion de la *cadenaria* nos da para determinar la tension horizontal la fórmula

$$\frac{p\,s}{Q}=2\,\frac{y}{s}\,\frac{s^2}{s^2-y^2}\quad\text{de donde}\quad Q=\frac{p(s^2-y^2)}{2y}$$

p es el peso del alambre por unidad de longitud.

Siendo 50 metros la distancia de los dos puntos de suspension y teniendo de flecha solo 0,^{m}30, la longitud del alambre será poco diferente de 50 metros; y asi para determinar el valor de Q correspondiente á los puntos de suspension podremos sustituir $s=25$ metros, $y=0^{m}30$ y por consiguiente

$$Q=p\frac{(25)^2-(0,^{m}30)^2}{2\times 0,30}=p\frac{625-0,09}{0,60}=p\times 1041,5$$

Siendo la densidad del alambre de hierro 7 800 y 4 milímetros su espesor, tendremos que $p=3,1416\times(0,002)^2\times 7\,800$, de consiguiente resultará:

$$Q=3,1416\times(0,002)^2\times 7\,800\times 1041,5=101^{k}49$$

Prescindiendo del rozamiento del alambre en los puntos de suspension, podemos suponer sin error sensible que esta tension horizontal Q es la que actúa en direccion de cada alambre, de modo que si solo existe un alambre, su valor es T=Q, si dos alambres T=2Q, si tres T=3Q, y asi sucesivamente.

Tenemos, pues, calculados los valores que deseábamos, es decir, los de E y T, y de consiguiente tendremos el valor de *cos* α dado por la fórmula (1) $\cos\alpha=\frac{E}{2\,T}$, que nos da los resultados siguientes:

Número de alambres.	Valores de T.	Postes de 8 metros E=53,^{k}61		Postes de 6 metros. E=50,^{k}16	
		Valores de cos α.	Valores de α.	Valores de cos α.	Valores de α.
1	101,^{k}49	0,2641	74° 41′	0,1485	81° 27′
2	202,^{k}98	0,1320	82° 25′	0,0742	85° 44′
3	304,^{k}47	0,0880	84° 57′	0,0495	87° 10′
4	405,^{k}96	0,0660	86° 13′	0,0371	87° 52′
6	608,^{k}94	0,0440	87° 29′	0,0247	88° 35′
8	811,^{k}92	0,0330	88° 6′	0,0185	88° 56′
10	1014,^{k}90	0,0264	88° 29′	0,0148	89° 9′
12	1217,^{k}88	0,0220	88° 44′	0,0123	89° 17′

Y como α en la figura 34 es la mitad del ángulo que forman las dos direcciones de los alambres, resultará que los valores colocados en la 4.ª y 6.ª casillas nos indicarán que en el trazado de las líneas telegráficas deberemos procurar que el ángulo que forman dos direcciones consecutivas del alambre no llegue nunca al duplo de estos valores, si adoptamos los postes que las condiciones señalan; esta es pues, la sujecion con que debemos trazar los tramos curvos, y con arreglo á ella determinaremos en una curva ya dada, la separacion que deban tener los postes para que quede satisfecha.

Tambien nos manifiestan estos resultados, que pasados estos ángulos límites, los postes no tienen la resistencia suficiente para soportar la tension que debe tener el alambre, y por tanto que en el caso en que sea necesario adoptar ángulos menores, es preciso recurrir á vientos ó tornapuntas á fin de aumentar esta resistencia y proporcionar al poste la con-

veniente estabilidad. Asi, por ejemplo, en una línea de 6 alambres y postes de 8 metros de longitud total fijados con arreglo á las condiciones, el ángulo límite será de 174° 58′: para ángulos mayores el poste por sí solo tiene suficiente resistencia; pero si el ángulo que forman dos direcciones consecutivas es menor, el poste necesita tener mayor escuadría ó que su resistencia se aumente con tornapuntas ó vientos.

Basta todo lo dicho para conocer los detalles de un buen establecimiento y trazado de una línea electro-telegráfica, puesto que hemos hablado del número y separacion de los alambres, de la distancia entre los postes en los tramos rectos, el modo de determinar esta separacion en los tramos curvos, y de fijar los casos en que los postes necesitan un aumento de resistencia para sufrir al esfuerzo que resulta de las tensiones de los alambres; vamos ahora á dar fin á estas consideraciones, haciendo una ligera indicacion referente á la construccion propiamente dicha.

Señalada la traza de la línea, plantados los postes en los puntos convenientes del modo que ya indicamos en el art. 2.°, y á las distancias que resulten conforme á las consideraciones que acabamos de enumerar, y fijados á ellos los aisladores del modo que se dijo en el art. 3.°, se pasa á la colocacion del alambre que se hallará comunmente formando madejas ó rollos.

Antes de esta operacion se recorre el alambre, para hacer desaparacer los retorcidos ó *jorobas* que tenga á fin de rectificarle lo mas posible. El primer estremo del alambre se fija ó ata á un poste, y pasando al siguiente se introduce en el correspondiente aislador, despues de lo cual se le da la primera tension á fuerza de brazo, á cuyo efecto tres ó cuatro hombres tiran del alambre marchando desde el 2.° poste al 3.° y al llegar á él es necesario subir el alambre al aislador sin que pierda esta 1.ª tension que ha recibido. Esta operacion se ejecuta con dos tenazas, una de ellas fija al poste y la otra al alambre, unidas ambas por una cuerda que pasa por las poleas dobles de que estan provistos sus mangos, y con cuyo auxilio se consigue aproximar una á otra lo que se desee, y aumentar en consecuencia la tension del alambre.

Introducido el alambre en el tercer aislador se pasa al 4.° poste, ejecutando las mismas operaciones; y colocado el alambre sobre los aisladores, se pasa á proporcionarle la tension definitiva, por medio de los tensores, que se colocan del modo que indicamos en el artículo 4.°, auxiliándose para conseguirlo de la doble tenaza.

Esta indicacion sobre el modo de llevar á cabo la ejecucion de una línea telegráfica es suficiente para satisfacer nuestro objeto, tanto mas cuanto que los detalles de estas operaciones que pueden modificarse y variarse considerablemente segun las circunstancias, son todos ellos fáciles de ejecutar.

Damos pues por terminadas las indicaciones que nos habiamos propuesto hacer sobre esta materia, habiendo en nuestro concepto, llenado el compromiso que adquirimos cuando en el número 10 del presente año de nuestro periódico dijimos «consideraremos separada»mente las propiedades y dimensiones de los »hilos, las de los apoyos, aisladores y tenso»res y despues pasaremos á la combinacion y »establecimiento de todos estos elementos.»

En todas nuestras consideraciones, hemos procurado referirnos á las condiciones aprobadas para nuestras líneas como allí tambien ofrecimos, concretandonos á lo de mas inmediata aplicacion, con la idea siempre de que fueran de alguna utilidad para nuestros lectores, que es el único deseo que quisieramos haber satisfecho.

M. Garran.

INUNDACIONES

DEL MEDIODIA DE FRANCIA.

Nuestros lectores conocen ya los desastres y lamentables sucesos ocurridos en esta primavera á consecuencia de las avenidas de casi todos los rios de las cuencas del Ródano y del Loire, cuyas aguas han arrasado campos y han destruido gran número de edificios en aldeas y en ciudades populosas. La atencion de los ingenieros se ha dirigido