

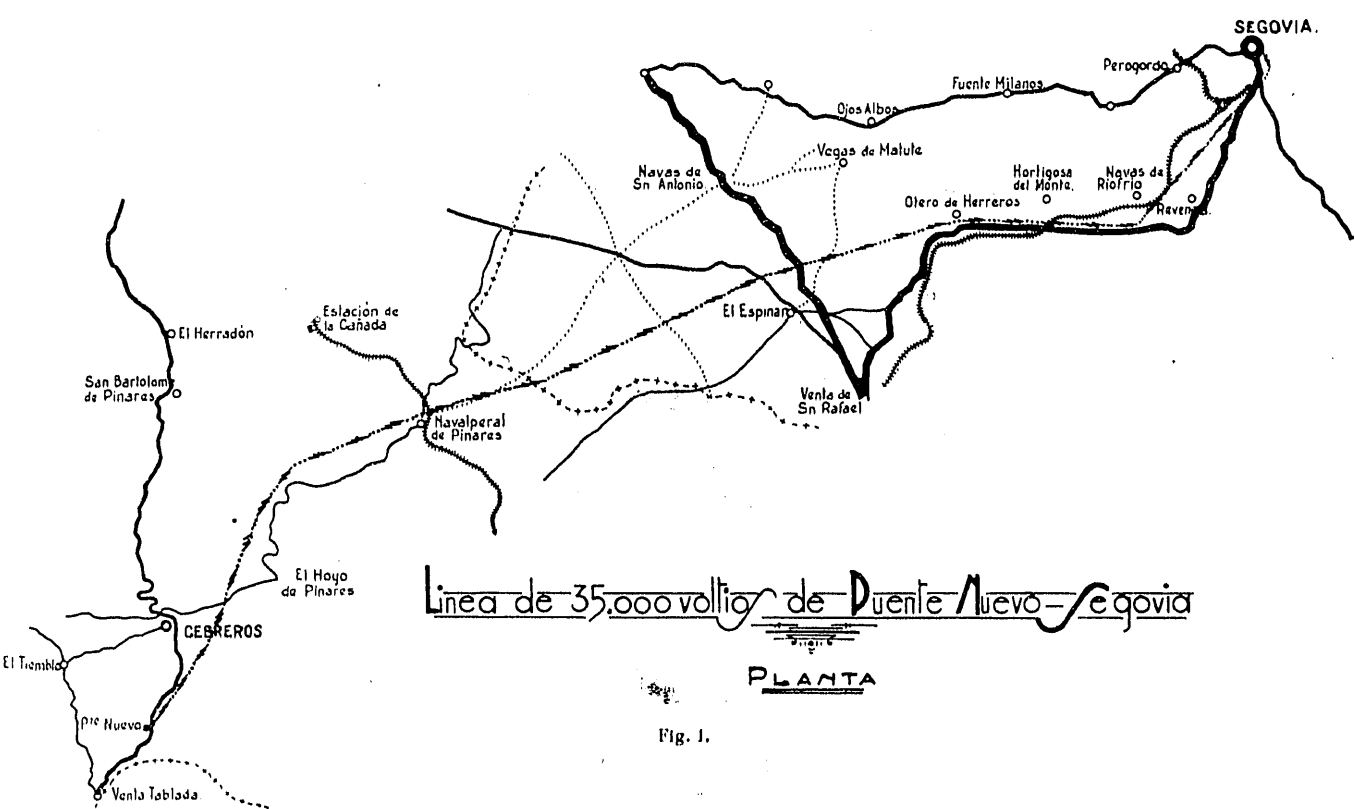
Un caso excepcional de sobrecargas en la línea de 35 000 voltios, de Puente Nuevo (provincia de Avila) a Segovia, de la Sociedad "Saltos del Alberche"

En febrero del año 1930 se comenzaron por "Saltos del Alberche" los estudios de una línea de 35 000 voltios que, partiendo de la central de Puente Nuevo, había de alimentar la ciudad de Segovia.

La línea, como se indica en las figuras adjuntas, se dirige a Navalperal de Pinares, alcanzando paulatinamente la cota 1 300 metros. De Navalperal a El Espinar franquea la cordillera carpetobetónica, alcanzando la cota 1 630 m y manteniéndose entre

Terminada la construcción de la línea en otoño, no pudo ponerse en explotación hasta mediados del año 1932, por retrasos en la concesión oficial por dificultades puestas por los propietarios de algún sector para la ejecución de la línea.

Durante el primer año de instalación de la línea no se notó ninguna anomalía, hasta fines de diciembre, en que, tras varios días de temporal, durante el cual no se pudo subir a la Sierra a causa de



las 1 500 a 1 630, en longitud de unos 6 km, al cruzar la meseta que corona la Sierra por aquella parte.

El trazado fué elegido buscando la línea más corta entre Navalperal y El Espinar, como puntos inquestionables, ya que la elección de un mejor paso de Sierra (por ejemplo, el de la carretera de Navalperal a Aldeavieja, de construcción posterior) hubiera alargado considerablemente el trazado, sin justificación, al menos aparente, pues no se podía sospechar entonces que las condiciones climatológicas del actual trazado fuesen tan duras y hasta excepcionales como luego se ha comprobado.

La línea había sido calculada para las sobrecargas normalmente establecidas por los Reglamentos. La línea telefónica iba montada sobre los mismos postes portadores de los cables de alta tensión. El vano normal era de 170 m, con un tipo de postes como el indicado en la figura 3. El cable, de aluminio "Al-drey", de $3 \times 70 \text{ mm}^2$.

las intensas nevadas, se puso de manifiesto que varios postes del sector de la Sierra, situados entre las cotas 1 500 y 1 630, se habían doblado por completo, en sentido normal a la línea, por efecto del viento.

Los conductores estaban rodeados de un manguito formado por agujas de hielo, cuya sección principal adoptaba la forma elíptica, con su eje menor en dirección paralela al suelo, y en la que el eje mayor llegaba a alcanzar treinta centímetros.

El fortísimo viento que tuvimos ocasión de apreciar coexistía con el manguito, y éste estaba tan fuertemente adherido a los cables, y era de tal consistencia, que no se desprendía dando grandes golpes al conductor con un bastón. Nótese que la superficie expuesta al viento era superior a la aparente, a causa de las concavidades y sinuosidades de la superficie. Pudo apreciarse también que el diámetro del manguito era independiente del diámetro del conduc-

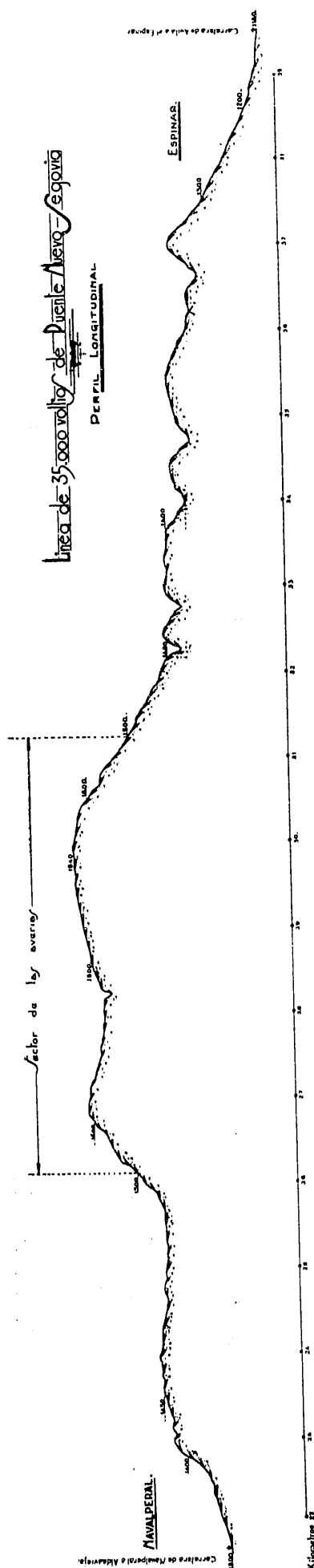


Fig. 2. Perfil del sector Espinar-Navalperal

tor; las mismas dimensiones presentaba en la línea telefónica que en la de alta tensión.

Los postes se habían doblado a causa del esfuerzo del viento que actuaba sobre los conductores y postes, ya que éstos estaban por completo tupidos y se habían convertido en una pared de hielo.

Con objeto de evitar que se doblaran todos los postes hubo que proceder apresuradamente a desmontar los cables en el cruce de la Sierra, entre las cotas 1400 a 1600.

¿Qué esfuerzos por metro lineal se producían? No creemos fueran inferiores a 15 kg, es decir, una a siete veces mayor que los que prescribe el Reglamento suizo en regiones alpinas y unas quince veces más grande que el esfuerzo calculado según el Reglamento español, al tener en cuenta la acción del viento.

Las condiciones climatológicas del cruce de la Sierra entre Navalperal y El Espinar son realmente excepcionales y constituyen un fenómeno climatológico poco conocido, incluso en naciones del Norte de clima extremado.

El manguito de

hielo de gran sección se produce únicamente entre las cotas superiores a 1500 m, en especial en la meseta superior de la Sierra, abierta a todos los vientos y con temperaturas muy bajas.

La densidad del hielo, según los resultados de algunas experiencias realizadas, es de 0,5.

El manguito se forma, no por efecto de la nieve, sino por la escarcha que se adhiere a los conductores, en especial en días de niebla. El fenómeno se produce con bastante rapidez, tanto que el diámetro de 10 cm lo alcanza, al parecer, en muy pocas horas, aunque sobre esto no se han podido efectuar comprobaciones definitivas.

Tras madura reflexión, y dadas las dificultades de todo género que presentaba el calentamiento de la línea, también estudiado, se acordó cambiarla por completo en el cruce de la Sierra, calculándola para un viento de 50 kg sobre manguito de ϕ 15 cm, de densidad 0,5 y temperatura de -10° .

Se proyectaron y construyeron postes del tipo indicado en la figura 4, con poco momento de inercia en el sentido de la línea, vanos de 70 m, con aisladores de cadena y cable de bronce de 70 milímetros cuadrados.

La línea telefónica se estableció aparte, sobre robustos postes de pino creosotado, con vanos de 30 m, cables de acero de 35 mm² y soportes curvos para los aisladores de ϕ 25,4 mm.

Este cambio se realizó únicamente, como decimos antes, en el sector correspondiente al cruce de la Sierra (cotas 1500 a 1630). En las subidas

de Navalperal a El Espinar (cotas 1200 a 1400) se reforzaron los postes y se separó la línea telefónica en algunos tramos.

La línea se puso en servicio en la primavera de 1932, y el siguiente invierno estuvo en explotación sin averías de importancia.

Algunos días se formaron gruesos manguitos de hielo y se pusieron de manifiesto los extraordinarios esfuerzos de percusión y resonancia que se producían en el sentido longitudinal de la línea al desprenderse el manguito, a pesar del vano reducido de 70 m y de los aisladores de cadena, que proporcionan a la línea una gran flexibilidad.

Por dicha causa hubo necesidad de reforzar los

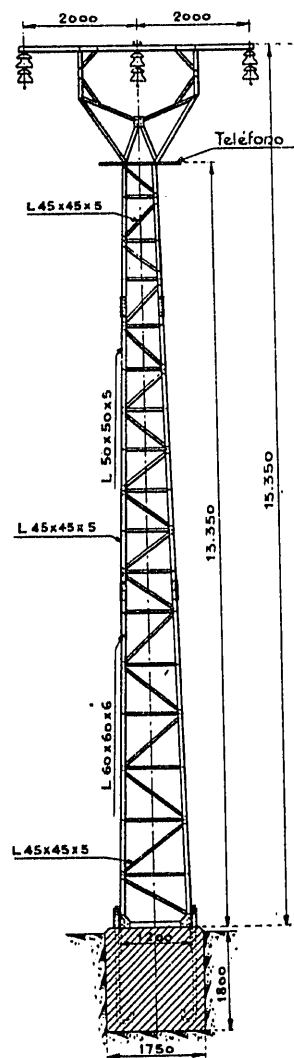


Fig. 3. Poste de alineación primitivo

postes mediante vientos de acero en las partes más castigadas.

En la línea telefónica independiente fué necesario efectuar las transposiciones con aisladores de cadena, y se vió la necesidad de reforzar los soportes, ¡de una pulgada de diámetro!, con piezas sujetas a los arcos de los mismos, para impedir que se abriesen.

Especial interés revisten los fenómenos produci-

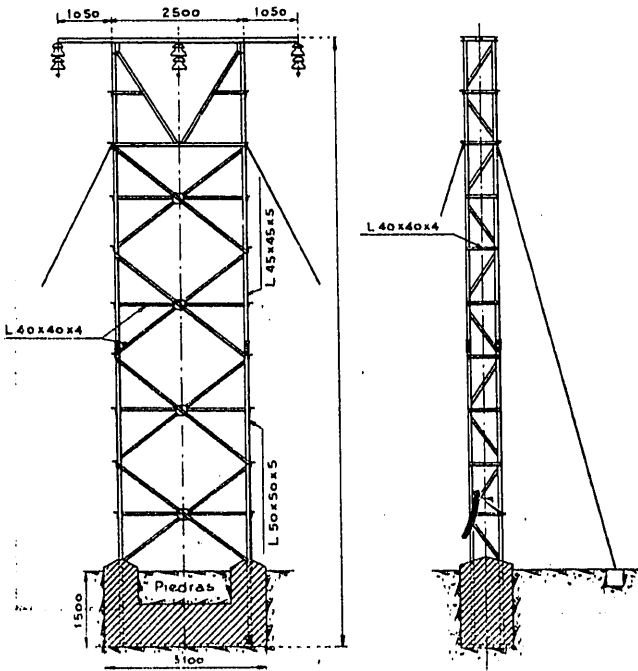


Fig. 4. Poste de alineación adoptado en el cruce de la Sierra, atrantado con cuatro vientos en algunos sectores

dos por el viento, principalmente cuando coexiste, como es frecuente, con el manguito. En vanos de 70 metros, con distancias ¡de dos metros! entre conductores, ha habido contacto de fases, y fué necesario, en algún punto, sujetar al suelo, mediante cadena de aisladores, el centro de los vanos.

En uno de éstos, de 140 m, situado en la subida de la Sierra por el lado de Navalperal, a la cota

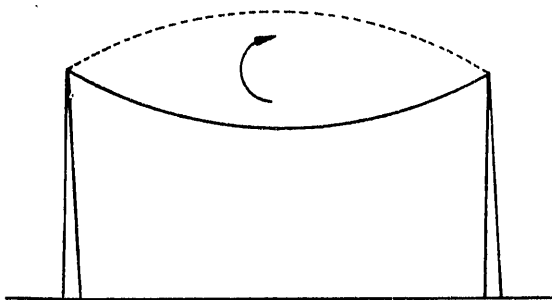


Fig. 5. Esquema de la oscilación de un conductor en un vano de 140 metros en la subida de Navalperal, cota 1 400 metros

de 1400 m, se observó el fenómeno, ya señalado en algunas líneas extranjeras, de oscilar una catenaria en sus apoyos como una comba, con lo que se produjeron contactos de conductores, ya que la distancia entre éstos era, naturalmente, menor que la flecha del vano.

Durante el invierno 1932-1933 se consignó una explotación satisfactoria de la línea, a pesar de que

en un temporal del pasado diciembre se formaron manguitos de hielo de la importancia que se señala en las fotografías que ilustran este artículo, y que alcanzaron hasta 40 (cuarenta) centímetros en su diámetro mayor y 0,50 de densidad.

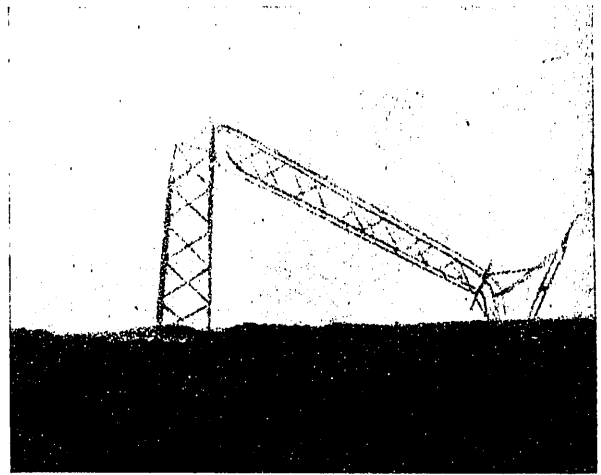


Fig. 6. Poste de alineación doblado por el viento, actuando sobre manguitos de hielo de 30 cm de diámetro. Cota 1 550 metros

Tuvimos ocasión de presenciar desprendimientos de manguitos de hielo que daban origen a esfuerzos longitudinales y oscilaciones extraordinarias en los postes.

Sin embargo, salvo en la línea telefónica, no se interrumpió prácticamente la explotación de la línea.

En la actualidad se ha preparado lo necesario para efectuar ensayos de calentamientos de los cables en cuanto vuelva a formarse el manguito, a pesar de las dificultades que eso supone para la explotación, por no disponer, hasta el presente, más que de una sola línea, de la poca confianza en el teléfono en casos de temporal, de la rápida formación del manguito, de la imposibilidad de subir algunos días a la Sierra para saber cuándo conviene calentar, del peligro de rápida fusión con desprendimiento brusco del hielo, etc. En verdad, poco confiamos, por diferentes razones, en el éxito de estos ensayos; pero es obligado intentarlos, para ver si se llega, al menos, a impedir la formación de manguitos de gran diámetro, aunque la línea se ha previsto y ha demostrado ya resistencia suficiente para soportarlos.

¿Qué se deduce de esta experiencia?

Las líneas, en general, se calculan basándose en determinados Reglamentos, que establecen criterios más o menos rigurosos al fijar los coeficientes de seguridad.

Sin embargo, en la línea que nos ocupa, los esfuerzos producidos son del orden de diez veces las sobrecargas reglamentarias. No inferimos de esto la

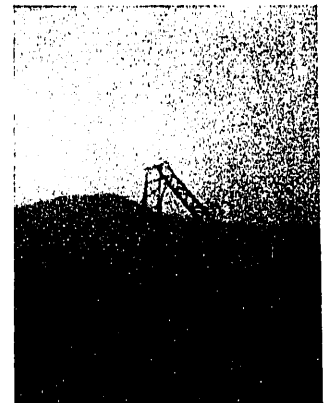


Fig. 7. Poste de alineación primitivo, doblado en el cruce de la Sierra entre Navalperal y El Espinar

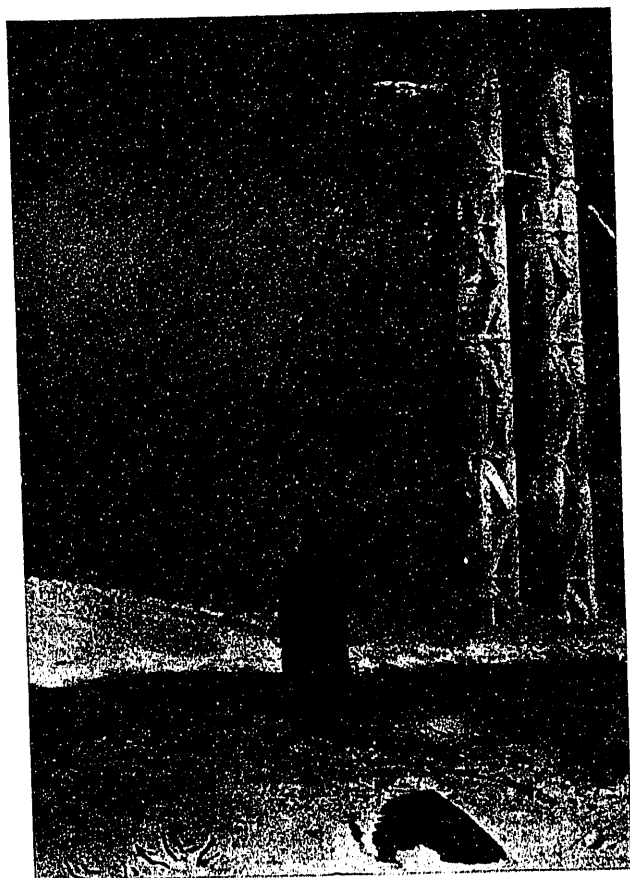


Fig. 8. Postes de alineación y de amarre en la línea reforzada de cruce de la Sierra. El hielo tabica la celosía del poste y forma un bloque alrededor de los aisladores, perfectamente aislante. El manguito alrededor de los conductores es de unos 30 cm

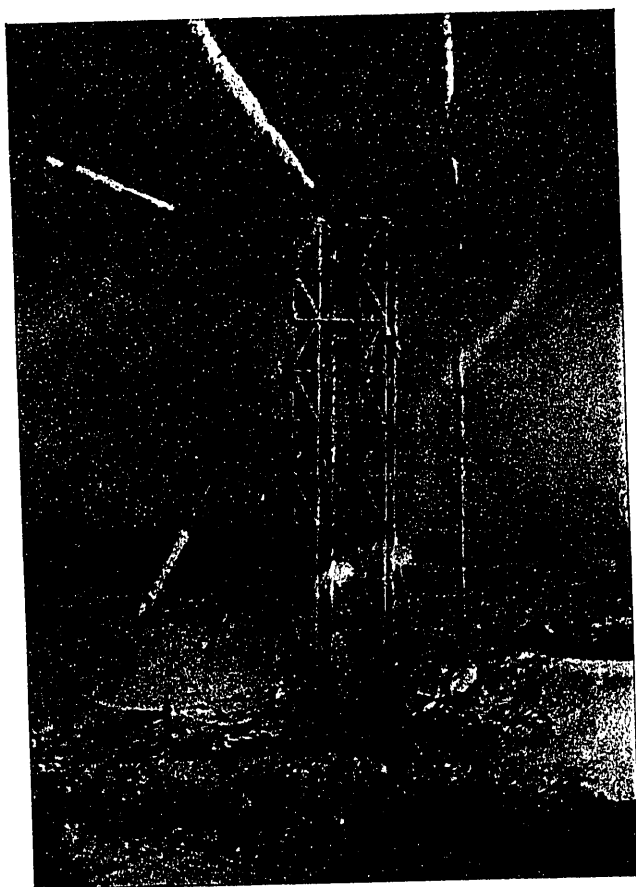


Fig. 10. Poste de amarre en la línea reformada de cruce de la Sierra, con cuatro vientos de sujeción. Cota 1 630 m

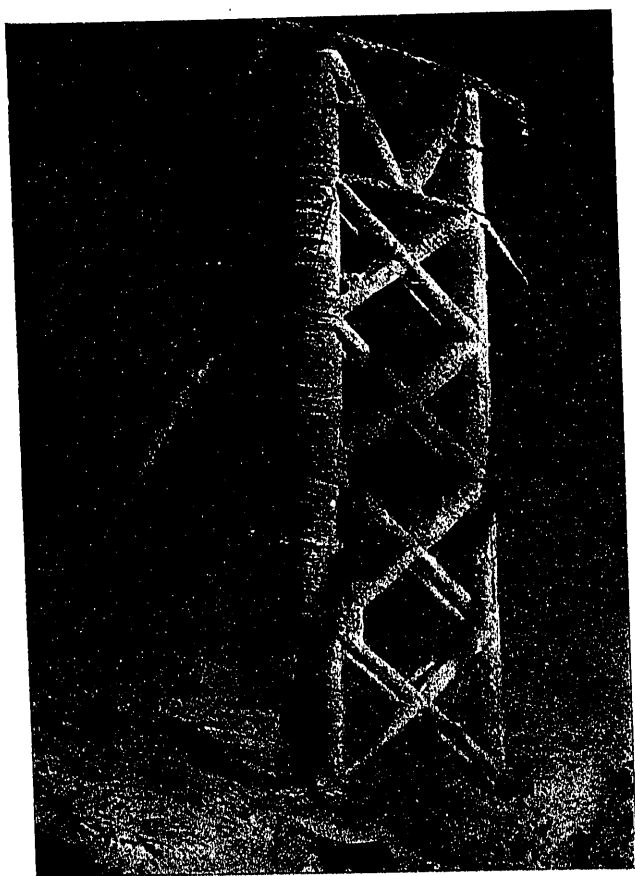


Fig. 9. Poste de alineación a la cota 1 600. Un bloque de hielo tabica la celosía del poste paralela a la línea

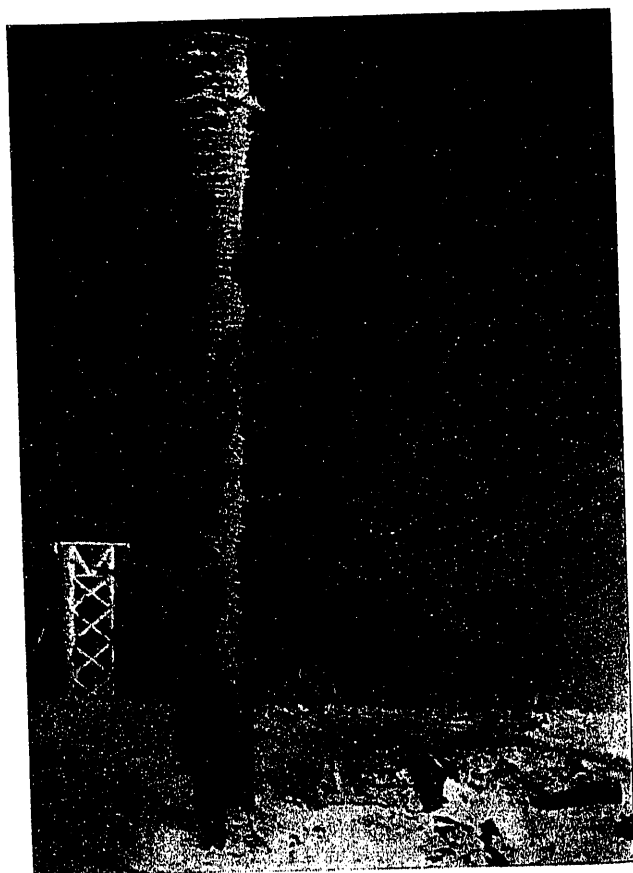


Fig. 11. Poste de la línea telefónica en que se advierte la acción del viento sobre los postes de madera

necesidad de establecer Reglamentos mucho más rigurosos, aunque parece que la experiencia se inclina a no excederse en la adopción de criterios excesiva-



Fig. 12. Manguito de hielo, de 28 cm de diámetro mayor, de forma elíptica, sobre cable de bronce de 70 mm². Se han medido manguitos, sin poder sacar fotografías de más de 35 cm. Cota 1 600 m

mente favorables en los cálculos de líneas; sin embargo, la prueba de que las hipótesis reglamentarias son corrientemente aceptables está en que esta mis-

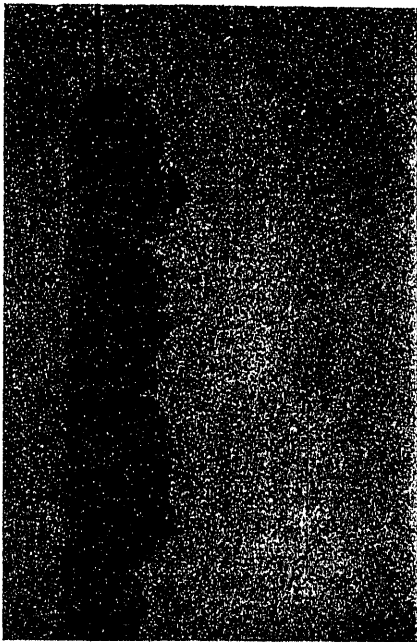


Fig. 13. Manguito de hielo formado alrededor de un viento de acero de sujeción de poste, en lo alto de la Sierra

ma línea, en regiones más templadas, no ha sufrido la más ligera avería.

Los proyectos de líneas de alguna importancia, y

en especial cuando atraviesan regiones de clima desconocido y no se cuenta con la experiencia de otras líneas próximas, mucho más cuando se franquean sierras y pasos difíciles, requieren un previo y profundo estudio meteorológico, incluso de velocidades de viento, formación de manguitos, etc. Algo así como lo que significa el acopio de datos sobre aforos en la construcción de un salto de agua.

Sin estos estudios previos se va completamente a ciegas, y de nada sirve ni nada significa la adopción de determinados coeficientes o criterios rigurosos de

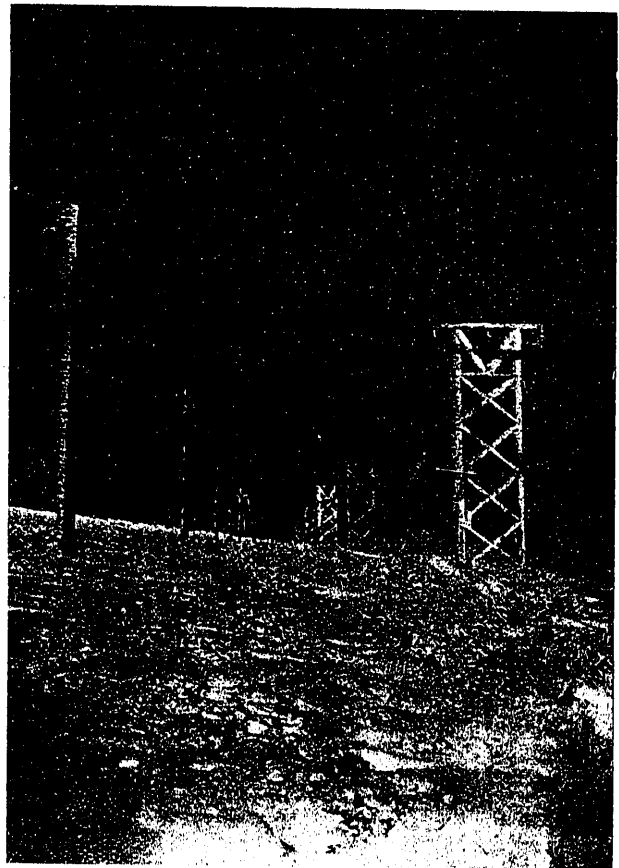


Fig. 14. Vista general de la línea de alta tensión y telefónica en la meseta del cruce de la Sierra

sobrecargas. La realidad puede, en algunos casos especiales, como el que presentamos, exceder todas las hipótesis.

Señalemos también, como una de las conclusiones de este artículo, el hecho de que en líneas eléctricas no cabe decir que la línea recta sea siempre la distancia más corta entre dos puntos.

Por considerar el caso presente de gran elocuencia, y por creer que su experiencia puede ser útil a constructores y proyectistas de líneas, lo exponemos a la consideración del público técnico.

Antonio S. PERALBA ALVAREZ
Ingeniero de Caminos