

veces a socorrer a las viudas e hijos de compañeros muertos prematuramente, sin legarles más fortuna que la del apellido que llevan.

Entre todos los alegatos que se han dirigido al ministro de Obras públicas en favor de los ingenieros perseguidos, ninguno debiera hacer más mella en su espíritu que esta suscripción silenciosa, que, en definitiva, hace que pese el quebranto económico sobre la colectividad.

Pero hay otro daño que urge reparar: el de la descalificación moral que, sin remedio, se une a un castigo tan fiero como el de arrancarles el derecho a formar parte del Escalafón del Cuerpo de Caminos. Nada más sagrado que la posesión de las prerrogativas que concede un título, logrado después de estudios intensos hechos en la época de la vida en que más sacrificio supone, ya que es la más amena de la existencia. Y se borra todo este pasado brillante por la simple denuncia hecha por gente anónima, ya que, aunque estampen su nombre en ella, carece éste de garantía y no se ha formado expediente que la depure.

Además, y esto es lo más grave, se mantiene la confusión, como antes decimos, de los motivos por los cuales se han decretado las sanciones. Oficialmente, para la mayoría, se invocan causas políticas; pero se ha dejado entrever que también obedecen, a veces, estas graves medidas a conductas poco correctas en el orden moral, y esto es del todo inadmisibile. Involucrar ambos procederes es inicuo. Muy grave es que se falte a la ley que se aplica, y más si, como creemos, los fundamentos para aplicarla no han sido comprobados; pero al Cuerpo de Caminos le intere-

sa sobremanera que se establezca en todo esto la distinción debida.

Los motivos políticos no deshonran, y como, además, por lo que el público sabe y antes se ha dicho, apenas afectan a los ingenieros de Caminos, quedan los otros, los que atentan al prestigio moral.

Desea el Cuerpo de Caminos que a los ingenieros sobre los que recaigan sospechas de falta de rectitud se les forme expediente, y si hay en éste indicios de culpabilidad, se pase el tanto de culpa a los Tribunales, para que éstos impongan las sanciones que procedan, nunca el ministro, ni siquiera el Consejo de ministros.

El Cuerpo de Caminos ha deseado que así se proceda para que, si hubiese alguna conducta incorrecta, aislada, no mancille el honor colectivo, que la solidaridad corporativa crea. Por eso siempre que se le han dado medios de purificarse los ha utilizado con gran rigor. La tolerancia o debilidad jamás ha estado por parte del Cuerpo de Caminos, cuyos miembros directivos hasta han sufrido procesamientos de los Tribunales de justicia por haber expresado con vehemencia el concepto que les merecían los compañeros incorrectos. Siempre que el disuelto Consejo de Obras públicas ha informado en asuntos de esta clase, a petición superior, lo ha hecho extremando la severidad.

El Cuerpo de Caminos solicita respetuosamente, pero con calor, del Poder público que cese cuanto antes esta situación confusa en que se encuentran muchos de sus miembros, para que la verdad, y con ella la justicia, resplandezcan.

Funiculares aéreos para el transporte de personas

I

Sobre funiculares aéreos para el transporte de personas no se ha escrito mucho; bien es verdad que sobre el tema general, funiculares aéreos, tampoco se ha escrito lo que se debiera, y, sea por lo que sea, el hecho cierto es que la bibliografía a la disposición de los ingenieros que tienen necesidad de estudiar estos asuntos es muy corta e incompleta. El tema, sin embargo, no sólo es muy sugestivo en sí mismo como problema técnico, sino que merece que por muchos otros conceptos se le dedique algunas páginas, porque el desarrollo y mejoramiento de este sistema de transporte ha sido formidable en los últimos años.

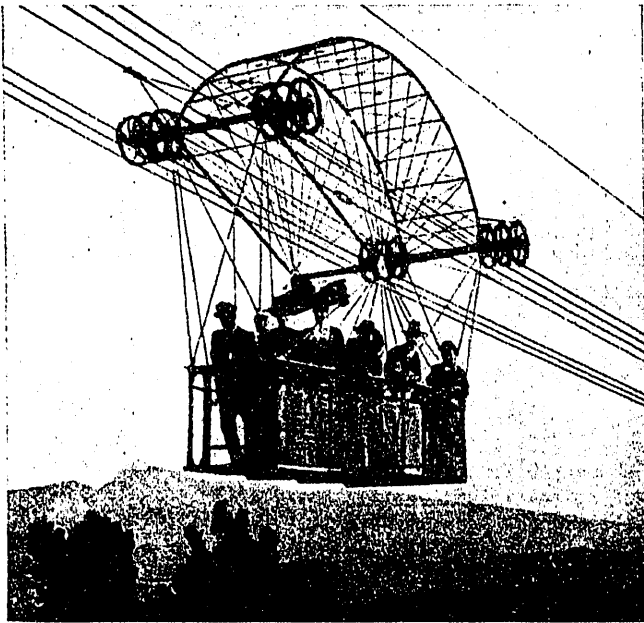
Desde la construcción del transbordador del monte Ulía hasta la del funicular aéreo de Miramar a San Sebastián, sobre el puerto de Barcelona, por señalar dos fechas bien características en la historia mundial de esta clase de obras, no han transcurrido sino veintitrés años, y, sin embargo, ¡qué progreso tan enorme! El teniente coronel G. Espitallier, en un artículo publicado en *Le Génie Civil*, en 1909, decía, refiriéndose al primero: "Los dos principios esenciales del sistema Torres son: 1.º, la multiplicidad de los cables portadores, de modo que la rotura de uno de ellos no puede influir sobre la seguridad; 2.º, la

tensión constante de cada cable, independiente de la carga transportada." Pues bien, de estos dos principios, el segundo continúa inmutable; pero el primero, y sin que ello empañe la gloria de tan insigne ingeniero, ha variado de un modo tan radical, que desde los seis cables portadores del transbordador del monte Ulía, el nuevo concepto de la seguridad los ha reducido a uno sólo en el funicular aéreo de Miramar a San Sebastián.

El porqué de estas y otras cosas no está escrito en los libros; las monografías aparecidas en las revistas profesionales se refieren a casos muy concretos, y el ingeniero verdaderamente interesado en estudiar estos asuntos no tiene otro camino que el que he seguido yo mismo ya en dos ocasiones: pasearme por Centroeuropa, verdadero nido de esta clase de obras; estudiar personalmente las mejores instalaciones construidas, ponerme en contacto con las mejores Casas especializadas, reunir cuantos datos dispersos en revistas y folletos he encontrado y acabar, finalmente, por tener un criterio propio, como consecuencia, sobre todo, de las dificultades que he tenido que vencer al estudiar los tres proyectos de funiculares aéreos que ya he proyectado para el uso exclusivo del transporte de personas.

En España, con excepción del libro de Baró Fu-

niculares aéreos, dedicado más especialmente a transportes mineros e industriales, nada se ha escrito; los que conocen estos asuntos tampoco han llevado sus conocimientos a las revistas profesionales, y por ello serán este artículo y otros que me propongo escribir los primeros que aparezcan en la revista técnica española sobre asunto tan interesante como son los "funiculares aéreos para el transporte de personas".



1907. Transbordador del Monte Ulía (San Sebastián). Bicable.
Seis cables por vía

Espero que la buena voluntad de llenar este vacío, a falta de otros merecimientos, me ampare en mis propósitos. Estos son, por otra parte, bien modestos: quiero dar cuenta de las razones por las cuales se ha llegado a los modernos tipos de funiculares exclusivamente dedicados a transporte de personas; diré dos palabras sobre las instalaciones que más me han interesado; añadiré algunas estadísticas sobre costes y tráfico y terminaré indicando cuáles son las más modernas tendencias en la construcción de estas obras.

* * *

Desde que se construyó el primer funicular aéreo para el transporte de personas hasta que las Casas constructoras, por acumulación de experiencia y perfeccionamientos, han llegado a los tipos modernísimos actuales, ha transcurrido tanto tiempo, que podríamos decir, bien sea con la socorrida y vulgar frase, justamente cierta en este caso, que la aplicación de los funiculares aéreos "se pierde en la noche de los tiempos". En el libro de Baró, en el de Cappelloni y en la consabida "Enciclopedia Espasa" encontrará el lector datos que le remontarán, mil años atrás, nada menos que a la China y a la India; pero nosotros, más modestos, vamos a partir desde veinticinco años ha, en cuya fecha esta clase de obras comenzaron a ser verdaderamente útiles. Desde entonces el progreso en la construcción de funiculares aéreos para el transporte de personas se señala por los siguientes hechos:

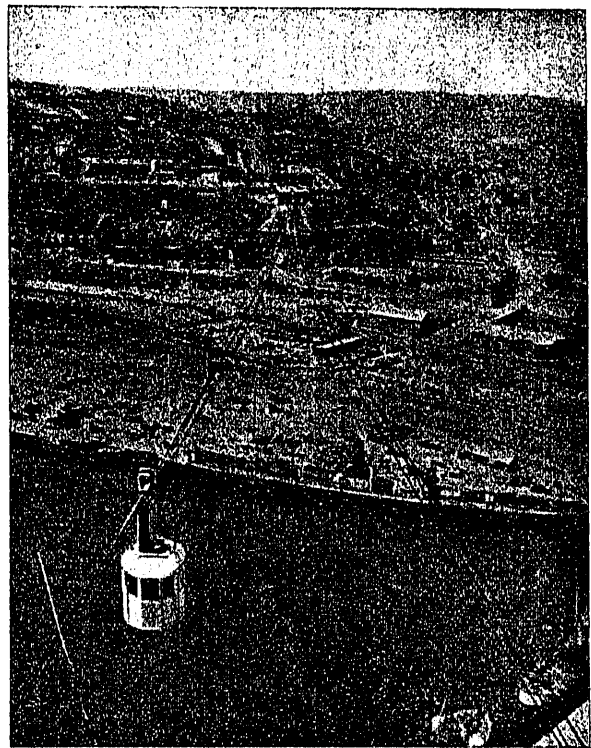
- a) Utilización exclusiva del sistema tricable.
- b) Reducción del número de elementos forman-

do el cable portador, hasta reducirlo a un solo cable.

- c) Aumento progresivo de la tensión de trabajo de los cables portadores.
- d) Reducción del coeficiente de seguridad con que trabajan dichos cables.
- e) Aumento de velocidad. Perfeccionamiento de los aparatos de seguridad.

* * *

El rendimiento de un bicable, en igualdad de caída de la cabina y velocidad de transporte, es la mitad del tricable que se construya en las mismas condiciones, porque en el primer caso sólo se cuenta con una cabina, que recorre el cable portador con movimiento de *va y ven*, mientras que en el segundo, siendo dos los cables portadores, se ponen en movimiento dos cabinas, una por cada cable. Por otro lado, en el coste total de una instalación de este género tienen parte muy importante las construcciones anexas, como son las estaciones y hoteles, que en algunos casos resultan de un valor casi tan grande como las mismas instalaciones mecánicas, por consecuencia de la necesidad de habilitar buen alojamiento a los turistas, que a veces hacen largos recorridos hasta llegar al pie del funicular. En el del Zugspitz (Austria), verdadera maravilla de la ingeniería, se invirtieron en hoteles, garajes y pequeña carretera de acceso unos cuatro millones de shillings austríacos,



1930. Transbordador del Puerto (Barcelona). Tricable.
Un solo cable por vía

cantidad igual al coste de la parte mecánica. En estas condiciones se comprende que no sólo por razón de rendimiento, sino por consideraciones económicas, no se utilice hoy día otro sistema que el tricable.

Volviendo al transbordador del monte Ulía, anotemos algunas consideraciones que sobre los seis cables portadores se hacían por el citado G. Espitallier:

"Si uno de los cables se rompe, el único efecto del accidente sería sobrecargar bruscamente los restantes en una quinta parte de la carga inicial. La flecha únicamente se afectaría por este hecho. El carro y la canastilla descenderían vivamente, sin duda hacia la nueva posición de equilibrio¹, y apenas si algunos viajeros timoratos, sorprendidos de improviso, experimentarían la impresión desagradable de una caída amortiguada instantáneamente."

La primera objeción que se ocurre es que a mayor número de cables mayores probabilidades de rotura y, al mismo tiempo, mayores dificultades en la vigilancia de la conservación de la línea, pues no hay que olvidar lo que en un funicular aéreo debe considerarse como un axioma: *un cable portador no debe romperse nunca*. De ahí la doble revisión diaria que establecen los Reglamentos alemanes, por ejemplo, y el estudio del proceso de la disminución del valor del coeficiente de seguridad del cable portador, hecho con

dad de apoyarse con varios cables portadores en los castilletes intermedios, pues, entre otras razones, la suspensión de la cabina sería de extraordinaria complicación. De otra manera, en lugar de adoptar dos cables portadores para cada vía, hubiera propuesto uno sólo.

Sea, en fin, por lo que fuere, el número de cables por vía empieza a reducirse a dos, para pasar a uno sólo en 1909, fecha de la construcción del funicular de Vigiljoch (Tirol), si bien más tarde, en 1913, se insiste en el doble cable en el funicular de Mont-Kohlerer, también en el Tirol, con la agravante que los dos cables, en lugar de estar colocados en un plano vertical (caso del Wetterhon), lo están en un plano horizontal.

Creo que es éste el último funicular que utiliza más de un cable por vía, y a partir de este momento se impone el cable único, que resulta la solución más racional, no sólo desde el punto de vista constructivo,

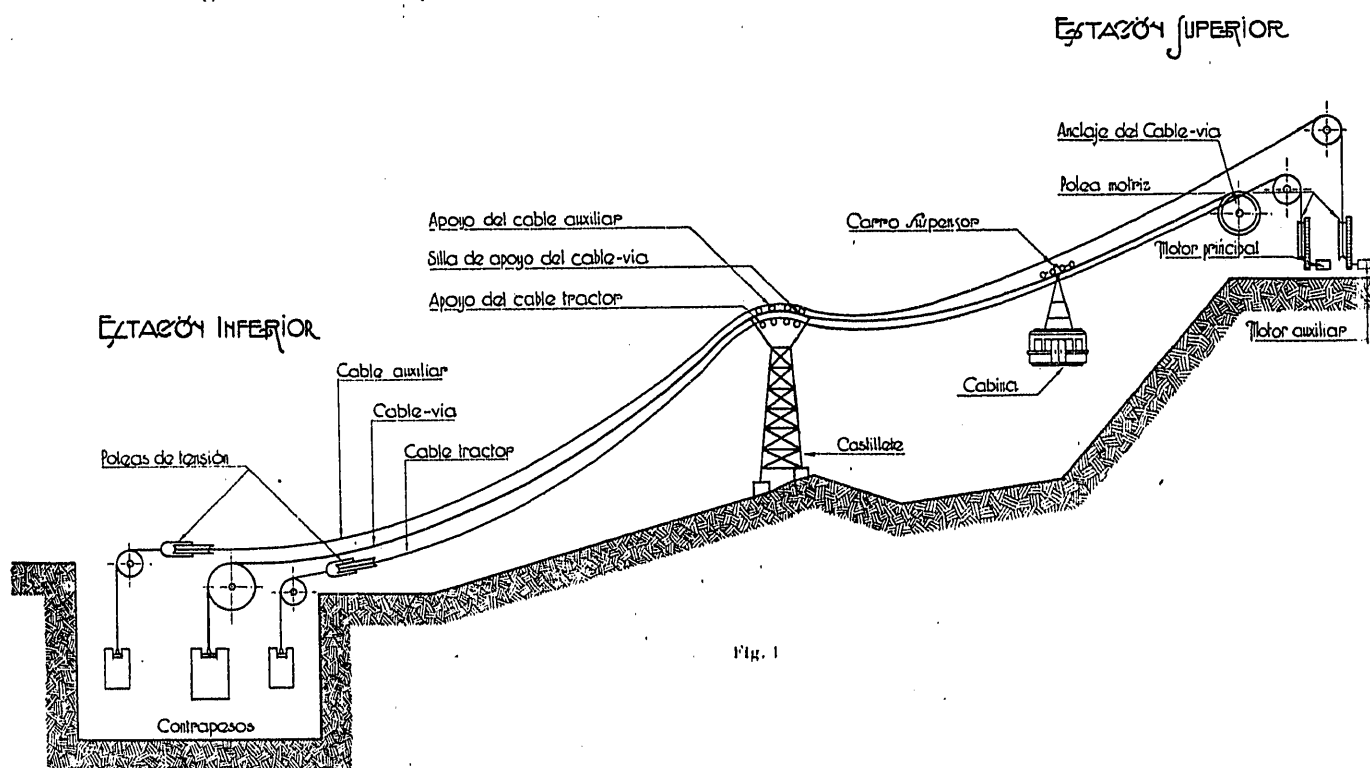


Fig. 1

el exclusivo objeto de sustituirlo antes de su posible rotura. Por lo demás, la repartición de la carga sobre los cables que quedan no se haría por igual, sino en el caso de la rotura de cables simétricamente colocados respecto a la suspensión, y aun así habría que considerar de una rigidez infinita el eje sobre el que giran las ruedas.

Ya en el funicular de Wetterhon (Suiza), construido un año después (1908) que el del monte Ulia, el número de cables portadores por vía se redujo a dos. Ignoro naturalmente cuáles fueron las consideraciones que indujeron al ingeniero alemán Feldmann, autor del proyecto, a adoptar esta solución; pero me atrevo a suponer que no fueron sino aquellas de orden constructivo (que no hubo que tener en cuenta en el monte Ulia), deducidas de la imposibili-

sino también en cuanto a la seguridad de la realización de las hipótesis de cálculo, sin que por ello la seguridad del servicio disminuya en modo alguno.

En los funiculares más modernos no se cuenta, pues, sino con un cable por vía, siendo éstas en número de dos. El cable tractor es único y sin fin, como corresponde al sistema tricable. Los constructores alemanes han preconizado desde hace tiempo este sistema para la construcción de funiculares aéreos para el transporte de personas, amparados en sus Reglamentos. En el de Baviera puede leerse (art. 4.º): "para cada carril basta un solo cable", habiendo llegado el tipo de funicular del que da idea la figura 1.

Se compone esta instalación, que tomamos como base para cuanto hemos de decir en otros artículos, de dos cables-vías, separados unos cuatro metros, los cuales se anclan en la estación superior y se mantienen tensos gracias al esfuerzo de un contrapeso colocado en la estación inferior. El anclaje en la estación alta suele hacerse, en los tipos modernos, dando

¹ La que necesariamente se establece al ascender los contrapesos para contrarrestar, aumentando la flecha, el aumento instantáneo de tensión en los cables portadores.

tres vueltas a un tambor de hormigón de unos tres metros de diámetro, disposición ésta que mantiene el anclaje a la vista, no estropea el cable y basta que se sujete el extremo o cabo con una tensión pequeña de dos o tres toneladas para asegurarle radicalmente.

Sobre cada cable-vía rueda una cabina, suspendida de su carro de rodamiento, las cuales se mueven con movimiento de *va y ven* gracias a la tensión de un tercer cable, llamado tractor, al cual están perfectamente sujetas. Este cable tractor es continuo; los extremos del lazo pasan: el uno, por una polea de tensión unida a un contrapeso, y el otro, por la polea motora.

La polea motora tiene acoplada por medio de fuertes pernos una corona dentada, que hoy día se ha llegado a poder fundir en una misma pieza con la polea, y a esta corona dentada se aplica directamente el esfuerzo motor, no permitiendo los Reglamentos que se haga por correa.

Los motores son, desde luego, de corriente continua, y la energía se produce con frecuencia en motores Diesel, debido, en gran parte, al aislamiento de las líneas de transporte de energía.

Una tan sencilla instalación estaría expuesta a graves accidentes si instalaciones complementarias no existieran con el fin de evitarlos. Los accidentes más importantes serían los siguientes:

- a) Rotura del cable-vía.
- b) Rotura del cable tractor.
- c) Accidentes en los motores.

Contra la rotura del cable-vía no hay medio humano que, *a posteriori*, establezca un remedio capaz de evitar sus consecuencias; por consiguiente, todos los esfuerzos se dirigen a evitar la rotura del cable, y ya hablaremos más adelante, al tratar de los cables-vías, cuáles son las posibilidades de rotura y los medios de evitarlas.

Por consecuencia de la rotura del cable tractor, las dos cabinas se vienen rápidamente abajo con un movimiento acelerado, cuyo final sería catastrófico si no existiera un freno que no sólo actúa en el caso de que la rotura se produzca, sino que basta que la velocidad pase de un límite determinado para que actúe desde luego. Este freno es sencillamente una mordaza, colocada en el carro de suspensión, entre cuyos mordientes se deja pasar el cable-vía. Esta mordaza se cierra, aprisionando dicho cable, e inmovilizando la cabina, bien por la acción personal del conductor, quien para ello obra sobre una palanca colocada en el interior de la cabina, bien automáticamente, por medio de un *relais* regulador de velocidad.

La acción de esta mordaza o mandíbula es absoluta y definitiva. Yo he tenido ocasión de subir al funicular de Patscherkofel - bahn, en Innsbruck (Austria), en ocasión en que se hicieron pruebas de frenado, y he pasado, primero, por la desagradable impresión de una gran velocidad de descenso, permitida momentáneamente para la prueba, y después, por un formidable balanceo, que es la consecuencia del frenado brusco en el punto de suspensión. Este balanceo se atenúa algo gracias a algunos dispositivos, como el de la Casa Bleichert, consistente en un tubo neumático colocado como amortiguador entre la cabina y el cable tractor.

Contra los accidentes por averías en los motores o en la línea de distribución, los Reglamentos suelen exigir:

Un freno de zapata, accionado a mano, que actúa sobre una corona montada sobre la polea motriz;

Un freno, también de zapata y accionado asimismo a mano, que actúa sobre el árbol del eje, uniendo el del motor con el piñón de ataque de la polea, y, finalmente,

Un freno electromagnético que automáticamente entra en acción cuando el motor impulsor queda sin corriente, siendo notable señalar que este freno puede actuarse desde la cabina valiéndose de la línea telefónica.

La inutilización del motor principal, por la causa que sea, paralizaría el movimiento del cable tractor y, por lo tanto, el de las cabinas. Por ello se dispone de un segundo cable tractor, llamado cable auxiliar, el cual se pone en movimiento mediante un motor auxiliar independiente, si bien, por su menor potencia, realiza la tracción a menor velocidad. En el servicio normal, este cable no trabaja; pero, en caso de accidente, se engancha a la cabina, haciendo el efecto del cable tractor. Mientras su servicio no es necesario, este cable se sitúa por encima del cable tractor, de manera que no entorpece el movimiento, y, en caso que haya de ser utilizado, se le hace bajar mediante la supresión de algunos elementos de los que constituyen el contrapeso.

Aun en el caso de inutilización del cable auxiliar, cabe el recurso supremo: una cuerda de cáñamo trenzado que, según los Reglamentos, debe tener una longitud de 1,1 veces la mayor diferencia de altura entre la cabina y el terreno. Claro es que la utilización de esta cuerda a una altura de 200 m, por ejemplo, es más que problemática, y más bien que para un salvamento imposible, tiene por objeto procurarse cable, herramientas, etc., que le sean dadas desde abajo.

Con arreglo a este sistema se han construido los más modernos funiculares para el transporte de personas, con las variantes que anotaremos, y, entre ellos, no queremos dejar de decir dos palabras sobre el del Zugspitze, construido por la Casa Bleichert e inaugurado, después de año y medio de improbos trabajos, mucho tiempo entre nieves, en 5 de julio de 1926. Es un funicular verdaderamente notable. La estación baja está en Obermoos, cerca de la estación de Ehrwald, del ferrocarril Garmish-Reutte, en territorio austríaco, y después de ganar 1 581 m de altura en un recorrido horizontal de 3 380, termina en la cumbre del Weterstreni, a una cota de 2 805 m sobre el nivel del mar.

No existen más que cinco castilletes intermedios, salvándose, entre los numerados 1 y 2, una distancia de 1 006 m, y de 916 entre los 5 y 6, llegándose en algunos trozos a una pendiente del 90 por 100, con una media del 53 en toda la línea.

La tensión que ejerce el contrapeso es de 23 500 kilos, y gracias a esta tensión ha sido posible un trazado con tan largos vanos; pero terminamos por hoy en este punto, porque nos entramos en materia que reservamos para otro artículo, y el de hoy es ya bastante largo.

José OCHOA Y BENJUMEA
Ingeniero de Caminos