

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA 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.

Transbordador de Torres Quevedo en el Niágara.

En Bilbao se formó una Sociedad denominada Estudios y Obras de Ingeniería, por un grupo de capitalistas é Ingenieros, con el objeto de cooperar á los inventos del Sr. Torres Quevedo.

Entre otros inventos de dicho señor, se llevó á la práctica el relativo á transbordadores funiculares sistema «Torres Quevedo», construyendo uno en el monte Ulía, de San Sebastián. Este transbordador viene funcionando, sin interrupción, desde hace más de siete años, y ha transportado más de 60.000 viajeros sin el menor incidente.

La Junta general de dicha Sociedad, en reunión de 22 de Abril de 1911, autorizó al Consejo de Administración para proseguir las negociaciones que el Consejo había iniciado, con el objeto de construir un funicular del indicado sistema «Torres Quevedo», en el lugar llamado Whirpool del río Niágara, cerca de las famosas cataratas del mismo nombre.

La primera idea fué construir el funicular, atravesando el río paralelamente á las cataratas; mas esto tenía el inconveniente de que uno de los extremos del funicular estaba en territorio de los Estados Unidos, y el otro extremo en jurisdicción del Canadá.

Esta circunstancia obligaba á poner un puesto de Aduana en cada extremo, lo cual dificultaba enormemente el tráfico de turistas, por lo que, previo un viaje de inspección que los Consejeros Sres. Gorbe-

ña y Torres Quevedo hicieron al lugar de emplazamiento, se acordó establecer el funicular sobre Whirpool, todo él con los dos extremos en territorio del Canadá.

Decidido esto, se trató de formar una Sociedad anónima titulada Transbordador Español del Niágara, cuyo Consejo de Administración estaba formado por los señores siguientes:

Presidente, D. Valentín Gorbeña y Ayarragaray; Vicepresidente, D. José Orbezo y Gorostegui; Vocales: D. Pedro Chalbaud y Errasquín, D. Horacio Echevarrieta y Maruri, D. Luis Lezama Leguizamón y D. Leonardo Torres Quevedo; Secretario, D. Pedro Icaza y Aguirre.

Pero el estudio más detallado del asunto y varios informes recibidos convencieron á los iniciadores del proyecto de la conveniencia de que la Sociedad se constituyera con arreglo á las leyes del Canadá, por lo cual, en definitiva, se constituyó una Sociedad domiciliada en este último punto con el nombre de The Niágara Spanish Aerocar C.º, Limited, que es la que ha llevado á cabo, después de tres años de difíciles trabajos por la tramitación de expedientes entre el Canadá y los Estados Unidos, el funicular á que hace referencia el siguiente artículo del *The Canadian Engineer*, en su número correspondiente al 20 de Enero último.

TRANSBORDADOR FUNICULAR SOBRE LAS CATARATAS DEL NIÁGARA

(ONTARIO, CANADÁ.)

Sistema Torres de cables con tensión constante para excursiones sobre el Remolino. Segundo transbordador de esta clase construido en el mundo y el único que existe en América.

Un transbordador funicular, de 550 metros de longitud, destinado al transporte de viajeros por encima del Remolino en las Cataratas del Niágara (Ontario), está á punto de terminarse. Es el transbordador más largo é in-

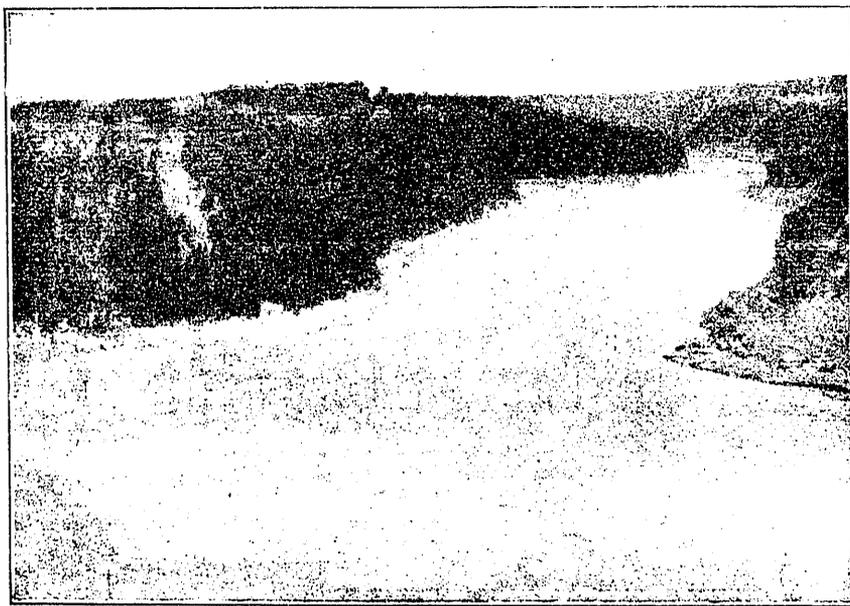


Fig. 1.^a—EL REMOLINO DE LAS CATARATAS DEL NIÁGARA, ONTARIO, CANADÁ.
A la derecha el Estado de Nueva York. Fotografía tomada desde la Colina de Colt.

dudablemente el más seguro del mundo, muy interesante, además, desde el punto de vista del Ingeniero, tanto por lo que se refiere á su confección como por lo que hace á su construcción.

Las Guías de las Cataratas del Niágara dicen que el Remolino es algo parecido á un *maelstrom* (1), á un torbellino de agua con movimientos, según trayectorias circulares, que disminuyen gradualmente de diámetro hasta una depresión central. A su vez la fuerza del agua que entra en el cuenco, la elevación en el medio hasta unos 90 centímetros sobre la superficie exterior. El Remolino es el resultado natural producido por una enorme masa de agua que, arrojada en un espacio relativamente pequeño, busca una salida. Cualquier cuerpo que caiga en las Cataratas va á parar al Remolino, donde puede estar dando vueltas durante algunos días hasta que es depositado sobre las orillas ó arrastrado al lago Ontario.

El Remolino, situado casi por completo en la provincia de Ontario, y del cual es una vista general la figura 1.^a, dista unos 4.500 metros de las Cataratas en dirección de aguas abajo. El acantilado que le rodea constituye la orilla del río en la parte del Canadá. Así es que los dos extremos del transbordador están en Ontario (fig. 2.^a). Pero por formar un ángulo muy agudo el límite entre esta provincia y el Estado de Nueva York, los cables le cortan á unos 20 metros del vértice de aquél y cruzan, por lo tanto, una pequeña parte del Estado de Nueva York. Como el

cauce del río pertenece al Estado y el agua al Gobierno federal, los concesionarios han tenido que obtener en Wáshington y en Albania las autorizaciones correspondientes, después de conseguidas las de la provincia de Ontario y de la Junta del Parque Victoria de las Cataratas del Niágara.

La disposición de las construcciones para la sujeción de los cables ha obedecido, principalmente, á las circunstancias de haberse prohibido que el transbordador cruzara las vías del ferrocarril Niágara Belt y de que la Junta del parque no consintiera que en manera alguna se alterara el aspecto de los acantilados que limitan el Remolino, ni que

se levantaran torres ó entramados cuya coronación quedara más alta que la explanación del ferrocarril establecido en dichos acantilados.

La disposición del transbordador es un todo conforme

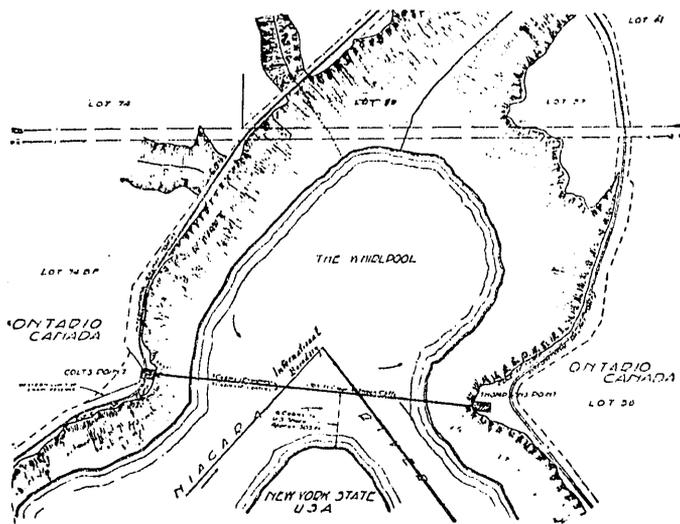


Fig. 2.^a—TRAZADO DEL TRANSBORDADOR FUNICULAR.

con las patentes españolas, y el capital necesario para la construcción es exclusivamente español.

La Sociedad que se constituyó para llevar á cabo la empresa se ha domiciliado en el Canadá con el nombre de The Niágara Spanish Aerocar C.^o, Limited, con un capital de 110.000 dollars (600.000 pesetas), de los cuales 30.000 repre-

(1) Remolino en las costas de Suecia.

sentan los derechos de patente abonados á la Sociedad de Estudios y Obras de Ingeniería de Bilbao (España), y de la cual es Presidente D. Pedro Chalbaud.

El sistema del transbordador ha sido ideado por el Ingeniero español Sr. Torres Quevedo, de gran reputación

á la maquinaria, al carro y al coche (construídos en España), á las plataformas de acceso y á diversos elementos accesorios.

Sin embargo, debido al desconocimiento por parte de los concesionarios de las circunstancias del país y al hecho

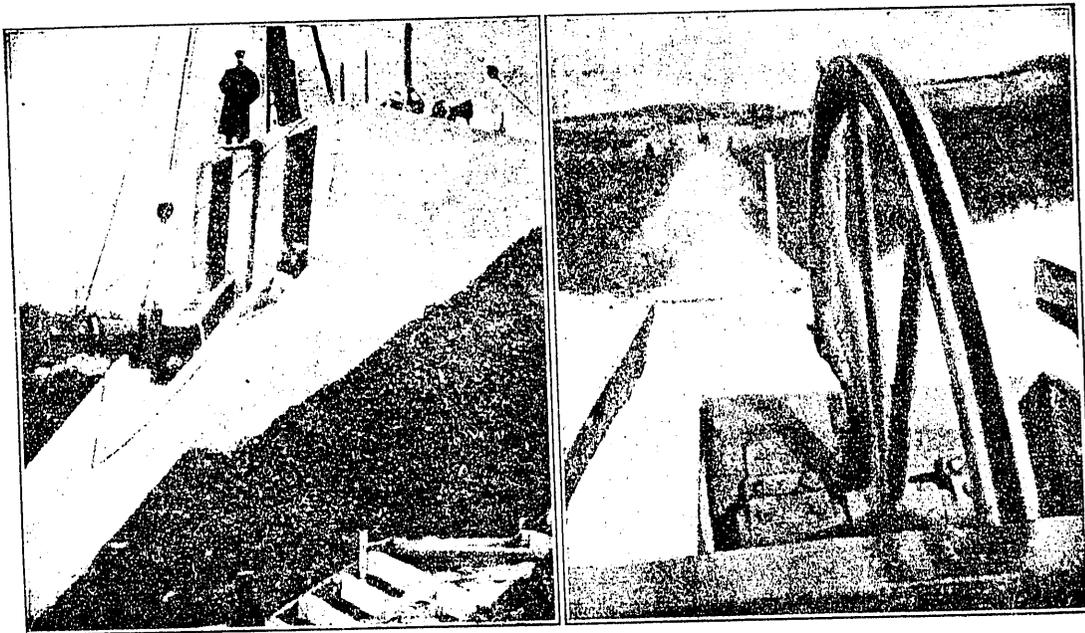


Fig. 3.^a—ESTACIÓN DE COLT. A la izquierda: Macizo de hormigón antes de colocar la polea y tope neumático. A la derecha: Polea de tracción.

en Europa, principalmente por su globo dirigible. Su hijo, D. Gonzalo Torres y Polanco, Ingeniero de Caminos, es el Ingeniero Director y el Vicepresidente de la Compañía canadiense, de la cual es Presidente-Tesorero D. Antonio Balzola.

de ser el que solicitaban el primer transbordador funicular de esta clase que se iba á construir en América, las Autoridades fueron algo más exigentes en formalidades legales de lo que lo serán seguramente en adelante, todo lo cual dió por resultado que los gastos aumentaran en un 25 por

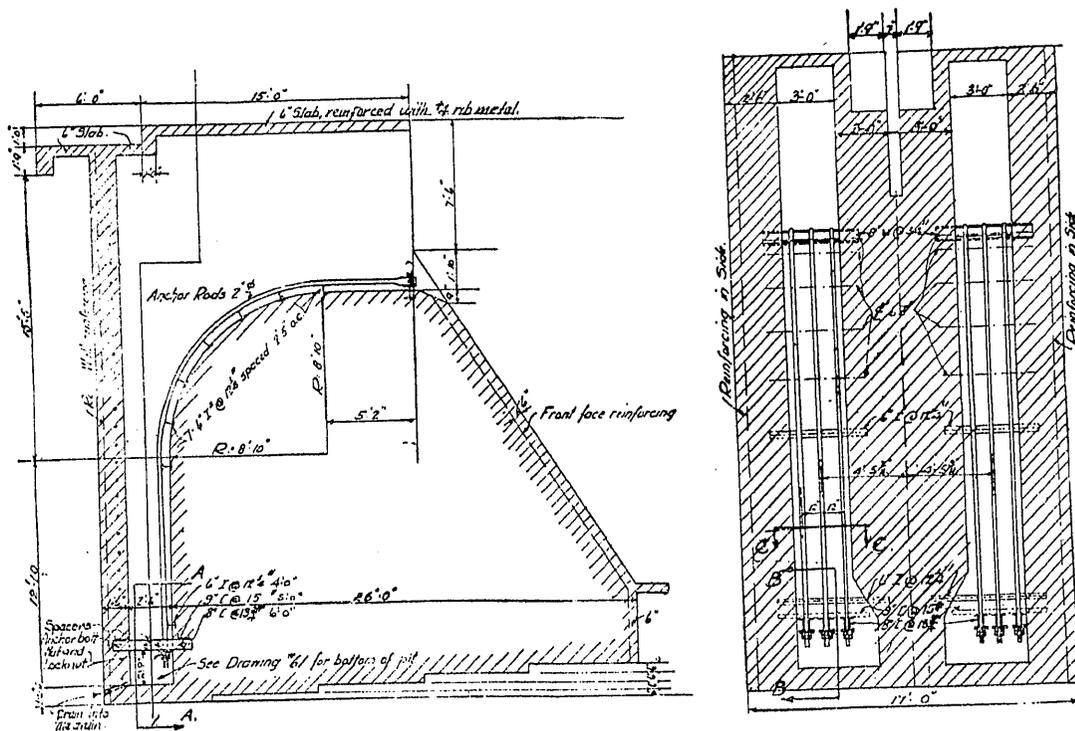


Fig. 4.^a—SECCIONES POR EL POZO DE INSPECCIÓN.

El principio del sistema Torres se ha aplicado hace algún tiempo en el Canadá y en los Estados Unidos con un solo cable para el transporte de mercancías, pero nunca con varios cables, y para servicio de viajeros.

El coste de las obras proyectadas (materiales y mano de obra) se evaluó en unos 60.000 dollars (325.000 pesetas), suma á la que había que agregar el gasto correspondiente

100 y que el capital se ampliara en 45.000 dollars (245.000 pesetas).

El coche para los viajeros va suspendido de un carro que rueda sobre seis cables paralelos que constituyen la vía, cada uno de los cuales se sujeta firmemente en la colina de Colt (fig. 2.^a). En la de Thompson, después de pasar por poleas con garganta, penden verticalmente y de sus

extremos cuelgan cajas hechas con chapas de acero roblo-nadas, las cuales tienen 3,65 metros de altura, y $2 \times 0,28$ metros de base. En el interior de cada caja hay cuatro bloques de hierro fundido, que pesan 350 kilogramos, y 200, también iguales, que pesan 8.000 kilogramos, esto es,

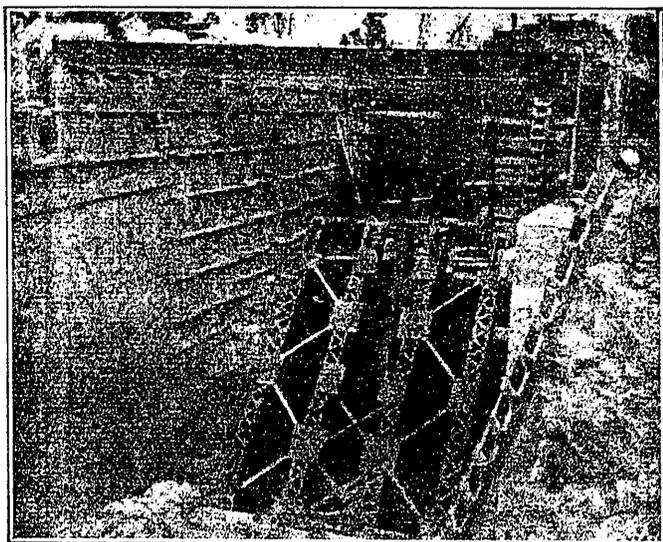


Fig. 5.ª—Torre de las poleas de los carriles.

8.350 entre unos y otros, peso que se eleva á 10.000 kilogramos si se tiene en cuenta el de la caja; este último es el que determina la tensión de cada uno de los cables-carriles. En la figura 12 se representa con bastante detalle una de estas cajas, cuyo movimiento vertical en sentido ascendente ó descendente está dirigido por guías de acero (fig. 10).

Cuando la carga sobre los cables-carriles aumenta de una manera brusca, su flecha aumenta, se hace mayor elevándose al mismo tiempo las cajas, permaneciendo constante la tensión de aquellos cables, que es siempre 10 toneladas cualquiera que sea el peso que transporte el coche. Dicho de otra manera, la tensión de los cables-carri-

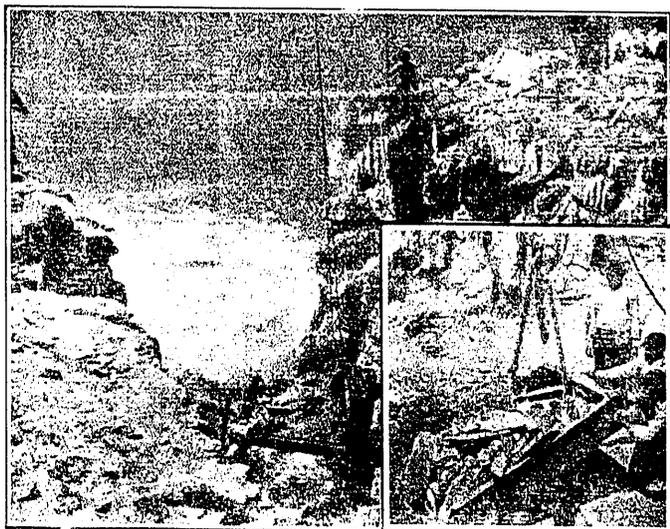


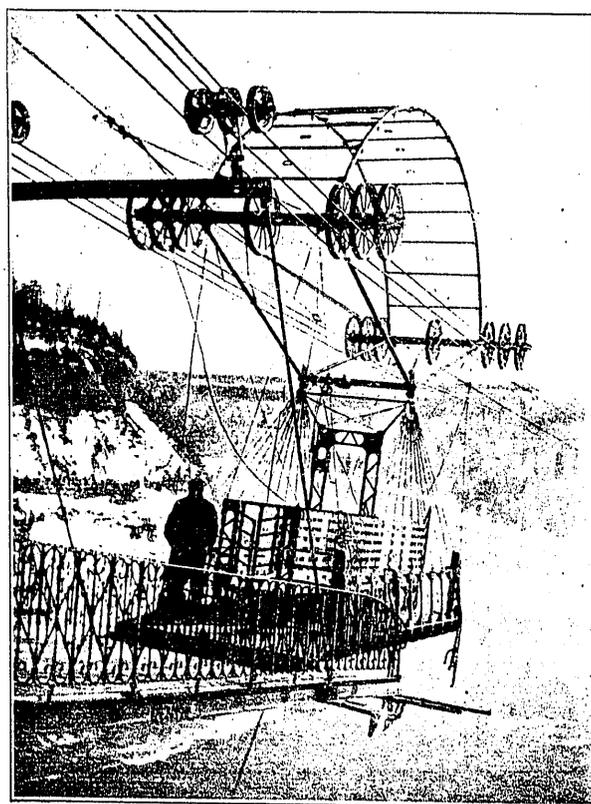
Fig. 6.ª—Excavación para la estación de Thompson.

les depende exclusivamente del peso de las cajas y nada del valor que pueda tener la carga móvil. Si ésta aumenta, las cajas se elevan, la flecha de los cables crece hasta que la componente vertical de la tensión de los mismos sea siempre igual al peso del carro más el del coche con los viajeros, prescindiendo, por supuesto, de las variaciones

de tensión debidas á la inercia de los tensores, que es sumamente pequeña.

Los cables-carriles, que tienen 25 milímetros de diámetro, son de acero y están constituidos por siete cordones sobre los que se arrollan 16 ramales; por tener demasiada rigidez para plegarse sobre las llantas de las poleas de la colina Thompson, tienen sus extremos á unos 3 metros de aquéllas, extremos que por medio de un manguito especial (fig. 3.ª) se unen á cables de 32 milímetros de diámetro construidos con seis cordones de 19 alambres cada uno, cables que pasan por las poleas y sostienen las cajas que llevan los contrapesos.

En la colina de Coll los cables, por medio de manguitos especiales, se unen á barras de 50 milímetros de diámetro que se pliegan sobre un macizo de hormigón (fig. 4.ª) que pesa 750 toneladas, construido dentro del acantilado; dichas barras se sujetan fuertemente en el fondo de pozos



que permiten la inspección en todo momento de las tuercas, tornillos, etc. (fig. 9.ª).

Cada cable-carril es completamente independiente de los demás, así es que la rotura de uno de ellos no tiene gran importancia, porque de ocurrir tal accidente, los demás cables sostendrían al carro y coche sin que por esta circunstancia aumentara lo más mínimo su tensión; lo único que ocurriría es que el conjunto de carro y coche descendería bruscamente una pequeña altura, un metro poco más ó menos, y que después de oscilar verticalmente durante un momento, adoptaría una nueva posición de equilibrio.

La rotura de un cable-carril no constituye, por lo tanto, peligro alguno para los viajeros, y la de dos al mismo tiempo es tan poco probable como la rotura simultánea de cables pertenecientes á dos instalaciones completamente distintas.

La sencillez y seguridad de este sistema estriban en lo siguiente:

- 1.º En que los cables-carriles trabajan siempre con la misma tensión.
- 2.º En que en cualquier momento es posible comprobar la resistencia de dichos cables-carriles sin más que aumentar los contrapesos.
- 3.º En que si alguno de los cables ó de los empalmes

porte de viajeros exclusivamente entre el Monte Ulía y el restaurant del Águila; la longitud es 280 metros y la altura de la vía sobre el fondo del barranco 28 metros. Lleva seis años en explotación, y ha habido verano que ha transportado 26.000 personas.

El coche de esta instalación puede llevar 14 viajeros, todos de pie, mientras que el construído para el Niágara podrá conducir 24 sentados y 21 de pie en un corredor central más alto que los asientos y el conductor. El carro y el coche vacío pesan 3.500 kilogramos, y 7.000 cuando éste va completo. El coche tiene 6 metros de longitud, 3 metros de ancho y 6 metros de altura; ha sido construído en España y montado en el Canadá. La figura 7.ª representa el carro con el coche en la estación de la Colina de Thompson, con la carga de prueba constituida por 223 lingotes de hierro fundido con 40 kilogramos de peso cada uno, carga equivalente al triplo del peso de los 45 viajeros.

La figura 8.ª representa dos alzadas del carro con el coche.

Se observará que si uno de los cables-carriles se rompiera por encima del carro caería sin tocar á los viajeros por ser mayor la distancia entre los ejes de las ruedas que la longitud del coche. Además, la armadura metálica constituye una defensa.

A uno de los extremos del carro se une el cable de tracción que tiene 22 milímetros de diámetro; este cable pasa por una polea de garganta en la colina de Colt, retrocede por encima del Remolino á la colina de Thompson donde, después de pasar por una polea se cambia de dirección, se arrolla en la motora, pasando luego por otras tres de

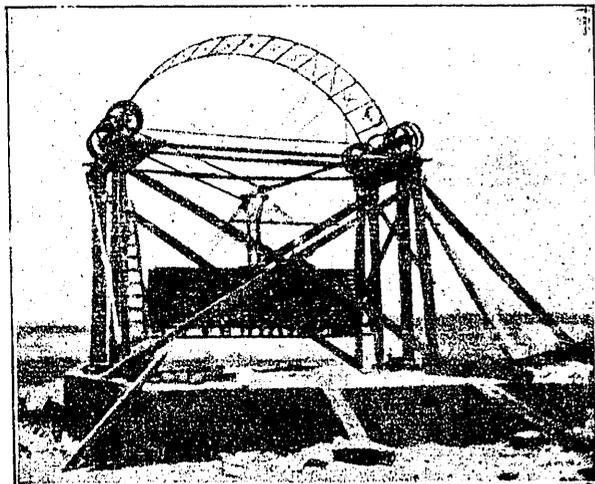


Fig. 7.ª—El carro y el coche en la estación de Thompson, preparados para las pruebas.

es defectuoso, probablemente se romperá al comprobar su resistencia aumentando los contrapesos.

- 4.º En que la inutilización de un cable-carril no aumenta la tensión de los demás.

Lo expuesto en las líneas que anteceden demuestran la

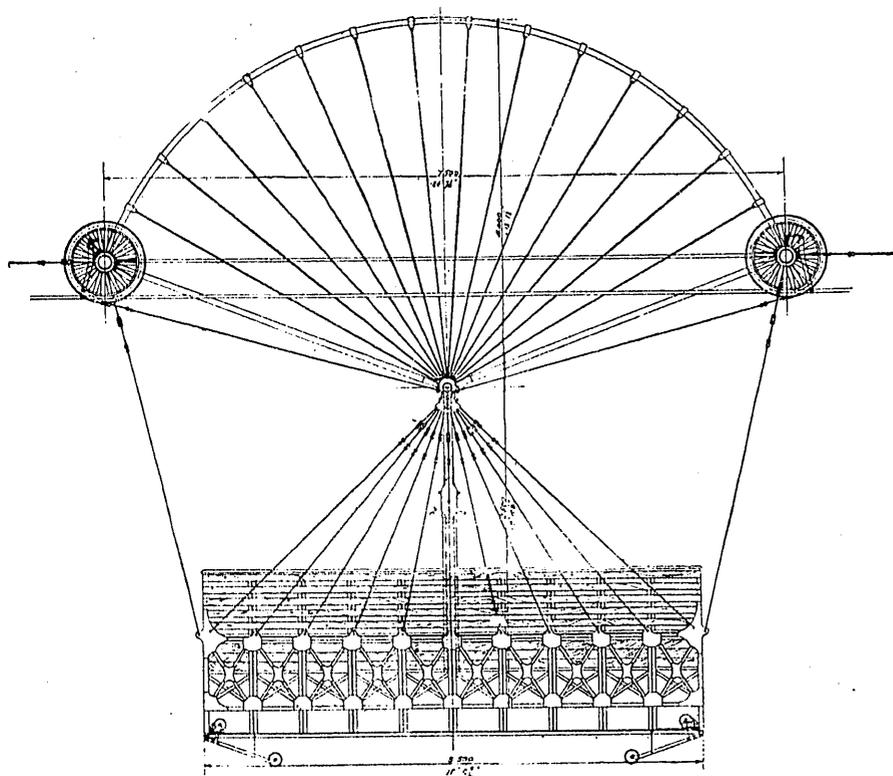
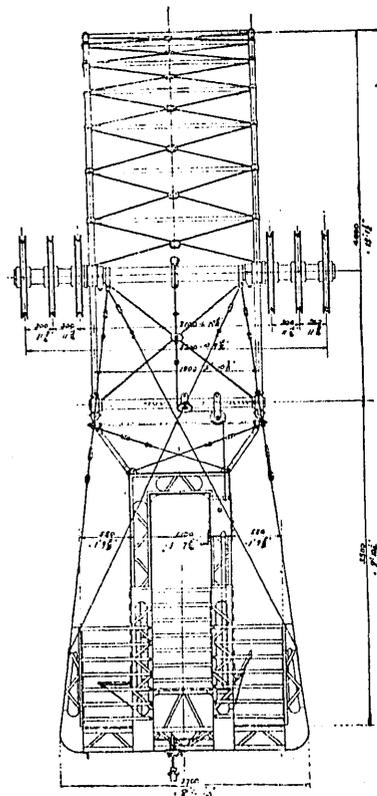


Fig. 8.ª—Planos generales del carro y del coche.



seguridad con que podría hacerse el transporte á grandes distancias, y tan es así que los Ingenieros de la Compañía española tienen actualmente en estudio una instalación en país muy montañoso con dos tramos de 1.600 metros de longitud cada uno.

La primera instalación de un transbordador funicular del sistema Torres se hizo en San Sebastián, para el trans-

porte de viajeros exclusivamente entre el Monte Ulía y el restaurant del Águila; la longitud es 280 metros y la altura de la vía sobre el fondo del barranco 28 metros. Lleva seis años en explotación, y ha habido verano que ha transportado 26.000 personas.

El coche de esta instalación puede llevar 14 viajeros, todos de pie, mientras que el construído para el Niágara podrá conducir 24 sentados y 21 de pie en un corredor central más alto que los asientos y el conductor. El carro y el coche vacío pesan 3.500 kilogramos, y 7.000 cuando éste va completo. El coche tiene 6 metros de longitud, 3 metros de ancho y 6 metros de altura; ha sido construído en España y montado en el Canadá. La figura 7.ª representa el carro con el coche en la estación de la Colina de Thompson, con la carga de prueba constituida por 223 lingotes de hierro fundido con 40 kilogramos de peso cada uno, carga equivalente al triplo del peso de los 45 viajeros.

La figura 8.ª representa dos alzadas del carro con el coche.

Se observará que si uno de los cables-carriles se rompiera por encima del carro caería sin tocar á los viajeros por ser mayor la distancia entre los ejes de las ruedas que la longitud del coche. Además, la armadura metálica constituye una defensa.

A uno de los extremos del carro se une el cable de tracción que tiene 22 milímetros de diámetro; este cable pasa por una polea de garganta en la colina de Colt, retrocede por encima del Remolino á la colina de Thompson donde, después de pasar por una polea se cambia de dirección, se arrolla en la motora, pasando luego por otras tres de

una de las cuales pende un contrapeso de 10 toneladas guiado y constituido en la misma forma que las de los cables carriles, el cual tiene por objeto crear una tensión en el cable de tracción que compense los efectos de los ascensos y descensos del carro. Este cable, después de pasar por otra garganta que tiene la polea motora, se une al otro extremo del carro.

La polea motora tiene 2,45 metros de diámetro y recibe el movimiento de un motor trifásico Westinghouse de 75 caballos, 440 voltios y 480 vueltas por minuto; un tornillo sin fin, tipo Hirsley, reduce esta velocidad á 16 vuel-

tro muy lentamente, pero con velocidad suficiente para poder llevarle á una ó á otra estación en un tiempo relativamente corto.

Si durante un viaje se rompiera el cable de tracción, el carro oscilaría en uno y otro sentido sobre los cables-carriles hasta detenerse suavemente en el punto más bajo de éstos, que corresponde, aproximadamente, con el centro de la luz, puesto que los dos apoyos están casi á la misma altura, como que la diferencia entre éstos es 90 centímetros, siendo 76 metros la cota del más alto sobre el nivel del río.

Para en este caso llevar el carro á la estación de Thompson hay un carro auxiliar y un cable de tracción suplementario de 13 milímetros de diámetro. En el eje motor hay un tambor loco mientras el cable de tracción no se ha roto, sobre el cual está arrollado el suplementario con uno de sus extremos fijo sobre la llanta de aquél. Una vez que se rompa el de tracción, el extremo libre del suplementario se une al carro auxiliar, el cual tiene capacidad para un hombre, ruedas para apoyarse sobre dos de los cables carriles, en los cuales se coloca con facilidad y prontitud cuando es necesario. Colocado el carro auxiliar en los cables-carriles, se va arriando poco á poco el cable suplementario hasta que el carro auxiliar llega al carro detenido; entonces se engancha á éste con cadenas previamente preparadas, el cable suplementario, hecho lo cual se remolca el carro á la estación de Thompson.

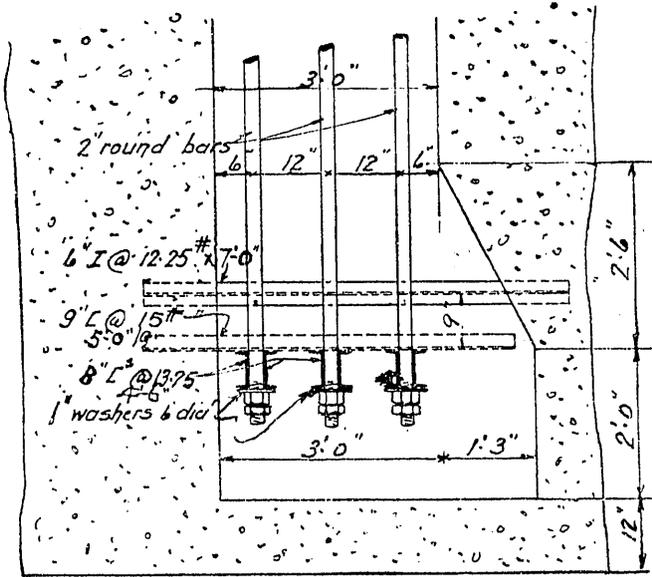


Fig. 9. - DETALLE DEL AMARRE DE LOS CABLES-CARRILES.

tas por minuto en la polea motora, equivalente á 120 metros por minuto en el carro cuando el motor marcha con la velocidad máxima. El viaje podrá hacerse en cuatro y

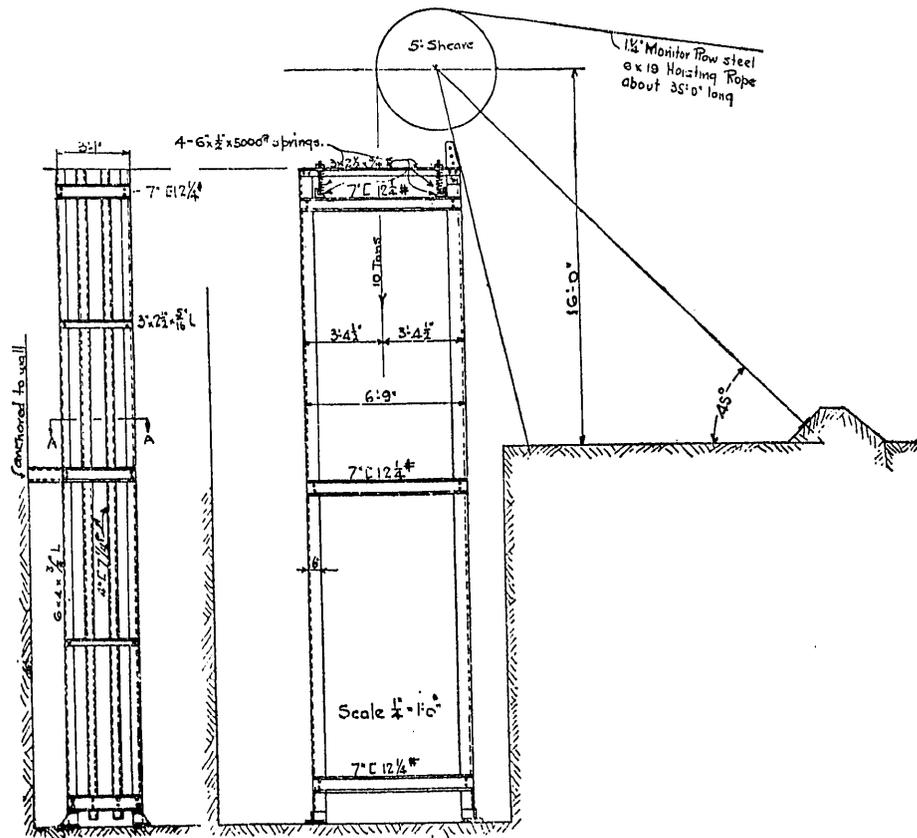


Fig. 10. - DETALLE DE LAS GUÍAS DE LOS CONTRAPESOS DE LOS CABLES-CARRILES.

medio minutos, pero se hará en seis, porque en parte del recorrido la velocidad será la mitad de la máxima.

Para el caso en que el motor no pueda funcionar ó no haya corriente en la línea eléctrica, hay un embrague en el eje motor que permite aislar aquel motor, y hecho esto, por medio de un embrague de fricción y un tornillo sin fin, se embraga con el eje motor un motor de gasolina de 5 caballos, tipo Gray, con el cual es posible mover el ca-

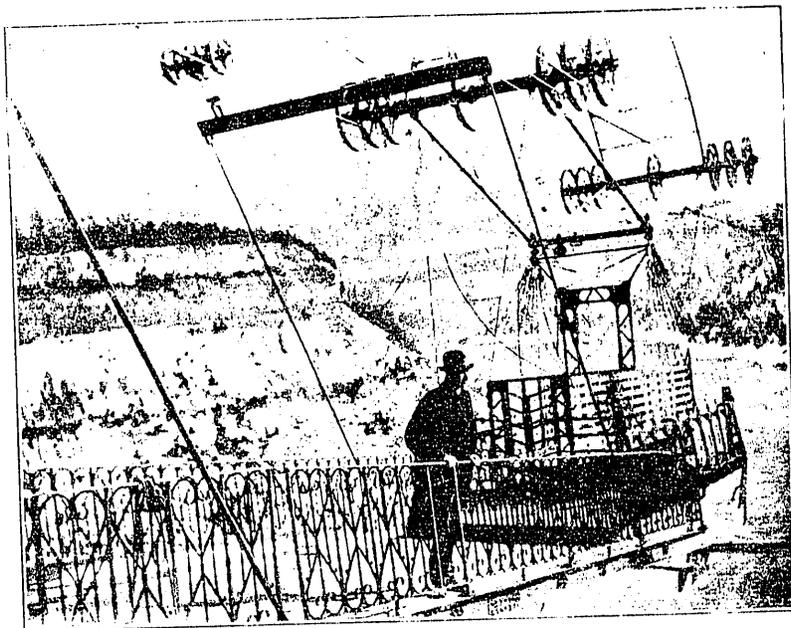
Para el emplazamiento de las dos estaciones se desmontaron 760 metros cúbicos de tierra y 1.900 de roca. El desmonte de la roca (figuras 6.ª y 11) se hizo con seis perforadoras de vapor tipo Ingersoll-Rand. Se empleó el explosivo Rack-A-Rock, con excelentes resultados. La construcción de las obras empezó en la colina de Colt, donde habían de sujetarse los cables, y terminó en la de Thompson. La mayor parte del hormigón se confeccionó

con cemento del Canadá y piedra partida de Queenston; su dosis fué $1 \times 2 \times 4$. El acero para el hormigón armado se suministró la fábrica de Irussed Concrete Gleel C.º, y el empleado en armaduras y vigería la de Mc Gregor & Mc Qutyre, Ltd.

La estación de Thompson se ha construido en una

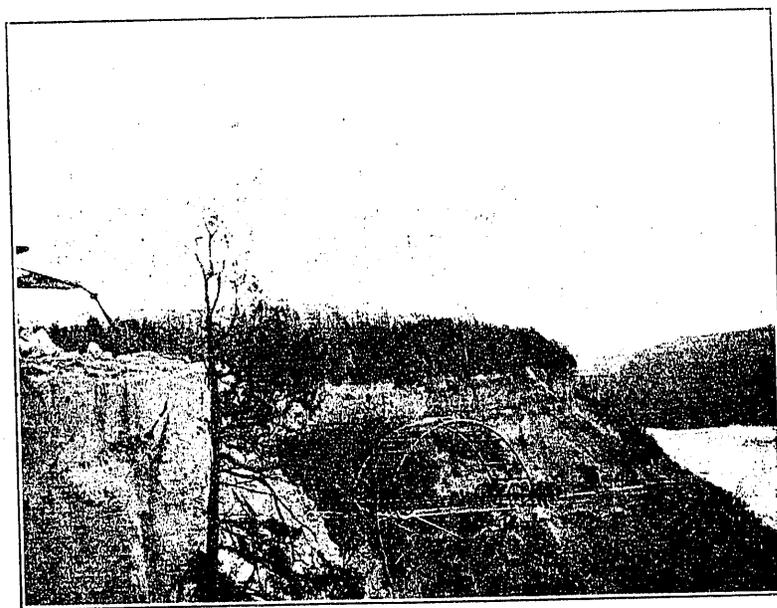
metros permite el acceso al andén. Los cimientos de las torres en que están las poleas de los cables-carriles y del cable de tracción son de hormigón, las torres son de acero (fig. 5.ª).

A la salida de la estación de Thompson hay una plataforma giratoria que tiene 3 metros de longitud y el mismo



zanja profunda abierta en roca dura cuyos frentes se han revestido con hormigón y ladrillo. Dos escaleras con peldaños de hormigón sirven para la entrada y la salida del andén, respectivamente. Las dimensiones de esta estación son: longitud, 20 metros; ancho, 11,50, y altura, 8,90 metros. La cubierta está constituida por viguetas en doble T de 38 centímetros de altura, cuya separación entre ejes es

ancho que la puerta: en el extremo exterior de aquélla se apoya una segunda plataforma, giratoria también, cuya longitud es 11,60 metros, la cual está suspendida por sus extremos con cables fijos á poleas que se apoyan sobre los cables-carriles, en forma tal, que la plataforma sea siempre paralela á la vía aérea, cualquiera que sea la inclinación que ésta pueda tener. La distancia entre la plataforma



VISTA DEL TRANSBORDADOR EN MARCHA.

1,60 metros; el forjado, que es de hormigón armado, tiene 15 centímetros de espesor. Como la cubierta está al mismo nivel que el terreno natural, se ha hecho de ella una terraza defendida con una barandilla para poder contemplar los viajes del transbordador. El pavimento de la estación lo forma una capa de hormigón de 8 centímetros de espesor. En el frente de la misma se ha construido un muro de mampostería de 45 centímetros de grueso que sirve de revestimiento á la roca del cantil. Una puerta de $3,65 \times 6$

y el fondo del coche es 15 centímetros; las dos tienen barandillas en sus costados.

En la estación de Colt hay una plataforma análoga á la segunda de Thompson y dos escaleras de hormigón para subir al nivel del terreno natural.

En cada una de las dos estaciones hay un tope automático que permite la parada del coche sin sacudida brusca en una longitud de un metro (fig. 3.ª). El cable de tracción pasa por el eje del cilindro neumático, de 13 centímetros

de diámetro, y por el del émbolo correspondiente. En los extremos del coche hay una mordaza sobre el cable de tracción, que al tropezar con la base del émbolo se embraga con éste en forma tal que es completamente impo-

que el cilindro neumático no cargue sobre el cable de tracción va colgado de un cable que pasa por una polea y lleva un contrapeso en el otro extremo.

En cada estación hay dos palancas; con una de ellas tropieza el piso del coche, y entonces corta el circuito que alimenta el motor, sin que sea posible llevarla á la posición inicial, y, por lo tanto, que el carro marche hacia la estación. La otra sólo actúa cuando la anterior no ha funcionado, cuando el maquinista no ha manejado el regulador como es debido, ó cuando el cilindro neumático no detiene al coche; esta segunda palanca actúa directamente sobre el interruptor principal de la línea eléctrica, parando el coche en una longitud de un metro, impidiendo que pueda llegar demasiado cerca de la estación.

Construidas las torres y montadas las poleas, se tendió un cable muy largo entre ambas estaciones, lo suficiente



Fig. 11. — ENCAVACIÓN EN ROCA PARA EL POZO DE LOS CONTRAPESOS.

sible que el coche retroceda y quede separado de la plataforma.

En uno y otro extremo del coche hay puertas, que maneja el conductor con una palanca, las cuales no se pueden abrir mientras el coche no ha sido cogido por el tope de parada; por supuesto que las correspondientes al lado

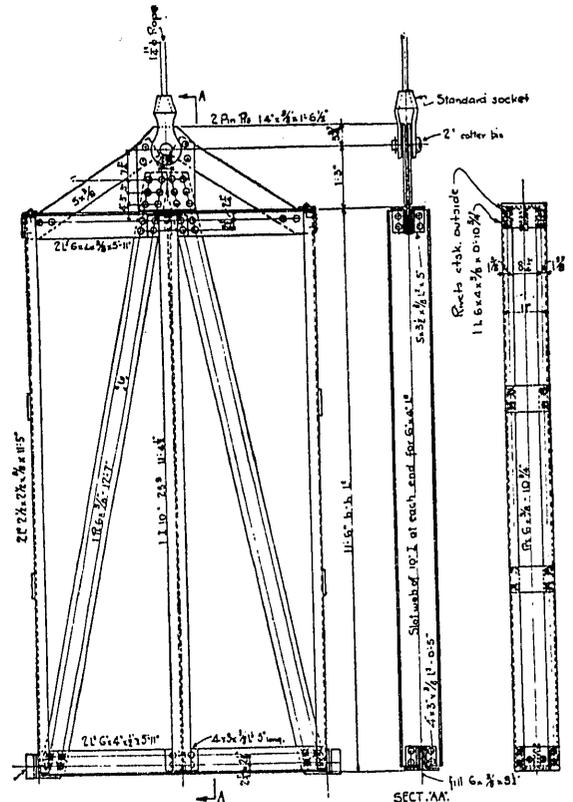
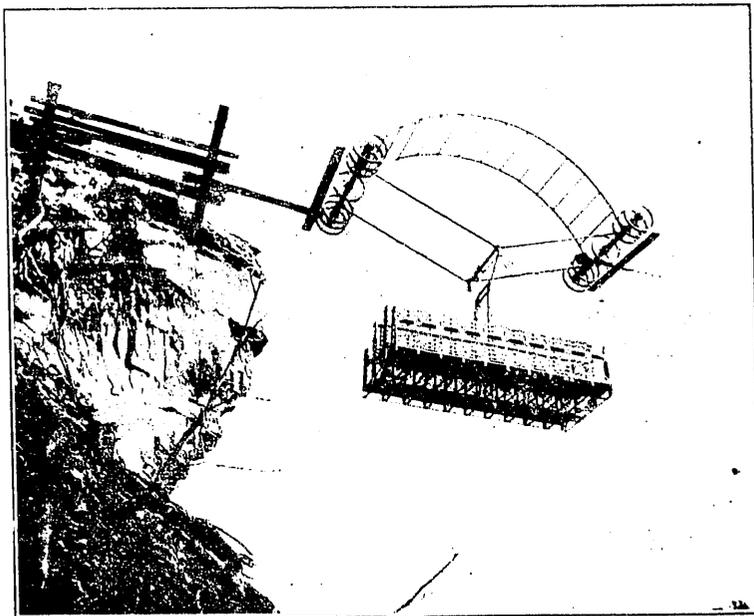


Fig. 12. — CAJA DEL CONTRAPESO DE UN CABLE-CARRIL.



VISTA DEL TRANSBORDADOR EN MARCHA.

opuesto á la estación permanecen cerradas, sin que haya posibilidad de abrirlas. En el momento de poner en marcha el coche se desembraga éste del tope con otra palanca, operación que no puede hacerse hasta que las puertas del lado de la estación se han cerrado. Todas estas maniobras aparecen indicadas convencionalmente por discos colocados en una caja cerrada que hay en el coche. Para

para poder hacer el transporte por la orilla desde la de Tompson á la de Colt, cable que hubo que levantar por encima de los árboles hasta que fué posible ponerle tenso entre las dos torres. Después se pasó, con ayuda de aquél y de una máquina especial, un cable de 13 milímetros; á continuación se colocó el de tracción y, por último, los seis que constituyen la vía.

La resistencia de cada uno de los cables-carriles, con la reducción correspondiente á la encorvadura sobre las poleas, es 42.000 kilogramos, y como su tensión efectiva es 9.000 kilogramos, el coeficiente de seguridad es 4,6. Los cables han sido fabricados en los talleres de la American Steel and Wire C.^o

El par máximo del motor es 2,5 veces el necesario para remolcar el coche completamente lleno.

La tensión máxima del cable de tracción sin trabajar en la estación de Colt, es 12.700 kilogramos, y la de cada cable-carril 9.600 kilogramos.

(Continuad.)