

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.

EL TUNEL DEL SIMPLON COMO BASE GEODESICA

Del 18 al 24 de Marzo último la Comisión geodésica federal suiza determinó la medida exacta de la longitud del túnel del Simplón, á fin de poder utilizarlo como base geodésica, estando encargados de los trabajos los Sres. Rosenmund, Riggenbach y Gautier á las órdenes de Mr. Guillaume, Director adjunto del Servicio internacional de pesas y medidas.

La triangulación suiza arranca de tres bases, medidas en 1880-81 por el coronel Dumur, con el aparato de nuestro general Ibáñez, cedido al Gobierno suizo con este objeto. Estas bases no hubo posibilidad de que fuesen mayores de 3 km., lo que origina serios inconvenientes, pues operando con longitudes tan pequeñas, el cálculo de la triangulación de primer orden, cuyos lados son de 40 km. próximamente, puede tener errores difíciles de apreciar. Por esta causa se ha tratado de aprovechar las facilidades que había de ofrecer el túnel del Simplón para la medida de una base de 20 km., y aunque su situación no permite fundar sobre ella la triangulación general suiza, sirve muy bien como medida de comprobación, muy útil para la triangulación de la parte montañosa del país que presenta dificultades especiales. Por esto, la Comisión geodésica decidió en 6 de Mayo de 1905 la medida de esta nueva base, adoptándose más tarde la propuesta por M. Riggenbach de no emplear en este caso bases de tan pequeña longitud como son las del aparato Ibáñez, sino alambres de mayor extensión, de un metal casi no dilatante llamado *invar*.

Mientras que las reglas que sirvieron en 1880-81 tenían sólo cuatro metros, el alambre del Simplón media 24, con lo que las maniobras se han reducido en la relación de 6 : 1, disminuyéndose notablemente la duración del trabajo que debía quedar terminado en el plazo de los cinco días, durante los cuales el túnel fué puesto á disposición de la Comisión, interrumpiéndose los trabajos de instalación eléctrica de suministro de energía á los trenes dentro del túnel.

El método adoptado no es sino una modificación del empleado por el Ingeniero sueco Jäderin, quien utilizaba un alambre doble, compuesto de dos metales, acero y latón, en que las diferentes variaciones debidas á la temperatura se compensaban. MM. Benoit y Guillaume, Director y adjunto del Servicio internacional de pesas y medidas, perfeccionaron este procedimiento empleando alambres de acero con el 36 por 100 de níquel, que tienen un coeficiente de dilatación casi inapreciable y por eso al metal se le llama *invar*.

Para proceder á la medición de una base con el alambre referido se disponen á intervalos de 24 metros tripodes de madera con patillo, que se coloca horizontal, y sobre el cual hay una

pieza metálica vertical, con cabeza bien pulimentada, en la que hay un trazo piso perpendicular á la dirección del hilo, trazo que sirve de referencia. El alambre se halla en tensión entre dos tripodes consecutivos, mediante dos pesos de 10 kilogramos, y se termina el hilo en cada extremidad por una reglilla de 8 centímetros de longitud por medio de la cual se hace la lectura al coincidir sus divisiones con el trazo de referencia. Estas lecturas dan con un error de una fracción de milímetro, la diferencia entre la separación de los trazos de los dos tripodes y la longitud constante del hilo comprendida entre los ceros de ambas reglillas, previamente determinada por el Servicio internacional de pesas y medidas. La diferencia de altura entre los dos trazos se determina por una nivelación.

La Comisión empleó en las medidas del Simplón diez tripodes, que se hacían avanzar una vez hechas las lecturas; un jefe para la colocación en estación, su ayudante y diez peones encargados de desmontar los tripodes, colocarlos sobre los carriles y alinearlos. Es verdad que el alumbrado artificial del túnel hacia penosas estas operaciones, pero, en cambio, la existencia de la vía férrea resultaba beneficiosa, porque se podían fijar los tripodes directamente sobre los carriles por medio de grapas y placas de soporte que mantenían constante la inclinación de los pies, sin contar con que la alineación y nivelación de los apoyos del alambre eran sumamente sencillos. Una pincelada de color en los carriles indicaba á los peones los sitios en que había que colocar los tripodes.

Como afectos á la verdadera operación de la medida había dos observadores encargados de las lecturas en las reglillas, dos portatensores y un portalibreta. Dos Ingenieros estaban encargados de la alineación y nivelación de los tripodes.

Para no interrumpir los trabajos se establecieron tres brigadas, que trabajaban ocho horas consecutivas. Al frente de ellas se colocaron los Sres. Rosenmund, Riggenbach y Gautier.

Todo el personal había hecho previos ensayos en la línea férrea, al aire libre, entre las estaciones de Vierge y Rarogne, en donde se encuentra una sección rectilínea de un kilómetro próximamente. Cada una de las brigadas había medido esta sección de vía durante la noche, entre el último tren del día y el primero del siguiente.

La base del Simplón se halla limitada por los dos observatorios que han servido en las cabezas del túnel para marcar su dirección. La medición comenzó el 18 de Marzo, á las seis de la mañana, y se llegó al final de los 20 kilómetros á los dos días y medio, regresando al punto de partida en un poco menos tiempo que á la ida. Llegó á marchar la brigada Rosenmund á razón de 500 metros por hora en la parte rectilínea del túnel, pues en la parte correspondiente á las galerías de dirección en que no había carriles, se marchó con menos velocidad. El enlace con el

observatorio del lado Norte (Brigue) llevó consigo una medida especial para salvar el Ródano, operando en un terreno accidentado. En esta parte el alambre de 24 m. era muy corto para cruzar el río, y por esto M. Guillaume empleó un alambre de *invar* de 72 metros de tendido por pesos de 20 kg.

La longitud total entre los dos observatorios fué dividida en secciones, por medio de señales fijas, á fin de medirlas separadamente á la ida y á la vuelta, y de este modo, si los resultados no estuviesen de acuerdo, volver á medir sólo 2.400 metros como máximo, que era la longitud de la sección. La mayor diferencia encontrada para una misma sección, ha sido de 8 milímetros y sólo 3 milímetros para la longitud total.

Para obtener la longitud definitiva de la base había que someterla á una primera corrección para reducirla á distancia horizontal; la segunda corrección proviene de los defectos de alineación de la vía férrea; y la tercera, dependerá de la comprobación de la longitud del hilo, para ver si ha conservado su primitiva dimensión. Es de creer que el grado de exactitud final corresponda al conseguido en 1880-81, ó sea una aproximación de 1 : 2.000.000.

Una vez conocido cuanto se ha dicho, cualquiera preguntará: ¿Cuánto mide el túnel del Simplón? El trabajo de donde se han tomado los anteriores datos no lo dice. La última *Rapport trimestriel* publicada, corresponde al primer trimestre de 1906, y á ella he acudido, pero es muy poco explícita, se limita á decir: «El resultado ha dado un aumento de 70 centímetros en la longitud, siendo, por tanto, la total del túnel entre las dos bocas de 19.804 metros en números redondos». Pero apreciar metros después de una medida geodésica parece un contrasentido, y he tratado de aproximar algo más, acudiendo á otros datos que poseo.

Según la primitiva determinación de la longitud del túnel debía ser la distancia entre las bocas de las galerías de dirección de 19.728,71 metros, de 19.770 la que separa las bocas del túnel núm. 1, y de 19.775 la de la galería paralela ó túnel núm. 2. La cifra 19.770 es la que figura como dato oficial al comienzo de la construcción, pero, en realidad, las bocas del túnel núm. 1 se han variado hacia el Norte y Sur respectivamente, de modo que la longitud calculada del túnel 1 se aumenta hasta 19.803,59 metros.

Después del 24 de Febrero de 1905, fecha de encuentro de las galerías, se pensó medir la longitud exacta del túnel á la vez que se comprobaba el error de encuentro de ambos ejes, operaciones que se llevaron á cabo los días 14 y 15 de Agosto de 1905, obteniéndose los siguientes resultados:

Separación lateral de los ejes.....	0,202 metros.
Idem según el plano vertical.....	0,087
Diferencia en la longitud del túnel.....	0,79

Este resultado conduce á la cifra 19.802,80 metros, que no fué nunca considerada como exacta, pues los trabajos se hacían con grandes molestias, ocasionados por las nubes de vapor que se desprendían de los manantiales calientes, hasta el punto de que los niveles tuvieron que limitarse en algunos sitios de la parte Sur á 95 metros y alguna hasta 65 metros. Así se comprende que el error de entonces haya sido por defecto de 79 centímetros, y ahora por exceso de 70 centímetros.

En realidad la longitud del túnel debe estimarse en:

$$19.803,59 + 0,70 = 19.804,29 \text{ metros.}$$

El cálculo por triangulación había supuesto un error probable de 0,56 m.

No es sólo este trabajo el único que ha llevado á cabo en el Simplón la Comisión geodésica. En 1899 se había decidido por su Presidente, M. Adolfo Hirsh, la determinación de las desviaciones de la vertical producidas por el macizo montañoso, haciendo observaciones en los dos observatorios de las bocas y en algunas otras estaciones. Posteriormente la Comisión se propuso

determinar la intensidad de la gravedad en el interior del túnel por medio del péndulo, trabajo llevado á cabo por Mr. Niethammer desde primeros de Diciembre de 1900 hasta el año último. Estas observaciones se hicieron en los dos observatorios de Brigue y de Iselle y en nueve estaciones del interior del túnel, y han demostrado que la gravedad disminuye desde las bocas hacia el interior, como era presumible. La disminución no ha sido la misma á partir de una ú otra boca, siendo más lenta por el lado Norte (Brigue), y también se ha encontrado que el mínimo de la gravedad no corresponde con el macizo de Monte Leona, situado encima del túnel, sino que tiene mayor influencia el conjunto de la cadena que parte del puerto del Simplón y se dirige hacia el Wasenhorn, Bolterhorn, Hüllehorn, etc.

J. JIMENO LASSALA.

XI CONGRESO INTERNACIONAL DE NAVEGACIÓN

La Comisión permanente de la Asociación internacional de los Congresos de Navegación, en sesión celebrada en Bruselas en 28 de Mayo último, ha acordado que el próximo Congreso se verifique en San Petersburgo, en el mes de Mayo de 1908, época del año más favorable, adoptando el siguiente programa de los asuntos de que ha de ocuparse:

I.—Navegación interior.

A.—TEMAS.

- 1.º Disposiciones que deben darse á las presas de los ríos de caudal muy variable y que transportan eventualmente grandes cantidades de hielo, á fin de precaver los intereses de la navegación y de la industria.
- 2.º Estudio, desde los puntos de vista económico y de reglamentación, de la explotación y de la tracción mecánica de los barcos en los ríos, canales y lagos. Monopolio de tracción.
- 3.º Material de los puertos de navegación interior, con referencia especial al progreso del material eléctrico.

B.—COMUNICACIONES.

- 1.ª Aplicación del hormigón armado á las construcciones hidráulicas.
- 2.ª Modo de intervenir el Gobierno y los diversos interesados en la creación de los recursos necesarios para el desarrollo de la navegación interior, comprendido el caso de facultar al Gobierno para la adquisición de una parte de los terrenos cuyo valor se aumenta á lo largo de las nuevas vías navegables.
- 3.ª Servicios de hidrometría, de aviso de las crecidas y de fondeo.

II.—Navegación marítima.

A.—TEMAS.

- 1.º Puertos de pesca y puertos de refugio para el cabotaje.
- 2.º Puertos marítimos interiores y sus medios de acceso. Sus ventajas. Estudio económico y técnico.
- 3.º Construcción de los puertos en playas de arena.

B.—COMUNICACIONES.

- 1.º Instalaciones de carena: varaderos, diques flotantes, aparatos elevadores, etc.
- 2.ª Mejores tipos de buques marítimos para el transporte de mercancías, en sus relaciones con las vías de navegación interior y con los puertos.
- 3.ª Aplicaciones del hormigón armado á los trabajos marítimos. Medios de asegurar su conservación.