

repelidas en vez de atraídas por la fuerza magnetizante. Resulta, pues, que las sustancias magnéticas son más permeables que el aire y las diamagnéticas menos.

E. HORSTMANN. A. CASADESÚS.

Alumnos de la clase de electricidad de la Escuela de Caminos.

TUNEL DEL SIMPLÓN

DIVERSOS PROYECTOS PRESENTADOS DESDE 1853
PARA ATRAVESAR EL SIMPLÓN POR MEDIO DE UN FERROCARRIL

En Enero de 1853, unos cuantos capitalistas y constructores franceses obtuvieron del cantón del Vallés y de la Confederación Suiza la concesión de una línea férrea arrancando del lago Lemán, subiendo el valle del Ródano y atravesando los Alpes por el Simplón.

El primer anteproyecto para atravesar el Simplón data del año 1857. Se proponía un túnel de 12.200 m., la misma longitud que el de Mont-Cenis; la entrada se hacía con la altitud de 1.068 m., 200 m. más baja que en Mont-Cenis. El gasto, que se calculaba en 70 millones de francos, prescindiendo de los intereses durante el período de ejecución fijado en 10 años, era excesivo para los recursos de la empresa que se llamaba Compañía de Italia.

Para disminuir los gastos se estudiaron de 1860 á 1863 cuatro proyectos con túneles de 4 á 5 km. de longitud y rampas de 0,030 á 0,050 en las avenidas; pero estos proyectos despreciaban lo que constituye la ventaja principal del paso por el Simplón, ó sea la posibilidad de mantenerse para la entrada á una altitud mucho menor que en Mont-Cenis y en San Gotardo. Estos proyectos no fueron aceptados, y todos los estudios posteriores se refirieron á túneles largos atravesando la base de la montaña, no la cresta.

Desde 1860, Vauthier, Ingeniero de la línea de Italia, inició la idea, hoy aceptada por todos, de atravesar la montaña por su base, por debajo de la cota de 800 metros.

El éxito de la perforación del Mont-Cenis, el más satisfactorio de San Gotardo y los recursos proporcionados por las fuerzas motoras hidráulicas en los trabajos del Arlberg, habían demostrado que la ejecución de los subterráneos largos era prácticamente posible.

Pero al mismo tiempo las obras del Mont-Cenis y sobre todo las de San Gotardo, habían hecho surgir un problema temible. El calor subterráneo en relación con los macizos que insisten sobre el túnel y con la naturaleza de las rocas atravesadas.

En 1878 la Compañía del Simplón hizo estudiar un proyecto completo, teniendo en cuenta las exigencias de una explotación fácil y las condiciones térmicas.

El perfil longitudinal del terreno situado encima del túnel, se comparó con los de Mont-Cenis y San Gotardo, para los cuales se tenían numerosas observaciones y curvas geotérmicas, uniendo los puntos que en el interior del macizo tienen la misma temperatura.

Procediendo de una manera análoga, se construyeron las curvas en el Simplón, y para el trazado en línea recta se llegó á las temperaturas, inadmisibles, de 36° á 39° en el interior del túnel proyectado.

El autor del proyecto propuso quebrar el trazado para

separarlo de las cimas más elevadas de Monte-León; así se alcanzaban temperaturas de 32° á 35°, como en San Gotardo, pero en una longitud mucho mayor. No parece muy acertada esta solución, que para evitar dificultades problemáticas, cae en una real de tanta importancia como es la construcción de un túnel acodado de tanta longitud.

Se pidió, además, á geólogos de Francia, Italia y Suiza un estudio detallado de la naturaleza del terreno.

El resultado de todos estos trabajos, fué un proyecto de túnel acodado, de 19,796 km. de longitud, con cotas de 689 m. en la entrada, 708 en el punto culminante y 627 metros en la salida ya en territorio italiano.

El proyecto comprende el examen de las fuerzas motoras disponibles en las dos vertientes destinadas á mover las máquinas perforadoras y sobre todo á refrescar las paredes de las galerías. En la vertiente italiana se cuenta con una potencia de 8.000 caballos en aguas bajas ordinarias. En la parte Norte, el Ródano sólo puede proporcionar una de 6.000 caballos.

Disponiendo de medios tan poderosos en las dos bocas del túnel se puede emplear la perforadora Brandt, y se asegura la ventilación. El coste total de la obra asciende á 74 millones de francos.

En 1886, los cantones interesados pidieron un informe á los señores siguientes: Polonceau, Ingeniero de la Compañía de Orleans; Doppler, Ingeniero austriaco; W. Huber, Ingeniero de París, y J. Dumur, Ingeniero de Lausanne.

La Comisión adoptó un nuevo trazado, estudiado por Meyer, con el fin de evitar las temperaturas elevadas. La entrada del túnel se fijaba en la cota 820 metros, y la salida á 830 metros, en territorio suizo; la longitud era 16.070 metros.

Los ingenieros mencionados dijeron que se podía admitir un túnel de vía única, obteniéndose así una economía de 10 millones, estimaron el coste en unos 52 millones, é insistieron en las grandes ventajas que proporcionaría un túnel para doble vía, y, sobre todo, más bajo, con una longitud de 20 kilómetros.

Sobre estas bases se entablaron algunas negociaciones; el Consejo federal y los cantones prometieron subvencionar la línea, pero el Gobierno italiano no quiso aceptar un trazado que dejaba la salida del túnel en territorio suizo. Por otra parte, habiendo fracasado algunas combinaciones financieras, se abandonó el proyecto.

En 1893 la Compañía fusionada Jura-Simplón, celebró un contrato con la casa Brandt, Brandau y Compañía, de Hamburgo, para la construcción de un túnel de vía única, y 19.731 metros, que desemboca cerca de Isella, en plena Italia.

Examinado este proyecto por una Comisión formada por Colombo, Ingeniero de Milán; Fox, Ingeniero de Londres, constructor del túnel del Mersey, y Vagner, Ingeniero austriaco, Jefe de sección en el túnel del Arlberg, ha sido aceptado por los Gobiernos italiano y suizo en 1895, y es el que se va á llevar á cabo.

Con el empleo de las perforadoras Brandt, que han dado avances de 5^m,60 en Arlberg, y 7^m,38 en el Cáucaso, en veinticuatro horas de trabajo, se pretende acabar el túnel en menos de seis años. Los contratistas anuncian que, con los poderosos medios para ventilar y refrescar las galerías que van á emplear, la temperatura no pasará de 25°, mientras que llegó á 31° en San Gotardo.

El trazado atraviesa el macizo llamado Monteleón en dirección NO — SE, la altura de la cima es de 2.840 metros sobre el nivel del mar. Se corta la frontera, que es la divisoria, próximamente en ángulo recto y en el punto medio del túnel, dándose satisfacción á las exigencias diplomáticas.

La boca Norte está en la cota 687 m., el punto culminante á 703 m. y la boca Sur á 634 metros.

El espesor medio de la montaña, por encima del eje del túnel, es de 1.140 m., el máximo es de 2.135 metros.

La boca Sur está situada al lado, y al mismo nivel de la carretera del Simplón.

La pendiente por el lado Norte es de 0,002, indispensable para el saneamiento, y por el lado Sur resulta de 0,007.

En este proyecto no se ha tratado de acercar el eje del túnel á las vaguadas para disminuir la temperatura de la roca; si se admite, como en el San Gotardo, un aumento de 1° por cada 44 m. de profundidad, la temperatura se elevará á 40°; esta temperatura se combatirá con una ventilación muy enérgica y con agua pulverizada á gran presión.

Se cuenta con atravesar rocas que se prestan á la perforación mecánica; habiéndose salvado los terrenos de yeso que hay por encima de Brig.

Para la perforación, ventilación, alumbrado, etc., se utilizarán unos 800 caballos en la boca Norte, y 1.700 en la Sur.

SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN

La Empresa constructora Brandt, Brandau y Compañía se propone seguir un método completamente nuevo

En lugar de un túnel para doble vía, se construirán dos de vía única, separados 17 m. de eje á eje.

Al empezar los trabajos se abrirán dos galerías de avance paralelas, que se unirán de 200 en 200 metros por galerías transversales, oblicuas, para disponer las vías férreas con cambios. Una de las galerías se agrandará hasta alcanzar la sección completa del túnel; la otra no se ensanchará hasta que el tráfico haya aumentado lo suficiente para exigir la doble vía continua, en lugar del apartadero central previsto.

Esta segunda galería tendrá una sección de 8 metros cuadrados, y servirá de canal de ventilación, cerrando las bocas é introduciendo aire por medio de ventiladores poderosos; las galerías transversales estarán cerradas, excepto las dos más próximas al tajo de avance; el aire introducido por la galería de servicio penetrará en la principal por las dos últimas transversales, y volverá á la atmósfera atravesando todos los talleres, consiguiéndose una ventilación enérgica.

La galería de servicio sirve para otras muchas cosas: todas las aguas del túnel, ya las introducidas artificialmente, ya las propias de la montaña, se reunirán en un cuneton de desagüe, construido en la galería pequeña, sin atravesar los talleres del túnel principal; se instalarán también en la galería accesoria las cañerías de agua en presión; por último, estableciendo vías férreas en las dos galerías, los vagones entrarán por una y saldrán por otra, evitándose las interrupciones que se sufrieron en el San Gotardo.

Es indudable que con la ayuda de este túnel auxiliar, se resuelven satisfactoriamente las dificultades mayores

que se presentan en la construcción de túneles largos, pero es también indudable que se aumenta bastante el coste, y que se adopta esta solución porque se preve en un plazo no muy lejano, el aumento de tráfico necesario para el ensanche de la galería auxiliar.

Las reparaciones del túnel principal se harán con mucha facilidad, circulando obreros y materiales por la galería auxiliar y las transversales más próximas al punto que se esté reparando.

Las dos galerías se abrirán simultáneamente con perforadoras hidráulicas sistema Brandt, trabajando 3 ó 4 en cada ataque; el agua llegará por dos cañerías de 0,11 de diámetro.

Para la primera mitad de lado Norte (pizarras) se calcula suficiente una presión de 70 atmósferas; para la segunda mitad y todo el lado Sur (gneis), la presión se elevará á 100 atmósferas; además para la perforación de la galería alta y de las transversales se instalarán cuatro máquinas por cada lado. El consumo total de agua será de 18 litros por segundo.

Para calcular con alguna aproximación el tiempo necesario para perforar el túnel, se ha sometido un bloque duro y compacto de gneis del Simplón á ensayos sistemáticos con las máquinas perfeccionadas y ha resultado, que se puede contar con un avance medio diario de 5,185.

CARGA DE LOS ESCOMBROS

Las perforadoras perfeccionadas y los explosivos poderosos han reducido mucho el tiempo necesario para hacer la excavación; pero los productos de la excavación, los escombros, quedan á corta distancia del frente de ataque, ocupando el sitio de las máquinas; para poner éstas nuevamente en acción, es preciso retirar los escombros. Si en el momento de la explosión se pudieran proyectar los escombros á bastante distancia del frente de ataque, en muy poco tiempo se limpiaría la vía de servicio y se instalarían las perforadoras, sacándose los escombros con calma, mientras se practicaba la perforación de los barrenos.

De esta manera se trata de ejecutar el túnel del Simplón, consiguiéndose dos ventajas: disminuir el tiempo y refrescar los escombros y la galería de avance, porque se empleará una gran cantidad de agua.

VENTILACIÓN Y DESCENSO DE TEMPERATURA

Como ya hemos dicho se ventilarán los talleres introduciendo por la galería auxiliar una gran cantidad de aire que puede llegar á 50 metros cúbicos por segundo. En San Gotardo no se pasó de dos metros cúbicos y en el Arlberg llegó á seis.

Para hacer descender la temperatura de las paredes del túnel en unos 20°, se ha calculado que se necesita un consumo de 52 litros de agua por segundo, á la temperatura de 12°. Se ha previsto un gasto de 80 litros por segundo, de modo que aunque se encuentren temperaturas mayores que las previstas por los geólogos, no será imposible el llevar á cabo los trabajos.

PRESUPUESTO

El contrato á tanto alzado, que la Compañía Jura-Simplón ha formalizado con los constructores Brandt, Brandau y Compañía (antes A. Brandt y Brandau) contiene las partidas siguientes:

	Francos.
1.º—Instalaciones en las bocas Norte y Sur, caminos de acceso, instalación de talleres, obras hidráulicas, maquinarias, ventiladores, compresores, dinamos, locomotoras, vagones, alumbrado eléctrico, etc.	7.000.000
2.º—Por el primer túnel, con apartadero de 500 m. en el centro, balasto, asiento de la vía (excepto el material) replanteo, con estacas, del eje del segundo túnel, perforación de la galería auxiliar y transversales.	47.500.000
<i>Total.</i>	54.500.000

La Compañía tiene además que gastar:

	Francos.
1.º—Expropiaciones.	310.000
2.º—Líneas de acceso.	1.900.000
3.º—Rectificación del Ródano.	220.000
4.º—Material de vía.	640.000
5.º—Gastos generales.	1.250.000
<i>Suma.</i>	4.320.000

El coste total del túnel con vía única y la galería auxiliar se eleva á 58.820.000 francos.

Por el ensanche hasta el perfil tipo, y el revestimiento del segundo túnel, cuando llegue el caso, los contratistas percibirán 15.000.000 de francos.

La Compañía tiene que añadir:

	Francos.
1.º—Balasto y vía.	878.000
2.º—Gastos generales.	342.000
<i>Suma.</i>	16.220.000

El gasto total de los dos túneles, con la línea de acceso, la estación de Brig, etc., sin tener en cuenta los intereses durante la construcción, asciende á 75.040.000 francos.

VICENTE RUIZ.

ATENEO DE MADRID

CONFERENCIAS DEL SEÑOR ECHEGARAY

(Continuación) (4).

Efectuando en ella las sustituciones posibles resulta no tener más que tres valores diferentes; la resolvente será, pues, de tercer grado. Resolviendo esta ecuación en z una de sus raíces será igual á la expresión anterior; así

$$z_1 = x_1 x_2 + x_3 x_4.$$

Conocida la suma de $x_1 x_2$ y $x_3 x_4$, como su producto también se conoce, pues es el último término de la ecuación dada, llegaremos á determinar las cantidades $x_1 x_2$ y $x_3 x_4$.

Si conociéramos las sumas $x_1 + x_2$ y $x_3 + x_4$, estaría el problema resuelto. Pues bien, por medio de un sencillo

artificio se llega á determinar $x_1 + x_2$ y $x_3 + x_4$ en función de los productos conocidos $x_1 x_2$ y $x_3 x_4$.

La teoría de las sustituciones excusa ese artificio. Refiriéndonos á la suma $x_1 + x_2$, el teorema que acabamos de demostrar nos permite hallarla inmediatamente en función de $x_1 x_2$.

En efecto, las dos funciones $x_1 + x_2$ y $x_1 x_2$ tienen el mismo grupo, que es el total de las letras, y está por consecuencia formado por las sustituciones

$$\begin{vmatrix} x_1 & x_2 \\ x_1 & x_2 \end{vmatrix} = 1 \text{ y } \begin{vmatrix} x_1 & x_2 \\ x_2 & x_1 \end{vmatrix};$$

este grupo $G(1, (x_1 x_2))$ pertenece evidentemente á las dos funciones; luego se podía expresar la una en función de la otra.

El teorema anterior puede generalizarse llegando á una nueva demostración del teorema de Lagrange, de aquel que dice que el orden de un grupo es un divisor de $N = n!$. No entraremos en el detalle de esta generalización, que el Sr. Echegaray explicó por un procedimiento gráfico muy sencillo y elegante.

Hemos visto que el número de valores que podía tomar una función variaba entre 1 y N , límites correspondientes á las funciones simétricas y á las lineales. Vamos á ocuparnos ahora en el estudio de una función que sólo tenga dos valores: de la función alterna.

Para que una función tenga dos valores es necesario que el índice de un grupo sea igual á dos; entonces el orden de ese grupo será $\frac{N}{2}$; y como de este orden no hay más grupo que el alterno, resulta que el grupo de la función será $G(S_1, S_2, S_3, \dots, S_{\frac{N}{2}})$.

El cuadro de Cauchy tendrá solamente dos líneas y será el siguiente:

$$\begin{array}{ccccccc} \varphi_1 & \dots & S_1 & S_2 & S_3 & \dots & S_{\frac{N}{2}} \\ \varphi_2 & \dots & T_1 S_1 & T_1 S_2 & T_1 S_3 & \dots & T_1 S_{\frac{N}{2}} \end{array}$$

Representando por φ_1 y φ_2 los valores que toma la función, ya sabemos que en el cuadro anterior no hay más grupo que el formado por las sustituciones de la primera línea, el cual corresponde á φ_1 . El grupo correspondiente á φ_2 sabemos también cómo se obtiene y el cuadro de los grupos será el siguiente:

$$\begin{array}{ccccccc} \varphi_1 & \dots & S_1 & S_2 & S_3 & \dots & S_{\frac{N}{2}} \\ \varphi_2 & \dots & T_1 S_1 T_1^{-1} & T_1 S_2 T_1^{-1} & T_1 S_3 T_1^{-1} & \dots & T_1 S_{\frac{N}{2}} T_1^{-1} \end{array}$$

Resulta que el grupo de φ_2 es de orden $\frac{N}{2}$ y como de este orden no hay más grupos que el alterno, resulta que la segunda línea de este último cuadro es igual á la primera. De aquí se deduce que toda sustitución que deje invariable á φ_1 , tampoco cambiará á φ_2 , y toda sustitución que haga variar á φ_1 , le convertirá en φ_2 , puesto que están en la segunda línea del cuadro de Cauchy, y la que haga variar á φ_2 le convertirá en φ_1 ; de aquí se deduce que la

(4) Véase el número 5.º