

# REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

MADRID, 15 DE MAYO DE 1892.

4.ª Serie.

Tomo 10.

Número 9.º

AÑO XL DE LA PUBLICACIÓN.

---

---

## SUMARIO.

El túnel de la Argentera. Tratado de construcción de túneles.—Motores empleados en la producción de energía eléctrica, por D. Enrique Martínez, Ingeniero de Caminos.—Memoria que manifiesta el estado y progreso de las obras de mejora de la ría de Bilbao durante el año económico de 1890 á 1891.

SUMARIO DEL BOLETIN.—Fallecimiento del Ilmo. Sr. D. Miguel Ferrero y Yesta.—Nuevas experiencias sobre el empuje de las tierras.—Anunciador de inundaciones.—Grúa eléctrica.—Ferrocarril subterráneo eléctrico en París.—Noticias.—Bibliografía.—Parte oficial.—Subastas.—Adjudicaciones.—Movimiento del personal de Obras públicas.

---

## EL TÚNEL DE LA ARGENTERA

### TRATADO DE CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES (1)

(Continuación.)

#### ARTÍCULO IX.—Resultados económicos.

*Generalidades.*—Una vez perforada la galería de avanzamiento de un túnel, el arranque del resto del macizo comprendido en la sección de éste puede verificarse con suma rapidez, colocando gran número de relevos en diferentes puntos de dicha galería.

Dependiendo, pues, la perforación de un túnel de la de su galería de avanzamiento, natural es que, si se trata de determinar el coste de aquélla, se fije primero el de la perforación de ésta.

Es evidente que el coste de dicha perforación depende del importe de la mano de obra, del número de horas que trabajen los relevos, de las condiciones de ventilación, de las de iluminación, de las filtraciones que se presenten, de si se encuentra ó no una vía de agua importante, de las condiciones del terreno, de los explosivos empleados, del tiempo necesario para la extracción de escombros, del desgaste y reposición de herramientas, de si se pueden emplear barrenos más ó menos profundos y de otras circunstancias, que hacen todas ellas que los elementos influyentes en dicho coste sean muy variados, y por consiguiente, difícil de determinar éste.

---

(1) Véase la REVISTA del 30 de Abril de este año, pág. 113.

*Coste de un túnel según M. Callon.*—Según M. Callon la perforación de una galería de  $3\text{m}^2,5$  de sección, suponiendo el jornal medio de los minadores de 4 francos, y que la pólvora cueste á 2 francos 50 céntimos el kilogramo, da los resultados siguientes:

NATURALEZA DEL TERRENO	Número de jornales por metro lineal.	Peso de la pólvora por metro lineal. — Kilogramos.	COSTE		Avanco mensual. — Metros.
			Por metro lineal. — Francos.	Por metro cuadrado — Francos.	
Rocas extremadamente duras. . . . .	50	12	236	67	2
Granito duro y cuarzoso.	20 á 30	8 á 10	120 á 145	34 á 41	3,33 á 5
Terreno carbonífero muy duro, asperón y conglomerado. . . . .	15 á 20	4 á 8	70 á 100	20 á 28	5 á 7
Granito ordinario. . . . .	10 á 15	3 á 4	47 á 70	13 á 20	7 á 10
Terreno carbonífero ordinario, esquistos arcillosos ó caliza dura micácea. . . . .	7 á 10	1,5 á 3	31 á 47	9 á 13	10 á 15
Rocas blandas, arcillas endurecidas, yeso, rocas descompuestas. . . . .	4 á 6	1 á 1,5	18 á 28	5 á 8	15 á 25
Rocas movedizas. . . . .	2 á 4	0 á 0,3	8 á 17	1,33 á 2,80	25 á 50

Una vez conocido el precio á que resulta el metro cúbico de galería de avance, se obtiene fácil, aunque sólo aproximadamente, el coste del metro cúbico del resto de la sección del túnel, multiplicando aquel precio por módulos determinados experimentalmente, y que, según M. Callon, son los siguientes:

Si se pasa de una galería de  $3\text{m}^2,5$  á otra cuya sección sea de 10 á 20 metros cuadrados, el valor de dicho módulo resulta ser de  $\frac{1}{2}$  á  $\frac{3}{4}$ , y si se pasa á una cuya sección sea de  $36\text{m}^2$ , el valor de dicho módulo será también de  $\frac{1}{2}$  á  $\frac{3}{4}$  para el ensanche de galería, y sólo de  $\frac{1}{3}$  para el stross.

Si determinado el precio del metro cúbico de una galería, cuya sección sea de  $3\text{m}^2,5$ , quiere deducirse el de un desmonte al aire libre, el valor del módulo será de  $\frac{1}{4}$ , y si del primer precio quiere deducirse el correspondiente á una chimenea ó pozete, se dará á dicho módulo el valor de  $1\frac{1}{2}$ , y se le dará un valor de  $1\frac{1}{2}$  á 2 cuando se quiera deducir el valor de un pozo. Debe tenerse presente además en el caso de que se trate de pozos, que el avance del trabajo en éstos suele ser á lo sumo los  $\frac{2}{3}$  del de una galería de pequeña sección, y que en los precios indicados se prescinde por completo del valor de las entibaciones y del revestimiento.

*Otros procedimientos para calcular el coste de un túnel.*—Algunas veces se calcula el precio del metro cúbico de un túnel, calculando el del metro cúbico de roca de igual naturaleza en desmonte y añadiendo á este precio los  $\frac{2}{3}$  de su valor. Este procedimiento es tan sencillo como poco exacto.

Otros autores suponen que el aumento de coste de un trabajo subterráneo con relación á otro análogo á cielo abierto, debe calcularse en un 70 por 100 para los que sólo exigen el empleo del zapapico; 100 por 100 para los que exigen el empleo del pico, y 200 por 100 cuando se tienen que abrir barrenos.

En los terrenos que no exigen el empleo de explosivos, se admite por estos autores, suponiendo una sección ancha, que para remover un metro cúbico de aquéllos se necesita:

De 1,25 á 1,50 horas en tierras flojas, que son las que pueden trabajarse con la pala.

De 2 á 3 horas en tierras semiduras, que son las que pueden trabajarse con la azada.

De 3 á 4 horas en tierras duras, que son las que pueden trabajarse con el zapapico ó pico.

De 6 á 9 horas en rocas blandas que exijan picos, cuñas, etc.

Si conocido este número de horas quiere deducirse el que se necesita para terrenos iguales, pero en una galería cuya sección sea de 4 á 8 m.<sup>2</sup>, se multiplicarán aquellos números por 1,4 ó 1,6, y por 2 cuando se trate de pozos. Se prescinde en absoluto del tiempo necesario para las entibaciones. Conocido el tiempo y el jornal del operario, fácilmente se obtiene el precio del m.<sup>3</sup> de terreno desmontado; aumentando éste en un 35 por 100 de su valor en concepto de gastos de vigilancia, alumbrado, ventilación, desgaste de herramientas, etc., se obtiene el precio del m.<sup>3</sup> de túnel.

*Formación del presupuesto de la perforación de un túnel.*—Si consideramos un túnel de 1.000 metros de longitud, el volumen de roca que se tendrá que desmontar será de 35.000 m.<sup>3</sup> (1) si es para una sola vía, y de 50.000 m.<sup>3</sup> (1) si es para doble vía. Dada, pues, la importancia que tienen estos cubos en una excavación subterránea, deberá procederse cuando se trata de un túnel, cuya longitud pase de 1.000 metros, á abrir antes una pequeña galería de prueba á fin de recoger los datos que permitan deducir la manera más conveniente de organizar el trabajo lo más económicamente posible, la naturaleza y clase de explosivos que con-

(1) Es evidente que estos números variarían, según sea la forma de la sección del túnel y el objeto á que éste se destina.

vendrá emplear y herramientas con que deberá trabajarse. Adquiridos estos datos, se calculará el tiempo total de la mano de obra, en el cual se incluirá no sólo el necesario para la ejecución de los barrenos, sino también el que tenga que emplearse en la carga y explosión de éstos, extracción de escombros y el que tenga que mediar entre dichas explosión y extracción, tiempo este último que dependerá del sistema de ventilación empleado.

Se calculará luego el valor de las materias explosivas, como dinamita, cápsulas, mechas y el alumbrado y ventilación, así como también el coste del entretenimiento de barrenas, pistolotes, almainas, mazas, picos, etc.

Terminamos este capítulo con estas generalidades, porque todo lo demás referente á «Resultados económicos» de la perforación, podrá encontrarse en el capítulo de *Datos estadísticos*.

(Se continuará.)

## MOTORES EMPLEADOS EN LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA (1)

(Continuación.)

### II.

Vamos á continuar la reseña, que hace días comenzamos, de los motores empleados en la producción de electricidad: decíamos que las máquinas que aprovechan como motor la fuerza expansiva del vapor de agua, eran las más empleadas en las aplicaciones industriales; en estas máquinas, para calentar el agua de la caldera y obtener vapor, se necesita un combustible de gran potencia y económico, por lo tanto.

En la generalidad de los casos, á menos que haya cerca de la fábrica madera en abundancia, el combustible empleado es la hulla, que cuesta por término medio 30 pesetas la tonelada: con un kilogramo de este combustible se produce la ebullición de 50 litros de agua, mientras que con la misma cantidad de leña la ebullición no alcanza más que á 30 litros.

Los millares de caballos de vapor que actualmente utiliza el alumbrado eléctrico, proceden en gran parte de la combustión del carbón fósil: quemamos hulla y obtenemos electricidad; energía por energía, pues el trabajo no proviene de la nada.

¿De dónde ha surgido esa fuerza colosal capaz de producir el carbón contenido en tantas hectáreas de terreno? ¿Quién ha dado lugar á que las

(1) Véase la REVISTA del 30 de Marzo de este año, pág. 92.