

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

MADRID, 30 DE AGOSTO DE 1892.

4.^a Serie.

Tomo 10.

Número 16.

AÑO XL DE LA PUBLICACIÓN.

SUMARIO.

El túnel de la Argentera. Tratado de construcción de túneles.—Ferrocarriles vecinales en Bélgica.

SUMARIO DEL BOLETIN.—Necrología.—Noticias.—Bibliografía.—Parte oficial.—Subastas.—Movimiento del personal de Obras públicas.

EL TÚNEL DE LA ARGENTERA TRATADO DE CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES (1)

(Continuación.)

Variando con la longitud del túnel los elementos de este segundo grupo, cuando ella aumente, aumentará el importe total; pero como la mencionada variación no es en todos, directamente proporcional á aquélla, la suma total tampoco lo será; de donde se deduce, que el gasto correspondiente á dichos elementos disminuye al aumentar la longitud. No obstante, tratándose de galerías cortas, no mayores de mil metros, afirma Stabilini que se puede obtener una instalación completa por una cantidad hasta 30 por 100 menor que la que luego deduciremos, sobre todo si el progreso diario que se desea obtener no es mayor de tres metros ni la dureza de la roca requiere mayor fuerza para efectuar la perforación, y la que sea necesaria se obtiene con motores semifijos, locomóviles por ejemplo; sin embargo, pronto veremos que no ocurrió esto en Argentera. En cambio, si se trata de una galería de muchos kilómetros y no hay pozos, pero se quiere aplicar la perforación mecánica en más de un punto, mediante pocetes y galería superior, el coste aumenta rápidamente, en especial si se ha de atender á la ventilación con el aire comprimido de los perforadores.

Haciendo aplicación de lo que dejamos dicho y concretándonos á un caso especial, galería de 2.000 metros de longitud y 7m.² de sección á perforar con seis máquinas Ferroux por una boca, suponiendo un avance diario de

(1) Véase la REVISTA del 15 de Agosto de este año, pág. 225.

cuatro metros, vamos á determinar el coste del metro lineal de galería. Si la instalación es con motores hidráulicos, tendremos como elementos del primer grupo antes mencionado los siguientes, que tomamos de la obra de Stabilini:

	Pesetas.
Por mano de obra	100
Por dinamita, mechas y cápsulas.	70
Por gastos accesorios de herramientas, iluminación, etc.	10
Por reparación de herramientas y perforadoras.	50
Por servicio y conservación de máquinas motrices, compresores, cañerías, vías, etc.	20
Por vigilancia, dirección y administración.	20
TOTAL.	270

Cuando en vez de motores hidráulicos hayan de emplearse los de vapor, á la suma precedente deberá agregarse el importe del combustible gastado por cada metro de avance, deduciéndolo del que se consume por mes; esta cantidad puede variar entre 60 y 120 pesetas, según el sistema de motor empleado y el sitio en que trabajan las máquinas. En la instalación correspondiente del pozo 4 del túnel de Argentera, el gasto de carbón fué de 65 á 75 pesetas por metro de avance con las perforadoras Ferroux y el compresor Humboldt (1). De lo que estamos diciendo se deduce que el coste de 1^m,00 de perforación en la galería de nuestro ejemplo puede considerarse comprendido entre 250 y 300 pesetas con motores hidráulicos y entre 350 y 400 si la fuerza empleada es el vapor: esto sin tener en cuenta la suma correspondiente á intereses y amortización del capital de instalación.

Los elementos comprendidos en el segundo grupo se determinarán teniendo en cuenta lo que ya se ha dicho, que cada máquina Ferroux consume una fuerza de 16 á 20 caballos de vapor, y por consiguiente, que en el caso de nuestro ejemplo se necesita una potencia motriz de 100 á 120 caballos. Hé aquí los datos que da Stabilini, advirtiendo que los precios los suministran los talleres de Seraing.

	Pesetas.
1.º—Instalación completa de un par de compresores con sus motores de vapor correspondientes, calderas, bombas de alimentación, cañerías de vapor, etc., etc.	60.000
2.º—Depósitos y aparatos de desecación de aire comprimido.	2.000
3.º—Cañería de aire de 100 milímetros de diámetro para 2.300 metros á 10 pesetas el metro.	23.000

(1) La sección transversal de la galería solo tenía 6m.²

4.º—12 perforadoras Ferroux.	16.000
5.º—2 carros soportes.	7.000
6.º—200 herramientas á 10 pesetas una.. . . .	2.000
7.º—Accesorios, tubos de goma, carrito con depósito de agua, etcétera, etc.	1.000
8.º—Fundaciones de las máquinas y compresores.	3.000
9.º—Edificio de 300 m ² próximamente para las máquinas. . . .	6.000
10.—Taller de reparación.	5.000
TOTAL.	<u>125.000</u>

Esta suma no cambia mucho porque se sustituyan motores hidráulicos á los de vapor que hemos supuesto; así es que puede apreciarse el gasto por este concepto en unas mil pesetas por cada caballo de fuerza calculado (1).

Continuando nuestro trabajo de determinación del importe de los elementos del segundo grupo, debemos deducir ahora, como ya dijimos, de las 125.000 pesetas, su 30 por 100 (2) y agregar á la diferencia los intereses de aquella cantidad en el tiempo que dure el trabajo. Suponiendo que éstos sean á razón de 5 por 100 anual, y calculándolos para dos años, puesto que con el avance admitido las obras durarán año y medio próximamente, tendremos, llamando Y la cantidad que buscamos:

$Y = 125.000 - 0,30 \times 125.000 + 2 \times 0,05 \times 125.000 = 100.000$ pesetas,
y para cada metro lineal:

$$i = \frac{Y}{2.000} = 50 \text{ pesetas.}$$

Esta cantidad debe agregarse á la que antes encontramos, y así tendremos:

	Motores hidráulicos.	Motores de vapor.
Coste del metro lineal de galería.	300 á 350	400 á 450

En este precio no va comprendido el importe de los transportes, que puede variar mucho, según que la extracción se haga por las bocas ó por pozos, si la galería perforada mecánicamente no está en comunicación con aquéllas ó queda el frente de ataque á una distancia muy grande de las mismas y en rampa el trayecto que ha de recorrerse. Tampoco se han in-

(1) Esta suma nos parece algo menor de la que realmente se gasta, y en nuestro país bien puede aumentársela en un 20 ó 40 por 100 para estar más cerca de la verdad. En prueba de lo que decimos compárense los precios que da Stablini con los que importaron á la Compañía constructora del túnel de Argentera los distintos aparatos de la instalación mecánica.

(2) Véase la nota primera de la página 231.

cluido, en la proporción correspondiente, los gastos que ocasiona la ventilación artificial, que generalmente se establece además de la que se obtiene con el aire escapado de las perforadoras.

A continuación insertamos los presupuestos suministrados por tres casas constructoras para la instalación del aire comprimido y perforación mecánica de la galería de avanzamiento en el túnel de Argentera, entre los pozos números 3 y 4. El primero es el de la casa Ch. Von Berg y Compañía, que nos proponían el empleo simultáneo de dos perforadoras Schramm-Mahler, modelo núm. 3 del catálogo, instaladas sobre columnas en el frente de ataque correspondiente al pozo 4. Los precios se entienden franco á bordo en Londres ó Southampton, todo embalado.

PRESUPUESTO PRESENTADO POR LA CASA CH. VON BERG Y C.^a

	Peso. Kilogramas.	Precio. Plas. Cts.
1 Compresor de aire de acción directa con máquina de vapor: cilindro del compresor de 356 milímetros de diámetro, carrera del émbolo del compresor 610 milímetros; todo montado sobre placa de fundición.	5.500	6.875
1 Caldera semisifia multitubular de 20 caballos de fuerza, con aparato inyector.	5.000	4.625
Tubos de toma de vapor con caja de detención y tubos de escape de la máquina de vapor. . . .	500	200
1 Bomba de alimentación con sus tubos y piezas de unión á la caldera.	250	300
1 Depósito de aire, de hierro forjado, con todos sus accesorios, longitud 3 ^m ,00; diámetro 1 ^m ,67.	1.000	950
Tubería de conducción de aire desde el compresor al depósito.		150
3 Perforadoras Schramm n.º 3; diámetro del cilindro 89 milímetros á 1.625 pesetas cada una.	300	4.875
2 Columnas-soportes especiales; longitud 2 ^m ,134 á 131,25 pesetas una.	150	262,50
2 articulaciones universales de hierro forjado para fijación de las perforadoras á 137,50 pesetas una.		275
1 Distribuidor de aire con espitas de cobre.	50	150
1 Tubo especial de caucho; longitud 15 ^m ,00; diámetro 38 milímetros, cubierto con tela embreada.	100	225
1 Llave grande de cobre.		75
2 Tubos para llevar el aire á las perforadoras, á 112,50 pesetas uno.		225
Suma y sigue.	15.850	19.187,50

	Peso. — Kilogramos.	Precio. — Pias. Cts.
Suma anterior.. . . .	15.850	19.187,50
1 Inyector completo de agua, montado y con tubos	50	250
2 Juegos de 20 pistoletos de acero cada uno, para barrenos de 1 ^m ,50 de profundidad.. . . .	150	400
1 Serie de herramientas para afilar los pistoletos.		31,25
PIEZAS DE REPUESTO		
2 Llaves de cobre para las perforadoras.		
1 Válvula de entrada para el compresor de aire..		
4 Ruedas de trinquete, de acero.		
6 Fiadores.		
3 Espigas con ranuras helizoidales para el movi- miento de rotación.	50	367,50
2 Cojinetes de bronce fosforoso.		
2 Tuercas de acero para el tornillo de avance. .		
2 Series de anillos grandes.. . . .		
2 Idem id. pequeños.		
Suma.. . . .	13.100	20.236,25
Á DEDUCIR POR DESCUENTO		
	Pesetas.	
30 por 100 es las perforadoras.	1.462,50	
12 y $\frac{1}{2}$ por 100 en los compresores.	858,95	
10 por 100 del resto.	848,75	3.170,20
		17.066,05
Embalaje y entrega franco á bordo en Londres ó Southampton.. . . .		682,50
TOTAL PESETAS.		17.748,55

A esta suma habría que agregar el valor de la tubería á razón de 6,25 el metro de tubo de hierro forjado de 75 milímetros de diámetro, puestos en la estación de Barcelona ó en la de Reus, libre de gastos; los del transporte de Inglaterra á Barcelona; los derechos de Aduana; el transporte desde Barcelona al túnel y el coste de instalación, teniendo en cuenta que para esto el operario montador propuesto por la casa pedía, además de sus gastos de viaje, 400 pesetas mensuales, y que la operación no duraría menos de dos meses. Además, falta consignar las partidas 8, 9 y 10 del presupuesto que da Stabilini, modificándolos, por supuesto, convenientemente.

El avance diario con estas máquinas, según ofrecía la casa constructo-

ra, podía ser en nuestro túnel de 2^m,40 y el coste de cada metro de 130 pesetas. Ambos actos son inadmisibles y deben acogerse con la reserva propia de estos casos, pues no los confirma la práctica, por regla general, á pesar de lo que dicen los catálogos de las casas constructoras.

El segundo presupuesto que vamos á insertar es el de la casa Humboldt, presentado por M. Reck, para una perforación con cuatro máquinas de aquel sistema y compresores de la misma casa. Los precios son los de los aparatos, puestos sobre vagones en la estación de Barcelona.

PRESUPUESTO DE UNA INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO Y MÁQUINAS PERFORADORAS, SISTEMA HUMBOLDT, PRESENTADO POR M. RECK

	Peso — Kilogramos.	Precio. — Pesetas.
1 Compresor sistema Humboldt, modelo descrito en el capítulo X de esta obra.	23.000	19.350
1 Depósito de 16m ³ de capacidad para el aire comprimido	4.300	3.250
1 Caldera multitubular, sistema Humboldt, del modelo descrito, con una guarnición completa, y las siguientes piezas de repuesto: seis tubos de circulación de agua, diez barrotes de rejilla, tubos indicadores de nivel y un aparato para colocar tubos. Deberá trabajar á 6 atmósferas de presión.	15.000	11.750
Tubería para estos aparatos y un inyector.	800	800
8 Perforadoras Humboldt, modelo descrito en el artículo 4.º de este capítulo. Cuatro de reserva.	1.070	10.000
8 Juegos de piezas de repuesto para las perforadoras.		1.665
200 pistoletos de acero.		2.500
1 Carro ó afuste sistema Humboldt, para 4 perforadoras, modelo descrito y tubos de caucho.	3.500	6.000
1.000 metros de cañería de hierro forjado, con un diámetro interior de 76 milímetros.		6.250
4 Tubos de caucho para las cuatro perforadoras del carro.		1.200
1 Chimenea de palastro con placa de fundición de hierro, diámetro 750 milímetros; espesor de las planchas de 4 á 6,5 milímetros, altura 20 metros.	3.700	2.700
Transporte desde Barcelona al túnel, aproximadamente		4.500
Fundación de la máquina, compresor, caldera y chimenea.		3.000
Gastos de instalación, honorarios y gastos de viaje de los montadores.		7.535
Edificio (expropiación, explanación y edificio propiamente dicho).		3.500
Talleres de reparación (1).		3.000
TOTAL PESETAS		87.500

(1) El taller de reparaciones en el pozo 4 del túnel de Argentera, formaba parte del edificio destinado á los servicios de extracción, agotamientos, ventilación y alumbrado, para los cuales se utilizó también; por consiguiente, solo incluiremos aquí el 60 por 100 de su valor, teniendo en cuenta que la reparación de aparatos y herramientas de perforación era lo más importante.

Ya sabemos el resultado de la parte de esta instalación, referente á las perforadoras. El tercer presupuesto es el de la casa P. Demange y M. Satre, de Lyon, y se refiere exclusivamente á los aparatos de perforación, sistema Ferroux y sus accesorios, que, como sabemos, fueron los que en sustitución de sus similares del sistema Humboldt concluyeron, mejor dicho, realizaron la perforación mecánica de la galería de avance comprendida entre los pozos 3 y 4 del túnel de Argentera. Los precios son los de la maquinaria, colocada en vagones en la estación de Barcelona, libre de toda clase de gastos.

PRESUPUESTO DE LA CASA DEMANGE Y SATRE, PRESENTADO POR M. RECK, PARA INSTALAR EN EL TÚNEL DE ARGENTERA LA PERFORACIÓN MECÁNICA, SISTEMA FERROUX, PERFORADORAS Y ACCESORIOS EXCLUSIVAMENTE.

	Peso. Kilogramos.	Precio. Pesetas.
1 Carro-bastidor ó afuste para 6 perforadoras.	2.300	8.000
10 Perforadoras sistema Ferroux.. . . .	2.340	19.250
9 Grifos de bronce de 25 milímetros de diámetro para el pequeño depósito del carro (3 de reserva).		297
2 Grifos de bronce de 60 milímetros de diámetro para la toma general de aire comprimido (1 de reserva).		200
9 Enchufes de bronce de 25 milímetros para los tubos de caucho de las perforadoras (3 de reserva).		72
1 Enchufe de bronce de 60 milímetros.		20
1 Tubo de caucho de 75 milímetros de diámetro y 7 metros de longitud para tomar el aire de la cañería general.		185
10 Tubos de caucho de 25 milímetros de diámetro y 1m,30 de longitud para las perforadoras.		130
PIEZAS DE REPUESTO.		
10 Manguitos de portaherramientas.		400
80 Pistoletes de acero, á 2,40 pesetas el kilogramo.		1.920
18 Válvulas de acero con camisa de bronce para la distribución.		630
2 Balancines de acero para la distribución.		35
4 Palancas para el mecanismo de retención por delante.		105
10 Topes para este mecanismo mismo.		210
10 Horquillas para id. id.		150
10 Traviesas frenos para el mecanismo de retención por detrás.		150
40 Chavetas de acero para fijar el pistolete		95
50 Anillos de caucho.		40
12 Roldanas de caucho.		8
Suma y sigue.	4.640	31.897

	Peso. Kilogramos.	Precio. Pesetas.
Suma anterior.	4.640	31.897
10 Ruedas de trinquete de acero, cada una con dos chavetas de bronce para las ranuras helizoidales del vástago.	/	530
13 Fiadores.	\	
1 Depósito para agua comprimida con sus llaves y tomas necesarias.		250
Tubería de caucho para dicho depósito; 25 metros de longitud á 6 pesetas uno.		150
3 Mangueras para riego de los hornillos.		33
TOTAL PESETAS.		32.860

Todas las piezas indicadas son las del modelo que describimos en el artículo 4.º. Para tener el importe total, ha de agregarse á las partidas consignadas el importe de los transportes de Barcelona al túnel y el del montaje de los aparatos, próximamente unas 1.200 pesetas.

Haciendo aplicación de cuanto acabamos de decir al túnel de Argenteira, vamos á determinar el coste del metro lineal de galería perforada, no con las perforadoras Humboldt, que apenas funcionaron, sino con las máquinas Ferroux, y teniendo en cuenta los gastos de transporte. Para esto empezaremos por modificar el presupuesto de la casa Humboldt, sustituyendo á las partidas 5.ª, 6.ª, 7.ª, 8.ª y 10, cuyo valor, comprendidos transporte é instalación de las piezas á que hacen referencia, es de 22.500 pesetas, por el total importe del presupuesto de la casa Demange, que es, como dijimos, de 34.000 pesetas. Por consiguiente, los elementos de perforación mecánica que hemos incluido en el segundo grupo y que fueron realmente aprovechados en la excavación de las galerías, costaron 99.000 pesetas. Y puesto que no hemos de descontar, por las razones antedichas, el 30 por 100 de su valor, tampoco deberán agregarse los intereses de dicho capital durante el tiempo que se usaron; bastará simplemente agregarlo íntegro á la suma que arrojen los elementos que forman el primer grupo. Precisa también agregar, puesto que queremos incluir el valor de la extracción de escombros, los gastos ocasionados por este concepto en el personal, material del servicio y maquinaria correspondiente. Estas tres partidas, así como la que con el epígrafe de «Maquinaria afecta al empleo del aire comprimido» resume los presupuestos Humboldt y Demange, son las que incluimos en el estado núm. VIII, que expresa los gastos totales y por metro de la galería con la designación de «Extracción de escombros y

gastos varios». En realidad los valores obtenidos no expresan el valor exacto de la perforación, pues para ello debe, no modificarse el presupuesto de la casa Humboldt como hacemos, sino sumarlo íntegro con el de la casa Demauge, y entonces la partida correspondiente es, no de 99.000 pesetas, sino de 121.500 pesetas, y el metro lineal de galería cuesta por consiguiente 407 pesetas en vez de 382. Pero si bien es cierto que este es el valor efectivo de la excavación (1), no lo es menos que no hubo necesidad de gastar más de 382 pesetas, y así hubiera sido si desde el principio se hubiese adoptado la perforadora Ferroux.

GASTOS DE APERTURA DE LA GALERÍA MECÁNICA DE DIRECCIÓN DEL
TÚNEL DE ARGENTERA

CONCEPTOS VARIOS		IMPORTE	
		TOTAL	Por M. L. (2)
Perforación.	{ Personal.	59 540,00	65,00
	{ Mangueras y arandetas de goma	851,88	0,93
	{ Aceite.	1.648,80	1,80
	{ Borrás de algodón.	870,20	0,95
Compresor.	{ Personal.	7.144,80	7,80
	{ Carbón: 732,800 Tm.	39.388,00	43,00
	{ Aceite y sebo.	1.236,60	1,35
	{ Estopadas, borras y gomas.	824,40	0,90
	{ Caja de válvulas renovada.	357,24	0,39
Reparaciones.	{ Personal.	3.618,20	3,95
	{ Bronce y otros metales.	439,68	0,48
	{ Acero y herramientas.	403,04	0,44
Herrería.	{ Personal y herramientas	10.982,84	11,99
	{ Acero para pistoletas.	4.506,72	4,92
Carga y disparo de barrenos.	{ Personal de la galería.	36.640,00	40,00
	{ Dinamita.	50.380,00	55,00
Extracción de escombros y gases varios.	{ Personal de transporte y descarga.	17.568,88	19,18
	{ Material de transporte.	3.517,44	3,84
	{ Máquina de extracción (3).	11.028,64	12,04
	{ Máquina afecta al empleo del aire comprimido.	99 000,00	108,07
TOTAL.		349.947,36	382,03

(1) Prescindimos en absoluto del gasto ocasionado por las perforadoras movidas á mano del sistema Bornet, que no llegaron á emplearse.

(2) Longitud perforada con las máquinas, igual 916 m.

(3) Así la maquinaria de extracción como el personal de transporte y descarga no eran solo utilizados para la apertura de la galería, sino en la de la sección entera del túnel, y por esta razón no consignamos más que el 99 por 100 del valor que cada una de estas partidas tiene.

(b) *Coste de la perforación rotativa.*—Nos referiremos exclusivamente á las perforadoras del sistema Brandt que hemos descrito. Todo cuanto se ha dicho referente á la perforación por percusión es aplicable aquí, así es que prescindiremos de repetir los cálculos. En el caso especial del ejemplo que allí pusimos y suponiendo que el avance de 100 metros cada mes quiere obtenerse con dos perforadoras, la fuerza necesaria sería de 50 caballos próximamente, y el coste por metro lineal de 200 á 250 pesetas si se aprovecha una caída de agua y de 270 á 320 cuando se empleen motores de vapor. Con el número de las perforadoras aumentaría el avance diario, pero se necesitaría más fuerza y también aumentarían los gastos de instalación y los del trabajo dentro de la galería.

Con respecto á la suma necesaria para las instalaciones interiores y el coste de los aparatos que deben emplearse, copiaremos los datos suministrados por la casa Sullzer de Winterthur para un trabajo con dos perforadoras Brandt y fuerza de vapor, tal como los encontramos en la obra de Stabilini tantas veces citada.

	Pesetas.
1 Máquina de vapor con su caldera, transmisiones y tubería.	25.000
1 Par de bombas de alta presión con acumulador y accesorios.	8.200
2 Perforadoras Brandt con columna y carro soporte.	14.000
Serie de herramientas de corona.	2.000
Accesorios para tubos y válvulas de distribución de agua en las perforadoras.	1.800
Fundación de las máquinas motrices y de las bombas.	2.000
Edificio para las máquinas.	5.000
Taller de reparación.	4.000
TOTAL.	62.000

Hay que agregar el valor de la tubería de conducción de agua comprimida, que es próximamente de 4 á 6 pesetas metro. Procediendo de un modo análogo al ya descrito cuando hablamos de las perforadoras de percusión, se obtendrá el precio total de un metro lineal de galería en la perforación rotativa.

En el capítulo XVII, después de estudiar los diferentes sistemas de alumbrado y los medios para prevenir los efectos peligrosos del gas *Grison*, se trata de los seguidos en el túnel de la Argentera en el artículo que á continuación transcribimos.

ARTÍCULO IV

MEDIOS EMPLEADOS EN EL ALUMBRADO DEL TÚNEL DE ARGENTERA

I

Alumbrado por combustión.

Aplicación de este sistema en el túnel de Argentera.—Poco debemos añadir á lo indicado en el artículo primero del presente capítulo, pues al escribirlo tuvimos presente lo verificado en el túnel de Argentera, que es lo universalmente seguido en todas las obras de esta clase.

El alumbrado por combustión comprendía, pues, una serie de lámparas portátiles de idéntica forma á la representada en las figuras ya descritas. Todas las lámparas de este tipo, ó del que se entregue á los minadores de una misma sección, han de tener sensiblemente igual capacidad, en el supuesto de que la Compañía constructora facilite el aceite; pues rigiéndose entonces la administración por un tipo determinado é igual para todas, conocerá siempre el consumo total, y no pudiendo por otra parte existir gran diferencia en el de cada una, sabrá cuándo el exceso de gasto puede atribuirse á descuido ó abusos del minador.

Sin embargo, en Argentera se prefirió seguir otro sistema, el de abonar á los minadores un tanto por ciento convenido en concepto de alumbrado. Este tanto por ciento puede determinarse fácilmente para cada tipo de lámpara y de mecha empleada; para ello basta buscar la capacidad de varias lámparas y entregarlas á los minadores llenas del aceite que ellos mismos habrán de proporcionarse luego, para el alumbrado, en la localidad en que se trabaja, y provistas cada una de una mecha distinta de hilo grueso ó de algodón crudo. El número de horas durante las cuales han estado encendidas las mencionadas lámparas, completará los elementos necesarios para la resolución de tan sencillo problema.

La capacidad de las lámparas empleadas en el túnel de Argentera era de 0,25 litros y con ella bastaba para el alumbrado durante diez horas, usando una mecha gruesa, de 0,26 metros de longitud, que debía renovarse cada ocho días. El tanto por ciento que resulta de estos datos varían naturalmente con el precio del aceite empleado. El término medio aceptado era de 0,25 pesetas por día y por lámpara, cantidad que se añadía al jornal de los minadores y demás obreros empleados.

El número medio de lámparas empleadas en el túnel de Argentera en la época de mayor desarrollo de los trabajos fué de 400 al día, ó sea unas 150 encendidas á la vez, lo que prueba que no deja de tener su importancia este alumbrado, desde el punto de vista económico, quedando, por con-

siguiente, legitimada la conveniencia de un servicio de luz eléctrica en aquellos casos en que la existencia de motores hace sumamente fácil la instalación de los dinamos para alimentar lámparas de arco voltaico.

II

ALUMBRADO ELÉCTRICO PARA LA PERFORACIÓN DEL TÚNEL DE ARGENTERA

Consideraciones generales.—El material del alumbrado eléctrico empleado en el túnel de Argentera se componía de 4 dinamos, 10 lámparas, 19 conmutadores y los correspondientes aparatos accesorios. Describiremos en este artículo todo cuanto tenga relación con dicho material, sin darle, sin embargo, la extensión de que és susceptible el asunto que vamos á tratar, ya por haber hablado del mismo en términos generales, al estudiar el alumbrado eléctrico en el art. 1.º del presente capítulo, ya por no exagerar demasiado la importancia de la materia, que si bien la tiene en sumo grado, puede, no obstante, considerarse como de segundo orden en una obra dedicada exclusivamente al estudio de la construcción de túneles. Es tan reciente la aplicación de semejante sistema de alumbrado á las citadas construcciones, que no lo hemos visto descrito en ninguna de las obras referentes á la materia ni en las muchas Memorias descriptivas de los principales túneles construidos en los últimos veinticinco años; y es por esta razón que no nos concretamos en nuestro libro á describir simplemente los aparatos usados en Argentera, sino que entramos, aunque someramente, como hemos dicho, en el estudio del sistema mismo, pues en nuestra opinión se le empleará en lo sucesivo en la apertura de todos los grandes subterráneos en que se imponga la perforación mecánica.

Al estudiar este sistema de alumbrado en vista de su aplicación en los trabajos del túnel de Argentera, nos veremos en el caso de entrar en algunos pormenores acerca de la parte didáctica de la electricidad, siquiera sea para que puedan comprobarse las fórmulas que deberemos usar al desarrollar los cálculos relativos al mismo. Sin embargo, procuraremos ceñirnos á nuestro objeto, que no puede ser otro que la discusión de los medios prácticos conocidos. Otra observación nos ha de ser permitida. A los adelantos de la termodinámica, á la unidad de las fuerzas físicas pregonada y demostrada por los sabios de mediados del presente siglo, ha respondido otra idea, que tiende también á unificar la ciencia en sus diversos ramos. Así, pues, aun cuando no se haya podido demostrar que el calor y la electricidad son sólo, en último resultado, manifestaciones distintas del movimiento vibratorio de los átomos, movimiento sujeto á las mismas leyes que los engendrados por las fuerzas físicas, se ha admitido que por ellos está constituida la naturaleza íntima de dichos agentes; por consiguiente, ha debido aplicárseles, desde luego, las leyes de la mecánica, únicas que

regirán en lo sucesivo las fuerzas y la materia de los cuerpos. Pero hay más: Faraday ha considerado la propagación de las fuerzas como enteramente análoga á la emanación de los líquidos, y de ahí una nueva faz, más universal todavía, que cambia en cierto modo la idea de fuerza que la enseñanza recibida nos había imbuido. Así es que precisa cierto esfuerzo de nuestra inteligencia para comprender las expresiones; cantidad (que indica materialidad) de fuerza, campos y tubos de fuerza, superficies de nivel, referidos á los efectos de las mismas y susceptibles de cualquier inclinación, etc., etc. Por otra parte, al aplicar estas nuevas ideas á la electricidad, la medición de sus *cantidades de fuerza*, de sus *niveles*, de sus *potenciales*, no podía efectuarse con las medidas comunes hasta nuestros días aceptadas, ya por su falta de universalidad, ya por su insuficiencia, dado el nuevo orden de cosas. Ambas circunstancias á la vez obligaron á los electricistas, reunidos en Congreso en París, á aceptar nuevas unidades de medida, las cuales han debido fundarse, por lo tanto, en lo único invariable en todas las latitudes y desde cualquier punto de vista que se considere, en la constancia de la masa, del tiempo y de la longitud. A este sistema de unidades, consecuencia de las ideas que de hoy en adelante regirán en la mecánica, se ha dado el nombre de sistema C. G. S., letras iniciales de las palabras *Centímetro*, *Gramo*, *Segundo*.

(Se continuará.)

LOS FERROCARRILES VECINALES EN BÉLGICA

Vamos á ocuparnos de cómo se ha tratado esta importante cuestión en Bélgica, donde á pesar de tener el Estado una red ferroviaria de unos 4.500 kilómetros, la más vasta del mundo con respecto á la superficie del territorio, hay algunas regiones desprovistas de ferrocarriles, y que si bien es injusto dejarlas aisladas cuando contribuyen á subvencionar las demás líneas, sería impropio enlazarlas con líneas costosas á las principales, cuando su escaso tráfico solo serviría para gravar los presupuestos y arruinar las Sociedades que trataran de construirlas y explotarlas.

En tales casos conviene proporcionar el útil al trabajo, es decir, construir líneas cuyos gastos sean proporcionados á los réditos que puedan esperarse, por lo que se ha llevado á cabo los llamados ferrocarriles de interés local ó vecinal, en cuya construcción y explotación se han tenido muy presentes los siguientes factores:

1.º Trazado económico, reduciendo al minimum las expropiaciones y adquisiciones de terrenos.

2.º Reducción ó supresión de obras de arte costosas.