

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

MADRID, 30 DE MAYO DE 1892.

4.ª Serie.

Tomo 10.

Número 10.

AÑO XL DE LA PUBLICACIÓN.

SUMARIO.

El túnel de la Argentera. Tratado de construcción de túneles.—Purificación de las aguas calizas utilizadas en el abastecimiento de poblaciones, por N. P.—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.—Ventilación de ferrocarriles subterráneos.—Noticias.—Bibliografía.—Parte oficial.—Subastas.—Adjudicaciones.—Movimiento del personal de Obras públicas.

EL TÚNEL DE LA ARGENTERA

TRATADO DE CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES ⁽¹⁾

(Continuación.)

CAPÍTULO II.

ARTÍCULO III.—Aplicación de las consideraciones anteriores al túnel de Argentera (2).

Tiempo fijado por la Dirección de la Compañía para la construcción del túnel.—Como dijimos ya en otro lugar, al encargarse la Compañía de Tarragona á Barcelona y Francia del túnel de Argentera en 1.º de Abril de 1887, se hallaban contruidos 659 metros del mismo, quedando por consiguiente por perforar 3.381 metros.

Como quiera que lo primero de que debía preocuparse la nueva Compañía, era de despejar la situación financiera que le dejaba la de los Directos y estudiar un nuevo proyecto de la línea que fuera factible desde el punto de vista económico, no era posible atacar desde luego el túnel con una gran actividad; y por esta y otras consideraciones respecto á la construcción del resto de la línea, se fijó el 31 de Diciembre del año 1890 como la fecha en que debía hallarse el túnel completamente terminado, con la

(1) Véase la REVISTA de 30 de Abril de este año, pág. 118.

(2) Por un error involuntario se ha publicado en el número anterior el Artículo IX del Capítulo VII.—Perforación—antes que el que se inserta en este número, que completa el Capítulo II de la obra del Sr. Maristany.

vía sentada, y por consiguiente en disposición de abrirse al servicio público. De manera que eran tres años y nueve meses los que la Dirección de la Compañía imponía al Servicio de la Construcción para dejar el túnel completamente terminado.

Fecha probable de la unión de las galerías centrales.—A contar del día que se perforara la galería de avance, estudiamos que hacían falta seis meses para terminar el stross, revestimiento, cunetas y burladeros, quitar la vía de construcción, refinar la rasante del túnel y colocar y balastar la vía definitiva. Por consiguiente, restando del plazo indicado estos seis meses, nos quedaban tres años y tres meses para llegar al encuentro ó perforación de la galería de avance; es decir, que era preciso que la galería de avance quedase perforada el 1.º de Julio de 1890.

Naturaleza del terreno.—Conforme luego veremos en el capítulo IV, el estudio geológico de la montaña, hecho muy á la ligera por la precipitación con que debimos encargarnos de la dirección de todos los asuntos de las líneas en proyecto y construcción, nos indicó como probable que en la primera mitad del túnel se encontrarían terrenos no muy duros, formados de caliza, arenisca y conglomerado; mientras que en la segunda mitad debía contarse con terrenos duros, compuestos en su mayor parte de granito con algunos bancos de cuarzo, otros de gneis y otros de pizarra. De modo que habría que perforar por un lado 1.691 metros de terreno de mediana dureza y por el otro lado 1.690 metros de un terreno muy duro.

Coefficientes de avance probables.—Dada la naturaleza del terreno especificada y lo que la práctica de los mejores sistemas de perforación enseña para estas clases de terreno, no podía contarse con un avance medio diario que excediera de

1^m,10 para la boca de entrada y
0^m,85 para la boca de salida.

Necesidad de nuevos puntos de ataque ó de emplear la perforación mecánica.—Con estos avances, que, como dejamos dicho, son los máximos con que se podía contar haciendo la perforación á mano, resultaba que para perforar los 1.691 metros de la boca de entrada se necesitaban 1.537 días, en cuyo período se perforarían por la boca de salida sólo 1.306 metros, quedando al final del mismo todavía para perforar en el terreno duro 384 metros, lo que exigiría un período de tiempo de

$$\frac{384}{0,85 \times 2} = 226 \text{ días,}$$

cuyo período, sumado al anterior, daba un resultado total de

$$1.537 + 226 = 1.763 \text{ días,}$$

ó sea un total de cuatro años y diez meses en números redondos; y como

hemos visto que el tiempo que quedaba para perforar la galería de avance era de tres años y tres meses, resultaba un año y siete meses de diferencia entre el tiempo fijado y el que hacía falta atacando sólo por las bocas. Por consiguiente, para terminar el túnel en el plazo fijado, era preciso, ó bien sustituir la perforación á mano por la mecánica atacando sólo por las bocas, ó bien proporcionar nuevos puntos de ataque al túnel para activar más el trabajo.

Conveniencia de adoptar nuevos puntos de ataque y desechar el empleo de la perforación mecánica.—El primer problema que tuvimos, pues, que resolver, fué el que acabamos de enunciar.

Era indudable que con la perforación mecánica, bien instalada, cabía hacer el túnel en el plazo indicado trabajando sólo por las bocas, pues no era nada exagerado contar con un avance medio diario de 2^m,20 por la boca de entrada y 1^m,70 por la de salida; en cuyo caso se necesitaban para perforar el túnel 820 días; y como los disponibles en el plazo indicado eran 1.105 días, quedaba todavía un sobrante de seis meses en números redondos para proceder á las instalaciones de las perforadoras en cada una de las bocas.

Pero la perforación mecánica, como tendremos ocasión de ver en otros capítulos de esta obra, es sumamente costosa—sobre todo si, como sucede en el túnel de Argentera, no existen en la localidad fuerzas hidráulicas suficientes para poner en marcha los compresores y además es costoso llevar allí el carbón necesario para alimentar las máquinas de vapor;—los ensayos que en ella se habían hecho hasta entonces en España, en el túnel de Vilajuiga en la línea de Gerona á la frontera francesa, en el de la Perruca en la línea de Asturias, y en el de Guadarrama en la línea de Villalba á Segovia, no habían dado resultados muy satisfactorios: las buenas condiciones y resistencia de los mineros del país y la falta, por otra parte, de operarios prácticos é inteligentes en el manejo de las perforadoras, fueron razones más que suficientes para inducirnos á desechar la perforación mecánica como medio auxiliar de activar la perforación del túnel y adoptar el sistema de buscar nuevos puntos de ataque además de las bocas. Otra razón que nos decidió á adoptar este sistema, fué la de que habiéndose empezado el túnel con sección para una vía y debiendo seguir ya con esta sección, una vez la línea estuviese en explotación podía ser insuficiente la ventilación natural del túnel sólo por las bocas, sobre todo si la línea llegaba á adquirir un gran tráfico; y por si llegaba éste era conveniente aumentar la ventilación natural dando salida al humo de las locomotoras por otros puntos intermedios (1).

(1) Para ver la importancia que tiene al construir un túnel se prevea cómo se verificará la ventilación durante la explotación, estúdiense el artículo 7.º del capítulo XVI.

Conveniencia de adoptar los pozos como puntos de ataque intermedios.

—Una vez decidido el sistema de buscar nuevos puntos de ataque intermedios, tuvimos que resolver si era más conveniente que estos ataques se hicieran por galerías ó por pozos. El examen de la montaña donde está situado el túnel, cuya disposición puede verse en el plano general del mismo (figura 8, lámina 127), y lo que hemos dicho en este capítulo respecto al particular, demuestra, de una manera evidente, que no era posible pensar en el sistema de galerías inclinadas, y no hay para qué decir que tampoco podía pensarse en el sistema de galerías horizontales, quedando, por consiguiente, como sistema único el de pozos, en el que sólo cabía discutir si convenia colocarlos en el plano vertical del eje del túnel ó si convenia por el contrario situarlos fuera de dicho plano. Sin que podamos precisar cuál de los dos sistemas creemos preferible por las razones que hemos expuesto antes, nos decidimos por el sistema de pozos colocados en el eje del túnel, por la razón de que los números 1 y 6, que para la ventilación construyó la Compañía de los Directos, estaban colocados en el eje del túnel, y que asimismo los pozos 2 y 4 que también empezó á construir dicha Compañía, estaban en la misma disposición.

Resumen.—Resumiendo lo expuesto resulta: que para activar y terminar la construcción del túnel en el plazo indicado, resolvimos:

- 1.º Adoptar la perforación á mano.
- 2.º Buscar nuevos puntos de ataque á más de las bocas.
- 3.º Decidirnos por el sistema de pozos.
- 4.º Colocar los pozos en el plano vertical del eje del túnel.

Número y situación de los pozos.—Veamos ahora cómo se fijó el número de pozos que hacia falta establecer y la posición de éstos en el terreno.

Hemos dicho ya que la Compañía de los Directos construyó á su tiempo los pozos números 1 y 6 para facilitar la ventilación de la entrada y salida del túnel. Asimismo empezó á construir los números 2 y 4, que cuando nosotros nos encargamos de la línea tenían ya algunos metros perforados. Por esta razón resolvimos terminar la perforación de los pozos 2 y 4 y aprovecharlos para la ventilación de los correspondientes trozos de galería.

En el tiempo fijado para la perforación, esto es, en tres años y tres meses, sólo se podían perforar en números redondos y teniendo en cuenta los coeficientes de avance antes indicados, 2.194 metros, y como eran 3.381 los que habían de perforarse, resultaba un excedente de 1.187 metros: si se tomaba un sólo pozo, es decir, dos ataques, correspondían á cada uno 593 metros, para cuya perforación se necesitaban dos años próximamente, y como además en el caso del pozo único, éste debia situarse próximamente en el centro de la montaña y con una profundidad de más de 300 metros,

lo cual hubiera exigido por lo menos dos ó tres años para abrirlo y con un coste enorme, se comprende que no podía pensarse en la solución del pozo único y se imponía desde luego la de dos pozos por lo menos.

Decididos ya por dos pozos, el cálculo que vamos á hacer demostrará que éstos eran suficientes y que desde el punto de vista del tiempo fijado para la construcción de los coeficientes de avance y de la forma del perfil del terreno, podía variarse la posición de estos pozos, la del núm. 3 entre el kilómetro 1.350 á 1.600 y la núm. 4 entre los kilómetros 2.600 y 2.850. Por esta razón al fijar la posición de estos pozos tuvimos muy particularmente en cuenta lo explicado en los párrafos del artículo 2.º de este capítulo.

Importancia de los pozos números 3 y 4 para asegurar la construcción del túnel en el plazo fijado.—Veamos ahora cómo con la posición adoptada en el perfil para los pozos 3 y 4 quedaba asegurada la construcción del túnel en el plazo fijado.

La construcción de los pozos y la de todas sus instalaciones se proyectó que se haría en un año, como ya veremos en otro capítulo; por consiguiente, empezándose el ataque por las bocas y pozos en 1.º de Abril de 1887, al llegar el 1.º de Abril de 1888, en cuya fecha debían quedar terminados los pozos, deberían quedar perforadas en cada boca las longitudes siguientes:

Boca de entrada $365 \text{ días} \times 1,^{m}10 = 401 \text{ metros,}$

Boca de salida $365 \text{ días} \times 0,^{m}85 = 301 \text{ metros,}$

resultando que el día 1.º de Abril de 1888, el avance de la perforación por la boca de entrada distaría 700 metros del pozo 3, y el avance de la perforación de la boca de salida distaría 720 metros del pozo 4.

Ahora bien; como nunca podíamos suponer que aun con la misma clase de terreno el avance de la perforación fuese el mismo en la parte que se hiciera por la boca que por el pozo, supusimos que el trabajo por el fondo del pozo 3 sería sólo de $1^{m},00$ en lugar de $1^{m},10$ que era en la boca de entrada, y que el avance por el fondo del pozo 4 sería sólo de $0^{m},75$ en lugar de $0^{m},85$ que supusimos para la boca de salida.

En este supuesto, la perforación de los 700 y 739 metros á que antes nos hemos referido, exigiría:

$$\frac{700}{1,10 + 1,00} = 333 \text{ días}$$

$$\frac{720}{0,85 + 0,75} = 455 \text{ días,}$$

es decir, que el 1.º de Febrero de 1889 debería hacerse el encuentro de la

galería de la boca de entrada con la procedente del pozo 3, y que el día 1.º de Julio de 1889 correspondía verificarse la unión de la galería de boca de salida con la procedente del pozo 4.

Resulta ahora que el día 1.º de Julio de 1889 debería quedar por perforar la diferencia entre la distancia que media entre los dos pozos y la suma de lo que se hubiese perforado por cada uno de los dos en el período que media desde 1.º de Abril de 1888 al 1.º de Febrero y 1.º de Julio de 1889 respectivamente, más lo que se hubiese sacado por la boca de entrada desde el 1.º de Febrero al 1.º de Julio de 1889.

En virtud de los datos del perfil y de los avances ya admitidos, y suponiendo que el avance por la boca de entrada en el período del 1.º de Febrero al 1.º de Julio de 1889 fuera sólo de 0^m,90, en atención á que la mayor profundidad á que entonces nos encontraríamos y á la mayor dificultad para la salida de las aguas, haría que la perforación marchase más lentamente, resulta que el 1.º de Julio de 1889 quedarían por perforar

$$1.255 \text{ m.} - \left[(333 \text{ d.} \times 1^{\text{m}},00 + 455 \text{ d.} \times 0^{\text{m}},75) + 90 \text{ d.} \times 0^{\text{m}},90 \right] \\ = 500 \text{ m.}$$

y como del 1.º de Julio de 1889 á 1.º de Julio de 1890, época fijada para la terminación de la perforación, quedaba un año, y sólo 500 metros para perforar, es evidente que se necesitaban solamente

$$\frac{500 \text{ m.}}{0^{\text{m}},85 + 0^{\text{m}},85} = 294 \text{ días,}$$

y como tenemos disponibles 365 quedan

$$365 - 294 = 71 \text{ días,}$$

lo que indica que se podía contar con el encuentro de las galerías 71 días antes de la fecha fijada, ó lo que es lo mismo, que quedaban estos 71 días como de repuesto para los imprevistos que pudieran ocurrir.

En el curso de esta obra se verá cómo los acontecimientos, la falta de actividad en el Contratista en los primeros años del contrato y las grandes dificultades que se presentaron en la construcción de los pozos, hicieron cambiar durante la marcha de las obras su plan de ejecución, y podrá verse los grandes esfuerzos que tuvimos que hacer para poder vencer todas estas dificultades y terminar el túnel, como se ha logrado antes del plazo fijado.

(Se continuará.)

