

Ferrocarriles transpirenaicos: Línea de Lérida a Saint-Girons

Obras del túnel de Porta

La línea transpirenaica de Lérida a Saint-Girons, más generalmente conocida con el nombre de *Noguera-Pallaresa*, comenzó en el año 1907, pero su construcción fué muy lenta, suspendiéndose en 1914. Reanudadas las obras en 1917, se pudo terminar en 1922 la primera sección, de Lérida a Balaguer, y en la actualidad se trabaja activamente en las secciones

segunda y tercera del ferrocarril del Noguera-Pallaresa, hubo de ser modificado con motivo de las obras hidráulicas construídas en Camarasa por la S. A. «Riegos y Fuerza del Ebro»; según el plan del Sr. Inchaurreandieta, el trazado, después de atravesar el río Segre a la salida de Balaguer,

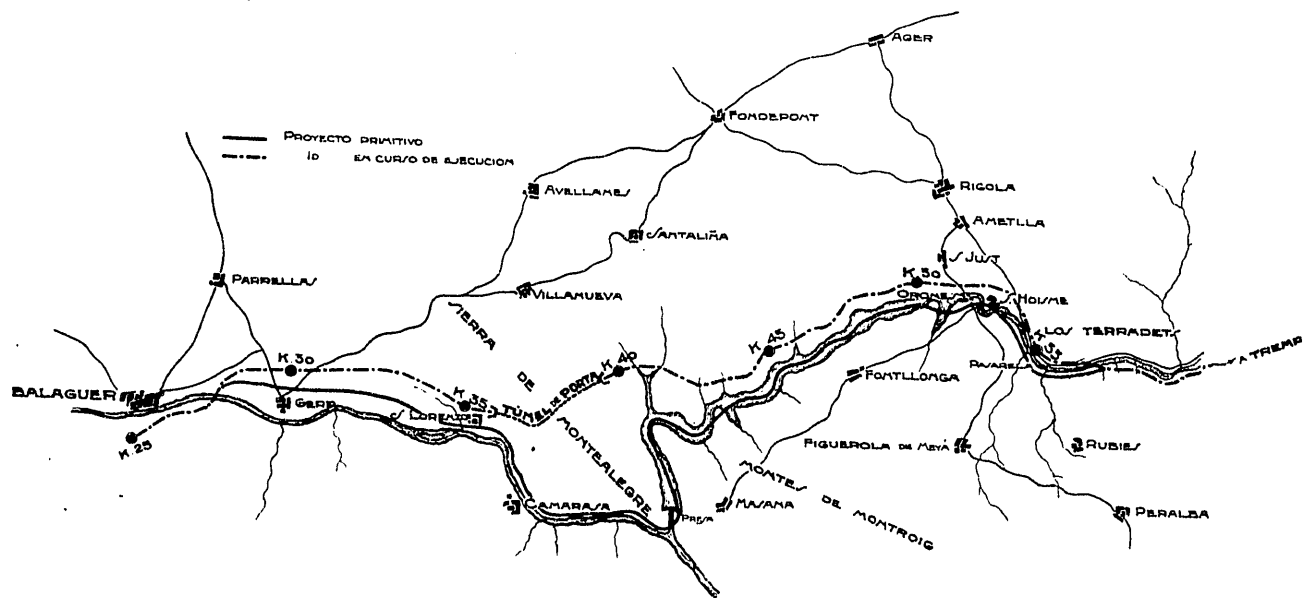


Fig. 1.ª Plano de la Sección 2.ª del ferrocarril de Lérida a Saint-Girons.

segunda y tercera, o sea entre Balaguer y Tremp, sumando 36 millones el importe de las seis contratadas, y pudiéndose abrigar la confianza de que

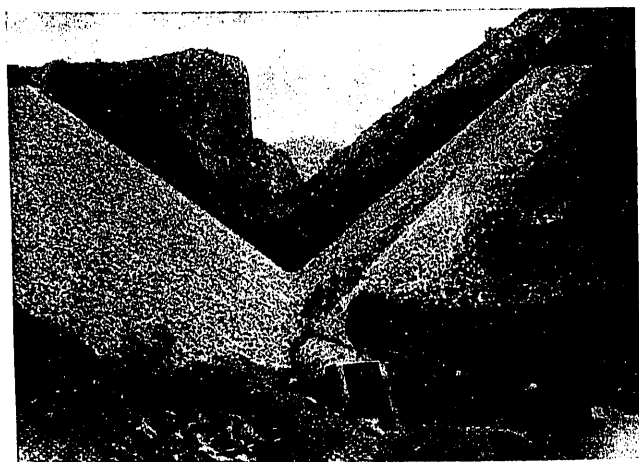


Fig. 2.ª Alcantarilla y terraplen de Montalegre.

esta parte de la línea se inaugure dentro de un plazo de cuatro años.

La obra más importante hoy en curso de ejecución es la del túnel de Porta, situado en la sección se-

gunda y tercera del ferrocarril del Noguera-Pallaresa, debía seguir aquel curso hasta su confluencia con el Pallaresa, remontándole y cruzándole después varias veces en el estrecho o desfiladero de Fontllonga, llegando por fin a la pasarela del camino de Tremp, donde finaliza el trozo segundo de la sección tercera, en la margen izquierda del río. Pero la presa de Camarasa, de 80 m de altura, que produce un embalse de 22 km de longitud, con anchuras variables de 150 a 3 000 m (según la configuración del valle), obligó a variar el proyecto en la siguiente forma: a la salida del puente de Balaguer, sobre el Segre, ha sido forzoso remontar la línea con rampas de 0,010 a 0,016 y apoyarse en la ladera, continuando así hasta el fin del trozo primero sin ningún túnel y estableciendo sin dificultad la estación de San Lorenzo de Montgay; ya, a partir de San Lorenzo, el terreno resulta movido, debiendo cruzarse los barrancos de Montalegre y Mas de Rata para llegar al túnel de Coll de Porta que, en la Sierra de Montroig, determina un acortamiento en la línea de 5 km.

Comienza el trozo segundo de la sección segunda con un túnel de 302 m de longitud, la mayor parte de él perforado en caliza cristalina, cuya construcción no ha ofrecido la menor incidencia, y a partir de la boca Norte se cruza el barranco de Montalegre en terraplen de 120 m de longitud y 35 m de altura.

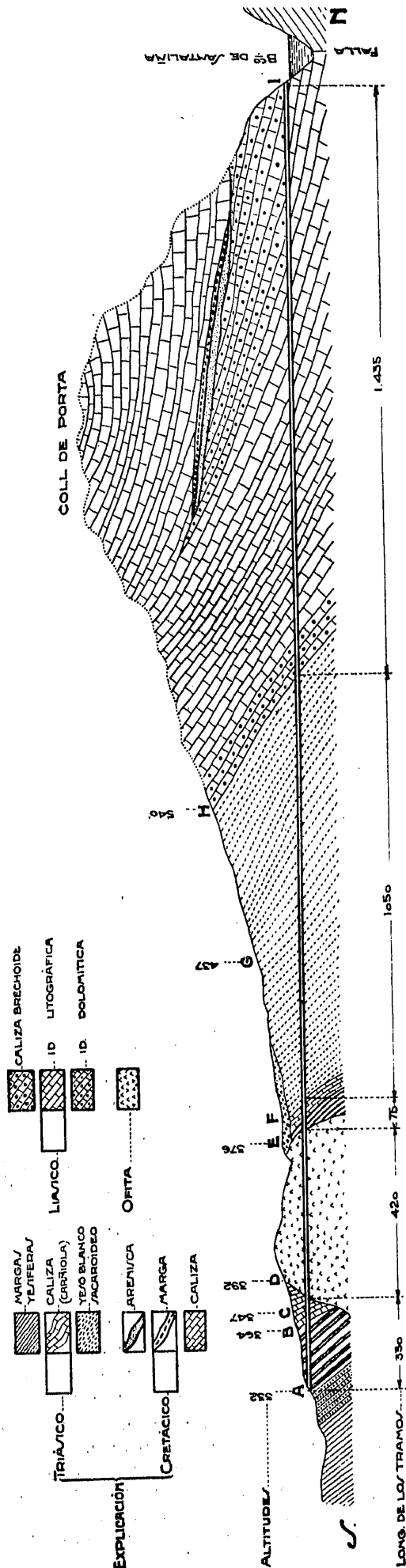


Fig. 5.ª Corte geológico del túnel de Santalifa.

Un viaducto de estas características, con dos arcos de hormigón armado de 50 m de luz, o tres de 30 m que, según los tanteos efectuados, parecían las soluciones más indicadas, hubiera costado más de 600 000 pesetas, por lo que (contando con los productos de la excavación del túnel de Coll de Porta) se optó por

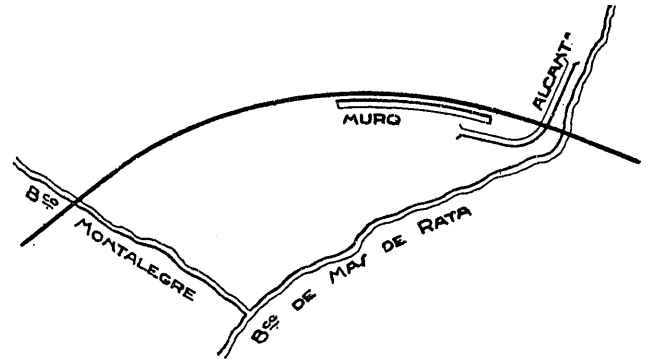


Fig. 8.ª Croquis del cruce del barranco de Mas de Rata.

elevar un terraplén hasta aquella gran cota, dando paso al barranco por una alcantarilla de 3 m de luz. Esta modificación ha producido gran economía, pues sumando su coste de 143 000 pesetas al de los 85 000 m³ de terraplén, determina un importe total de 283 000 pesetas en lo construido sobre el barranco Montalegre (fig. 2.ª). Además de la respetable econ-

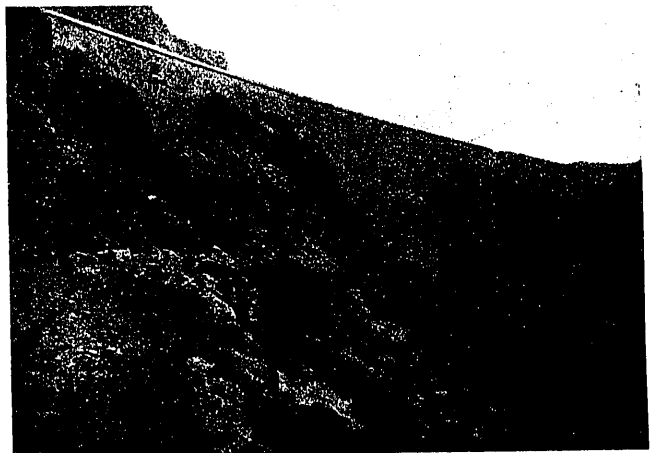


Fig. 4.ª Muro y alcantarilla de Mas de Rata.

mía obtenida (317 000 pesetas), se ha conseguido sustituir el punto débil que siempre constituyen los viaductos peligrosos, por un terraplén, cuyo único inconveniente futuro podrá ser un asiento, fácil de rectificar, y que se consolidará en los tres o cuatro años que faltan para la apertura de la línea al servicio público. Atravesando con un túnel de 192 m un contrafuerte entre los barrancos de Montalegre y Mas de Rata, se cruza esta con cota de 22 m y con longitud de 125 m en la explanación; si se hubiera construido la obra de paso de agua en el fondo del barranco, la longitud necesaria, dada la enorme pendiente del arroyo, resultaría de 150 m, con un presupuesto de 210 000 pesetas, y el terraplén cubicaría 81 000 m³ que, a 1,65 pesetas, valdría 133 650 pesetas; en total, 343 650 pesetas. La solución adoptada (fig. 3.ª) consiste en la construcción de un muro que se empotra en la ladera derecha del barranco y termina a una altura de 10 m; la alcantarilla es de planta circular, entrando las aguas normalmente al trazado y saliendo

paralelamente a él; se reduce así su longitud a 50 m, con un coste de 83 000 pesetas; en el muro se han invertido 81 000 pesetas y el terraplén ha cubricado 31 000 m³ que, a 1,65 pesetas, da 51 000 pesetas; obtiéndose con ello, por tanto, una economía de 147 000 pesetas (fig. 4.^a).

Sigue a esta obra el túnel de Santaliña situado en el Coll de Porta, túnel que es uno de los mayores de



Fig. 6.ª Boca Sur del túnel de Santaliña.

España (3 440 m de longitud). El proyecto aprobado, cuyo presupuesto es de 8 000 000 de pesetas, fué redactado a base de un detenido estudio geológico del que se deducía que los terrenos cruzados por el túnel deberían próximamente distribuirse de la siguiente suerte (fig. 5.^a):

Margas del Keuper.....	155 m
Ofitas.....	435 m
Yesos.....	1 110 m
Calizas.....	1 640 m
Margas carboníferas.....	100 m

Comenzó la perforación de este túnel en el mes de marzo de 1923, atacándose primeramente por la boca Sur, y en abril de 1924 se emprendió el trabajo por

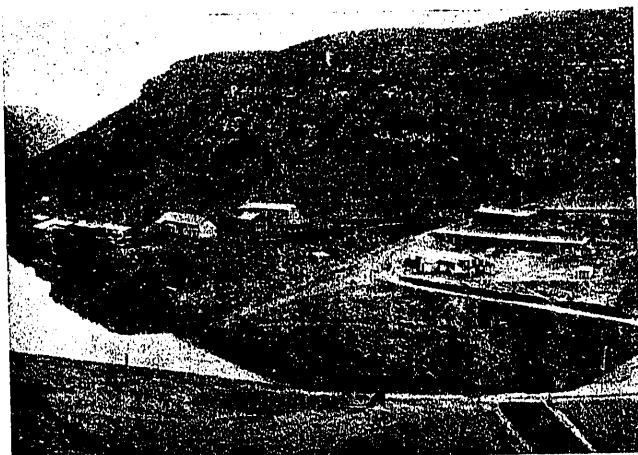


Fig. 7.ª Campamento de la boca Norte del túnel de Santaliña.

la boca Norte. Los avances han sido muy regulares: por el Sur y en margas, 2 m diarios; en ofitas, 1 m; en yesos, 3,5 m, y por el Norte, en calizas, de 5 a 7 m. Se ha llegado de esta suerte a una velocidad, por ambas bocas, de 250 m en un mes de veinticinco días útiles para el trabajo (figuras 6.^a y 7.^a).

El perfil longitudinal del túnel está constituido por una rampa de 0,01 en sus primeros 2 340 m y una pendiente de 3 milésimas en los 1 100 m restantes. Al notar la satisfactoria velocidad del avance por el Norte, cuando se llegó con la galería a los 1 100 m de rasante de 0,003, se instaló una bomba con motor de aire comprimido, y se siguió excavando en contrapendiente de 0,01. El encuentro de galerías, sin error apreciable en alineación (0,08 m), ni en rasante (0,12 m), se verificó en 28 de octubre, a 1 820 m de la boca Sur, habiéndose, por tanto, perforado por el Norte, 1 620 m.

Dos sorpresas ha proporcionado el ataque por la boca Sur y una el de la boca Norte. Pero la más grave ha sido la observada en la zona de encuentro de las dos galerías de avance. En la progresiva 800, después de una voladura, brotó un manantial de 600 litros por segundo en el mismo frente de ataque, lo que obligó a suspender los trabajos; supuse, desde el primer momento, que ello obedecía a haberse desfondado un cuenco abierto en el yeso cristalino blanco del lías, roca soluble como es sabido; pero hizo dudar de esta opinión la persistencia del agua, ya que el caudal de 50 000 m³ diarios no llevaba trazas de desaparecer. Tuvo su fin, con todo, a los veinte días, en que cesó por completo, revelando la existencia de una cueva de más de mil m³ de capacidad en el seno de la montaña. Las ofitas que, según lo previsto, se cruzaron en una longitud de 400 m de túnel, no formaban una masa compacta, sino, por el contrario, eran tan fisuradas que el trozo máximo no llegaba a 20 cm de diámetro; el enorme peso específico de esta roca y su estado de desagregación, han exigido una entibación muy resistente, y el revestimiento ha tenido que ser reforzado. La entibación empleada (cuadros de rollizos de 0,30 m de espesor a 1,50 m de eje a eje) (fig. 8.^a), se arrollaba, siendo preciso colo-

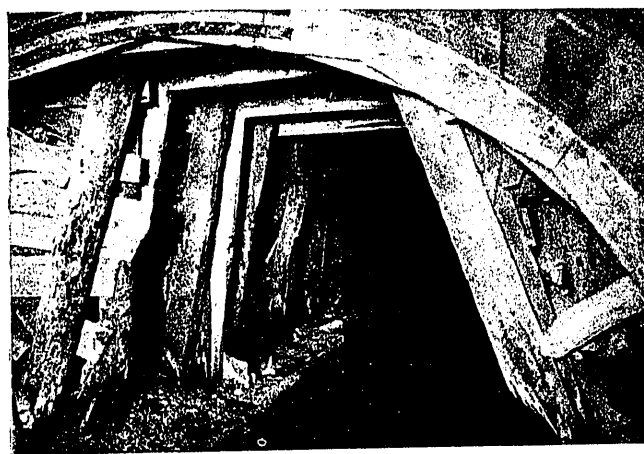


Fig. 8.ª Entibación de ofitas (Progresiva 400).

car varios cuadros intermedios entre los extremos corrientes y forrar el terreno por completo con tabiques de tablas, notándose que en cuanto falta una de estas tablas caen los pequeños trozos de roca hasta obstruir la galería, y ha ocurrido alguna vez que se han paralizado los trabajos mientras se extraían 600 ó 700 m³ de desprendimientos de ofitas. En la boca Norte, las margas carboníferas se han cruzado en longitud doble de la prevista (200 m); no ha requerido esta parte entibación antes de calado el túnel; pero en cuanto se efectuó esta operación la ventilación

natural desagregó las margas y ha sido forzoso entibarla a toda prisa para evitar el peligro a los obreros. Además de esto, en la caliza se había suprimido parte

gresivas 1 780 y 1 880 (fig. 9.ª). En aquélla terminan los yesos y en ésta comienzan las calizas, y se halla constituido el trozo citado, cuya longitud es de 100 m, por bloques calizos sueltos, de volumen comprendido entre medio metro cúbico y diez metros cúbicos, los cuales, por su caída total o parcial, han producido en la corona y hastiales socavones de importancia; la

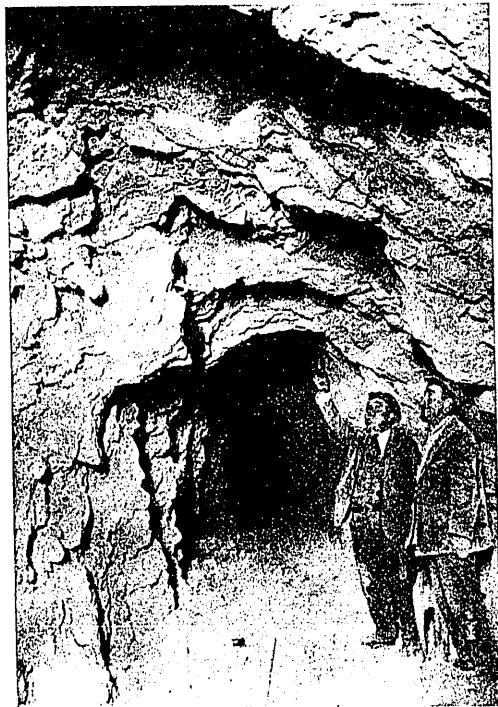


Fig. 9.ª Bloques sueltos en la progresiva 1 795

del revestimiento (en 1 300 m), por suponerla tan compacta en el interior como en la boca; pero en lugar de esta compacidad se ha notado naturaleza muy



Fig. 10. Entrada de una galería de socavón en la progresiva 1 870.

cavernosa en algunos sitios y tan esquistosa en otros, que no se ha podido prescindir de una bóveda de hormigón de 0,60 m y de estribos de mampostería en gran parte.

Todas estas dificultades se han ido venciendo fácilmente, pero el terreno de mayor gravedad que se ha encontrado en el túnel es el atravesado entre las pro-

absoluta sequedad de estos 100 m de galería y de los trozos anterior y posterior ya hace prever un terreno desagregado, propicio a filtraciones, y en efecto, se descubrieron varias galerías inferiores, laterales y superiores a la galería de avance, sinuosas y estrechas, abiertas entre bloques ciclópeos (fig. 10). Hubo que rellenar las primeras, abandonar las segundas y ensanchar para visitarlas, no sin peligro, las últimas.

La explicación geológica indudable de esta formación es la siguiente: según el croquis adjunto (fig. 11) el contacto de yesos y calizas, después del levanta-

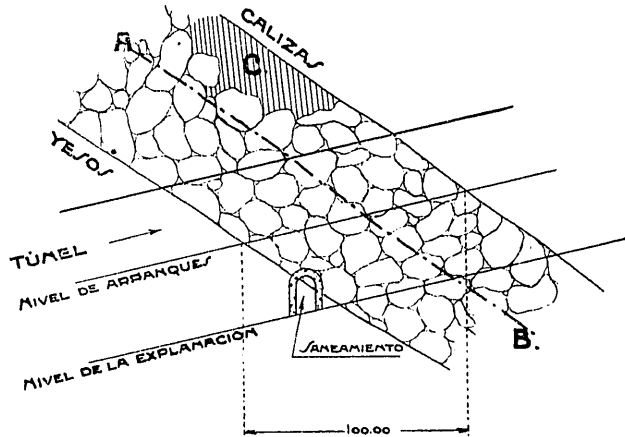


Fig. 11. Croquis del contacto de yesos y calizas.

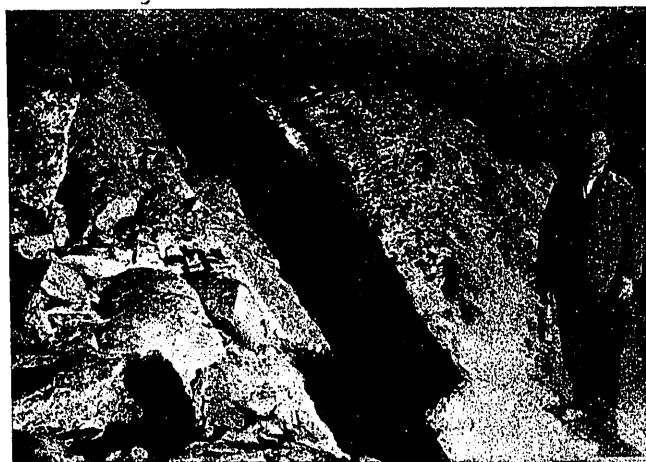


Fig. 12. Bloques sueltos en la cueva de la progresiva 1870.

miento general en las capas que produjo la erupción de ofitas de la época senoniense y la alteración orogénica tan bien señalada en el Montroig, debió ser la línea A B. Las aguas de superficie fueron disolviendo el yeso y, al encontrarse sin apoyo el techo calizo, ha ido cayendo, formando un paralelepípedo de 70 a 80 m de altura, y cuya longitud y anchura son desconocidas. Entrando por la galería en socavón de la progresiva 1 870 antes citada, se llega a la cueva C, cuyo suelo está formado por bloques calizos y el techo lo constituye una masa asimismo caliza, con

abundancia de grietas que anuncian la caída de más trozos de bancos de cantera faltos de apoyo (figuras 12, 13 y 14). Si el terreno de bloques estuviera consolidado, la continuación de las obras no tendría otra



Fig. 13. Techo de la cueva de la progresiva 1 870.

importancia que la proveniente del aumento en el espesor de los revestimientos; pero la misma explicación del hecho denota un carácter de perpetuidad en el movimiento secular, pues las aguas de filtración seguirán disolviendo el yeso cristalino, los bloques ac-



Fig. 14. Bloques sueltos en la cueva de la progresiva 1 870.

tuales continuarán descendiendo por su propio peso, y el techo de caliza no dejará de ir desprendiéndose.

Después de detenido estudio, el ingeniero encargado de esta obra, D. Ramón Martínez de Velasco, que fué el autor y en gran parte constructor del túnel de Tosas, y que recientemente ha proyectado el de Vieilla, reuniendo, por tanto, gran competencia en esta especialidad, propone tres soluciones: 1.^a, construcción de un puente de 140 m de luz, con estribo Sur cimentado en yesos, y el Norte en calizas; 2.^a, construir un revestimiento ordinario, a ciencia cierta de que, después de un plazo más o menos lejano, se ha de agrietar; y 3.^a, un puente de varios tramos, siendo las pilas intermedias los mismos bloques sueltos.

Ahora bien, no debe desconocerse que la velocidad del movimiento de esa zona es, naturalmente, desconocida; seguramente nos podemos colocar en un caso muy desfavorable, suponiendo que la superficie yesosa se desgaste por la acción de las aguas

un centímetro por año. De esta suerte, la primera solución, o sea la de un puente definitivo, con una profundidad de 2 m en los cimientos, resistiría, por lo menos, durante dos siglos. No están, sin embargo, muy definidos los elementos de cálculo para proyectarlo, ya que, además del peso del tren, debería resistir este tramo los estribos y la bóveda de revestimiento y un volumen de piedra en seco de 20 a 25 m de altura actual. Dada la situación del futuro puente, con las dificultades de fabricación del hormigón armado y los peligros del montaje del acero en un lugar tan limitado, el costo de esta solución, con arreglo a los tanteos practicados, sería de 4 a 5 000 000 de pesetas.

La segunda solución, o sea la de construir un revestimiento ordinario, es, a mi juicio, preferible, aunque no perfecta, pues como al gálibo de carga le sobran siempre más de 20 cm, todo se reducirá a recalzar la vía con balasto, gasto de conservación requerido por cualquier terraplén de 10 m de cota, y al cabo de treinta o cuarenta años, demoler la bóveda y rehacerla con unos decímetros más de altura de clave. Esta operación costaría unas 1 000 pesetas por metro lineal, y en total 100 000 pesetas, lo que equivale a 2 000 por año, cantidad insignificante, que aun podría reducirse construyendo el revestimiento hoy con 6,20 m de altura libre, en vez de los 5,70 que se dan, con lo que se retrasaría la reconstrucción de la bóveda otros cuarenta años.

No dejo de considerar que, además de que los datos en que fundo esta opinión son algo deleznable, pues pudiera ocurrir que parte de la masa de bloques estuviera hoy apoyada en un socavón de yeso, el cual por su hundimiento rápido produciría un asiento grande en el revestimiento, también debe no olvidarse que las grietas, siquiera pequeñas, serían alarmantes para los encargados de la línea, y seguramente exigirían precauciones y determinarían trabas a la explotación corriente de la línea. Y, como remate, tengo por seguro que, tal vez descartando mi decisión, quizás no se considerase aceptable esta propuesta aleatoria sin considerar que, hágase lo que se hiciere, la ruina será inevitable, pero a plazo siempre lejano.

Por ello, el ingeniero encargado, Sr. Velasco, ha propuesto la solución intermedia, que voy a detallar. En la progresiva 1 780 se construirá una

galería de saneamiento, transversal al túnel, de 50 metros de longitud a cada lado de él (fig. 15); en ella se recogerán las aguas, retardándose de esta suerte la disolución de los yesos en la zona necesaria a los dos lados del túnel. El revestimiento, de 1 m de espesor, irá apoyado sobre una plataforma de hormigón armado; los estribos también se armarán hasta

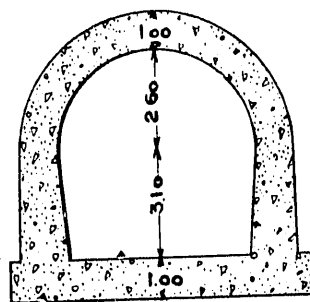
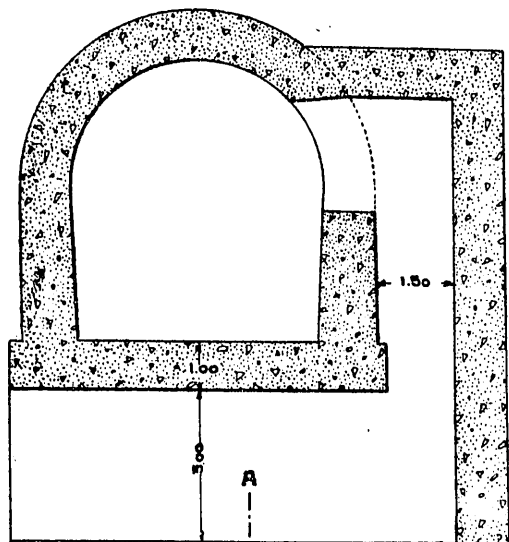


Fig. 15. Corte de la galería de saneamiento en la progresiva 1 780.

los 2 m de altura, formándose así un puente de piso inferior que se calculará para que, con 10 m de luz, resista la carga permanente (revestimiento y 15 m de espesor de bloques) y las sobrecargas reglamentarias (figura 16); cada 15 m se construirá lo que llamaremos burladero de visita, en la zona peligrosa, sin

solera. Los muretes de hormigón, de 1,50 m de espesor por 3 m de altura, constituyen, en 5 m de longitud, los apoyos de un puente de cinco tramos conti-



SECCIÓN A.

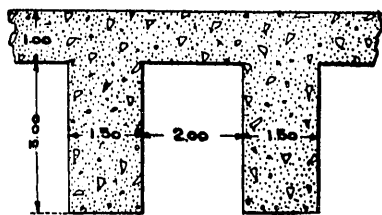


Fig. 16 Disposición del revestimiento del túnel entre las progresivas 1780 y 1880

nuos de 10 m, y son fácilmente visitables de modo que puedan recalzarse o reconstruirse en caso de un asiento en la zona de bloques en que se apoyan. Los yesos, entre las progresivas de 590 y 1700, se revestirán con sillarejo (fig. 17), pues han resistido sin entibación alguna no sólo la galería de avance, sino el ensanchamiento, cuya sección es un semicírculo de

6,40 m de radio. Esta última solución, cuyo coste aproximado es de 1 200 000 pesetas, es la más indicada, pues si bien es fácil que fuera suficiente la segunda y mucho más económica desde luego (400 000 pesetas), determinaría continuas zozobras en la conservación y explotación.

Por lo expuesto creo que la perforación del túnel de Porta es de las más difíciles obras de ingeniería; la visita actual a las cuevas y sus galerías resulta im-

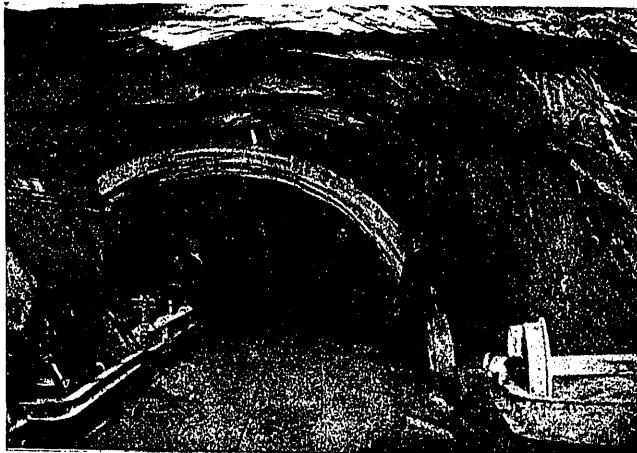


Fig. 17.ª Revestimiento de sillarejo para los yesos entre las progresivas 590 y 1700.

ponente, pues no sin cierto temor se puede discurrir casi arrastrándose por ellas, y siempre con el riesgo de quedar enterrado en vida. Ciertamente en muchas circunstancias, también en las carreras civiles hay que afrontar peligros de inminente riesgo en el cumplimiento del deber; todo el personal de la Sección, sin vacilación alguna, labora con entusiasmo y sin retroceder ante la diaria amenaza de los desprendimientos, ofrendando su actividad y vida en aras de los beneficios que ha de reportar a la Nación la apertura de nuevas líneas férreas. ¡Sólo sería de desear que la recompensa del personal llegase a correr parejas con sus continuos sacrificios!

José María FÚSTER

Sumideros de las vías públicas

Un accesorio muy importante en una red de alcantarillado es el sumidero. Su importancia se hace bien patente por la infinidad de modelos, más o menos ingeniosos, que se han ideado y hasta por las complicaciones que en ellos se han ido introduciendo a través del tiempo, para procurar que satisfagan a todas las necesidades de los servicios para los que se preparan.

Es cierto que no existe un criterio único en cuanto se refiere al modo de ventilar la red del alcantarillado, pues mientras algunos higienistas consideran necesaria la libre comunicación de la alcantarilla con el ambiente exterior por las bocas de todos los sumideros, otros juzgan que esta comunicación debe establecerse sólo en lugares adecuados, siendo los criterios, a veces, consecuencia de las vías de desagüe y de los caudales que circulan por las alcantarillas. Hay ma-

yor uniformidad de criterio respecto a la necesidad de evitar la entrada de materias sólidas en la red de desagüe, porque éstas son difíciles de ser conducidas, absorben una parte de la fuerza viva de las aguas y, disminuyendo la velocidad de su marcha, pueden provocar descomposiciones dentro de la propia ciudad, con lo que se convertiría un elemento sanitario en algo infeccioso.

Una buena parte de este problema de la ventilación y del arrastre se soluciona con descargas periódicas de agua, cuando están bien establecidas, pues la fuerza viva del líquido arrastra las materias que, de otra suerte, se adherirían al fondo y paredes, y, además, lavan las alcantarillas. El distinto caudal de aguas negras que circula en las diversas horas del día deja expuesta al aire una parte de la sección de desagüe, y