

Encontrando que la madera del ademe ocupaba mucho lugar, y que á causa del agua las varas se hacían muy pesadas y difíciles de mover, sobre todo, las tres del centro que era necesario sacar por tracción, se substituyeron las varas de madera por otras de fierro, formadas con dos rieles unidos entre sí por sus patines con pernos ó tornillos, colocando once varas de fierro en lugar de nueve de madera; las cadenas transversales se formaron de varillas de fierro huecas formadas de dos partes unidas con un tornillo templador para colocarlas entre las varas á presión. Las dotaciones de piezas de fierro no fueron en número suficiente para prescindir de las de madera, de modo que se limitó el uso de las primeras, y los ademes continuaron sin embargo siendo de uso dominante.

Entre las ventajas obtenidas con el uso del fierro se pueden señalar las siguientes:

- I. La excavación que tenía que hacerse para alojar las mamposterías era notablemente menor.
- II. Las varas eran mucho más ligeras, no aumentaban de peso con el agua, y necesitaban, en consecuencia, menos gente para manejarlas.
- III. Eran más baratas porque duraban un tiempo indefinido.
- IV. Siendo poco voluminosas, podían bajarse más fácilmente por las lumbreras, en las que el espacio era limitado.
- V. La longitud de los tramos de excavación podía ser mayor fortificando con fierro que con madera.

Hay que describir la manera ó procedimiento empleado para manejar el agua que bajaba por la galería general del fondo, al tiempo en que se hacía la mampostería del radier del túnel. Esta agua llegó á ser hasta de 340 litros por segundo, y había que recibirla directamente en el túnel.

Una vez excavado el radier, se colocaban, para que pasase el agua arriba de la excavación, tres tubos de 0<sup>m</sup>30 de diámetro ó bien una canoa de madera de 1<sup>m</sup>20×0<sup>m</sup>50, sostenida por dos presas puestas en los extremos de la excavación, siendo uno de ellos la boca de la galería y el otro el radier recientemente hecho del tramo anterior de mampostería; de esta manera el campo para la mampostería quedaba libre y podía construirse extrayendo el agua que le había quedado con bombas de mano.

En terreno firme (toba volcánica) sobre que el ademe fué ligero

(lámina 8), se conseguía la enorme ventaja de atacar á la vez dos ó tres tramos de ademe de túnel consecutivos, y caso hubo en que se atacaran seis. Siempre que esto fué posible, se obtenía que las mamposterías podían continuarse sin interrupción día y noche.

Cuando fué posible atacar seis tramos consecutivos á la vez, se procedió del modo siguiente: la galería superior desde luego se avanzaba en un trayecto equivalente á siete tramos, haciendo comunicaciones entre su piso y el cielo de la galería general que quedaba abajo para echar por ellos las tierras, y transportarlas por ferrocarril á la lumbrera próxima. Después se escalonaba el trabajo de tal modo, que en el primer tramo se tenía ya concluída la cubeta y la cimbra colocada para construir la bóveda; en el segundo á su vez se tenía construída la cubeta hasta un poco arriba del nivel del agua; en el tercero se colocaban los tubos ó la canoa para excavar y hacer lugar á la mampostería del radier; tanto en el segundo como en el tercero, todo el ademe del cielo estaba hecho en este punto de la operación. Dos cuadrillas de albañiles se empleaban constantemente, día y noche, una en construir cubeta, y la otra, bóveda. El tramo número 4, entonces, también tenía ya colocadas todas las varas del ademe del cielo; el número 5 tres varas, y el número 6 una, la de la cima. Encontrándose siempre los trabajos escalonados como queda dicho, en el segundo tramo se recibían las varas que se iban quitando del primero, á medida que se construía la bóveda, en una plataforma puesta sobre rieles que iban de una solera de un ademe á la del siguiente, y de allí se mudaban al tramo en que se empleaban de nuevo. Todo el escombros que provenía de la ampliación que se hacía arriba y hasta el nivel de las soleras, se recibía en los carros del ferrocarril de la galería inferior, abriendo por esto las comunicaciones necesarias en el terreno que las separaba.

En los lugares en que se encontró terreno tan favorable que permitía atacar seis tramos, se podía avanzar una longitud de poco más de un tramo por día, consiguiendo hacer así en un mes, sin trabajar los domingos, 115 metros.

En terrenos menos propicios quedó el recurso de abrir intermedios y construir así diversos tramos, aunque no fueron consecutivos.

*Mampostería.*—Inmediatamente después de que un tramo de ampliación quedaba excavado y ademado, se procedía á construir la

mampostería correspondiente. Al efecto se colocaba una cercha de madera, con la forma exacta del paramento de la cubeta, en el extremo de la excavación hecha, con estricta sujeción al nivel y alineamiento del túnel, y se extendían hilos entre esta cercha (que llevaba marcas al nivel de cada junta de las dovelas artificiales) y las juntas de las dovelas del túnel acabado en el tramo anterior. En tal disposición, los albañiles comenzaban á construir el relleno de mampostería, y á su frente el paramento de dovelas artificiales, guiándose por los hilos referidos. Las últimas dovelas que coronaban las paredes laterales eran de forma especial para formar el salmen de la bóveda. En la última carrera de dovelas se dejaban huecos á intervalos de 1<sup>m</sup>00, en los que entraban los extremos de unas vigas que se colocaban á traves para sostener un piso de tablas; éste, á la vez que sostenía las cimbras de la bóveda, servía para la estancia de los albañiles y materiales durante la construcción de aquélla. Las cerchas de las cimbras estaban hechas con dos espesores de tabla de 0<sup>m</sup>05 de espesor, unidas con tornillos de tuerca y cortadas las secciones para formar el círculo requerido; las principales cerchas se hacían de 3 espesores para sostener la sobrecarga que les venía de las varas del ademe de la excavación que descansaban sobre ella. Sobre las cerchas se iban colocando duelas de madera de 4<sup>m</sup>08 X 0<sup>m</sup>10 X 0<sup>m</sup>05 á medida que progresaba la elevación de la bóveda.

Cuando la bóveda subía de uno y otro lado hasta aproximarse á unos 0<sup>m</sup>33 de la clave, se reducía el número de albañiles porque ya no quedaba lugar más que para un sólo hombre, y éste ya formaba la clave. En la práctica ordinaria se prefería usar pedazos de duela que iban de una cercha á la siguiente, en lugar de duelas de 4<sup>m</sup>80; esta substitución daba mayor libertad de trabajo á los albañiles. Cuando el arco levantado se aproximaba á la altura de la clave, las duelas de la cimbra se substituían con piezas de madera de 0<sup>m</sup>45 X 0<sup>m</sup>30, y con batientes de los extremos para colocarse transversalmente y ya no paralelas, como las duelas, al eje del túnel. El uso de estas piezas proporcionaba á los albañiles fácil acceso para construir la clave y retaque superior, produciendo la causa de ello un trabajo satisfactorio.

La cuestión del retaque sobre la bóveda, que era muy importante, ofreció alguna dificultad al principio, porque fué difícil persuadir á los albañiles que debían ejecutarlo con toda propiedad.

El promedio de hombres ocupados en un tramo de túnel era de ocho, incluyendo las operaciones de ampliación ademada y mamposterías. Al comenzar la ampliación bastaban cuatro hombres, y ya para levantar las mamposterías el número subía á catorce. Al principio, como queda dicho, mientras se ampliaba solamente la galería á la altura de la bóveda bastaban cuatro hombres, y este número subía sucesivamente á seis y ocho, á medida que la excavación aumentaba hasta llegar á la cubeta. Cuando los albañiles comenzaban la cubeta en el radier, bastaban seis de ellos y seis peones; ya sobre las paredes laterales se necesitaban ocho albañiles y seis peones, y este número descendía al aproximarse á la clave de la bóveda en donde ya solamente había lugar para dos hombres. En estos números no se incluyen los sobrestantes, inspectores, ni los peones que manejaban los coches; los últimos variaban de tres á seis parejas, según la rapidez con que se hacía la excavación y la que se requería para traer el material de los albañiles.

La excavación y ademe, así como las mamposterías de un tramo de túnel, se hacía por subcontrato, á tanto por metro, precio que variaba según la naturaleza del terreno, la abundancia de agua de filtración y la distancia que había á la lumbrera, etc. De hecho, todos los trabajos se hicieron por subcontrato hasta donde fué posible, tanto en la superficie como al interior del túnel y lumbreras, y los resultados fueron así mucho más satisfactorios que cuando se pagaba á la gente por día de trabajo.

Me ha sido preciso ser minucioso, quizá hasta difuso, en los datos y pormenores consignados en este capítulo, y á veces me he visto obligado á pasar de un asunto á otro bruscamente; pero he juzgado conveniente hacerlo así en gracia de la utilidad que puedan proporcionar los métodos empleados en la construcción del túnel, para otras obras semejantes en lo futuro.