

cimientos que se necesitaban en las lumbreras referidas, á reparar las máquinas en los talleres, y á pedir inmediatamente á Inglaterra diversas piezas de refacción que se necesitaban, sobre todo para las bombas.

\*  
\* \*  
\*

Retrocediendo un poco, debo hacer referencia á los temores que abrigaba la Junta Directiva, respecto á que las bombas de 16" de que ya se disponía, no bastaran á pesar de todo. Las aseveraciones que emanaban de la convicción que tenían los Sres. Read & Campbell, sobre la necesidad de pedir las bombas de 1000 galones, la inclinaban á pedir, cuando menos, dos instalaciones con esa capacidad, y el deseo de acertar mejor le sugirió la idea de llamar al ingeniero D. Andrés Aldasoro para que interviniera en el estudio de las instalaciones, y principalmente en la elección del tipo de bombas de 1000 galones que debieran pedirse.

El ingeniero Aldasoro efectivamente puso á disposición de la Junta los excelentes conocimientos que posee en ese ramo, y mucho cooperó al arreglo de las instalaciones á que he hecho referencia.

En cuanto al pedido de nuevas bombas, era partidario de las bombas Rittinger, y fué esa su elección; pero con la idea de ilustrar mejor su juicio, se dirigió á diversas fábricas de Europa con datos especiales pidiendo proyectos, y con ellos á la vista poder decidir por alguno. Se disponía también de proyectos semejantes que los Sres. Read & Campbell habían obtenido directamente de varias fábricas.

Los pedidos quedaron sin efecto, y las mismas instalaciones de la XV á la X hubieron de modificarse mucho. El avance de las galerías, supuesto en 40<sup>m</sup> por mes, según el parecer de los Sres. Read & Campbell, resultó desde los primeros meses doble cuando menos, y más tarde llegó á ser de 150<sup>m</sup>: por otra parte, el agua no aumentó en la proporción que se suponía.

Las instalaciones que estaban proyectadas en ambos supuestos tuvieron que sufrir cambios.

En la lumbrera XV, las obras hechas para instalar la segunda bomba no se aprovecharon, porque no fué necesario.

En la lumbrera XII, apenas acababa de montarse la primera de las bombas, cuando llegó allí la galería, y aunque á pesar de ello

se continuó la instalación hasta colocar la segunda bomba, no respondió ya al objeto con que se proyectó.

En la lumbrera X se estableció sólo una bomba, y no dos como se había proyectado, siendo esto debido á modificación que promovieron los Sres. Read & Campbell. Pero esa sola bomba en la X no bastó, y tuvo que suspenderse el trabajo de los frentes de galería para continuarlos más tarde, después de que se comunicasen con ellas la frente del Norte de la lumbrera núm. IX.

En el registro gráfico, á que antes me he referido, se encuentra indicada la marcha que hubo en los trabajos, tanto de túnel como de galería, durante el período del contrato de administración con los Sres. Read & Campbell, y en los anteriores en que los mismos habían trabajado en la obra por su cuenta.

Me falta decir que las dos máquinas que sirvieron en la lumbrera XIV, fueron trasladadas á las lumbreras VIII y VII. La máquina Compound fija lo fué á la VIII para mover dos bombas de 16", ésta fué montada de nuevo con bastante perfección y habilidad, habiéndose repuesto el engrane de transmisión, que era débil, con otro que tenía ya la suficiente resistencia.

La locomóvil de veinte caballos, también sistema Compound, se estableció en la lumbrera VII aplicada á una bomba de 16".

Una y otra de estas instalaciones bastaron con exceso para su objeto.

La VIII por el pronto funcionó, tanto para terminar el pequeño tramo de túnel que había allí pendiente, como para continuar la frente del Norte de la IX hasta comunicarla con la X, frente que hubo que suspenderse porque el agua aumentaba y las bombas de la IX no podían dominarla, ni auxiliadas como estaban por otra bomba de acción directa.

\*  
\* \*  
\*

No será por demás hacer una reseña acerca de los métodos empleados en la construcción del túnel, siguiendo el sistema que se adoptó definitivamente, sobre todo, cuando después de rescindido el contrato de los Sres. Read & Campbell, se entró de lleno bajo la administración de la Junta, hasta la conclusión del túnel.

Queda dicho que la operación principal consistía en hacer avanzar la galería del fondo como obra preparatoria, y principalmente

de desagüe. Ya en Febrero de 1892, principio del contrato de administración, se tenían próximamente tres kilómetros de túnel hechos en el Norte, comunicados con el extremo abierto, lo cual constituía una excelente salida para el agua. En lo sucesivo la galería preparatoria fué impulsada de una lumbrera á la siguiente, siguiendo la regla de no intentar ninguna otra obra en el mismo tramo, porque se había hallado que detenían más ó menos el progreso de la galería. Tan luego como dos lumbreras estaban comunicadas, se establecían frentes de túnel entre ellas, teniendo cuidado de no detener el curso del agua, y así expeditar el avance de la galería para comunicarla con la próxima lumbrera del Sur.

En orden al túnel, para obtener un progreso rápido, se necesitaba multiplicar las frentes, y esto se conseguía por medio de secciones intermedias entre las lumbreras; de esta manera, como dos frentes partían de los dos tiros contiguos, se elegía entre ellas un punto conveniente que servía de punto de partida de dos frentes intermedias, y por este medio se obtuvo la multiplicación de los puntos de ataque del túnel. (Lámina núm. 11.)

El número de intermedios dependía de las circunstancias y de la naturaleza del terreno; por ejemplo, entre las lumbreras XIV y VIII, sólo se aprovechó un intermedio; entre la XIV y XV, dos; entre la XV y XVI tres, etc., según puede verse en el registro gráfico. No obstante que estos intermedios permitían acelerar el túnel, se observó luego, sin embargo, que era conveniente no exceder de dos intermedios entre dos lumbreras. Como cada frente permitía hacer de veinte á veinticinco metros de túnel por mes, la multiplicación de estas frentes, por medio de los intermedios, dió por resultado que pudiera unirse el túnel entre dos lumbreras en un período de tres meses.

Además, cuando era consistente el terreno, en cada frente podían atacarse dobles tramos de túnel, aumentando así la rapidez de la construcción.

No solamente en el Norte, donde se disponía de la galería general, se aceleraba el trabajo del túnel; al Sur también, en puntos aislados donde el agua podía dominarse con las bombas, se atacaban el túnel y galería vigorosamente.

*Materiales.*—Los que se emplearon en la construcción del túnel fueron los siguientes:

En la bóveda: ladrillo, con dimensiones de  $0^m24 \times 0^m12 \times 0^m06$ , teniendo una resistencia de 300 kilos por centímetro cuadrado, experimentando la pieza entera en la prensa, y sobre 100 kilos solamente cuando se experimentaba en cubos labrados de  $0^m05$  por lado. La absorción de agua era de 20 á 23%.

En la cubeta: dovelas de betón comprimido hechas con cuatro partes de arena y una de cemento. Estos dos materiales se mezclaban primero en un aparato rotatorio, y la mezcla humedecida se apisonaba á mano en moldes para producir dovelas, de la forma y dimensiones apropiadas á los arcos que concurrían á formar las paredes y fondo. Se tenía cuidado de que las capas de mezcla no fuesen demasiado gruesas, á fin de obtener por medio del pisón una compresión uniforme. Los pisonos eran de fierro.

*Mortero.*—Comunmente consistía en una mezcla de cal, arena y polvo de tezontle en partes iguales, y en casos extraordinarios se usó el cemento. La cal era de muy buena calidad y ligeramente hidráulica, con un peso de 640 kilos por metro cúbico. La piedra para fabricar la cal procedía de una cantera labrada en un banco de toba caliza, que se encuentra en el trayecto del canal de desemboque del túnel, y que fué necesario cortar para el paso de este canal. El tezontle, nombre azteca con que es conocida vulgarmente la lava andesítica muy esponjosa.

La arena era bastante limpia naturalmente y sus granos esquinados.

La mezcla y batido de los morteros se hizo en molinos semejantes á los chilenos. Los ingredientes del mortero se depositaban primero en lechos que se alternaban, midiendo cada uno un espesor como de  $0^m10$ , con los cuales se formaba un banco de  $1^m50$  á  $2^m$  de altura, protegido contra la intemperie bajo un tejado. A la vez que se depositaban los lechos de cal, arena y tezontle, se humedecían con agua regada y se conservaban por el mayor número de días posible, que no excedían de 10 á 15. La mezcla así preparada pasaba á los molinos, agregándole agua para formar la pasta. Este mortero fraguaba lentamente, lo cual permitía conservarlo un poco de tiempo antes de usarse, sin perjudicar sus cualidades.

El mortero de cemento se hacía con una parte de cemento Portland y tres de arena mezcladas á mano. Se usó solamente en casos especiales. En lugares inundados el movimiento del agua arrastra-

ba consigo el cemento, y para evitar esto se agregó una poca de arcilla al mortero para darle alguna consistencia.

La cantidad total de materiales consumidos en la construcción del túnel, se computa de la manera siguiente:

- 22.000,000 de ladrillos.
- 1.000,000 dovelas de betón comprimido.
- 25,000 metros cúbicos de mortero de tezontle y cal.
- 20,000 metros cúbicos de piedra común de mampostar.
- 20,000 toneladas de carbón quemado en las máquinas y fraguas.
- 10,000 cuerdas de leña en los hornos de materiales.
- 5.000,000 pies B. M. de madera, ó sean 11,800 metros cúbicos.

*Naturaleza del terreno.*—El avance de los trabajos en el túnel, una vez vencida la dificultad del agua que constituyó el principal obstáculo, dependía en segundo término de la naturaleza del terreno que se tenía que atravesar. Este puede dividirse en dos clases, bajo el aspecto de su consistencia: la una consistía en toba volcánica pomosa, la otra en margas. La toba dominó en la parte Sur del túnel y la marga hacia el Norte. Después de ellas hubo una formación intermediaria, compuesta de detritus de toba con arcillas más ó menos margosas. Estas formaciones no se medían en un orden regular, sino de una manera accidentada, hasta tal punto, que no era posible prever qué terrenos se encontrarían de una semana á otra.

Como irregularidades dignas de notarse, lo fueron: un banco de arenisca, muy consistente, aunque de corta extensión; otro de roca (toba caliza) como de 80 metros de longitud que no pudo atacarse de otra manera que por medio de explosivos, á diferencia de lo que pasó en el resto del terreno en que los explosivos se usaron solamente para facilitar y apresurar el avance de las excavaciones.

En oposición á lo anterior se encontró un tramo de terreno muy blando de 150<sup>m</sup> de longitud. Los tramos se sucedieron uno á otro en el espacio comprendido entre las lumbreras VII y VIII.

Además de estas irregularidades, se encontró otra, consistente en la existencia de un hueco de terreno que almacenaba un lodo fluido, con cierta presión. Este se halló entre las lumbreras IX y X, y se llegó á él avanzando al frente Norte de la lumbrera núm. IX. En la proximidad del depósito el avance de la frente se hizo por demás difícil por la blandura del terreno; pero sin sospechar

la existencia del depósito. La comunicación, sin embargo, se efectuó de un modo inesperado, y el lodo fluido hizo irrupción inundando 200 metros de galería, arrastrando consigo madera y aun á los mismos operarios, quienes por fortuna pudieron salir á salvo. La irrupción se verificó dos veces.

La toba fué el material más propicio para la apertura de galerías y lumbreras, más particularmente para la ampliación de esas galerías á fin de convertirlas en túnel; las excavaciones casi no requerían ademe, ó éste era en extremo sencillo. Las margas, por el contrario, expuestas al aire se hinchaban y desagregaban, y requerían en toda excavación practicada que se ademara inmediatamente; los ademes tenían que ser, además, bastante reforzados.

Sin embargo, excepción hecha de los tramos accidentales á que se ha aludido, no hubo en general dificultades serias con respecto al terreno, de manera que los ademes no revistieron caracteres especiales que merezcan señalarse.

Entre las lumbreras VII y VIII se encontró un terreno sumamente blando, según queda dicho. La galería de desagüe que se abrió en él vino estrechándose, á pesar de que se reforzó el ademe intercalando marcos; pero las cosas se extremaron hasta el punto que fué preciso obstruir la galería. Se temió, en efecto, que la corriente misma del agua atacara el terreno y que ocurriese un derrumbe de trascendencia. Para prevenirlo se construyeron dos presas en los extremos del trayecto, y entre ellas se construyó un haz de tubos de 0<sup>m</sup>30 de diámetro, cada uno de ellos perforando las presas con sus extremidades, y con este expediente se conservó la galería sin interrumpir el desagüe; pero se inutilizó para el tráfico á través de ella.

*Ademe.*—Sólo haré mención del que se refiere á la galería y túnel.

Respecto del de la galería preparatoria no difería del que es usual, pues baste decir que la equidistancia de los marcos fué de 1<sup>m</sup>00, y que en los escasos lugares en que el terreno era muy blando, fué suficiente intercalar otros marcos á los que se ponían de ordinario. Pero antes de proseguir con lo relativo al ademe, haré algunas reflexiones y consignaré algunos datos conducentes al objeto.

Ya he tenido ocasión de manifestar que las Compañías contratistas no veían en la galería más que un auxiliar necesario para