

EL TÚNEL DEL ESLA

POR MANUEL ECHÁNOVE, INGENIERO DE CAMINOS

En este tercer trabajo acerca de la importante obra que se reseña en el epígrafe, de cuya razón y necesidad, así como de la justificación de la solución adoptada se trató en los números de septiembre de 1940 y octubre de 1941, respectivamente, se describen las particularidades más importantes de su ejecución y los sistemas constructivos adoptados para resolver acertadamente los problemas que la construcción presentaba, que expone claramente el Ingeniero encargado de la obra.

Expuesto en dos artículos anteriores la razón y necesidad de este túnel, la disposición adoptada en el proyecto del mismo e interesantes observaciones sobre su funcionamiento, queda, para terminar la reseña de esta importante obra, el decir algo sobre la construcción de la misma.

Acerca de ella tratamos de señalar, más que los procedimientos generales empleados, las particularidades que, por alguna causa, bien dimanante de la construcción en sí o de las circunstancias particulares que por su emplazamiento o por las de la época de su construcción ofreció, creemos pueden ofrecer algún interés.

Respecto de las últimas diremos simplemente que la obra de que tratamos se empezó en el mes de abril de 1936, habiendo quedado terminada para prestar servicio, en agosto de 1938, aunque su utilización no comenzase, como es lógico, hasta diciembre del mismo año, al llenarse el embalse en su juego anual.

Basta el examen de las referidas fechas para darse cuenta del sinfín de pequeñas, o más que pequeñas, dificultades de organización, suministros, etc., por las que ha tenido que pasar y que fueron vencidas gracias, principalmente, a la normalidad que, dentro de la natural convulsión, existió en la España Nacional.

Para examinar las modalidades constructivas de que tratamos, dividiremos su estudio en el de sus tres estructuras claramente definidas, a saber: Túnel propiamente dicho, Embocadura y Desembocadura.

Bien se comprende, sin embargo, que esta división no fué posible de un modo tan completo en la realidad, pues, sobre todo, entre los trabajos del túnel propiamente dicho y los de la embocadura, hubieron de existir solapes y concurrencias que, la naturaleza tan diversa de las estructuras, originaban inevitables interferencias con las que era preciso contar para la organización y rendimiento del trabajo.

TÚNEL PROPIAMENTE DICHO

Excavación.

El examen del terreno en la construcción de los túneles de desviación que se construyeron para la ejecución de la presa y casa de máquinas, así como el

de otras pequeñas galerías que se hicieron durante el curso de los trabajos de aprovechamiento, hacían suponer que, al construir la obra que nos ocupa, podría conseguirse, salvo en algunos trozos de excepción, ejecutar su sección completa sin necesidad de sujetar el terreno, todo él de granito duro, que había de atravesarse; sobre esta sección habría de construirse el revestimiento de hormigón perfectamente liso para cumplir la misión de que por él se hiciera el paso del agua en las mejores condiciones hidráulicas.

Por ello se proyectó la sección normal que figura en el artículo anterior al presente, cuyo revestimiento de hormigón había de ejecutarse precisamente, como decíamos, después de tener hecha la excavación en la sección completa, al objeto de que dicho revestimiento no sufriera las erosiones de las proyecciones de piedra producidas por los barrenos.

Así, pues, el principal inconveniente que se presumía en la excavación del túnel era solamente el determinado por la ejecución del tramo del mismo con fuerte pendiente.

Se optó por ejecutar la excavación con galería de avance superior y ensanches y destrozas normalmente escalonadas; detrás de estos trabajos debería ir el de revestimiento, todo ello con arreglo a los cánones usuales.

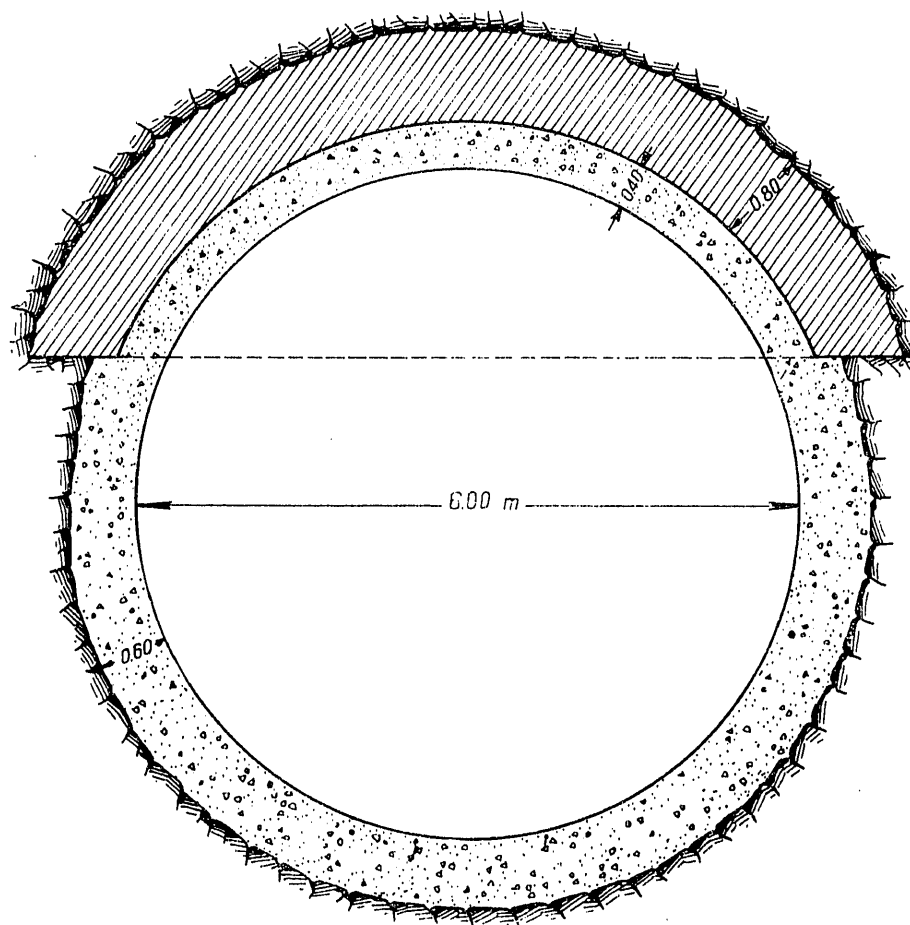
Naturalmente, por las razones expuestas en los artículos anteriores, era necesario el que los trabajos se llevaran a un ritmo bastante rápido, dentro de condiciones económicas aceptables, y por ello se acometió la galería de avance por ambas bocas, si bien esto no estuviera, como en los túneles ordinarios, desprovisto de dificultades, ya que la de entrada estaba ampliamente incluída en la futura embocadura y la de salida estaba cegada por masas de escombros y de desprendimientos tan corrientes en las orillas de los ríos, cuya limpieza — poco fácil en la época en que se comenzaron los trabajos — retardaba muy apreciablemente el emboquillamiento y, por consiguiente, la labor fundamental de todo túnel: el calamiento.

Este inconveniente se salvó, en lo que se refiere a la boca de entrada, prescindiendo por el momento, valga la frase, de la existencia de la embocadura y

prolongando la dirección de la galería de avance hasta su encuentro con el terreno; a costa, claro está, de tener más tarde que prescindir, al hacer la excavación de la embocadura, del primer trozo de dicha galería. La boca de salida se substituyó por un ataque auxiliar a pocos metros de la terminación del túnel, lateralmente al mismo, a la rasante debida, pero en un lugar en el que no existían los escombros que entorpecían el emboquillamiento.

Sin entrar en detalles sobre la forma en que fué

ración en la que el terreno atravesado estaba totalmente descompuesto y no se podía considerar como constituido por roca, en el sentido vulgar de la palabra, y de la cual más adelante diremos algunas palabras, la característica fundamental del terreno atravesado era que éste estaba formado por granito de gran dureza, pero tan acusadamente diaclasado que los bloques de dicho granito se desprendían, por decirlo así, naturalmente, en cuanto la sección de la galería pasaba, en términos generales, de la anchura



Sección del túnel con cubierta protectora.

desarrollándose el trabajo y las incidencias que pudiéramos llamar normales del mismo, vamos a analizar, siquiera sea ligeramente, las dificultades a que dió origen la especial naturaleza del terreno atravesado y que han dado fisonomía particular a la construcción de este túnel y sobre todo a su excavación.

Prescindiendo de una zona de unos 150 metros en su último tramo, en la que las presunciones sobre la naturaleza del terreno fueron prácticamente cumplidas, aunque con algunas limitaciones, y prescindiendo igualmente de una zona de relativa conside-

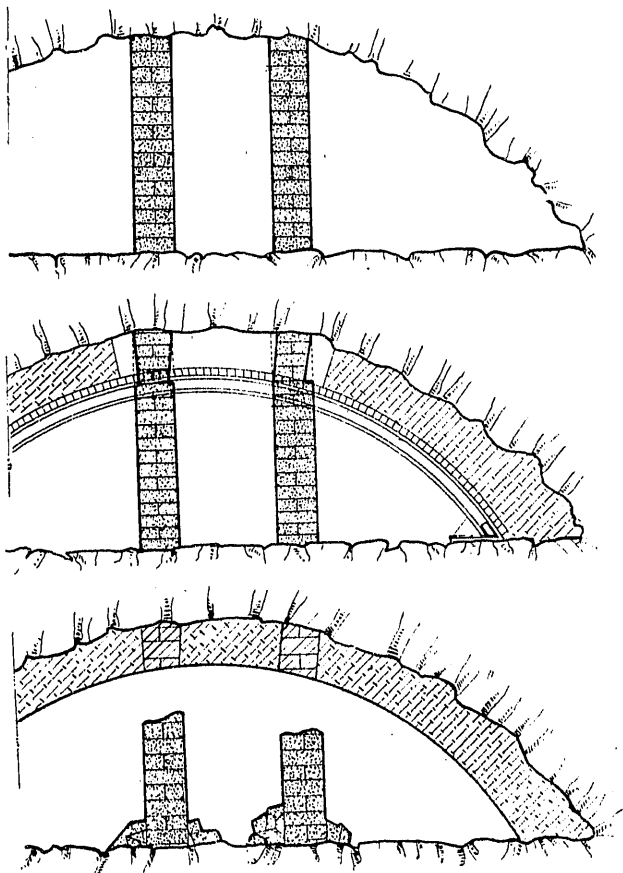
en la que tales bloques constituían a modo de dinteles que, apoyándose en los de hastiales, formaban un recinto estable.

Bien se comprende que con esta naturaleza del terreno en la que los desprendimientos de bloques se realizaban, más por gravedad que por empuje propiamente dicho, el trabajo de ensanche, de no tomarse en él precauciones especiales, podía dar origen a socavaciones de una importancia y gravedad indefinidas, y también que la hipótesis de tener la sección completa de túnel preparada para el revestimiento

posterior no se realizaba, siendo necesario el ejecutar bóvedas de sostenimiento de toda la parte alta de la galería.

Para la excavación del ensanche de la galería de avance, la entibación usual de madera ni servía ni era la apropiada. De una parte, porque ejerciéndose, como decíamos, esfuerzos locales de gran consideración, la sección corriente de las velas de madera era insuficiente y no había posibilidad de repartir de un modo razonable los esfuerzos en toda la estructura de la entibación; de otra, porque la gran dureza del material a excavar hacía que las fuertes cargas de explosivo a emplear deshiciesen, en el momento de la pega, dicha estructura de madera.

Por lo que se refiere al revestimiento, y siendo necesario, como antes decíamos, el ejecutar el de la corona antes de comenzarse la destroza, el especial destino del túnel que obligaba a especiales condiciones de lisura en el revestimiento, impedían el que el de corona formara parte del definitivo, pues la excavación de la destroza había de erosionar enormemente el hormigón ya construido, ello aparte de que, en el orden económico, dicho revestimiento de hormigón con el espesor que se requería para su misión de sostenimiento constituía un aumento de costo de mucha consideración.



Esquema del sistema de apilastrado.

Esta última modalidad de la dificultad expresada fué resuelta con la adopción del tipo de sección llamado "con cubierta protectora", cuyo dibujo reproducimos.

La correspondiente al sistema de sujeción a emplear durante la excavación de la corona fué igualmente resuelta, y con todo éxito, con el empleo de pilastras de bloques de hormigón que constituían los puntales fuertes y resistentes a la acción, tanto del empuje de los fragmentos de roca como a la de los barrenos que se precisaban para el ensanche en cuestión. El croquis adjunto indica mejor que cualquier explicación la forma en que se llevaron a cabo estos trabajos.

Decíamos que todo ello fué conseguido con éxito, ya que en toda esta zona (llamada semimala en el *argot* de la obra), que representa una longitud de cerca de 400 metros, no se formó ni un solo embudo; porque a pesar de la desigualdad que debía tener el perfil de la excavación por la diversidad de forma y tamaño de los bloques, no alcanzó en ningún punto separaciones exageradas sobre la línea de intradós de la cubierta protectora; porque se consiguió alcanzar un espesor medio para dicha cubierta no superior a 80 cm., con una fábrica barata; porque el coste total de las pilastras ascendió solamente a un 1 % del coste del túnel propiamente dicho, y porque (aunque en ello, como en todo, lo principal fué la ayuda de Dios) se desarrolló el trabajo sin un solo accidente mortal.

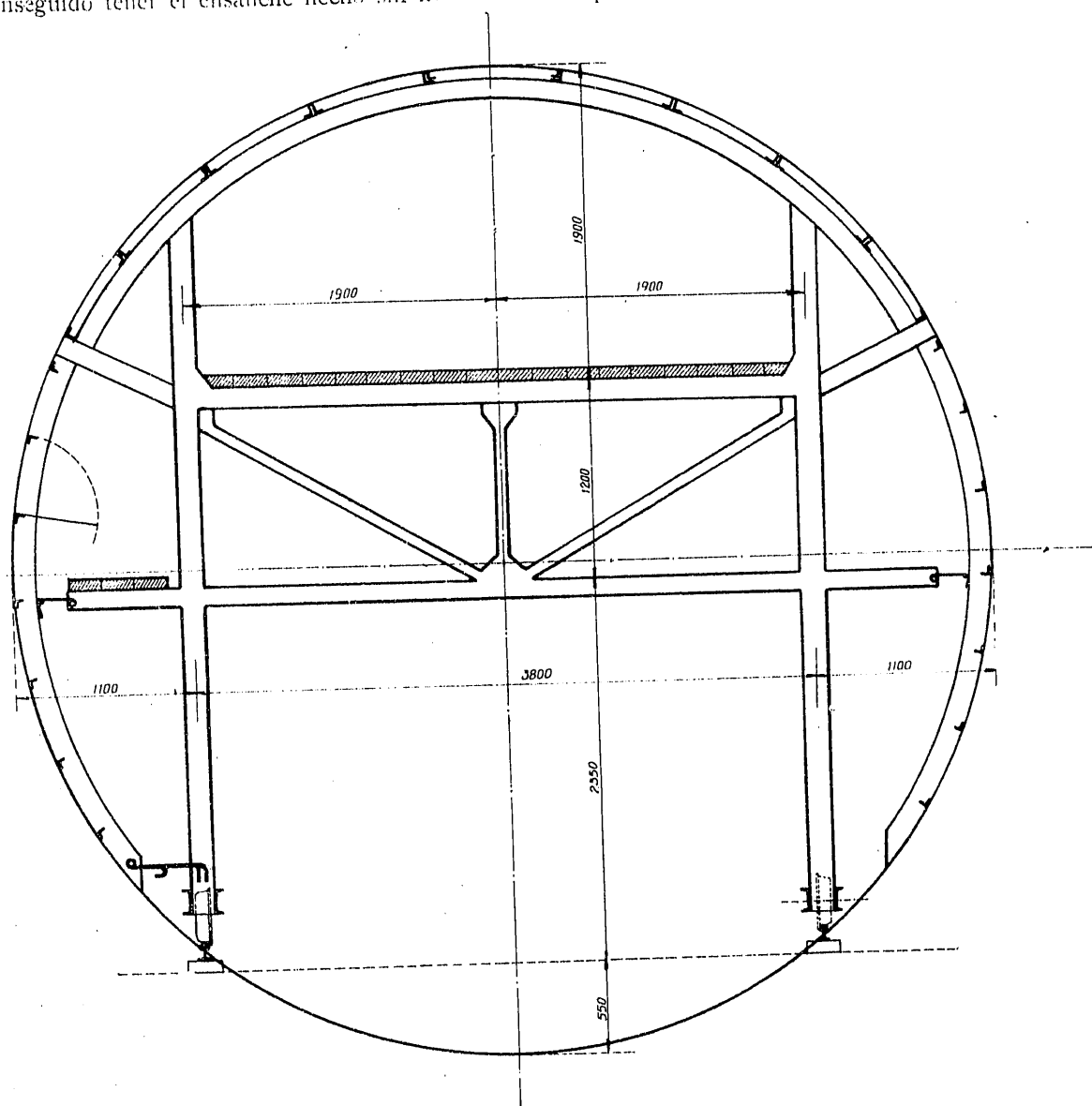
Naturalmente, con lo expuesto bien se comprende que la ejecución de la cubierta protectora se tenía que hacer inmediatamente a la excavación de ensanche, sin el margen de distancia tan conveniente a una buena organización de trabajos en túnel, entre uno y otro trabajo; aminorada esta dificultad por la clase de fábrica empleada en la construcción de aquella (de haber sido hormigón en lugar de mampostería, dicho inconveniente hubiera sido enorme); realizándose por anillos de 5 metros de longitud, generalmente saltados, que en muchos casos hubo de reducirse a 2,5 metros por el peligro de tener abierta, y sin proteger, una excavación de dicha longitud que, a pesar de ser tan pequeña, resultaba exagerada.

En una palabra: la dificultad verdadera que ha tenido la construcción de este túnel ha sido la del ensanche de corona y sostenimiento de la misma, y fué al terminar dicho trabajo cuando, mucho más que al calamiento, quedamos tranquilos sobre la feliz terminación de la obra. El aforismo "túnel calado, túnel terminado", quedó sustituido por el de "túnel ensanchado, túnel terminado".

Cuanto hemos dicho lo es con carácter general y tratando de simplificar la exposición, pues bien se comprende que, aparte de lo que consignamos, ha habido trozos en los que, para la propia galería de avance, ha habido que hacer un apilastrado de su-

jcción; otros, en los cuales la fragmentación de los bloques, aún más acentuada, o parciales descomposiciones del granito, han obligado a construir bataches en los que se apoyaba la cubierta protectora; algunos tramos de la zona llamada buena, en los que se había conseguido tener el ensanche hecho sin ne-

do, se atravesó una zona francamente caolinizada, y en la que un porcentaje importante de la excavación eran arcillas, se siguió el procedimiento general de entibación corriente en esta clase de terrenos, si bien se tropezaba con la dificultad de que aun en estos casos aparecían envueltos en la tierra bloques de pie-



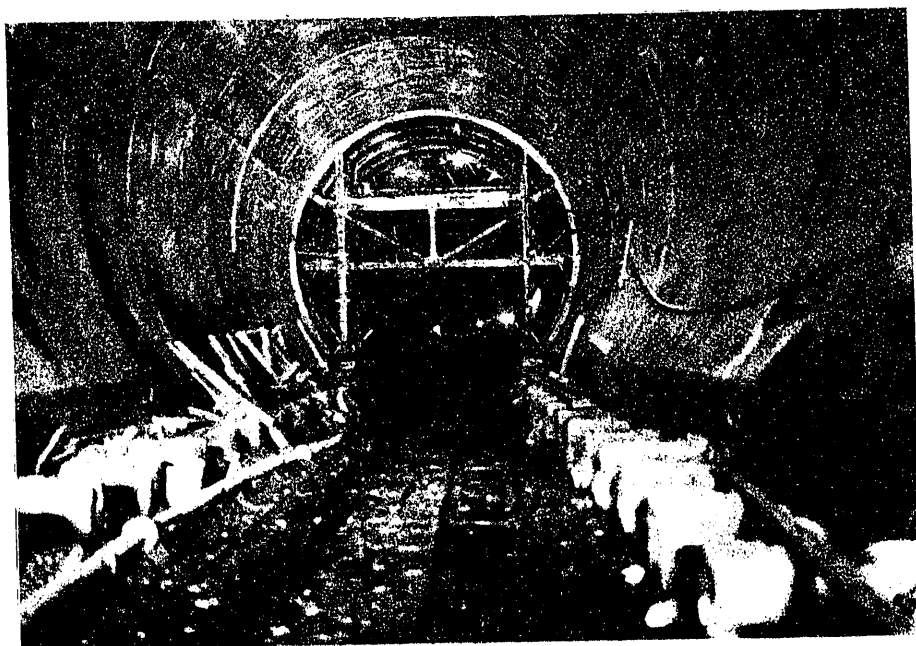
Sección del carrerón de hormigonado.

cesidad de sostener la cubierta protectora, se iban venteando con el tiempo, desprendiéndose algunos bloques y haciendo necesario el construir *a posteriori* dicha cubierta, etc., etc., detalles todos ellos cuya descripción nos llevaría a dar a estas notas excesiva e innecesaria amplitud.

En el trozo en el que, como antes hemos indica-

dra de bastante importancia, que era preciso romper con explosivo, con la consiguiente destrucción de los pies derechos de madera que, por esta causa, hubo que sustituir por pilastras.

La destroza se hizo suficientemente separada del ensanche, sin particularidad especial en el aspecto constructivo, aunque luchando con el inconveniente



Carretón para hormigonado.

de la mala fragmentación de la piedra, siempre según sus diaclasas, y con la necesidad de ejecutar en los bloques un trabajo de taqueo para darles tamaño apropiado para su carga sobre vagonetas.

Las circunstancias particulares de la época en que se realizó este trabajo impidieron la utilización de una pala eléctrica que, para el cargue de los productos de la excavación, tenía ya adquirida la Casa constructora. Dicha pala ha sido empleada con éxito en la excavación de otro túnel en el mismo salto del Esla, aunque teniendo siempre como inconveniente la desigual fragmentación de la roca a que antes aludíamos.

Hormigonado.

Resuelto el problema del establecimiento de la sección del túnel sobre roca, en zonas con cubierta protectora o en las que requerían éstas y los bataches (contrabóveda no fué preciso construir en ningún punto), el hormigonado resultaba una labor esencialmente sencilla, y fácil, también, el conseguir la lisura de superficie a que repetidamente nos hemos referido como necesaria para el funcionamiento del túnel como tubería en presión.

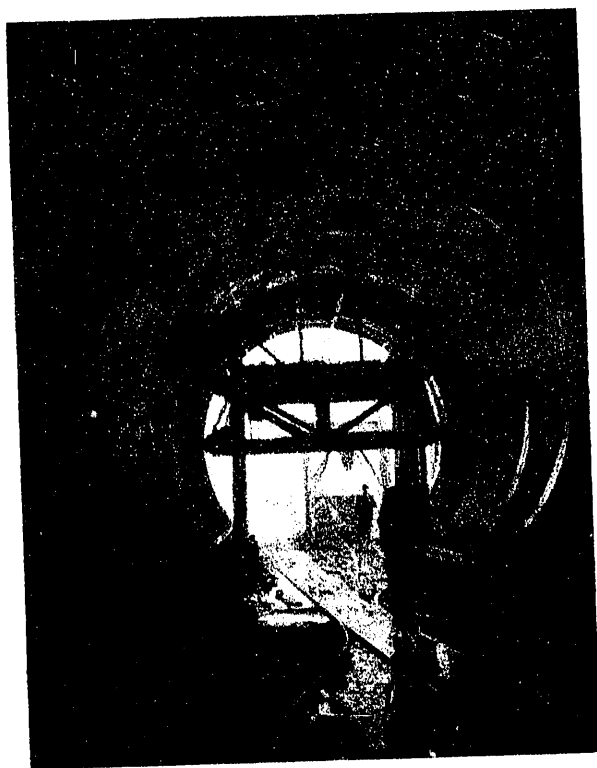
Dicho hormigonado se realizó con dos carretones-cofres forrados de chapa de 5 metros de longitud, que iban corriendo por el tramo a hormigonar. El dibujo y fotografías que se acompañan dan idea, creemos, sin nuevas descripciones, de la disposición de estos carretones y de su forma de sustentación sobre carriles a lo largo de la solera del túnel. El

hormigón llegaba bajo los citados carretones, desde el exterior, en recipientes de 100 litros sobre mesillas de vía Decauville; estos recipientes se elevaban por medio de polipastos eléctricos a dos planchadas de madera a distintas alturas, desde las cuales, y por medio de ventanas abiertas lateralmente y en la clase del forro del encofrado se vertía y apisonaba debidamente el hormigón.

El sector inferior de la sección circular comprendido entre los carriles de rodadura de los carros se hormigonó con posterioridad a la terminación del hormigón a todo general, y una vez que se retiraron los carros, haciéndose sin necesidad de cofres, por

medio de maestras de madera y alisado con rastrelos.

En el tramo inclinado el movimiento de los ca-



Aspecto del túnel, revestido.



Entrada del túnel.

ros era tan engorroso que se substituyeron por cerchas de madera, que se iban corriendo a lo largo de aquél y forros de tabla cepillada.

El resultado de este hormigonado, en lo que se refiere a conservación de la lisura de las paredes, ha sido totalmente satisfactorio después de tres años de funcionamiento del túnel. Una de las fotografías que adjuntamos da idea del aspecto de la sección interior de éste, que hoy es el mismo que a raíz de su terminación.

Sería alargarnos demasiado el describir el armado que se hizo en algunos tramos de empuje, así como las inyecciones, tanto de costura como de impermeabilización, que se realizaron una vez termina-

do el hormigonado del túnel y antes de su puesta en funcionamiento.

Embocadura.

Esta parte de la obra tiene, como se ve en los planos que acompañaban al artículo anterior, unas dimensiones que originan cubos de obra de mucha importancia: 27 000 m.³ de remoción de escombros, 42 000 de excavación en roca y 14 000 de hormigón. Simplemente por estas cifras sería ésta una obra de importancia, pero, además, la disposición en que la obra en cuestión queda, con relación al nivel del embalse, hizo que la construcción de la misma hubiera de sujetarse a dicha variación, originándose así dificultades especiales en la misma.

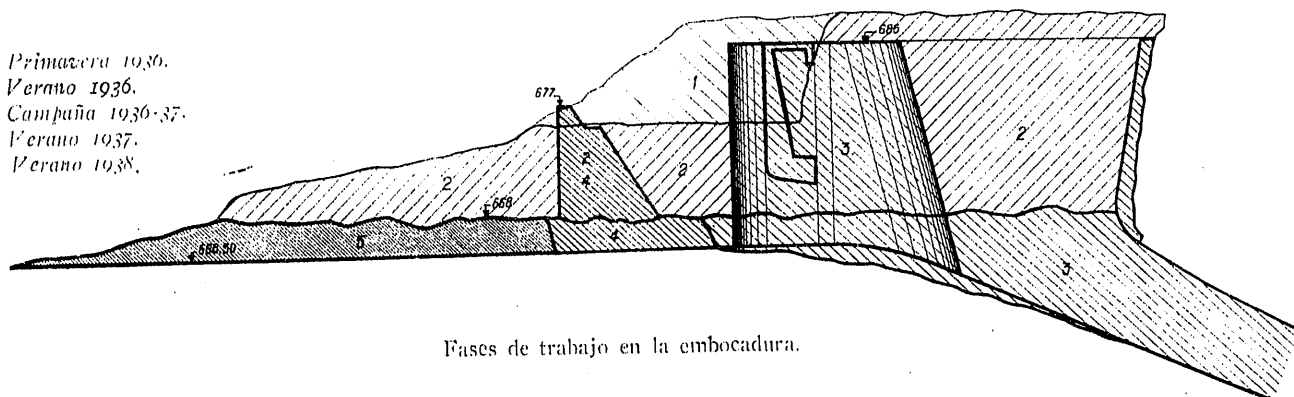
Como se ve en los mismos planos citados, la solera del canal de entrada de dicha embocadura se halla situada en la cota 665,50, y como quiera que el labio de vertido por el aliviadero estaba situado a la sazón en la cota 672 aproximadamente, solamente durante el período de tiempo en que el embalse se vacía por bajo de la primera de las cotas citadas (que, dado el régimen de explotación, era en aquella época de septiembre a diciembre), podía trabajarse libremente, por decirlo así, en la construcción de la obra de que nos ocupamos.

Además de esta dificultad existía la dimanante de tener que realizar, como antes se ha dicho, por la misma embocadura, el desescombro de la excavación del túnel propiamente dicho, que había de realizarse desde la boca de entrada.

En la primavera del año 1936, en que se empezaron las obras, se estableció, por encima del nivel probable de las aguas en aquella época, es decir, en la cota 677, una explanación que había de formar parte de la embocadura, y en la cual se realizó el emboquillamiento de la galería de avance del tramo inclinado del túnel propiamente dicho.

Al llegar en el verano el agua del embalse a la cota 668, aproximadamente, se acometió la excavación de la trinchera de acceso, prolongada a esta misma rasante hasta el frente definitivo de arranque del túnel, obra que se consiguió terminar para el mes de diciembre, en que las aguas, como ocurrió, pasaran de la citada cota. Pero era también necesario

1. Primavera 1936.
2. Verano 1936.
3. Campaña 1936-37.
4. Verano 1937.
5. Verano 1938.



Fases de trabajo en la embocadura.

el defender esta explanación de dichas aguas para que en el invierno pudiera trabajarse en el túnel y en la continuación de la excavación y el hormigonado de la embocadura propiamente dicha.

Esta protección se realizó con una ataguía de hormigón en masa de perfil de gravedad que cubrió cerca de 2 000 m.³. La altura a proteger y el ancho de la trinchera de acceso no permitían otro tipo de solución que no fuera la de una verdadera presa, y la disposición topográfica y mala constitución de los flancos de dicha trinchera no permitían tampoco la construcción de una presa bóveda con la que se hubiera ahorrado volumen, no sólo en provecho del coste sino en el de la facilidad y economía de la demolición que había de hacerse en el siguiente verano. Para facilitar éste, preferimos no escatimar las dimensiones y hacerla, en cambio, de un hormigón pobre que fuera fácilmente destruido.

Al que tenga la paciencia de leer estas notas le extrañará seguramente que esta excavación realizada en el primer verano de trabajos no se hiciera a la cota definitiva de embocadura, es decir, a la 665,50, en vez de hacerla a la 668; pero como forzosamente había de terminarse, incluso su protección, antes de la llegada de las nuevas aguas, el haberla hecho más baja obligaba, de una parte, a esperar a que éstas descendiesen a dicho nivel, y de otra, a ejecutar en esta misma campaña mucha más excavación, empezándola más tarde y comprometiendo de una manera casi catastrófica todos los trabajos para el invierno, no sólo en la embocadura propiamente dicha sino en el tramo de aguas arriba del túnel y en el calado y terminación de éste.

Desde luego los hechos aprobaron nuestra relativa prudencia, porque en 20 de diciembre ya estaba el embalse en la cota 672.

Al amparo de la mencionada ataguía se pudieron prácticamente terminar en todo el invierno siguiente y parte del verano la construcción de la embocadura y del túnel, haciéndose también durante el verano, y con arreglo a lo previsto, la demolición de la ataguía de hormigón y el rebaje de casi toda la trinchera de acceso.

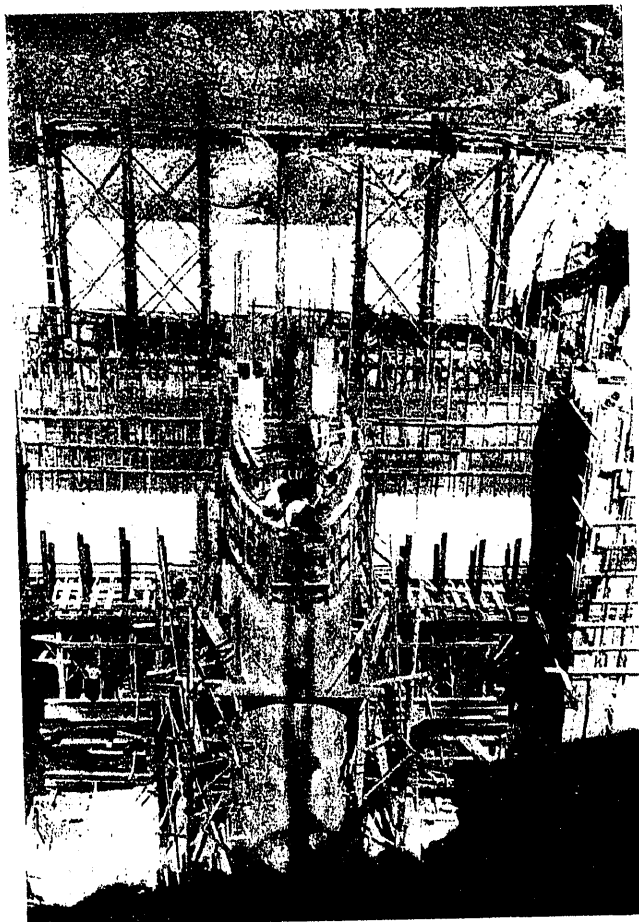
Sin embargo, tanto porque esta terminación de la embocadura justamente ocurrió a fines de la campaña, como por el retraso inevitable en el suministro y montaje de las compuertas definitivas, éstas no se habían empezado a montar y se hacía necesario el proteger durante un nuevo invierno el alojamiento de ellas, así como la obra general del túnel, lo que originó la construcción de una nueva ataguía. Ahora bien: estando, como estaba, ya construida la embocadura, pudo hacerse aquélla de una manera mucho más simple y económica, pues sobre la pila y estribos de las compuertas definitivas se voltearon unas bóvedas de ladrillo de la misma luz que las compuertas y que, con espesor muy pequeño y facilidad

de demolición, cumplieron su cometido en el invierno 1937-38.

Durante él se hizo ampliamente el montaje de las referidas compuertas y la terminación del túnel, quedando para hacer, durante el verano, solamente la citada demolición de las bóvedas de ladrillo y retocar y perfilar la trinchera de acceso aguas arriba de las compuertas.

Aparte de las dificultades reseñadas como consecuencia del juego de embalse, la obra de embocadura no tenía, dentro de lo corriente a las dimensiones de la misma, ninguna particularidad especial, no considerando como tal la complicación, pudiéramos decir geométrica, de acuerdos de superficies, abocinamientos, etc., que exigía el proyecto desde el punto de vista hidráulico, y que traían consigo entorpecimientos constructivos de encofrados, regularizaciones, etc., resueltos por los procedimientos corrientes.

El escombros procedente de la excavación se sacaba: o al embalse durante el verano, sin necesidad de elevación del mismo, el situado por encima de la cota



Construcción de la embocadura, vista desde el interior de la misma. Al fondo se ve la ataguía de hormigón.

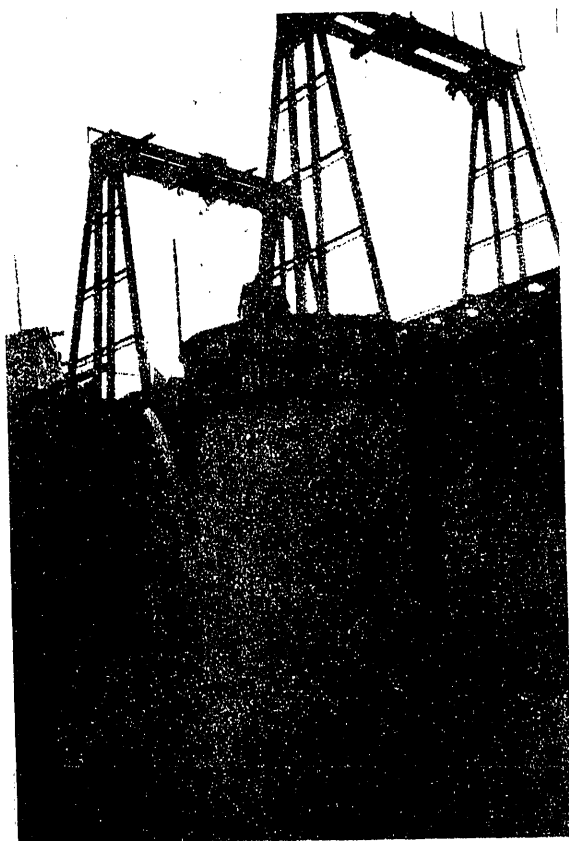
665.50, o elevándolo por medio de un derrick a cabaleros, en el costado izquierdo de dicha embocadura.

Aunque las cifras que sobre cubo de obra que arriba hemos consignado ya señalan bastante la importancia de la misma, daremos otra, quizá más llamativa, valga la palabra, y es la de que el costo de la embocadura, *excluidas las compuertas*, resultó ser el 65 por 100 del túnel propiamente dicho, a pesar de que, como dice nuestro compañero Sr. Martínez Artola en el artículo anterior, la longitud del cuenco es insuficiente para que la pérdida de carga se haga de un modo gradual y no tumultuoso.

Como en el mismo artículo se señala, después de estar un año en funcionamiento el túnel, se han construido unas pantallas de hormigón armado que defienden a las compuertas levantadas de los golpes de ola que el movimiento del agua en el cuenco origina.

Desembocadura.

La construcción de la misma, cuya descripción y fotografías se consignan en el artículo anterior, repe-



Montaje de las compuertas metálicas desde aguas arriba de la embocadura. Puede apreciarse a la izquierda una de las bóvedas ataguías.

tidamente citado, no ha presentado ninguna particularidad esencial, y dentro de las dimensiones que forzosamente había de tener, es obra de menos envergadura, habiendo sido el importe de la misma solamente un 12 por 100 del del túnel propiamente dicho.

La obra se ejecutó en una sola campaña, a comienzos del verano de 1938, habiéndose únicamente realizado como obra preparatoria de la misma, en el

	1936	1937	1938
Avance	██████████		
Ensanche		██████████	
Destroza		██████████	
Hormigonado			██████████
Embocadura	██████████	██████████	
Desembocadura		██████	██████

Calendario de la construcción del túnel del Esla.

verano anterior, el descombro a que hemos hecho referencia al hablar de la boca auxiliar de trabajo en la construcción del túnel propiamente dicho.

La única dificultad constructiva de relativa importancia en la realización de esta obra estuvo en la cimentación de una pequeña parte de la estructura en el extremo de su costado derecho, en el cual los acarreo procedentes de las socavaciones del aliviadero y el nivel de agua que se estableció como consecuencia de los mismos, obligó a hacer un pequeño recinto que, sin necesidad de procedimientos especiales, desvió, para dejar al descubierto esta parte de roca situada ligeramente por bajo del nivel del agua.

Sistema de ejecución.

Todas estas obras, con excepción del suministro y montaje de las compuertas, han sido realizadas en colaboración con la Empresa "Agromán". Las obras de excavación, por el sistema de contrata pura, y las de fábrica, por el de administración, interesada con participación en los beneficios sobre un cuadro de precios establecido, tanto de dicha Empresa como de Saltos del Duero.

Con ambos sistemas, la marcha administrativa ha resultado francamente satisfactoria.

Muy personalmente, el Director de dicha Empresa y los Ingenieros a sus órdenes han asumido no sólo las funciones privativas de la Empresa constructora que realizaba los trabajos, sino las de verdaderos colaboradores de los Ingenieros de Saltos del Duero que interveníamos en esta obra en el estudio y resolución de los problemas constructivos que la misma originaba.