

EL TÚNEL ALIVIADERO DEL SALTO DEL ESLA

POR RICARDO RUBIO, INGENIERO DE CAMINOS
DIRECTOR GENERAL DE "SALTOS DEL DUERO" S. A.

I. Origen y fundamento.

El Salto del Esla forma parte del conjunto de aprovechamientos comúnmente denominados "Saltos del Duero". Se compone, en esencia, de una presa de 90 metros de altura, que remansa un embalse de 1 200 millones de metros cúbicos; de una central, al pie de la presa, cuya potencia es de

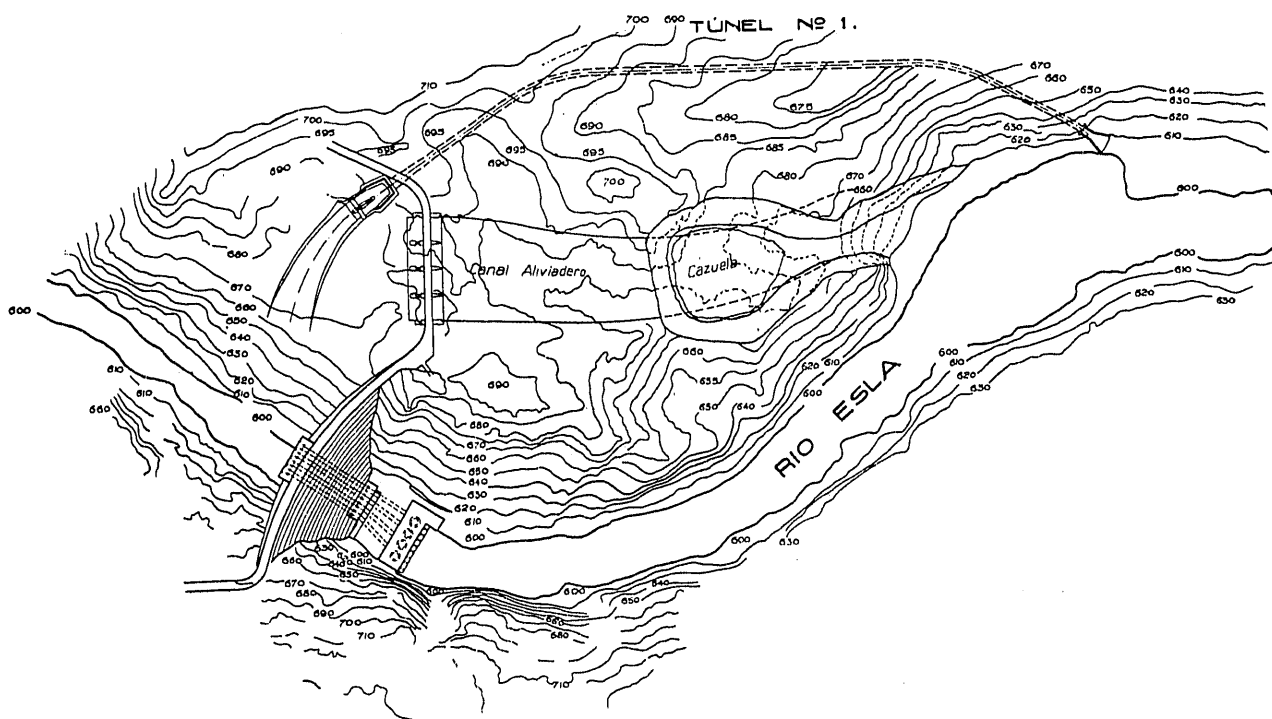
apropiado cauce hasta el río sin producir perturbaciones sensibles; supuesto deducido en mérito de operar sobre una formación granítica y de hallarse la presa y central a buena distancia — unos 800 metros — del desagüe del aliviadero.

Las obras reseñadas se proyectaron en 1928 y fueron construidas entre los años 1929 y 1933. En 1936, a consecuencia de los accidentes sufri-

SALTOS DEL DUERO S.A.

PLANO GENERAL

ESC=1:3000



150 000 kw., y de un aliviadero capaz de desaguar las máximas avenidas extraordinarias del río Esla, cifradas en 5 000 metros cúbicos por segundo.

El aliviadero consiste en un canal lateral, en cuyo primer tramo, excavado en la ladera, el movimiento del agua tiene lugar en régimen tranquilo, con velocidad inferior a la crítica. La obra se limitó en la intersección del eje del canal con el terreno, suponiendo que la acción del agua abriría

dos por el canal-aliviadero, comenzó a construirse un túnel, que también tiene por objeto la evacuación de caudales sobrantes del embalse.

Las obras del Salto del Esla proyectadas en 1928, pertenecen a una época, ahora ya superada, en que la preocupación del ingeniero de grandes obras hidráulicas era absorbida por la presa. Entonces, las catástrofes de la presa de Gleno (Italia) y San Francisco (California, Estados Unidos),

ocurridas en 1923 y 1928, respectivamente, que hasta el presente cierran la historia de presas destruidas por defectos de su ejecución, todavía estaban recientes, y aun no habían perdido actualidad la extensa literatura técnica y la legislativa que fueron originadas por aquellos reveses. En cambio, hasta hace pocos años ha ocupado el aliviadero lugar secundario en los proyectos de aprovechamientos de aguas, a causa de la preferente atención dedicada a la presa y de que no se tenía noticia de ningún aliviadero fracasado. La bibliografía técnica es prueba expresiva de la distinta consideración otorgada a unas y otras estructuras; mientras que la información sobre presas es sumamente voluminosa, los aliviaderos llenan muchas menos páginas que las que merecen la dificultad e importancia de los problemas que plantean.

Aunque la sustitución de la mampostería por el hormigón, iniciada hacia 1910, y el adelanto en la técnica de la fabricación de este material dilatan progresivamente el campo de aplicación de la presa-vertedero, en obras muy altas y con avenidas muy grandes, retrocede el ingeniero de aquella época ante el peligro, para su presa, de lanzar el agua sobre la coronación, y acude por tanto, generalmente, al aliviadero lateral. Pero aún no ha llegado la hora de los aliviaderos de gran velocidad; aun no se ha generalizado la práctica de los ensayos en modelo reducido, único medio de aprender el manejo de grandes caudales en régimen turbulento, discurriendo con velocidad de 20 a 40 metros por segundo; y el inge-

niero tiene que contentarse con poco más que dejar caer las avenidas por la ladera, a la salida del canal, desde altura casi igual a la de la presa.

La experiencia adquirida con la construcción de los cientos de presas que están en servicio sin padecimiento alguno ha inspirado al fin a los ingenieros la confianza necesaria para abordar sin preocupación excesiva la construcción de una gran presa. Los graves contratiempos sufridos por algunos aliviaderos — Narrow Dam (Estados Unidos), Salto del Escla, entre otros menos notorios — han recabado para los aliviaderos mayor atención que la que antes se les prestaba. Pero, en definitiva, ha sido la necesidad de acometer la ejecución de grandes obras en los ríos principales (necesidad impuesta por el progreso y por el agotamiento de proyectos más sencillos) lo que ha colocado en primer plano al problema de los aliviaderos. Después de 1931, para desaguar unos 11 000 metros cúbicos por segundo de las avenidas del río Colorado, salvando una presa de 200 metros de altura (Boulder Dam), con central a su pie, en un valle profundo y angosto, es cuando por vez primera se construyen grandes túneles de fuerte pendiente como solución de aliviadero, pues algún antecedente anterior es de mucha menor importancia. La misma solución se aplica luego en Francia en varios casos, mas con caudales muy inferiores al del Colorado. Hacia la misma época, se construyen y proyectan, en EE. UU. también, presas vertedero de gran altura (Norris, Grand Coulee), con central formando parte del cierre. En lugar de

buscar los mayores estrechamientos del valle, como solía hacerse para ubicar las presas de coronación seca, se trata de situar la obra en transversal suficientemente ancho para que quepa la central y la longitud de desague necesario. Finalmente, durante los mismos años, comienza a generalizarse, igualmente en América del Norte (Narrow Dam, Morris Dam), el aliviadero en canal lateral de gran pendiente, que vierte las avenidas casi al nivel del río, en vez de dejarlas caer por la ladera, como hacían los



Presa de Tresp.



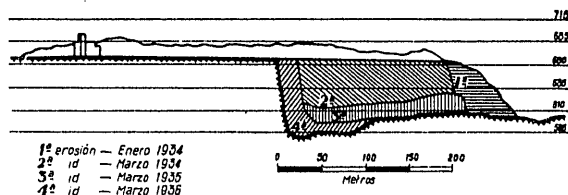
Presa de Camarasa.

análogos canales precedentes, de débil pendiente.

Este bosquejo del proceso histórico de la técnica de los aliviaderos muestra que el del Esla corresponde a una época de transición. En el canal aliviadero, proyectado en 1928, no pudieron ser utilizados los adelantos que entonces se estaban forjando en el vasto campo de construcción de presas que son los Estados Unidos. Los antecedentes inmediatos de la presa y del canal aliviadero del Esla con las obras análogas de Tremp (1914) y Camarasa (1918), cuyos aliviaderos, que hoy parecen rudimentarios y atrevidos, no obstante su buen estado, llevaban varios años en servicio, sin contratiempo alguno, cuando se proyectó el Salto del Esla; sólo contemplando Tremp y Camarasa se comprende ahora el proyecto del canal aliviadero del Salto del Esla. En cambio, los posteriores progresos de la Hidráulica han servido eficazmente para estudiar las modificaciones que para evacuar las avenidas del Esla se han hecho precisas por consecuencia de los accidentes que pasa-

mos a reseñar. Un túnel aliviadero constituye la primera de tales modificaciones.

En el verano de 1933, se cerró la presa del Esla, con lo que las subsecuentes avenidas ya hubieron de pasar por el canal aliviadero. En enero de 1934, se produjo un derrumbamiento de la ladera, a la salida del canal, en toda la altura de la misma. En marzo siguiente, tuvo lugar un derrumbamiento regresivo, en longitud de unos 170 metros, que las aguas profundizaron en la primavera de 1935. En



el año hidráulico 1935-36, las aportaciones del río Esla fueron abundantísimas, alcanzando un volumen de 12 000 millones de metros cúbicos, cifra que representa el 240 por 100 de la aportación media anual y el 150 por 100 de la máxima aportación anual en el precedente período de veinte años. Tan enorme cantidad de agua causó en el aliviadero un derrumbamiento de regresión y de profundidad, con ensanches laterales en forma de cazuela.

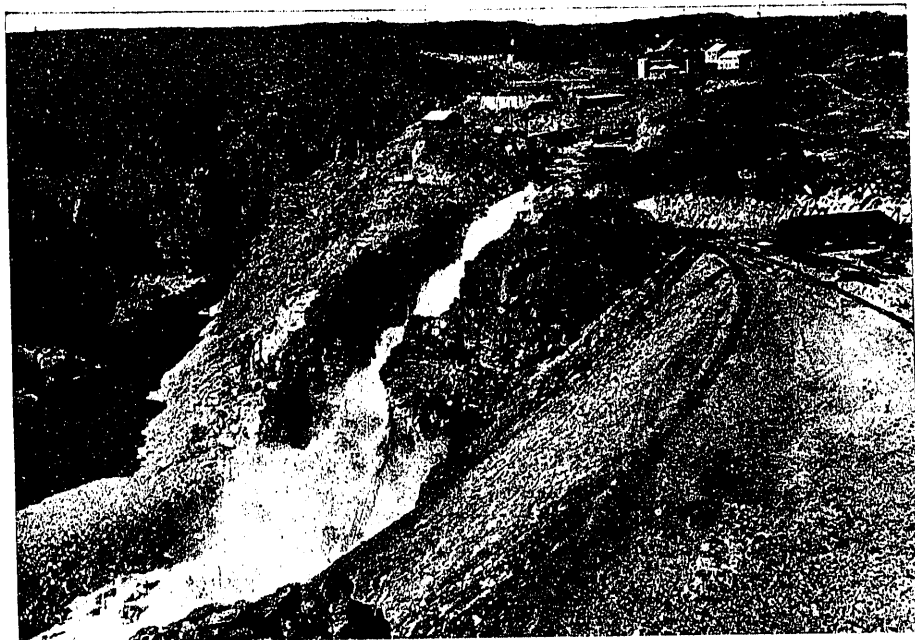
Estos derrumbamientos tienen su origen en las socavaciones de pie determinadas por la acción del agua, cayendo en grandes volúmenes desde alturas de 60 a 80 metros, y por la acción, aun más destructora, del material depositado junto al pie; pero que la regresión haya sido tan considerable se debe también a la naturaleza del terreno atravesado por el canal aliviadero. Es un granito despiezado en grandes bloques por un doble sistema de grietas que, sobre todo, las de dirección transversal al eje del canal aliviadero, alcanzan gran profundidad, con espesores hasta de algunos pocos metros. Iniciado, por socavación, un movimiento en la formación del frente de la caída, el empuje del agua alojada en las grietas lo acentúa, y, al desprenderse los primeros bloques, los contiguos siguen pronto la misma marcha, resbalando fácilmente a lo largo de las grietas, a favor de la arcilla húmeda que las rellena; así, se produce rápidamente un derrumbamiento de regresión que no termina hasta encontrar un frente de roca más resistente al ataque.

Han acaecido estos derrumbamientos estando ya en servicio la Central del Salto del Esla, por lo que hubieron de tener en cuenta tal circunstancia las medidas adoptadas para contrarrestarlos, las cuales se han contraído, principalmente, a reforzar con hormigón el frente resultante de cada derrumbamiento. La necesidad de mantener el embalse a altura suficiente para producir energía en la central, y la magnitud y continuidad de las aguas altas del río Esla, eran causa de que el período en que no vertía el aliviadero quedara limitado, por término medio, a cinco meses, contados desde 15 junio hasta 15 noviembre.

Los agotamientos y otros preparativos reducían sensiblemente el tiempo disponible para obras propiamente tales, y las difíciles condiciones de las excavaciones necesarias para descubrir el pie del frente de caída determinaban, finalmente, que los hormigones de consolidación no alcanzaran, en cada campaña, volumen suficiente para resistir el embate de las subsecuentes avenidas.



Aliviadero. — Desagando.



Aliviadero. — Desagando.

Se efectuaron obras de consolidación en los años 1914 y 1935. Aunque en el invierno que siguió a las primeras hubo derrumbamientos, éstos no tuvieron forma regresiva, pero el retroceso experimentado por el frente de la caída, a consecuencia de las inmensas aportaciones del Esla en el invierno 1935-1936, puso de relieve que sería aventurado el propósito de consolidar el canal aliviadero mientras no se lograra dilatar la campaña de obras, reduciendo el período de vertido por dicho canal.

La única manera de restringir las aguas que pasan por el canal aliviadero consiste en disponer otro medio de evacuación de los caudales sobrantes. Un túnel en presión es, sin duda, en las circunstancias del Salto del Esla, la solución más económica y de más rápida ejecución.

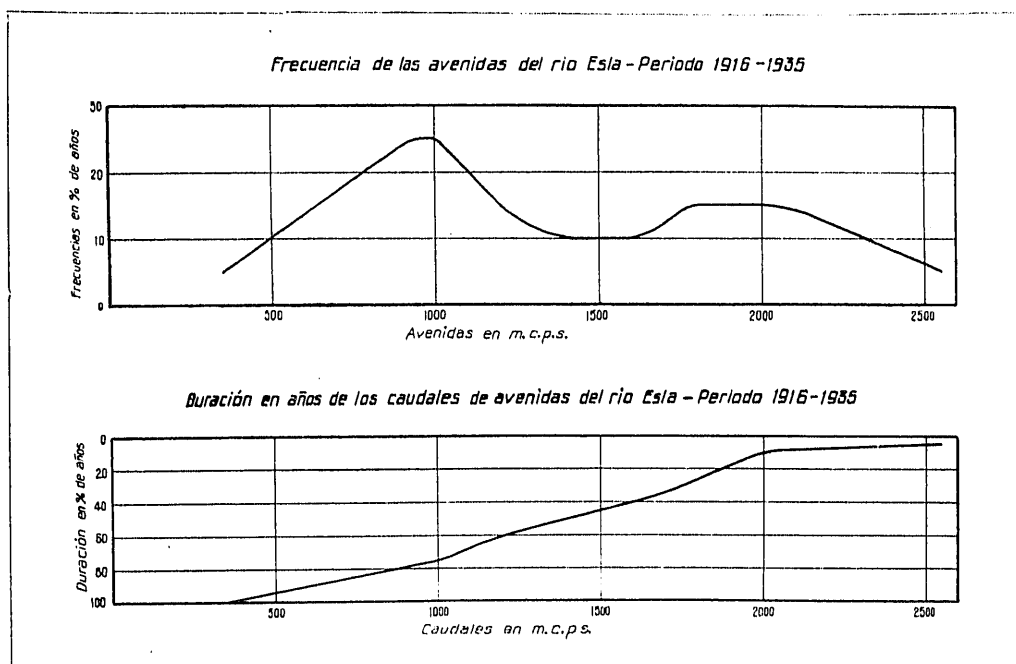
El obligado diseño de proseguir las obras de consolidación del canal aliviadero hacía esencial la pronta construcción del túnel, y por ello se proyectó su traza y su sección transversal con la intención de ponerlo

en servicio al cabo de una campaña de trabajo, a tiempo de recibir las avenidas primaverales de 1937. Se desarrolló el túnel por la margen izquierda, la misma margen del canal aliviadero, a pesar de que el terreno de la margen opuesta es notoriamente de mejor calidad, porque así resulta menor longitud del trazado. Y se limitó la sección a seis metros de diámetro, porque el calado de

de las avenidas por el túnel, hubiera sido menester asignarle una capacidad de unos 1 400 metros cúbicos por segundo.

* * *

El túnel aliviadero del Salto del Esla ha sido proyectado por la Sección de Proyectos y Obras de



un túnel de mayor sección presenta dificultades, que conducen a más amplios plazos de ejecución.

El desagüe del túnel es de unos 725 metros cúbicos por segundo. Las curvas de frecuencia y de duración de las avenidas del Esla muestran claramente que hubiera sido preferible aumentar la capacidad del túnel, forzando su sección. Las avenidas más frecuentes son del orden de unos 1 000 metros cúbicos por segundo, pero avenidas superiores a esta cifra se presentan en el 75 por 100 de los años, del período 1916-1935, que era el de aforos disponibles a la sazón de proyectar el túnel. Para alcanzar una probabilidad de sólo 50 por 100, con referencia al expresado período, de evacuación

“Saltos del Duero”, S. A., cuyo Jefe es el Ingeniero de Caminos D. Pedro Martínez Artola, con la colaboración del Profesor Rehbock y del Laboratorio de Hidráulica de Karlsruhe. La dirección inmediata de las obras estuvo confiada al Jefe de Obras de dicha Sección, el Ingeniero de Caminos D. Manuel Echanove. El túnel ha sido ejecutado por la empresa constructora “Agromán”; su Director, D. José María Aguirre, y sus Ingenieros en obra, D. Luis Aldaz y D. Carlos Mendoza Jimeno, Ingenieros de Caminos, en estrecha colaboración con el personal técnico de “Saltos del Duero”, S. A., han contribuido eficazmente al feliz éxito conseguido.