

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

Presa y canal del Gállego. ⁽¹⁾

(CONCLUSIÓN)

Desagüe de fondo.—No requerirá el embalse que determine la presa del Gállego toma ni desagüe alguno, puesto que ni hay que explotarlo como tal, ni tampoco existe gran interés en reducir la acumulación de depósitos; pero conviene prever el caso, muy improbable ciertamente, pero no imposible, de que exijan el desagüe reparaciones que la presa necesite. No estará de más, de todos modos, que cada tres ó cuatro años, ó anualmente si se considerase necesario, se reconozca el paramento de aguas arriba, en especial su intersección con el fondo y laderas, para proceder á la refección de cualquier enlucido que se hubiese desprendido, ó á las reparaciones que en las demás partes sumergidas fuesen necesarias.

Esto mismo facilitará la conservación y reparación del vertedero y de la parte de la toma del canal que se halla por delante de las compuertas.

Para llenar todos estos fines, se establece al través de la presa, cerca de la margen izquierda, una galería de desagüe, de sección circular, cerrada por dos compuertas que, por medio de varillas de maniobra de bronce, muy robustas y convenientemente guiadas, serán movidas desde lo alto de la coronación, mediante aparatos de maniobra. Las compuertas serán del modelo ordinario, de fundición, con refuerzos, guarnecidos los bordes deslizantes con bronce, lo mismo que los del marco fijo, que será también de hierro fundido.

La sección transversal de la galería tendrá 3,14 metros cuadrados de superficie, y la de cada una de las dos compuertas será de 2,00 metros cuadrados. Con estas dimensiones, la galería podrá dar paso al caudal que indica la siguiente fórmula:

$$Q = 12,4 \sqrt{H - 1},$$

en que H representa la altura de la escala, que deberá instalarse en la presa con el cero al nivel del umbral del marco de compuertas.

Esta fórmula demuestra que la galería será utilizable durante la construcción, para dar paso á los caudales de estiaje cuando la presa alcance 1,46 metros de altura, contada en la escala.

Cálculo del perfil de la presa.—La presa se edificará con mam-

postería ciclópea, salvo en los paramentos, en que se empleará hormigón; pero como éste tendrá un espesor pequeño, comparado con el total del macizo, prescindiremos de la ligera alteración que en la densidad media pueda representar, compensada, en parte, con el espesor de la coronación superior al teórico.

Admitimos que las areniscas que se han de emplear tienen una densidad igual á 2,28, por término medio, que la del mortero será de 1,56 y, finalmente, que en el metro cúbico de mampostería sólo entre un 33 por 100 de mortero, en vez del 35 por 100 supuesto en la fábrica análoga de la presa de Mediano, pues es de esperar fundadamente que los huecos en la mampostería formada con piedra arenisca, por la mayor regularidad que ofrecerán los mampuestos, han de ser menores que los que resultan con la piedra caliza del eoceno lacustre.

En cuanto precede va implícitamente aceptado que la densidad del agua del embalse será igual á la unidad, lo que estimamos indudable que ha de ocurrir al principio. Y si con el transcurso del tiempo se van produciendo depósitos cerca de la presa, ello sería con tan extrema lentitud, que tendrían tiempo más que suficiente para ir apelmazándose, sin dar, por tanto, lugar á empujes serios.

La experiencia viene demostrando en cuantas presas se han cegado por efecto de los aterramientos, algunas veces relativamente rápidos y de naturalezafangosa, que son sin duda los más temibles, que su empuje no representa para este género de construcción; un peligro mayor que el que nace de la presión del agua. Creemos, por esto, que no hay necesidad de tratar esta cuestión.

Remanso producido por la presa.—La presa producirá en el Gállego un remanso que se extenderá aguas arriba en una longitud de 9.80 metros. No existen en la superficie que han de cubrir las aguas, fuera del puente de Ardisa, edificios, ni aun extensos terrenos laborables. El cauce del río, aunque ancho, se halla bastante encajonado, y el remanso, por no extenderse apenas por encima de sus márgenes, no causará perjuicios de importancia.

Recrecimiento del puente de Ardisa.—El puente con que cruza el río Gállego la carretera de Ayerbe á Egea de los Caballeros, será cubierto por el remanso de la presa, en una altura de 7,85 metros sobre la rasante del firme. Para restablecer la circulación se proyecta recrecerlo con una estructura de hormigón armado que descansará sobre él, seguida en ambas márgenes de una empalizada, también de hormigón armado, que evite la construcción de otro modo necesaria, de terraplenes, que no consideramos aceptables dada la gran altura que habrían de tener y dado

(1) Véase el número 1.967.

también que habrían de quedar en contacto constante con las aguas, á menos que no se tomaran precauciones especiales que encarecerían su coste por encima del que representan las empalizadas.

El nuevo puente tendrá 245,45 metros de longitud, incluida la de las empalizadas, hallándose la rasante 2,15 metros más alta que el nivel máximo á que las aguas pueden llegar en el embalse, y 10 metros sobre la del puente actual. Con esta obra mejorará notablemente el trazado de la carretera citada, en las proximidades del puente.

Materiales elegidos para la fábrica de la presa.—Por razones de economía se ha preferido á la fábrica de hormigón la de mampostería ciclópea ordinaria con piedra arenisca, pues si bien es cierto que la densidad de aquélla, ligeramente mayor, conduciría á una reducción en el volumen del macizo de poco más del 3 por 100, la diferencia que existe en el precio de ambas habría de ser bastante más considerable, por lo cual, aun admitiendo que no se proyectara pantalla de hormigón armado, el presupuesto sería más elevado que el que presentamos.

Podría creerse que la arenisca no es un material del todo adecuado para la construcción de la presa, porque no es raro ver edificaciones en que se ha empleado donde aparecen algunas partes completamente degradadas. Pero es lo cierto que no faltan otras muchas construcciones, algunas muy importantes, con más de ocho siglos de existencia, en que aparece en muy buen estado aquella piedra, y en el cauce mismo del Gállego, según ya se indicó, se ven bloques antiquísimos que durante muchos años, siglos acaso, se han hallado sujetos á verse inundados por las aguas, á pesar de lo cual conservan muchos sus aristas intactas y la masa entera se ve libre de descomposición.

Es cierto, sin embargo, que la arenisca de esta provincia de Huesca resiste generalmente mal á la acción combinada de la humedad y los hielos; para prevenir este inconveniente hemos proyectado construir ambos paramentos de la presa de hormigón con mortero rico en cemento, lo que le dará gran impermeabilidad, que hará aún más perfecta en el paramento sumergido un enlucido de cemento portland artificial, armado con tela metálica muy ligera, en el que las grietas serán imposibles. Con estas precauciones no será de temer que la humedad, los hielos, ni los demás agentes atmosféricos puedan degradar la arenisca, quedando la presa en excelentes condiciones de resistencia.

La coronación del vertedero, del pretil, del revestimiento de la galería, etc., se harán también de hormigón.

En cuanto á la arena preciso será, como en la presa de Mediano, y en cuantas grandes obras se construyan, recurrir á la artificial, hecha con canto rodado, muy cara seguramente, pero buena é insustituible, porque ni en el Gállego, ni en los barrancos y arroyadas de la comarca, existe arena natural aprovechable, al menos en cantidad de alguna importancia.

Trazado del canal.—Del trazado del canal se han dado anteriormente las explicaciones necesarias, que justifican sus características principales.

Principia en la toma de aguas establecida aguas arriba, y á corta distancia, del estribo izquierdo de la presa; sigue luego paralelamente y bastante cerca del río, salvando con acueductos las depresiones de Val de Espartera y barranco del Lobo, alejándose del Gállego á unos tres y medio kilómetros del origen, para cruzar el collado que separa sus márgenes de la cuenca del Astón con un túnel de 865,50 metros de longitud, pasado el cual se desarrolla el trazado sin dificultad hasta el final, en la cola del embalse de la Sotonera.

Secciones y pendientes del canal.—Las secciones se han calculado para el gasto de 50 metros cúbicos, dotación máxima del

canal, en vista de las pendientes adoptadas que son, en general, de 0,0001 y 0,0005, de 0,0005 en el túnel, y de 0,001 en las dos obras de fábrica citadas.

Lo mismo que en el de todos los demás canales y acequias, se ha partido para el cálculo de la fórmula moderna de Bazin que, por estar basada en mayor número de experimentos que ninguna otra, es la que ofrece más garantías. La hoja de los planos en que figuran las secciones contiene todos los datos y resultados del cálculo; por ella se verá que las velocidades medias no pasan de 2,19 metros y de 2,45 metros, que nos hemos fijado como máximas, y que estimamos adecuadas á las clases de materiales á que se aplican.

Toma de aguas del canal.—Está constituida la toma por un ensanchamiento del canal, en que se disponen ocho vanos de entrada formados por los dos estribos, siete pilas con tajamares apuntados y dinteles en arco, cerrados con compuertas de hierro que se maniobran desde una cámara superior de mecanismos, constituida por un pequeño edificio, cubierto y cerrado, á fin de preservar aquéllos y de ponerlos fuera del alcance del público. Las pilas y estribos llevan en el lado de aguas arriba ranuras dobles y sencillas en el opuesto, destinadas á formar cierres de viguetas que permitan incomunicar los vanos en el caso en que lo exijan averías ó reparaciones de las compuertas ó de sus marcos.

La parte inferior ó departamento de vanos está unida con la superior ó cámara de maniobra, por ocho pozos en cuyas paredes posteriores se empotran los carriles guías sobre que han de apoyarse las ruedas de las compuertas.

Paralelo al frente de las tomas corre un muro que, con ellas y la excavación que debe practicarse en el terreno, constituirá un canalizo de limpia que desaguará en una galería practicada á través de la presa en su parte superior; de este modo, cuando se abra la compuerta que cierra la galería se establecerá una corriente que evitará los depósitos frente á la toma. Hemos adoptado esta disposición, según ya se ha indicado, para tener la seguridad de que en ningún tiempo podrán producirse entorpecimientos en la entrada de aguas en el canal, lo que es esencialísimo para el buen régimen de los riegos; pero no estamos lejos de creer que semejante contingencia es tan remota que acaso, siu inconveniente, podría suprimirse el canalizo de limpia indicado.

Las compuertas de la toma serán de palastro, y de modelo y condiciones análogas á las ya descritas para el túnel de fondo del pantano de Mediano. La maniobra se hará á brazo, mediante husillos instalados en la cámara. También se instalará en ésta un carretón ó puente-grúa, movable sobre carriles, con dirección normal á la del eje del canal, dispuesto para levantar las compuertas cuando su reparación ú otra causa lo hagan necesario.

Obras accesorias.—Completarán las obras de la presa y canal una casilla doble para dos guardas, situada junto á la toma; dos escalas en la presa que den la altura del agua en el aliviadero la una, y la del embalse, referido á la solera de la galería, la otra; caminos de servicio; escala y registrador automático de altura en el origen del canal, y, finalmente, la instalación telefónica con dos circuitos para comunicación directa con el pantano de la Sotonera y con la estación central de Huesca.

Indicaciones sobre la ejecución de las obras. Plazo de ejecución.—Nada de particular puede ofrecer la construcción del canal del Gállego, y, por tanto, será ocioso hacer indicación alguna sobre la marcha que convendrá imprimir á los trabajos correspondientes, que, por su magnitud, habrán de ser de corta duración y podrán hallarse terminados antes de los de la presa de derivación.

En cuanto á ésta, presenta como características principales

las siguientes: volumen de fábrica á construir considerable (83,432 metros cúbicos); cauce amplio, con pendiente moderada; seguridad de encontrar á las profundidades previstas terreno adecuado para la cimentación, y dificultad de disponer de una cantera única de arenisca que proporcione todo el material necesario para las mamposterías.

La presa debe ser ante todo, enlazada con el apartadero proyectado en el ferrocarril de Zuera á Olorón, que se halla á unos 7 kilómetros; hecho esto, hay que proceder á las instalaciones necesarias, estableciendo los motores, eléctricos ó de vapor, que han de mover las bombas para agotamientos, los cables transportadores y planos inclinados, las trituradoras para producción de arena, amasadoras de mortero, hormigoneras y demás máquinas que la ejecución de la obra requerirá.

Esta ha de empezarse en verano por la construcción de ataguías, de sacos y gravas probablemente, que desvíen la corriente y segreguen de ella una sección, en la que habrán de practicarse la excavación de las gravas de cimienta y la cimentación de la fábrica, todo ello á favor de los agotamientos necesarios, que por el largo plazo que habrán de comprender, habrán de ser muy importantes.

De esta suerte, procediendo por secciones, podrá irse construyendo la parte inferior de la presa, desviando la corriente por boquetes suficientemente largos, que, á modo de vertederos, se irán dejando en ella.

A medida que el muro se levante se podrá llevar más alta la parte de aguas arriba del macizo, á fin de poder prescindir más pronto de las ataguías, expuestas á ser arrastradas á cada avenida importante. Una vez hecho esto, el constructor deberá escoger, para realizar la obra, el medio de dar paso á las riadas, sin correr el riesgo de que con la cascada se produzcan degradaciones importantes en el terreno de aguas abajo. Fuera de esta condición deberá concedérsele entera libertad para hacer la desviación de la corriente, siempre que el macizo se ejecute debidamente y queden muy enlazadas unas partes con otras. El desagüe que proporcione la galería, por su poca sección, sólo podrá utilizarse como un medio auxiliar que permita dar paso á caudales reducidos, cada vez mayores, sin embargo, con la altura que la presa vaya alcanzando.

En cuanto al plazo que podría asignarse á la ejecución de esta obra, depende, como es natural, de factor tan incierto como es el caudal de avenidas que el río Gállego tenga en los meses de estiaje, sobre todo, mientras haya de trabajarse al abrigo de las ataguías. Por eso, contando con que la cimentación ha de exigir dos veranos, y aun posiblemente tres, y suponiendo que las circunstancias del río no sean demasiado desfavorables, el plazo de ejecución con que se cuente no debe ser inferior á seis años, á fin de ponerse al abrigo de toda contingencia, y suponiendo para ello que en la obra se dispondrá de todo el personal y elementos necesarios.

Régimen á que deberá someterse la derivación del Gállego.—De ordinario, mientras el embalse de la Sotonera no alcance el nivel máximo, las compuertas de toma del canal deberán hallarse abiertas por completo. Sólo cuando se tenga el propósito de vaciar aquel pantano y pueda preverse que serán suficientes las existencias disponibles, podrán cerrarse dichas compuertas hasta empezar la nueva campaña que precede á la refeción del embalse. Es necesario notar que, por punto general, serán preferidas las aguas del Gállego á las del Cinca y Guatizalema para la alimentación del pantano de la Sotonera, porque requiriendo su utilización un recorrido mucho menos considerable, representan menos desgastes y desperfectos en las obras y, por tanto, una mayor economía.

Según ya se ha indicado, no se espera que pueda ser preciso abrir anualmente el desagüe de fondo de la presa del Gállego; pero cuando haya necesidad de hacerlo, habrá de esperarse á los meses de verano cuando el río tenga caudales que no excedan del consumo que en dicha época requieran los aprovechamientos establecidos.

Es cuestión que la experiencia, mejor que previsión alguna, podrá resolver con acierto fácilmente, pues habrá tiempo para adquirirla durante la primera etapa del establecimiento de los riegos, en que habrán de ser muy limitadas las necesidades del regadío en cuanto á aguas y abundantes relativamente los recursos para proporcionarlas.

JOSÉ NICOLAU.

FÉLIX DE LOS RÍOS.

PRINCIPIOS DE LA MODERNA PEDAGOGÍA MATEMÁTICA ⁽¹⁾

POR

D. LUIS GAZTELU

Ingeniero de caminos, canales y puertos, profesor de la Escuela especial del Cuerpo.

(Continuación.)

Enseñanza en las Academias preparatorias.

Me consta que en esta clase de enseñanza hay y ha habido siempre profesores excelentes, que reúnen todas las cualidades que se requieren para tan delicada profesión, y que, además, se trabaja mucho. Pero hay muchos obstáculos que impiden que el aprovechamiento sea tan grande como se podría esperar, dados estos antecedentes.

El objeto inmediato de esta enseñanza no es la instrucción del alumno, sino conseguir un buen resultado en los exámenes, y ya, en el capítulo primero, se han explicado suficientemente los inconvenientes que de ello resultan.

Además, luchan los profesores con la necesidad imprescindible de desarrollar completamente programas cuya extensión ha sido siempre exagerada, lo cual impide que el estudio se pueda hacer lentamente y en la forma que se ha recomendado en el citado capítulo.

Y en este punto, es preciso confesar que nuestra Escuela ha ejercido una influencia muy perjudicial, cuyos resultados no se limitaron á la propia Escuela, sino que el mal ejemplo fué imitado á porfía por todas las demás.

De ello dan testimonio todos los programas de ingreso que rigieron desde 1877 hasta la creación de la Escuela general preparatoria de Ingenieros y Arquitectos, en 1886. Esta Escuela siguió la misma marcha, y sus programas de ingreso eran tan extensos, que la mayor parte de los alumnos invertían, por lo menos, tres ó cuatro años en el estudio de las Matemáticas elementales con el Algebra y la Geometría analítica. Se dió frecuentemente el caso de aspirantes que demostraban conocimientos no muy comunes en Homografía é Involución, y luego resultaba que ignoraban las áreas y los volúmenes; y yo recuerdo el de un aspirante que contestó satisfactoriamente á varias preguntas sobre las formas algebraicas, y no supo desarrollar la cuarta potencia de un trinomio, lo cual parece contradictorio. No insistiré sobre este punto, que he tratado recientemente en otra parte (2).

Cuando se suprimió la Escuela general preparatoria, en 1892,

(1) Véase el número 1.965.

(2) Véase *L'enseignement des Mathématiques en Espagne*, páginas 80 y siguientes.