

PRESA DE EMBALSE DEL VILLAR.

Para poder asegurar completamente el surtido de aguas potables de Madrid que realiza el Canal de Lozoya, y alimentar al mismo tiempo las acequias construidas ya en una parte para el riego de sus alrededores, era preciso proceder á la formacion de un gran embalse que permitiese suplir la escasez de aguas del rio Lozoya en la época de sequía.

La presa denominada del Ponton de la Oliva, que se construyó al mismo tiempo que el canal, y que está situada en su primitivo origen, es una presa más de elevacion que de embalse; es decir, que tiene por principal objeto elevar el agua del rio á la altura de la toma del canal, que es un punto obligado por las circunstancias del trazado de la línea. La altura de esta presa, cuya coronacion se elevó más que la boca de toma, es de 28 metros y remansa el agua del rio Lozoya en una extension de cinco kilómetros.

Posteriormente se prolongó el canal aguas arriba hasta la terminacion del remanso, y allí se construyó una presa de cinco metros de altura, llamada de Navarejos, que permite introducir directamente en el canal el agua del rio y prescindir del embalse, que está agua abajo, siempre que convenga vaciarlo.

Pero la cantidad de agua utilizable del embalse del Ponton de la Oliva es insuficiente, atendiendo á todos los servicios que ha de prestar el canal, y sólo ha permitido hasta hoy dia atender al consumo de Madrid, que va en aumento cada año.

Era, pues, indispensable y urgente la creacion de un nuevo embalse, que tenía que ser de gran capacidad.

Para realizar el nuevo embalse se pensó desde luégo en la construccion de una sola presa de gran altura, desechando la idea de sustituirla por varias otras de menor elevacion, pues el conjunto de éstas hubiera dado lugar á un coste mucho más crecido, aparte de la dificultad de encontrar en el curso superior del rio distintos emplazamientos convenientes.

Es fácil convencerse de esto, teniendo en

cuenta que en un mismo embalse las cabidas de agua, desde el fondo hasta varios niveles, pueden considerarse como sensiblemente proporcionales á los cubos de las alturas, pues formarán volúmenes tanto más semejantes, cuanto más uniformidad haya en la inclinacion de las laderas; y si bien es cierto que al disminuir la elevacion de una presa puede aminorarse su espesor en la base y en una gran parte de su altura, el volúmen total de su fábrica no mengua con la misma rapidez que la cabida del embalse, ni ménos sus paramentos, los revestimientos de sillería, su cimentacion y los trabajos accesorios.

El sitio que se ha escogido para el emplazamiento de la nueva presa es, sin disputa ninguna, el mejor que presenta el rio. Se halla situado á unos 22 kilómetros agua arriba de la presa de Navarejos, siguiendo todas las sinuosidades de la corriente, y á 50 metros por bajo de un antiguo puente denominado del Villar.

Corre el rio en este sitio por una estrecha y profunda garganta, cuyas laderas y fondo están formados con una roca gnéisica de una dureza excesiva, que ofrece todas las garantías de seguridad é impermeabilidad que es permitido esperar para una obra de esta naturaleza.

La distancia de 22 kilómetros que, segun se ha dicho, média entre el emplazamiento elegido y la presa de Navarejos, no ofrece inconveniente ninguno para el buen aprovechamiento del agua, si se atiende á que entre ambos puntos no hace falta construir ninguna obra de canalizacion. Al salir del embalse el agua correrá por el mismo lecho del rio, como lo ha verificado hasta hoy, sin que pueda temerse alteracion ninguna en su calidad ni gran disminucion por pérdidas. El caudal de agua que ha de suministrar constantemente la nueva presa es muy superior al que lleva el rio en la época de sequía. Por otra parte, el alveo hasta la toma de Navarejos está formado por terrenos gnéisicos, micáceos, graníticos y pizarrosos, todos ellos poco sujetos á filtraciones, segun han demostrado los aforos practicados entre puntos muy distantes entre sí, los que manifiestan que no existen pérdidas sensibles. Sin embargo de esto, se ha tenido en cuenta la posibilidad de que haya alguna merma,

á la que, como veremos más adelante, se asigna un cierto volúmen.

Para poder fijar con alguna precision la altura de la nueva presa, ha habido que determinar, en primer lugar, la cabida de la cuenca del rio que ha de contener el remanso, y calcular luego la cantidad de agua necesaria para todos los servicios, teniendo en cuenta la disminucion que puede experimentar por varios conceptos.

El volúmen de agua que hay que embalsar se determina atendiendo á las cuatro cantidades siguientes.

1.º Volúmen máximo de agua que exigen diariamente todos los servicios que ha de prestar el canal.

2.º Pérdidas de toda especie en las obras de reunion y conduccion de las aguas.

3.º Duracion de la sequía, es decir, de la época en que el rio no trae agua bastante para cubrir por sí solo todas las atenciones.

4.º Caudal del rio durante la sequía.

Examinarémolos cada una de estas cantidades.

1.º No es necesario analizar el consumo de los diferentes servicios que ha de prestar el canal; es evidente que cualesquiera que éstos se supusieran no podia pensarse en conducir más agua que la que aquel conducto pueda traer. Las dimensiones de la seccion de agua viva del canal son 2,21 metros de ancho y 1^m,80 de alto, con una pendiente de 0^m,002 por metro. Con estas condiciones, la fórmula de Bazin

$$R I = 0,00024 \left(1 + \frac{0,25}{R} \right) v^2$$

determina un gasto de 2,57 metros cúbicos, que corresponden á 68.428 reales fontaneros, ó sea un consumo diario de 222.000 metros cúbicos.

Hoy por hoy, el consumo de la poblacion no llega á la quinta parte de esta cifra, pudiendo destinar las cuatro quintas restantes al riego de sus alrededores.

2.º Las pérdidas de aguas son las siguientes: Evaporacion en el embalse. Evaporacion en el lecho del rio entre la nueva presa y la toma del canal. Filtraciones del embalse. Filtraciones en el lecho del rio entre los dos puntos citados. Pérdidas de toda especie en el canal.

Tratemos de precisar cada una de ellas.

Si la superficie del agua en el embalse fuese constante ó no sufriese más que pequeñas variaciones, las pérdidas por evaporacion se calcularian multiplicando esta superficie invariable por la altura de agua que en cada 24 horas se evapora en los meses de estío y por el número de dias que dura la sequía, número que más adelante veremos puede fijarse en 90 dias. Pero en el caso actual, el área de la cara de aguas, lejos de permanecer constante, varía en la relacion de 1 á 40, y es preciso, para dar alguna exactitud á esta investigacion, expresar la ley matemática de la variacion de la superficie de la cara de aguas á medida que el embalse se vacia, asemejando el vaso á la figura geométrica á que más se aproxima, y deducir de esta ley la verdadera expresion del volúmen evaporado en los 90 dias.

Lo más sencillo sin duda alguna, y lo más aproximado á la verdad, es suponer que la superficie del alveo del rio, bañada por el agua del embalse, es una superficie tronco-cónica, determinada por la interseccion con el terreno del plano horizontal superior del nivel del embalse, y por el plano que pasa por el fondo de la toma de aguas. Si además se supone que la salida del agua es uniforme, de manera que el embalse se vacia durante la sequía, arrojando un volúmen constante de agua en cada unidad de tiempo, y que la evaporacion se verifica tambien bajo la misma ley de uniformidad, nada más fácil que hallar la expresion matemática del agua evaporada durante un tiempo cualquiera.

Sea, en efecto, A el área de la cara superior de aguas del embalse;

V el volúmen total del cono que limita la superficie A;

Q el caudal de agua que sale del embalse en cada unidad de tiempo;

a el área de la cara de aguas despues del tiempo t , contado á partir del momento en que empieza á vaciarse el embalse, y

v el volúmen del cono correspondiente á la seccion anterior a .

Puesto que las áreas A y a son secciones paralelas de un mismo cono, su relacion será igual

á la de los cuadrados de las alturas correspondientes, y como la relacion de las alturas es la de las raices cúbicas de los volúmenes, se tendrá:

$$\frac{a}{A} = \sqrt[3]{\left(\frac{v}{V}\right)^2}$$

El volúmen v se deduce del volúmen V , restando de este último toda el agua que ha salido del embalse durante el tiempo t ; y como suponemos el gasto constante, la ecuacion anterior podrá escribirse así:

$$\frac{a}{A} = \sqrt[3]{\left(\frac{V - Qt}{V}\right)^2}$$

ó lo que es lo mismo:

$$a = A \left(1 - \frac{Qt}{V}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Si llamamos e la cantidad de agua evaporada en cada unidad de tiempo y por metro superficial, durante el instante dt se evaporará un volúmen dado por la expresion

$$dE = eadt = eA \left(1 - \frac{Qt}{V}\right)^{\frac{2}{3}} dt$$

y, por lo tanto, la cantidad total de agua evaporada durante el tiempo t será:

$$E = \int_0^t eA \left(1 - \frac{Qt}{V}\right)^{\frac{2}{3}} dt$$

Efectuando la integracion, se obtendrá finalmente:

$$E = \frac{3}{5} eA \frac{V}{Q} \left[1 - \left(1 - \frac{Qt}{V}\right)^{\frac{5}{3}}\right]$$

Para aplicar esta fórmula al caso actual, y tomando el dia por unidad de tiempo, hay que introducir en ella los siguientes valores:

$A = 1.454.000$ metros cuadrados.

$V = 20.731.000$ metros cúbicos.

$Q = 225.000$ id. id.

$e = 0^m,01$.

$t = 90$ dias.

Haciendo las operaciones, se obtiene:

$E = 803.800$ metros cúbicos para la evaporacion en el embalse.

Siendo de 22 kilómetros la distancia entre la nueva presa y la toma del canal, y admitiendo que el ancho de la corriente es de 20 metros, lo cual es superior á la realidad, la superficie de evaporacion en el lecho del rio es de 440.000 metros cuadrados que, á razon de $0^m,01$ por dia y por metro superficial, producirá en los 90 dias 396.000 metros cúbicos, ó sea, en números redondos, 400.000 metros cúbicos.

No hay que tener en cuenta las filtraciones del embalse; no porque supongamos que en el que se construye dejará de haber los escapes inevitables en todo remanso de gran altura, sino que ínterin las filtraciones no lleguen á la cifra de 2,57 metros cúbicos por segundo, no tienen la menor influencia en el régimen del embalse, y es como si éste no perdiese una sola gota, pues las aguas volverán al rio para ser recogidas en la toma del canal, y, en resúmen, todo se reducirá á dar ménos agua por las compuertas de la presa. Atendida la naturaleza del terreno en que estriba esta obra, no puede admitirse la hipótesis de ser considerables las filtraciones.

Tampoco pueden ser muy notables las que se verifiquen en el trecho de rio que media entre la presa del Villar y la de Navarejos. Sin embargo, les hemos asignado un volúmen de 100.000 metros cúbicos.

Por último, las pérdidas que tengan lugar en los 76 kilómetros del canal no pueden salvarse aumentando la capacidad del embalse. Desde el momento en que se introduce en el origen ó cabecera del canal toda su cabida, las pérdidas en el trayecto son una disminucion de la dotacion de Madrid, y no pueden subsanarse. Afortunadamente, la esmerada construccion del canal, y el hallarse en su casi totalidad enterrado á una gran profundidad bajo la superficie del suelo, hacen poco temibles los escapes de agua.

En resúmen, las pérdidas que hay que llevar en cuenta son:

	Metros.
Evaporacion en el embalse.	804.000
Id. en el lecho del rio.	400.000
Filtraciones en el rio.	100.000
TOTAL.	1.304.000

3.º La duracion de la sequía, es decir, de la

época en que el Lozoya no lleva el agua necesario para los servicios todos que ha de prestar en Madrid, depende naturalmente de la cantidad de lluvia y nieve que cae en el invierno y en la primavera, y de que las aguas de otoño sean más ó menos tempranas. De las observaciones que se vienen haciendo hace muchos años se deduce que puede fijarse el máximo de sequía á 90 dias.

4.º El caudal del rio durante este período es tambien muy variable y depende de las mismas causas. Los aforos practicados diariamente durante el año 1868, que fué el más seco, arrojan sólo un volumen de 2.634.000 metros cúbicos durante los 88 dias que duró la sequía; sin embargo, sólo se admite un caudal de 2.000.000.

De las cifras expuestas se deduce la capacidad que hay que dar al embalse, á saber :

	Metros cúbicos.
Dotacion máxima del canal durante 90 dias, á razon de 222.000 metros cúbicos por día.	19.998.000
Pérdidas de toda especie.	1.304.000
	21.302.000
Caudal del rio durante los 90 dias.	2.000.000
Volumen que debe embalsarse.	19.302.000

ó sea, en números redondos, 20.000.000 de metros cúbicos.

A esta cifra hay que agregar la parte utilizable del embalse del Ponton de la Oliva y lo que dan los afluentes del rio entre la presa del Villar y la de Navarejos, para tener la cantidad de agua total disponible.

Determinada ya la cantidad de agua que debe embalsarse, se puede fijar la altura que hay que dar á la presa.

Con este objeto se ha determinado la topografía ó relieve de la cuenca del rio en una extension de 12 kilómetros agua arriba de la obra proyectada por medio de curvas de nivel situadas de cinco en cinco metros, y hasta una altura superior á la que se presumia podria tener la presa. Se han hallado despues las superficies horizontales de estas curvas de nivel que definen la cuenca del embalse, y de ellas se han deducido los volúmenes comprendidos entre cada dos curvas sucesivas, considerándolas dos á dos como

bases paralelas de un cono truncado. Estos volúmenes parciales permiten hallar el volumen correspondiente á cada seccion horizontal, á partir del fondo del rio, y el simple exámen de estos volúmenes indica entre qué dos curvas debe encontrarse el nivel de la cara superior del embalse. Finalmente, la posicion precisa de este nivel se determina fácilmente por medio de una simple interpolacion, que pone de manifiesto que la altura de este nivel sobre el alveo del rio ha de ser de 45,50 metros.

La altura total de la obra resulta más considerable que esta cantidad, pues por un lado hay que levantar algo más el muro, porque, como veremos más adelante, la presa no debe verter por su coronacion el sobrante del embalse, y por otro lado la cimentacion del macizo sobre la roca viva del fondo exige un volumen de fábrica de alguna importancia.

E. Boix.

(Se continuará.)

PUERTOS DEL MAR CANTÁBRICO.

PUERTO DE SANTANDER.

(Lámina 16.)

La obra más importante de la provincia de Santander es, sin duda alguna, el puerto de su capital, donde la naturaleza ha acumulado las circunstancias más ventajosas para constituir un extenso fondeadero que para embarcaciones bien acondicionadas y bien tripuladas es en general abordable en todas las horas de marea; puede tomarse siempre por los buques de vapor; donde aún entran los de vela cuando ya están cerrados todos los puertos de aquellas playas; en el cual permanecen con la más completa seguridad las embarcaciones cuando reinan en el litoral los más furiosos temporales del cuarto cuadrante, que son los más temibles en las costas septentrionales de España; y donde, por último, bien poco ha hecho la mano del hombre para completar las admirables condiciones de la bahía, ejecutando en ella las obras que son necesarias para crear un gran puerto, como debe serlo el de las provincias de Castilla.

Pero si en el puerto poco se ha hecho para