

necesita, por consiguiente, con el primer sistema una atención constante y fatigosa por parte de aquéllos, pues de lo contrario se exponen á sorpresas desgraciadas.

Por todas estas razones es preferible en principio el segundo sistema, pero tiene también en la práctica graves inconvenientes. Es mucho más caro, porque es más larga la transmisión del disco á la palanca de manobra; exige mayor vigilancia en la conservación; hace más difícil la manobra, y los discos á menudo no funcionan, porque se rompe la transmisión á causa de su gran longitud, etc., etc. En nuestro país apenas se conocen las espesas nieblas de Inglaterra y del Norte de Francia, nieblas que son causa de que allí la distancia del disco al poste limite sea la reglamentaria de protección; nuestros trenes tampoco llevan las vertiginosas velocidades de los rápidos ingleses y franceses, y consideramos por lo mismo que en nuestro país debe adoptarse el sistema mixto de las Compañías del Este, Orleans y Oeste francés.

*(Se continuará.)*

E. MARISTANY Y GIBERT.

---

## ESTUDIO SOBRE APROVECHAMIENTO DE AGUAS EN EL VALLE DEL EBRO

(Continuación.)

### RIEGOS

#### V.

El volumen de agua que los riegos exigen, varia con la clase del cultivo, del suelo y subsuelo, el clima, la exposición, los vientos reinantes, etcétera; no es, pues, de extrañar las apreciaciones tan variadas que se observan, ni tampoco es raro ni difícil incurrir en notables equivocaciones al hacer esta asignación, cuando para el acierto precisa analizar causas tan difíciles de apreciar, y que exigen largas y costosas experiencias.

El más seguro medio se encuentra con frecuencia en la asimilación, para lo cual no escasean, por fortuna, los ejemplos de riegos establecidos, y cuyo resultado es conocido. La dificultad se limita así á elegir con acierto aquel cuyas condiciones sean más parecidas, adoptando su dotación ó cambiándola en relación con las diferencias bien marcadas que entre ambos casos existen.

De todos modos, el volumen de agua más conveniente al riego es aquel que basta para saturar de humedad la capa vegetal activa, cuyo espesor varia entre 15 y 25 ó 30 centímetros; conseguido este objeto, toda el agua

excedente es perjudicial, ya se filtre á través del subsuelo ó permanezca embalsada más ó menos tiempo en el campo: primero, porque realmente es perdida para nuevos riegos, y además porque la filtrada arrastra parte de los abonos y la embalsada hace sobrado compacto el terreno, impide su meteorización y dificulta las labores sucesivas.

Esta delicada operación debe hacerse rápidamente, para lo cual se dispone el terreno, y aun los cultivos, de manera que el agua que entra en cada parcela llegue pronto á su extremo más bajo, después de bañar toda la superficie; llegado este momento se lleva la corriente á la sección inmediata, y á los pocos momentos queda en seco la primera, después de haber absorbido la cantidad apropiada.

Este procedimiento, que debiera generalizarse, con la limpieza y buena conservación de acequias y brazales, y el esmerado cierre y manejo de compuertas de toma, economiza mucho tiempo en la operación, permite hacerla con esmero, y ahorra también un gran volumen de agua, materia tan costosa en gran número de casos.

No es fácil adivinar hasta qué punto se lleva esta economía de agua en algunas vegas del Turia, Palencia y otras, en donde la abundancia de piedra permite revestir las acequias, ya con mampostería, ya con pequeñas losas, por donde el agua corre sin perderse una gota; y seguramente causaría allí verdadera admiración el que, como comunmente sucede, apenas basta para el riego un metro cúbico por segundo para cada 1.000 hectáreas.

Este es, sin embargo, el término más usual; es decir, el de un metro cúbico por segundo para cada 1.000 hectáreas de terreno regable, habiendo ejemplos en que pasa del doble; pero hay que convenir en que si los riegos se practican con inteligencia y los medios son apropiados, aquel límite es más que suficiente para los cultivos más esmerados.

Hay, sin embargo, una diferencia esencial entre los riegos que se dan mediante un canal semejante al Imperial de Aragón, y aquellos cuyas aguas proceden de un pantano, que es el caso más general de que aquí nos ocupamos.

Al penetrar un vasto canal en la zona regable, formada, en general, por los aluviones del río principal, pierde por filtración una parte de su caudal, y además las aguas sobrantes del riego marchan por los escorrederos al río; todas estas aguas son, por lo tanto, perdidas para nuevos riegos, al paso que en nuestro caso, si bien vuelven al río, éstas pueden segregarse de nuevo mediante las numerosas presas que los riegos establecidos, y que se trata de perfeccionar, tienen construídas en puntos diferentes de su álveo; de este modo, cuantas filtraciones recoge el río, vuelven á ser empleadas con fruto en puntos inferiores de la cuenca.

De aquí la diferencia apuntada, que puede ser importantísima en gran

número de casos, y de aquí también que los ejemplos de otros canales ó acequias, en las que sólo hay una toma, no tengan racional aplicación ahora. Afortunadamente hay casi siempre un dato, que da con la aproximación suficiente la medida de las verdaderas necesidades, y éste es aquel volumen que el río lleva en los años en que el agua no escasea, y que es bien conocido por todos los labradores del país.

A este dato puede, por tanto, recurrirse, y así lo hacemos con frecuencia; y cuando por circunstancias especiales se sospeche que los riegos han de ensancharse, ó que los cultivos venideros han de ser más exigentes, la apreciación puede variar entre seis ú 800 litros por hectárea y segundo, en la seguridad de que aprovechando bien el agua habrá la suficiente para llenar todas las necesidades, salvo raros casos que la vista del terreno ha de revelar claramente.

## VI.

Si se mira un pantano como regulador de la corriente en que está situado, las pérdidas de agua, que tienen lugar en el vaso ó en el cauce, no tienen realmente importancia alguna; pero si se le considera como depósito de aguas para riego, pueden ser tales estas pérdidas que modifiquen ó alteren el resultado final de la obra. De aquí la conveniencia de estudiarlas y apreciar con la debida exactitud la influencia que cada una pueda ejercer en el problema que nos ocupa.

La evaporación y la filtración son las dos principales causas de pérdida de agua, y pueden tener lugar en el vaso ó en el cauce del río y acequias, hasta llegar al terreno regable. Las pérdidas debidas á la evaporación pueden con facilidad y aproximación calcularse; son definitivas é inevitables, al paso que las ocasionadas por la filtración pueden, en gran parte, utilizarse en los riegos; son difíciles de prever y medir, pero, pueden remediarse en la generalidad de los casos.

Para el cálculo de las primeras, observaremos que el agua, evaporada por una superficie líquida, depende de su extensión, de la temperatura, del estado higrométrico del aire, de las corrientes que dominan en el depósito, su intensidad, etc.

Admitiendo una evaporación media por unidad superficial y de tiempo, durante la época que se considere, y llamando:

$e$ , al espesor de la capa que se evapora en la unidad de tiempo;

$A$ , al área superior del vaso cuando está lleno;

$V$ , al volumen total del vaso;

$a$ , al área de la cara de agua, cuando ésta haya salido del depósito durante un tiempo  $t$ ;

$b$ , al volumen del vaso hasta la curva de área  $a$ ;

$Q$ , diferencia entre el volumen que entra y sale en el vaso en la unidad de tiempo;

$E$ , volumen de agua evaporada en el vaso durante el tiempo  $t$ .

El volumen de agua evaporado durante un tiempo infinitamente pequeño  $dt$  en la superficie  $a$ , es

$$aedt;$$

y en tiempo  $t$ , será:

$$E = \int_0^t aedt,$$

expresión que para integrarla hay que expresar  $a$  en función de  $t$ .

Para ello, si suponemos que la forma general del vaso sea la de un cono truncado, cuyas bases son las curvas de nivel extremas, tendremos, entre las áreas y los volúmenes, la relación

$$\frac{a^3}{\Lambda^3} = \frac{b^3}{V^3};$$

pero

$$b = V - Qt;$$

luego

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

de donde

$$a = \Lambda \sqrt[3]{\left(1 - \frac{Qt}{V}\right)^3}.$$

Sustituyendo este valor de  $a$  en la integral, tendremos:

$$\begin{aligned} E &= \int_0^t \Lambda \sqrt[3]{\left(1 - \frac{Qt}{V}\right)^3} \times e dt = \\ &= \frac{3}{5} \Lambda e \frac{V}{Q} \left[1 - \left(1 - \frac{Qt}{V}\right)^{\frac{5}{3}}\right]. \end{aligned}$$

La evaporación tiene además lugar en todo el cauce del río, comprendido entre el pantano y las tomas de agua, y también en las acequias principales de distribución; su cálculo es bien fácil, conociendo la longitud del río y acequias y su anchura media.

Estos procedimientos no son muy exactos, dada la variabilidad de los valores de  $e$ ; son, sin embargo, lo bastante en relación con los que se emplean para la averiguación del agua necesaria y del agua disponible para el riego, de todos los cuales se deduce la utilidad de la obra.

Las pérdidas de agua que realmente pueden tener verdadera gravedad son las ocasionadas por la filtración, y pueden tener lugar á través del macizo de la presa, en su unión de ésta con el terreno, ó en el suelo ó paredes del vaso; y la gravedad de estos escapes de agua puede referirse, bien á la estabilidad de la presa, ó al volumen de agua perdida para los riegos; casi en ningún caso las filtraciones pueden alterar el poder regulador que para la corriente tiene el depósito, puesto que nunca serán tan copiosas que excedan á la magnitud de los desagües que para este objeto se construyen siempre en un pantano.

Miradas, pues, sólo bajo el aspecto de pérdidas para el riego, se comprende que, en tanto su volumen sea inferior al mínimo necesario, éstos no sufren perjuicio ni entorpecimiento alguno, pues las filtraciones hacen en este caso, al menos parcialmente, el papel de verdaderas tomas; pero la posibilidad de que las filtraciones aumenten hasta rebasar el límite indicado, y el peligro que para la presa pudiera resultar de una gran filtración, aconsejan siempre el evitarlas, consiguiendo así disponer á voluntad, y en la medida de las necesidades, de todas las aguas del depósito.

Rara es la presa, entre las que alcanzan determinada altura, que se libre de algún resudamiento al través de su masa, y más frecuentemente aún en la unión de la misma con el terreno; es, por tanto, indispensable emplear en la mampostería calces frescas bien conservadas y de la mejor y más probada calidad; piedra compacta, resistente y poco porosa, y cuidar con todo esmero de que la obra resulte homogénea y bien ripiada, y con la cantidad de mortero necesaria solamente para enlazar los mampuestos y rellenar perfectamente todos los pequeños huecos ó intersticios. La magnitud y dirección de los esfuerzos que actúan sobre la presa, y la posición dentro del macizo de las juntas de rotura, nos harán ver más adelante la necesidad de emplear de vez en cuando grandes mampuestos, en forma de llaves, principalmente en el tercio inferior de la obra y no lejos de su paramento de agua abajo. Respecto de las filtraciones, que tienen lugar entre la obra y el terreno, será muy conveniente arraigar profundamente la obra en el fondo y laderas de roca del desfiladero, mediante zanjás escalonadas en todos sentidos, cuyo fondo y paredes deben recubrirse, antes de asentar la mampostería, de una capa de mortero eminentemente hidráulico, que pueda obturar aquellas grietas que hubieren pasado desapercibidas á la más minuciosa inspección, necesaria al dar principio á la cimentación de la obra.

Con estas precauciones hay que esperar fundadamente que las filtraciones, si existiesen, serán insignificantes, y que ligeros retundidos ó restañamientos, hechos cuando el vaso está vacío, unidos al depósito de las pequeñas materias que el agua lleva en suspensión, han de bastar para cerrar

por completo estas pequeñas vías de agua. A esto debe aspirarse, haciendo en los primeros tiempos todo lo posible por conseguirlo, pues esta humedad continua impide la completa consolidación de la mampostería, y disuelve y arrastra los morteros amenguando la resistencia de la obra.

(Se continuará.)

---

## INFORME SOBRE LAS PRUEBAS DEL PUENTE DE CASTEJON EN SUS DOCE PRIMEROS TRAMOS

Lámina 90.

(Continuación.)

Los resultados en la viga de aguas abajo en la experiencia que nos ocupa, fueron dar una contraflecha de 7,2 milímetros cuando el tren salía lentamente después de la prueba estática. Las ondulaciones presentan en esta parte dos milímetros de amplitud. Cuando el tren insistió por completo en el tramo que estudiamos, presentó la viga una flecha de 40,5 milímetros, ó sea un milímetro más que la flecha estática. Las ondulaciones llegaron a presentar cinco milímetros de amplitud.

Cuando el tren salía por el tramo primero se produjo una contraflecha máxima de 7,2; casi igual á la obtenida en la entrada del tren para la experiencia anterior.

En la viga de aguas arriba, tanto á la entrada como á la salida del tren, se produjo una contraflecha de 8 milímetros. Es decir, que en un caso nos da un milímetro más que en la experiencia de la prueba estática y en otro igual. Las pruebas todas de las contraflechas se armonizan perfectamente, partiendo de que á la salida de los trenes en uno ú otro sentido, y después de producidas las flechas, se necesita mayor acción para la destrucción de ésta y producción de la contraflecha, por lo que se obtiene relativamente un menor valor de ésta.

Así se explica que habiendo obtenido con motivo de la prueba estática mayores valores para las contraflechas en ambas vigas cuando al entrar el tren insistía la carga en el primer tramo (esta diferencia pudiendo corresponder en parte al efecto expresado de la inercia de las vigas y en parte á desigualdades en los ajustes en toda la longitud de las mismas), hayamos obtenido en las pruebas de velocidad iguales valores para las contraflechas cuando las cargas insistían en el tramo tercero que cuando insistían en el primero, al retirarse el tren, por haber anulado el influjo expresado de inercia de las vigas el de la falta de absoluta igualdad en la construcción de cada una en toda su longitud.

De mayor importancia es, en nuestro concepto, el resultado de la expe-