

una cantidad de agua superior en mucho á la que vierte la lluvia. Sin embargo, las observaciones, bien hechas, han proporcionado, desde 1839 á 1845, resultados menores. Para España nos referimos en un todo á lo dicho en el capítulo IV.

**ELEMENTOS DE UN PROYECTO.** Se sabe, por otra parte, que el volúmen de agua arrastrado por la evaporacion es igual al producto de la superficie media del agua en el depósito por su coeficiente de evaporacion aplicable á la comarca en que se encuentre. Restando este producto del volúmen de agua recibido en el depósito, se obtiene el volúmen realmente disponible.

En todo lo que antecede nos hemos limitado á indicar la marcha que debe seguirse para el cálculo del volúmen de agua anualmente disponible por un depósito, y á reunir los principales datos numéricos relativos á esta cuestion. Pero aún es necesario un elemento para la solucion, que es el orden de sucesion de los riegos y el número de veces que se podrá llenar y vaciar el depósito en cada año. Esta última consideracion permitirá fijar su capacidad y valuar la cantidad de agua disponible en cada estacion. No se debe olvidar, por otra parte, que es necesario dejar siempre en el depósito cierto volúmen de agua indispensable para la conservacion de los terraplenes y el mantenimiento de la salubridad del aire que le rodea.

Las explicaciones precedentes permiten tener en cuenta, en el proyecto de un depósito, los principales elementos de la cuestion, y bastan para demostrar los datos preliminares necesarios para una solucion completa del problema. Pero para formular una regla práctica que pueda ser aplicada inmediatamente á la construccion de pequeños depósitos, por las personas que no quieran dedicarse á las investigaciones que necesita un estudio completo, diremos que en la mayor parte de Francia se puede admitir, sin temor de ir más allá de la verdad, que por término medio y en circunstancias ordinarias un depósito suministra anualmente 1.000 á 1.200 metros cúbicos de agua por cada hectárea vertiente en él.

Se puede aumentar mucho la cantidad de agua conducida á un depósito abriendo en la extension de la cuenca que le vierte las aguas una serie de fosos de débil pendiente, en comunicacion unos con otros y con el depósito, y destinado á recoger las aguas despues de su caida, sin dejarlas tiempo de perderse por filtracion ó evaporacion en la superficie del suelo. Entre las numerosas aplicaciones de esta clase de obras que se podrian citar, diremos solamente que la mayor parte de las aguas de Versailles se recogen así en las llanuras vecinas.

Se calcula el número de hectáreas regables con ayuda de un depósito dado, dividiendo el volúmen de agua que puede suministrar por el número de metros cúbicos necesarios para el riego de una hectárea. Este último número es igual al producto del número de riegos anuales por el volúmen de agua que cada uno de ellos exige.

En todo pantano debe haber un desagüe destinado á dar salida á las arenas y fango que en él se depositen, los cuales concluirian por llenar una gran parte del mismo, con detrimento de un volúmen igual de agua; el fondo del suelo debe ir bajando y encontrar esta salida en la parte inferior. Por ella, ó por otra, sale el líquido á las acequias, que lo llevan á las tierras en que se aprovecha.

Bajo el aspecto económico son bastante caros los pantanos, pues la presa es obra difícil y costosa, si ha de ser de alguna altura. Además, hay que contar con los terrenos ocupados por el agua y con la indemnizacion á los que tengan derecho á usar la de los arroyos que le alimentan. Por esto no puede generalizarse este medio: sin embargo, en condiciones es-

peciales, valiéndose de gargantas improductivas en las que haya piedra abundante y la boca no sea ancha, el terreno sea casi impermeable y no haya concesiones legales para riegos ni artefactos, puede tener buena aplicacion este medio. Por esto se aplican mejor al abastecimiento de poblaciones que al riego, pues la importancia de aquél permite sufragar gastos que éste no consiente.

En el Piamonte hay pantanos, como el de Tornavasio, que contiene más de 1.000.000 de metros cúbicos de agua, alimentado el invierno y cediéndolo para el riego durante seis meses.

**EJEMPLOS DE PROYECTOS.** En el llano de Lannemezan, cerca de Tarbes, en el Mediodía de Francia, hay un sistema de riego derivado de lagos naturales. Dos cuencas de la region montañosa, la del Garona y del Adour, alimentan las aguas necesarias para dicho riego.

Los datos para el proyecto de pantanos que mejoraran este sistema eran los siguientes: un estiage de 105 días, la necesidad de reunir un volúmen de casi 109 millones de metros cúbicos para regar la comarca; pero la abundancia de lluvias permite renovar los depósitos dos veces por año, por lo cual se calculó como capacidad total de éstos, 59 millones de metros cúbicos. Los depósitos eran seis, el principal en la misma llanura de Lannemezan citada; tres en las gargantas de las montañas afluentes, y dos en la parte más alta de los valles; se aprovecharon los lechos de dos lagos. Tal era el proyecto.

En la parte más oriental de los Pirineos, y hácia el Rosellon, se pensó tambien en hacer depósitos, á cuyo efecto se estudiaron perfectamente sus arroyos y rios; pero no pasó, segun nuestras noticias, de proyecto.

Hay que tener en cuenta en los proyectos que la ventaja de los depósitos sobre los canales es aprovechar en general mejor el agua cuando no están muy lejanos de las tierras regadas. Esta ventaja es notable, sobre todo cuando se trata de albercas ó estanques que riegan una corta extension con sólo una acequia y las regueras.

Aparte de esto, el agua adquiere generalmente en los depósitos buenas propiedades aereándose, y si se trata de albercas, puede agregársele abonos líquidos que mejoren extraordinariamente su condicion por medios parecidos á los indicados con todo detalle en el capítulo VII.

En los terrenos de Francia, inmediatos á los Alpes, se han hecho tambien varios proyectos para utilizar las gargantas y arroyos de las estribaciones de dicha cordillera. Se ha estudiado tambien el aprovechamiento del lago Azul de los Pirineos, que está á 2.000 metros sobre el nivel del mar y ocupa una especie de embudo formado por rocas graníticas, presentando una superficie, cuando está lleno, de 52 hectáreas. Desde Octubre está helado hasta Mayo, en cuya época da un gran caudal á su canal de salida, y está alimentado por una cuenca de 620 hectáreas. Se ha proyectado dar paso á las aguas de este lago de modo que pueda vaciarse una parte de él, cosa que no sucede por tener la forma, ya dicha, de un embudo. La rotura de una de las orillas de este embudo es difícil por ser de granito y de bastante grueso, y se ha proyectado establecer dos sifones de 0<sup>m</sup>.3 de diámetro cada uno, hechos con tubos de fundicion para ganar 9 metros de profundidad, que es todo lo más á que puede aspirarse el agua por la presion atmosférica en aquellas alturas.

**CONSTRUCCION DE LOS ESTANQUES.** Cuando es posible conducir las aguas por encima del nivel del terreno que se va á regar y se trata de formar un pequeño depósito, es posible limitarse á cavar el suelo á cierta profundidad y emplear la tierra procedente de esta exca-

vacion en formar un dique de cintura. Se da al talud de la escavacion una pendiente de 1½ á 2 de base por 1 de altura, y se establece el pié del dique á 0<sup>m</sup>,30 ó 0<sup>m</sup>,40 detrás de la arista de la misma. Este dique de cintura presenta poco más ó menos el perfil de los diques de defensa de los rios. Su cima debe ser arrasada á 0<sup>m</sup>,25 ó 0<sup>m</sup>,40 sobre el nivel del agua. Cuando el suelo es impermeable, basta apisonar bien las tierras y el dique para que conserve el agua; pero si la tierra es fácilmente permeable, es preciso recubrir las paredes de la escavacion y de los diques con una argamasa impermeable, formada de arena gruesa natural ó de una mezcla de arcilla en barro y de arena, regada con una fuerte lechada de cal. Se tallan las paredes del dique y las de la escavacion, y se apisona por capas sucesivas la argamasa anterior en un espesor de 0<sup>m</sup>,8 á 0<sup>m</sup>,10. La adición de cal al mortero, aunque sea en pequeña cantidad, tiene la doble ventaja de darle mucha consistencia é impedir que la atraviesen los gusanos y otros animales. El precio de un depósito construido, como acabamos de explicar, es fácil de calcular en cada localidad. Casi siempre su construccion, aunque bastante costosa, constituye una operacion lucrativa. Conviene no dar á estos depósitos una profundidad de ménos de 3 á 6 metros.

Generalmente se llama *alberca* en España el depósito abierto en un suelo poco permeable y que no se reviste de fábrica, aunque á veces se pone una pared inclinada sobre los taludes para disminuir las filtraciones. Los verdaderos estanques tienen paredes verticales y suelo de fábrica. La forma más económica es la circular, porque es la que consume ménos fábrica y resiste mejor, á igualdad de espesor, el empuje de las tierras: sin embargo, por rutina y mayor facilidad en la construccion, se hacen rectangulares ó cuadrados los estanques.

Para hacer un estanque en terreno permeable hay que disponer el fondo en tres solados de ladrillo plano, de modo que cada solado cubra las juntas del que está debajo: este fondo se hace cuando se han enrasado al nivel del mismo los cimientos de las paredes, los cuales dependen de la naturaleza del terreno. En éstas se prefiere el ladrillo á la mampostería, por la mejor union de las juntas: el remate se hace con sillarejos y lo más comun con ladrillos á sardinell, esto es, de canto, reforzándolo en las esquinas, inconveniente que no existe cuando el depósito es circular, por lo cual se redondean á veces los ángulos. Conviene poner una capa de cal hidráulica, tanto en las paredes como en el fondo, y no llenarlo de agua hasta un par de meses despues de acabada la obra.

**CONSTRUCCION DE LOS PANTANOS.** Los depósitos destinados á contener cantidades notables de agua se establecen en los valles ó en los pliegues del terreno, que se cierra en su parte inferior con una presa. Se debe estudiar primero con cuidado la colocacion más conveniente, esto es, aquella en que para igualdad de volúmen y otras circunstancias produzca menores gastos. El punto en que el valle es más estrecho y profundo es el que conviene generalmente para un pantano. Los diques ó presas de éste pueden construirse, segun las circunstancias locales ó su importancia, de mampostería, de tierra sola ó de tierra revestida de mampostería seca ó de mortero. Las presas de mampostería no convienen, en general, sino á las obras de grande importancia. No describiremos aquí en detalle su construccion, que presenta bastantes dificultades; diremos solamente que debe establecerse sus cimientos en un suelo perfectamente sólido é incompresible. Se arraigan en el suelo por sus lados. Pueden tener una forma rectilínea ó cóncava del lado del agua, lo que por lo demas no parece presentar una ventaja real. El espesor de la presa aumenta desde su cima á la base. El paramento exterior debe presentar un talud más ó ménos considerable ó una cur-

va cóncava. El paramento del fondo del agua ofrece una inclinacion regular ó una curvatura más ó ménos pronunciada, ó bien una série de escalones.

El cálculo de estas presas se hará conforme indicamos para las de los canales, pero con mayor cuidado aún porque su mayor altura exige mayores garantías. Nos serviremos también de la comparacion de buenos modelos de presas que llevan mucho tiempo sin deruirse.

La mampostería de las presas debe ser ejecutada, por otra parte, con el mayor cuidado, empleando en ella muy buena cal hidráulica, por lo ménos en un cierto espesor del lado del agua.

**DIQUES DE TIERRA.** Los diques de tierra para los depósitos de que nos ocupamos aquí, y cuyas profundidades no exceden de 8 á 9 metros, son casi siempre más económicos que las presas de mampostería. Su construccion exige grandes precauciones.

Quando se ha escogido el sitio para la presa, se indica con una estacada hecha con cuidado el sitio que debe ocupar el terraplen, al cual se le puede dar cierta convexidad del lado del agua. La inclinacion del talud de estos diques depende de su elevacion y de la clase de tierras que se emplean. En circunstancias normales, el talud del lado del agua debe tener 2<sup>m</sup>,50 á 3<sup>m</sup> de base por 1 de altura, y el talud exterior 1 á 2 metros de base por 1 de altura. En los diques muy elevados se podrán colocar del lado del agua una ó dos banquetas de diferentes alturas y disminuir progresivamente la inclinacion, acercándose á la base, de manera que el conjunto del talud presente la forma cóncava que toman á la larga las paredes antiguos de los pantanos. Un ancho de 1<sup>m</sup>,50 á 2 metros en el coronamiento es suficiente, aún con tierras medianas, como es fácil de reconocer por la experiencia mejor que con explicaciones. El coronamiento de los diques debe ser rasado á 0<sup>m</sup>,60 ó 0<sup>m</sup>,70 sobre el nivel del agua, para que las olas que produzca el viento no puedan pasar por encima. Mayor elevacion es también necesaria para los diques de los depósitos de gran extension y muy expuestos al viento. Conviene, en fin, dar al dique un bombeado sensible en medio de su longitud, para que el agua desborde solamente por las extremidades, si una circunstancia accidental las hace rebasar su nivel ordinario.

La cimentacion y el arraigado de los diques de los depósitos en terreno natural debe ser ejecutado con un cuidado sumamente minucioso. La cimentacion debe profundizarse por capas sucesivas y presentar bastante profundidad hácia el medio del dique. El fondo de la escavacion debe cavarse, para que la trabazon se haga bien con las tierras citadas, cuyas primeras capas se apisonan con más cuidado aún que las siguientes, y se riegan, si es posible, con lechadas de cal. Todas las tierras terraplenadas se desmenuzan cuidadosamente y se aprietan bien con el paso de las carretillas, ó mejor por medio del pison.

Se eleva algunas veces en medio del dique un monton de greda de arena gruesa ó de argamasa. Esta precaucion es necesaria cuando no se dispone sino de tierras de mediana calidad. Polonceau indica el empleo, en el centro de los diques, de una fila de tablones envuelta en un mortero muy esmerado; pero esta forma de construccion no parece ser, en general, muy recomendable.

Los taludes de la parte más baja de los diques, deben estar cubiertos de césped ó sembrado. Es bueno defender también el de arriba con césped en terrones quitados, si es posible, de los terrenos pantanosos. La parte superior del dique expuesta á las olas y á los movimientos del agua, será necesario guarnecerla de piedras ó de estacas en empalizada.

Para los depósitos pequeños y bien abrigados, algunas líneas de juncos plantados al nivel del agua bastan para resistir al movimiento de la superficie del líquido.

La última precaución, que no se recomendará nunca bastante en el establecimiento de los depósitos, consiste en dar á sus ribazos una gran inclinación para evitar durante las aguas bajas la formación de charcas, verdadera causa de la insalubridad tantas veces atribuida á los estanques. Se debe, pues, cavar el terreno al rededor de los bordes del depósito proyectado, sobre todo en sus extremos, en que el suelo presenta por lo general ménos pendiente y el agua ménos profundidad.

La tierra extraída de estas excavaciones sirve para la construcción del camino ó para la formación de un pequeño dique de cintura, que permite con frecuencia aumentar bastante y casi sin gastos la profundidad y la capacidad del depósito.

**VERTEDEROS Y TOMAS DE AGUA.** Todos los diques de depósitos deben estar provistos de vertederos destinados á desaguar, en tiempo de tempestad ó en las crecidas accidentales, las aguas que podrian repasar el nivel del dique y estropearlo derramándose por la superficie. Estos vertederos están contruidos de piedras, de ladrillo ó de madera. Se les coloca en la extremidad del dique, de manera que se establezca el canal de descarga y sus caídas en la orilla en cuanto sea posible. El ancho de los vertederos debe ser tal que la capa de agua que gasten no exceda nunca de 0<sup>m</sup>.15 á 0<sup>m</sup>.20 y no adquiera una velocidad suficiente para destrozar las obras; un ancho de algunos metros basta para esto en los vertederos medianos. Cuando la disposición de las localidades obliga á establecer el canal de descarga á cierta altura hácia abajo del depósito, se divide esta altura en muchos saltos, separados por pequeños depósitos, en los que se quiebra el agua y se amortigua su velocidad.

La forma de construcción de las tomas de agua depende de su importancia. En depósitos muy pequeños un simple tubo de madera colocado en el cuerpo del dique y cerrado del lado del estanque por una pequeña compuerta, que se maneja desde el camino con una varilla de madera, basta perfectamente. Los tubos que atraviesan los diques deben ser embreados y calafateados cuidadosamente antes de su colocación. No basta siempre apisonar bien la tierra al rededor del cuerpo prismático del tubo para impedir toda filtración de agua entre ésta y el terreno. Es preciso además guarnecer exteriormente estos tubos con grandes diafragmas rectangulares de madera, alrededor de los cuales se adhiere cuidadosamente un mortero de tierra grasa. Estas superficies, verticales é impermeables, detienen las filtraciones que tratarían de producirse.

La mayor parte de los pantanos, en Francia, tienen otro sistema de toma de agua muy conveniente como medio de desagüe, pero que no parece ser muy ventajoso para las tomas de aguas de los riegos, cuya maniobra debe ser frecuente y fácil de graduar. La fig. 27 hará comprender esta disposición. Un fuerte tubo de madera ó un acueducto embaldosado *a* está establecido en el dique y comunica por una abertura cónica practicada en su extremidad superior con un segundo tubo ó un acueducto *c* que desemboca en el depósito. Un tapon de madera *d*, algunas veces recubierto de cuero, puede tapar la abertura cónica que acabamos de nombrar, é interceptar de este modo toda comunicación del agua con el exterior.

La pieza *d* está suspendida por un vástago de madera ó de hierro, cuya extremidad superior puede manejarse al nivel del camino. Levantando *d* se hace pasar el agua del depósito, y dejándola bajar se detiene este paso. La pieza *d* y su varilla están encerradas en un fuerte tablero de cuatro caras, ó mejor en un pozo cilíndrico de mampostería que se eleva al rededor del orificio del conducto hasta el nivel del camino.

Se puede evitar la construcción, siempre costosa, de este tablero ó de este pozo, colocando la compuerta al pié del talud interior del dique. Se maneja entonces su varilla por medio de una pértiga dispuesta para este efecto.

La maniobra de las compuertas que acabamos de describir es bastante difícil cuando la profundidad del agua es considerable, porque el esfuerzo que hay que ejercer, aparte de las resistencias accidentales, es igual al peso de una columna de agua cuya base es la superficie de la compuerta y su altura la misma profundidad del depósito sobre el acueducto de descarga. No se debe dar á estos taponés un diámetro mayor de 0<sup>m</sup>.40 á 0<sup>m</sup>.50.

Uno de 0<sup>m</sup>.45 de diámetro con una carga de 3 metros, gasta cerca de 750 litros por segundo. Cuando la sección de los acueductos es relativamente mayor que la de la compuerta, se puede calcular fácilmente el gasto por los medios que indicamos en el capítulo I.

**TOMAS DE AGUA EN OBRAS DE FÁBRICA.** En los depósitos algo importantes la toma de agua puede hacerse por medio de un verdadero acueducto construido bajo el dique, y cuya parte superior tiene una compuerta, que se maneja con una pértiga fija establecida en el talud del dique. Para visitar una compuerta así establecida, es necesario vaciar completamente el depósito. Para evitar este inconveniente, se puede terminar el acueducto por dos muros en alas, en los que se colocan ranuras para poner viguetas y construir si es necesario una presa.

Cuando la profundidad del agua es muy considerable, se hacen generalmente tomas de agua á diferentes alturas, á fin de no tener que manejar sino la más próxima á la superficie y evitar de este modo operar bajo presiones muy fuertes. La construcción de estas obras es demasiado complicada para ser indicada aquí. Daremos ejemplos tomados de España que aclararán todo esto.

Las tomas de agua más sencillas para los depósitos de riegos, y algunas veces también las más económicas, están formadas de un tubo de palastro que atraviesa el dique, enganchado en la parte superior en un remate de mampostería y cerrado en la inferior por una compuerta de metal, que corre por las ranuras, ó bien, si la presión es considerable, por una llave de compuerta de uno de los sistemas adoptados en la distribución de aguas en las ciudades.

Delante de los acueductos ó tubos de toma de agua, en el interior del depósito, debe colocarse una reja de hierro ó de madera, con los barrotes bastante cerrados para impedir á los peces salir del estanque y á las yerbas obstruir el mecanismo de las compuertas.

Conviene, cuando los depósitos de riego son de alguna importancia, colocar una compuerta de desagüe en el punto más bajo, y establecer la toma de agua á un nivel del cual no deben descender las aguas.

El agua, saliendo de los canales de toma de agua, está ordinariamente animada de una gran velocidad. Conviene dirigirla desde luego á pequeños depósitos para amortiguar su velocidad, ó cubrir de escolleras muy sólidas la entrada del canal de escape.

**EJEMPLOS DE PANTANOS EXTRANJEROS.** Los mayores depósitos contruidos hasta ahora en Francia están destinados al servicio de los canales de navegación, pero existe un gran número de pequeños y medianos depósitos, cuyas aguas se utilizan para los riegos. Citaremos, entre otros, el depósito de Caromb, en el Mediodía, que encierra 250.000 metros cúbicos de agua. Su dique, de mampostería, tiene 17 metros de altura y 78 de longitud en el