

en dos rebajos de la misma cara, para que cada tablon se una bien con los dos inmediatos. A veces se disponen las cosas de modo que la misma presion del agua contribuya á facilitar esta operacion.

MODELO DE PRESAS MOVIBLES. Las presas movibles se colocan en un caso extremo, cuando el rio sufre crecidas tan considerables, que no basta hacer un portillo de grandes dimensiones. La presa está entonces formada por varias pilas, análogas á las de los puentes, y entre ellas van cerramientos con tablonés, lo mismo que en los grandes portillos. Esta disposicion no es recomendable, porque tras de exigir mucho tiempo para deshacer la presa, tiene el grave inconveniente de presentar un acceso muy difícil para efectuar esta operacion, desde el momento en que el agua rebasa la presa, que es precisamente lo que ocurre, y con gran fuerza, en el caso de una crecida.

Otro sistema de presas movibles consiste en unos bastidores de hierro formados de solera, dos montantes y cabezal reforzado con tornapuntas. Estos entramados se colocan verticalmente, paralelos á la accion de la corriente, y en lugar de las pilas fijas del caso anterior. Entre ellos van las vigas horizontales. Desde la orilla se hacen rebatir contra el suelo estos bastidores, y la presa se deshace. Este sistema es poco práctico.

Hay presas movibles que reciben el nombre de automóviles, esto es, que pueden deshacerse por sí mismas cuando la carga pasa de cierto limite. Constan de pilas de fábrica, y entre cada dos de éstas hay un tablero vertical que por medio de unos goznes puede ponerse inclinado ú horizontal, al rededor de un eje horizontal situado en la línea del centro de presion, que es en este caso á los $\frac{2}{3}$ de la altura máxima del agua, la cual está fijada por la administracion para no dañar á los propietarios ribereños. Cuando el agua pasa, pues, de esta altura, el centro de presion real sube por encima del marcado y hace girar la compuerta, vaciándose entonces rápidamente el exceso y cerrándose aquélla no bien baja al nivel prescrito.

En los Estados-Unidos se usa un sistema más complicado: los portillos dejan entrar el agua, por un conducto interior, entre dos tableros inclinados en sentido contrario, uno más alto que otro y descansando sobre él: ambos tienen goznes en el suelo. Entre ambos tableros y el suelo se forma así un prisma de seccion triangular, el cual está lleno con el agua que viene por el conducto interior de la pila. Cuando se abre la salida de esta agua y se cierra la entrada se acuesta el tablero menor á medida que se vacía el agua interpuesta, é inmediatamente hace lo mismo el mayor, esto es, se deshace la presa entre las dos pilas. Este sistema no es, pues, completamente automóvil, pero basta la abertura de una llave para mover la presa.

BOCAL DEL CANALIZO. Inmediato á la presa se halla el bocal del canalizo, que consta de dos paredes laterales de mampostería, el cual se cierra con viguetas horizontales si son grandes sus dimensiones, y en la mayoría de los casos con dos compuertas, segun ya hemos dicho. Se cuidará de que la parte superior de éstas se halle más alta que la altura máxima á que llegará el agua en las avenidas. Junto á estas compuertas suele depositarse el fango y arena; pero si se ha tenido cuidado de dejar inmediato el portillo de la presa, se limpian con facilidad dichos depósitos. La solera sobre que van las compuertas debe reposar en sólidos cimientos.

Los agujeros cerrados por las compuertas no llegan al fondo, de suerte que el agua entra en derramador sumergido, siendo fácil calcular el gasto: están dispuestas de suerte que una sola baste para el gasto total. La compuerta propiamente dicha está formada por tablo-

nes engargolados, ó mejor, sujeto por una lengüeta cada dos. Estos son muchos y estrechos para disminuir el alabeamiento: con este objeto llevan por sus dos caras varios barrotes que entran en todos á cola de milano. La madera de estas compuertas debe ser de roble, y en general toda la que haya de humedecerse con frecuencia. Clavada á cada compuerta hay una barra de hierro vertical, la cual termina en una cremallera que engrana con un piñon colocado en la parte superior. Un hombre operando sobre un manubrio mueve el piñon y levanta la compuerta, si esta pieza corre bien en las ranuras de los montantes verticales.

La seccion transversal del canalizo debe tener en sus paredes una inclinacion de 1 de base por $\frac{1}{4}$ de alto, si éstas van empedradas, por 1 si son de tierra firme, y por 2 si son de tierra floja. Si hay desmontes debe haber banquetas de 0^m,3 para evitar que caiga tierra en el canal. Cuando va sobre un terraplen, se hacen paredes y fondos de fábrica y la seccion rectangular: si en túnel, de fábrica tambien, pero en forma de trapecio, cuyo lado mayor paralelo es el superior.

Además de las compuertas de toma de agua del canalizo, hay otra de descarga destinada á desaguarle por completo cuando se trata de limpiarle. Por ella debe verter el agua que exceda en 0^m,1 la altura prescrita: á veces se ponen dos de estas compuertas. Se construye con un umbral, dos montantes verticales y un cabezal, sirviendo de marco á la compuerta móvil.

Se dispone además en el canalizo un *rebosadero*, llamado tambien *almenara* ó *ladron* que es un hueco por donde se vierte el agua no bien pasa de cierto nivel; su ancho debe ser por lo ménos igual al del canalizo y á veces mayor, y se construye con las precauciones de una presa, aunque en menor escala. Deben hacerse de fábrica y no de madera, porque como generalmente no vierte el agua por encima, se pudre fácilmente en este último caso con los cambios de sequía y humedad.

Si el terreno no es consistente, hay que cubrir estos canalizos de descarga con un zapeado ó con losas, y á veces con una escollera, reforzada por pilotes: deben prolongarse todo lo posible los muros laterales del canalizo de desagüe.

ACCION DE LAS PRESAS SOBRE EL RÉGIMEN. Conviene tener en cuenta la influencia que el agua ejerce en el fondo y márgenes del rio por efecto de la presa misma. Aguas arriba de la presa se forma un remanso, el cual se eleva algo más del nivel que tiene el agua en la cresta de aquélla, y por tanto puede inundar terrenos y causar así desperfectos. Aguas abajo disminuye el nivel primitivo del rio, porque hace aumentar la velocidad del agua.

Socava el fondo de éste en el punto de su caída, de tal suerte, que ésta es la causa principal de la destruccion de las presas, pues dichos socavos suelen llegar hasta los cimientos mismos de las presas. Forma además islas en medio del rio á corta distancia de la presa, y limpia la parte inmediata superior á ésta.

Cuando la caída de las aguas hace que se dirijan con más facilidad hácia una orilla que hácia otra, produce graves perturbaciones en éstas, y de aquí el hacer las presas quebradas ó curvas en su planta, para que la accion principal del agua se dirija hácia el centro del rio, si bien esta forma suele darse preferentemente como medio de consolidacion, atendiendo á la naturaleza del terreno y á la clase de presa.

Esta suele colocarse en la parte más alta del lecho del rio, sobre todo si su fondo es de roca, y en la más estrecha, ó bien en aquella que presente en sus orillas sitio más á propósito para los estribos. Se fija la altura atendiendo á que el remanso no inunde las propie-

dades ribereñas ni el motor inmediato superior si le hay: de todas suertes, el máximo de esta altura es 2^m,50.

CANALES Y ACEQUIAS. Pasemos á estudiar las obras que sirven para conducir esta agna desde el punto en que se halla reunida hasta los campos que se van á regar.

Se distinguen muchas clases de canales de riego que difieren unos de otros por sus dimensiones y la naturaleza de las obras que necesitan; unas conducen al agua desde la toma hasta el punto en que comienzan los riegos: estos son los canales de conduccion propiamente dichos; su gasto es con corta diferencia constante en toda su extension. Los canales de riego les siguen: con estos últimos enlazan las diferentes acequias ó canales secundarios, cuyas ramificaciones más ó ménos numerosas llevan el agua hasta las regueras de último órden que surcan las tierras regables. Por el momento no tratamos de examinar sino las acequias y regueras que llevan el agua al cultivador.

El trazado de los canales de riego debe hacerse con mucho cuidado para conseguir el mayor efecto útil posible con el gasto más pequeño. El estudio en conjunto se hace sobre cartas topográficas. El estudio en detalle se sigue paso á paso sobre el terreno por medio de niveles perfectamente exactos.

La pendiente y la seccion de un canal de riego se determinan en cada punto de manera que basten al gasto del volúmen de agua que debe llevar el canal. La pendiente no debe ser nunca tal que el agua, animada de la velocidad que resultaria de esta pendiente, pueda estropear el canal. Cuanto ménos resistente sea el terreno, ménos pendiente debe darse al canal. En los grandes canales de riego la pendiente está ordinariamente comprendida entre 0^m,10 y 0^m,30 por kilómetro. Para los canales pequeños la pendiente puede ser mucho más fuerte; suele ser de un metro á 1^m,20 por kilómetro, y puede llegar hasta 5 y 6 metros por kilómetro si el canal está abierto en la roca. De todo esto hemos tratado en el capítulo II.

Cuanto mayor es la velocidad, la seccion del canal para un gasto puede ser menor, y se reducen más, por consiguiente, los gastos de abertura de los canales y las pérdidas de agua por filtracion y evaporacion. Pero, por otro lado, las grandes velocidades necesitan fuertes pendientes que reducen un tanto la altura á que pueden elevarse las aguas de riego, y entrañan, además, otros inconvenientes. La eleccion de la pendiente de las diferentes partes de un canal ó de una acequia de riego se halla asimismo determinada por un gran número de circunstancias y consideraciones que deben ser atentamente estudiadas en cada caso particular. Por lo demas, los autores dan respecto á esto indicaciones muy variables, y las obras ejecutadas demuestran que en efecto sería imposible indicar con un sólo número las pendientes más convenientes.

Cuando se ha fijado por medio de las consideraciones precedentes y del estudio sobre el terreno el perfil en longitud de un canal ó de una reguera, y se conoce, por otra parte, la extension que debe tener, la determinacion del perfil trasversal no presenta, en general, dificultades, y no exige sino algunos ensayos. Se da casi siempre á la seccion de un canal la forma de un trapecio en el que los lados que forman los ribazos están igualmente inclinados. Esta inclinacion depende de la naturaleza de las tierras y varía de 1 á 2 metros de base por 1 de altura. En los terrenos muy poco resistentes es necesario tambien adoptar taludes de pendientes todavía más suaves; en los suelos muy compactos se pueden, por el contrario, aproximar los taludes á la vertical. Ciertos canales abiertos en roca, ó provistos de revestimientos de mampostería, presentan una seccion rectangular. Sería ven-

tajoso, en ciertos casos, dar á los canales, cuando se están abriendo, la forma cóncava que el agua tiende á hacerles tomar. En todos casos la cresta de la orilla debe estar por lo ménos á 0^m,30 ó 0^m,40 por lo ménos sobre el nivel del agua.

El cavado de los canales ó regueras en terrenos ordinarios no presenta ninguna dificultad particular. Si el canal está más en declive, es necesario interrumpir con banquetas la continuidad del talud. En los canales algo importantes se deja una banqueta á la altura de flotacion del lado del camino de sirga. Los taludes, además, están cubiertos de césped sembrado ó trasplantado. Cuando se atraviesan terrenos flojos se defienden las orillas con empalizadas ó con faginas, sostenidas por estacas, y tambien con muros si las piedras abundan. Cuando el terreno lo permite el trazado del canal es tal, que la tierra extraida de la zanja sirve para formar á derecha ó izquierda dos diques que completen el perfil trasversal adoptado. Algunas veces tambien el canal está enteramente en terraplén. En estos dos casos es preciso tener el mayor cuidado en la formacion de los diques, cavar la superficie del suelo para que la igualacion de la tierra se haga bien, apisonar el terraplén por capas, y finalmente, cubrir de cesped toda su superficie. La inclinacion de los taludes y de estos diques varía, en general, de 1 á 2 metros de base por 1 metro de altura. El ancho del dique en el coronamiento es ordinariamente igual á la profundidad del agua del canal.

Cuando los canales ó regueras atraviesan terrenos permeables que absorben gran cantidad de agua, debe procurarse evitarlo. Los canales de argamasa ó de mampostería, son obras demasiado costosas para las pequeñas empresas agrícolas. En las obras que nos ocupan es necesario recurrir á morteros de tierra grasa, apisonados sobre el fondo y los bordes del canal con precauciones y esmero. Cuando las filtraciones no son muy considerables, se pueden detener más económicamente diluyendo en el agua del canal arena fina y tierras arcillosas. Estas materias, arrastradas por el agua, penetran en las cisuras del suelo y acaban por taparlas.

OBRA DE ARTE. Las que necesitan las grandes empresas de riego son las mismas, en su mayor parte, que las de los canales de navegacion. Bastará que hablemos de las obras ménos importantes que se encuentran en los pequeños canales y de las obras especiales necesarias para el servicio de los riegos.

Muchas veces es necesario hacer pasar una reguera ó un canal de riego por encima de una corriente natural de agua. Cuando la altura del canal es bastante considerable, un simple acueducto ordinario, ó un pequeño puente, sobre el que pasa el canal, con su perfil de terraplén, deja á la corriente de agua su curso natural. Pero cuando el arroyo se halla poco más ó ménos á la misma altura que el canal, no hay otro medio que recurrir á un acueducto-sifon de mampostería, ó de fundicion y mampostería.

Cuando el valle es profundo, es preciso recurrir á trabajos más considerables. Para los pequeños canales, que son los más numerosos, y por consiguiente los más interesantes que debemos considerar aquí, se hacen á veces sifones inversos de una orilla á otra del valle que se ha de atravesar. Para las pequeñas cargas pueden hacerse de mampostería de cemento; para las grandes cargas hay que emplear tubos de fundicion. La fig. 23 representa un sifon para el paso de una carretera: es un tubo bajo y está con dos calderas, una á cada lado.

Cuando el volúmen de agua que han de llevar es poco considerable y la altura que se ha de franquear muy pequeña, los acueductos de arcos de agua y soportes de madera son comunmente los más económicos. Arcos de palastro pueden en algunos casos proporcionar tambien mucha economía.

Para hacer pasar una reguera sobre otra se emplea una simple caja de madera ó un dornajo de una sola piedra colocada sobre dos pequeños apoyos de mampostería (fig. 26). Hemos visto funcionar en España pequeñas obras de esta clase, cuya ejecucion se remontaba á quinientos ó seiscientos años.

Los puentes y pontones que se establecen sobre las acequias y canales de riego para conservar los caminos que atraviesan se construyen de piedra, y más comunmente de madera. Su anchura es generalmente poco considerable, y algunos postes unidos por tirantes y un tablero bastan para establecerlos.

El terreno que debe atravesar un canal presenta á veces una pendiente mayor de la que conviene adoptar. Es necesario, en este caso, dividir la longitud total del canal en diferentes trozos de una pendiente conveniente, separados por diferencias bruscas de nivel, obtenidas por medio de obras más ó ménos importantes. En los grandes canales de Italia y de la India, que sirven á un mismo tiempo para el riego y para la navegacion, los trozos están separados unos de otros por esclusas ordinarias con saetines y presas ó vertederos para asegurar el paso del agua necesaria para los riegos, cuando el servicio de la esclusa no basta para este objeto. En los pequeños canales basta separar los trozos por saltos formados de una ó varias compuertas establecidas en obra de mampostería, defendida en su parte inferior por un zampeado capaz de resistir los socavos.

Estas pequeñas obras de arte están formadas de un macizo de mampostería, en el que está colocada una abertura rectangular del ancho del fondo de la reguera. Las banquetas de los trozos superiores é inferiores vienen á apoyarse contra dicho macizo. Un revestimiento de ladrillos, defendido en su parte baja por una nilera de tabloncillos poco espesos con cabezales en su parte superior, defiende contra los socavos el suelo y las banquetas del trozo de abajo. Ranuras abiertas en las paredes laterales de la caída reciben la compuerta de madera que regula la corriente de agua de un trozo al siguiente. Una barra de hierro más gruesa que ancha, con agujeros, está fija en medio de la compuerta. Esta barra pasa por el ojo de un travesaño, igualmente de hierro, soldado en las paredes laterales; permite mantener la compuerta á la altura que se quiera por medio de una clavija colocada en un agujero convenientemente escogido.

Se pueden hacer de madera obras análogas, más económicas en su construccion, pero de entretenimiento más costoso.

Las regueras, aún las de pequeñas dimensiones, pueden producir grandes servicios para el transporte de abonos y cosechas. Conviene, cuando esto tiene lugar, suprimir los saltos ó por lo ménos reemplazarlos con verdaderas esclusas de depósito, de una construccion muy sencilla, obtenidas con presas movibles de viguetas.

OBRAS PARA LA PARTICION DEL AGUA. Entre las obras más indispensables en los canales de riego, se hallan las compuertas de descarga y las tomas de agua establecidas en el punto de interseccion de una reguera con otra. Las disposiciones de estas obras varían con su importancia y el buen gusto de los constructores. Simples compuertas de madera, análogas á las ya descritas, son por lo general suficientes. En los trabajos más esmerados, las compuertas están colocadas en un acueducto de mampostería de forma más ó ménos elegante.

Ya hemos hablado de ellas en diversos sitios.

Las compuertas para las pequeñas tomas de agua particulares ó colectivas son todavía más sencillas. Consisten en palas de madera ó de palastro fuerte, que corren por ranuras

de piedra y dirigidas por una cremallera ó un tornillo, cuya llave queda en poder del guarda de las aguas ó de los interesados.

La última clase de obras de arte enteramente especial de los canales de riego comprende los aparatos de particion y distribucion de las aguas.

Cuando el agua es muy abundante y poco solicitada, bastan compuertas de toma como las precedentes para que sobre el agua y que á nadie le falte; pero cuando el agua es rara y muy solicitada por los interesados, como sucede en los países en que los riegos son apreciados en todo su valor, es preciso evitar con cuidado todo desperdicio y asegurar á cada regante un volúmen de agua constante, ó por lo ménos una fraccion constante de volúmen disponible. En estas circunstancias, la reparticion del agua entre los derecho-habientes llega á ser origen frecuente de reclamaciones y pleitos. Los aparatos de distribucion adquieren entonces gran importancia, y su construccion, muy difícil por otra parte para llegar á resultados exactos, merece fijar la atencion de una manera tanto más especial cuanto que debe reconocerse la imperfeccion de los medios propuestos ó empleados hasta ahora para este objeto.

El agua se vende generalmente en los canales de riego franceses á razon de un tanto-fijo por hectárea regada. Este método es vicioso á más no poder; obliga al que le usa á desperdiciar el agua en vez de aprovecharla, y da lugar á infinitas cuestiones. Convendría vender el agua por metros cúbicos. Uno de los problemas más interesantes de hidráulica agrícola sería hallar un medió sencillo de valorar, con certeza, la cantidad de líquido facilitada á cada regante.

El problema general de particion de aguas de riego presenta muchos casos particulares.

Podría desde luégo proponerse dividir en un pequeño número de partes iguales ó proporcionales entre sí, el volúmen del agua de un canal. Este es el objeto de los aparatos conocidos con el nombre de *partidores*. Descritos ya en el capítulo III, sólo diremos que las figuras que á ellos se refieren, y en particular la 4.^a, muestran, despues de lo expuesto, su construccion.

TÚNELES. En los pequeños canales de riego no suelen ocurrir generalmente túneles, puesto que se hace serpentear el canal para salvar las alturas que se presenten. Únicamente suelen ser indispensables pequeños túneles abiertos en alguna roca en sitio próximo á la toma de agua, por ser muy inclinado el terreno y no prestarse á desarrollos. Sin embargo de esto, indicaremos la construccion de un túnel de consideracion que ha presentado bastantes dificultades, y construido por la Sociedad anónima del canal de Urgel, en cuyo canal hay varias obras de importancia.

La longitud de este túnel es de 4.917,6 metros en el subterráneo de Monclar. Hé aquí la descripcion que el Sr. Riera hace en su obra *Manual de canales de riego*:

«Desde el mes de Mayo de 1856, en que quedó contratada la construccion de esta obra, hasta su conclusion, ni un solo dia, ni una sola hora se ha dejado de trabajar en ella con toda la actividad posible; pero desde ese momento tambien el arte no ha dejado de luchar un solo instante con la naturaleza.

Los trece pozos, cuya abertura la sociedad mediante subasta habia contratado, cuando tropezó con las graves dificultades que ofreció la construccion total del túnel, pozos que debian ser á un mismo tiempo medio de explotacion y medida de exploracion del terreno, requirieron que se les diesen mayores dimensiones y que se procediese á su entibacion y á