

coronamiento. Se trata de un proyecto de elevacion y de consolidacion del dique, que aumentaria mucho la capacidad de este hermoso depósito.

En Africa existen ya algunos depósitos, pero son poco numerosos. Citaremos solamente el de Sig y el de Marengo. Su dique es de tierra y tiene 24 metros de elevacion. Contiene 1.500.000 metros cúbicos, y se espera que riegue de 1.000 á 1.200 hectáreas.

Por demostrar al mismo tiempo la importancia de los depósitos como gran máquina de riego, y la posibilidad de multiplicarlos mucho en ciertos países, citaremos el ejemplo de la provincia de Madrás en la India inglesa.

El número de depósitos en explotacion en esta sola provincia excede de 40.000, segun los datos oficiales, y su producto anual se eleva á 37.500.000 pesetas. Algunos de estos depósitos ocupan una inmensa extension; el de Heramun, por ejemplo, tiene 9.000 hectáreas de superficie y sus diques 19 kilómetros de longitud. Produce por año al gobierno 288.000 pesetas. Otro depósito más pequeño ocupa 9.400 hectáreas; sus diques tienen 5.047 metros de longitud, su altura varía desde 4^m,80 á 7^m,90, contiene 84.942.000 metros cúbicos; riega 4.046 hectáreas y produce por año al gobierno 125.000 pesetas, de cuya suma hay que deducir 8 á 9.000 pesetas por gastos de conservacion y reparaciones.

EJEMPLOS DE PANTANOS ESPAÑOLES. No necesitamos ciertamente salir de nuestra patria para encontrar los mejores modelos de obras referentes á pantanos para riegos, admiracion de propios y extraños. Si hemos suministrado algunos datos extranjeros, ha sido para tener en cuenta el mayor número posible de elementos en este asunto, que, como ya hemos dicho y no nos cansaremos de repetir, es de mayor importancia aún para nosotros que el estudio de los canales; hay que pensar, en efecto, en construir el mayor número posible de pantanos para riegos allí donde lo permitan las condiciones naturales del terreno.

A pesar de tener entre nosotros los mejores modelos de esta clase, no son todo lo conocidos que debieran por los agricultores en general, y esto nos mueve á entrar en grandes detalles acerca de los mismos.

No hablaremos de los pantanos ni depósitos, como el ya indicado de Lozoya, para abastecimiento de agua á las poblaciones, ni tampoco de los que pudieran hacerse para aprovechar la salida del agua en mover artefactos, pues ambos asuntos no son propiamente de nuestra competencia y nos limitaremos única y exclusivamente á los pantanos que hay en España dedicados al riego.

PANTANO DE ALMANSA. El más antiguo de todos los pantanos españoles hoy existentes es el de Almansa, que si bien no puede citarse como un modelo, tiene en su abono, entre otras cosas, su abolengo.

La altura de su presa es 20,69 metros y descansa en una caja abierta en la roca del suelo y de los lados. Toda la presa es de fábrica con grandes sillares en sus caras. La parte inferior, hasta una altura de 14,59, tiene una forma circular con su convexidad hácia el depósito, para favorecer la resistencia al empuje de las aguas; el radio del círculo es 26,24 metros. Sobre esta base curva hay una construccion en línea quebrada que mide 89 metros de longitud. Por la orilla derecha de la vertiente se ha cortado la montaña en un ancho de 12 metros y una profundidad de 2 metros debajo de la cresta de la presa, y constituye el aliviadero para que salga el agua en exceso por este canal practicado en la roca.

La toma de agua consiste en una galería de 1 metro de ancho por 1 de alto, practicada al través de la presa en la parte inferior de la misma. En el macizo de ésta y por su cara exterior, hay un hueco, en el cual se ve una gruesa rosca de hierro, movil en una tuerca

fija, y en el cual se coloca el hombre que por medio de dicha rosca eleva la compuerta de bronce que cubre la galería de salida del agua, pues dicho hueco se encuentra precisamente encima de la galería. De otra suerte, hubiera sido preciso que la varilla motriz de la compuerta subiera hasta el alto de la presa, para poder desde allí abrir ó cerrar la compuerta, lo cual tendria grandes inconvenientes, pues si bien dicha varilla levantaria bien la compuerta, se doblaria al bajarla, á no ser de unas dimensiones extraordinarias.

La galería de salida tiene que estar siempre algo abierta en Almansa para impedir que el légamo ó las arenas la obstruyan, lo cual es un grave inconveniente, que veremos cómo se evita en otros pantanos.

Hay además otra galería para la limpia especial de las arenas y légamo, la cual recibe el expresivo nombre de *desarenador*. Esta se halla practicada en la parte más baja del fondo del pantano y cerrada por la parte interior de la presa con unas vigas, que el empuje mismo del agua mantiene en su sitio. Contra estas vigas se acumulan los depósitos de arena y de légamo, y concluyen por formar una capa casi impermeable. Cuando se quiere limpiar el pantano de las grandes cantidades sólidas que en él se depositan, se comienza por quitar estas vigas con precaucion, penetrando un hombre ó vários en el desarenador por la parte exterior del mismo, pues los depósitos de arena y légamo tienen bastante consistencia para mantener el agua. Entonces desde lo alto de la presa y con una larga barra movida por un torno, se perfora un agujero vertical en el espesor del depósito de arenas, por cuyo agujero se precipita el agua hácia el desarenador y arrastra con ímpetu el légamo y arenas. El desarenador de Almansa tiene 1,3 metros de ancho por 1,5 de alto: es demasiado estrecho, por lo cual su accion no llega á la distancia conveniente dentro del pantano.

Sin embargo de esto, se mantiene el pantano en buenas condiciones porque gracias al sistema de riegos, puede vaciarse dos veces por año; en cuyo caso, las aguas corren libremente por el fondo del mismo, y entonces se ayuda á brazo la reparacion de los depósitos.

En 1586 funcionaba ya este pantano, segun el documento auténtico más antiguo, y quizás entonces, con arreglo al texto del documento, que no es otra cosa que el reglamento de riegos, se comenzó la parte superior de la presa, ó sea la quebrada, que parece más moderna que la parte inferior, ó sea la curva.

El terreno regado por este pantano es unas 1.400 hectáreas, casi todas de cereales, á excepcion de algunos viñedos. Cada parcela recibe dos riegos por año, uno en otoño, al hacer la siembra, y otro en primavera, cuando el trigo está algo crecido, épocas en las que se vacia enteramente el pantano.

Este se halla alimentado por cinco manantiales naturales, que podrian regar unas 350 hectáreas; el año en que hay lluvias abundantes se llena el depósito y se pueden regar entonces de 850 á 950 hectáreas. Como esto no ocurre todos los años, y como de todas suertes no hay bastante agua para las 1.400 hectáreas, suelen regarse 700, dejando las otras 700 en barbecho.

PANTANO DE TIBI. El más importante de los pantanos destinados para riego que hay hoy en España, si bien no lo es entre los construidos con igual objeto, es el pantano de Tibi destinado al riego de la huerta de Alicante.

La ganganta de Tibi está formada por dos laderas de roca calcárea sumamente pendientes. Su ancho medio en el fondo es 9 metros y en la superficie 58. La presa es de fábrica revestida de sillares. Su altura, medida desde la arista superior del coronamiento

hasta el fondo del orificio superior del desarenador, es de 41 metros. Su altura, medida desde la misma arista hasta el fondo del orificio interior del mismo desarenador, es de 42,70 metros. Ha sido trazado en plano siguiendo un arco de círculo contra la presión de las aguas. Este arco de círculo, medido según la arista superior del coronamiento, presenta una cuerda de 58 metros por 4 de flecha, lo que corresponde á un radio de $107^m,125$. Los otros arcos son concéntricos á éste. El coronamiento tiene un ancho de 20 metros y una inclinación de 1 metro desde la cara interior á la exterior. El ancho de la presa en la base es 33,7. En la cara interior de la presa hay un talud de 3 metros, y en la exterior uno de 5,7, que con 6 gradas ó salientes que hace la fábrica, comprende la diferencia entre los anchos indicados de la cresta y la base.

En cuanto á la capacidad del depósito no se conoce de una manera positiva, pues no se han levantado nunca los perfiles transversales del terreno. Se sabe solamente que cuando está lleno hasta la cresta de la presa, la longitud del agua detenida es de 1.800 metros. Añadiremos, como resultado de una apreciación á simple vista, que el ancho del valle, medido á la altura de la cresta y no lejos de la garganta estrecha en que se halla la presa, parece poder fijarse en 300 metros. Se tendrá una capacidad aproximada del depósito considerándole igual á una pirámide que tendría una altura de 1.800 metros y una base triangular de 300 metros de lado por 41 de altura. Corresponde á estas dimensiones un volumen de 3.690.000 metros cúbicos, ó sea, en números redondos, 3.700.000.

Siendo, por otra parte, la superficie de la huerta de 3.700 hectáreas, el pantano, cuando está lleno, puede contener 1.000 metros cúbicos por hectárea, ó sea cerca de dos riegos, número suficiente anual para los cereales y las viñas. Pero este volumen se disminuye por las pérdidas que experimentan las aguas en el largo trayecto que tienen que recorrer ántes de llegar á la huerta.

El macizo de la presa está atravesado por pozos y galerías destinados á asegurar ya la toma de agua, ya la evacuación de los depósitos. Pero ántes de hacer su descripción es indispensable que hagamos conocer el régimen de las aguas y sus sedimentos en el interior del depósito.

El depósito está alimentado de una manera permanente por aguas de manantiales que nacen en los territorios de las aldeas de *Onil*, *Castalla*, *Ibi* y *Tibi*, que se dirigen todas al río *Monegre*; estos manantiales forman veintidos grupos enumerados en el reglamento del sindicato.

No poseemos su aforo; sabemos solamente por el reglamento que son susceptibles de proporcionar, en tiempo ordinario, un volumen de 128 litros por segundo en la parte superior de la huerta, es decir, después de un curso de 10 á 12 kilómetros por un lecho muy permeable.

Se puede, pues, evaluar en ménos de 200 litros por segundo el volumen que estos manantiales envían al depósito, volumen que no es excesivo atendiendo á que durante 9 meses sale una porción igual á la que dan los manantiales. Por encima de estas aguas, que son naturalmente límpidas, el depósito recibe las aguas de lluvias conducidas por los barrancos y las vertientes que corresponden á su cuenca. Cuando está lleno hasta la cresta, la longitud del depósito es de 1.800 metros. Siendo la altura de la presa 41 metros, se deduce que la pendiente media del lecho, en toda la longitud del depósito, es de 0,022 por metro. Esta pendiente torrencial es todavía más fuerte en las partes que se encuentran más hácia arriba y en los barrancos que afluyen lateralmente. Así las piedras, puestas en movimien-

to por las lluvias de tempestad, alcanzan dimensiones considerables. Hay barrancos donde ruedan peñas de 500 á 600 kilogramos. Las mayores de estas peñas se amontonan en el río *Monegre*, cerca de su confluencia, hasta que por los choques y el frotamiento se reducen á dimensiones más pequeñas. A una media hora de camino aguas arriba de la presa se encuentran todavía piedras gruesas como la cabeza; pero á medida que por el efecto de la detención se amortigua la velocidad de las aguas, las materias arrastradas van siendo más ténues. Finalmente, en la extensión misma del pantano no se deposita más que el légamo excesivamente fino. Estos depósitos de légamo son muy considerables. En 1843 hacía catorce años que no se había limpiado, y los depósitos se elevaban contra el muro de la presa á una altura de 100 palmos, ó sea $22^m,80$ (1 palmo = $0^m,228$). Desde entonces se estableció la regla de hacer regularmente la limpieza cada 4 años, y durante este período los depósitos se elevan á una altura de 12 á 16 metros.

PRESA DEL PANTANO DE TIBI. La toma de agua está dispuesta de la manera siguiente:

Un pozo de $0^m,80$ de diámetro está colocado en el espesor del macizo á $0^m,60$ de distancia del paramento de fachada interior.

Este pozo no es completamente vertical. Sigue el talud de $\frac{3}{4}$ dado al paramento exterior, de manera que el espesor de $0^m,60$ sea siempre el mismo.

Sobre toda la altura del pozo están colocadas barbacanas; éstas van por pares; cada una de ellas tiene $0^m,41$ de ancho y $0^m,22$ de altura. Las dos barbacanas corresponden á una misma línea horizontal, están espaciadas á $0^m,30$; la distancia vertical que separa dos pares consecutivos es de $0^m,41$. Tiene en todo 51 pares.

El primer par comienza á $6^m,88$ debajo de la cresta; el último se detiene á 2 metros encima del fondo, y hay además en la parte baja del pozo una gran abertura cuadrada de 1 metro de lado, formada por dos gruesas piedras talladas de $\frac{1,00}{0,50}$ que permiten en los períodos de limpieza penetrar por abajo en la galería de que hablaremos muy pronto. Cada una de estas gruesas piedras talladas lleva en el medio una barbacana. Esto hace en junto 104 barbacanas que horadan el pozo en toda su altura.

Por esta disposición las aguas pueden entrar en el pozo, cualquiera que sea la altura del légamo sedimentado, y las dimensiones de las barbacanas son bastante pequeñas para que los cuerpos flotantes de alguna importancia no puedan introducirse.

El pozo está continuado en la parte baja por una galería horizontal de poca pendiente, que conduce las aguas fuera del macizo de la presa. Al principio había sido establecida esta galería en el centro mismo de la mampostería, en el plano vertical que pasa por el pozo. Se ve aún en el paramento exterior de la presa las dovelas que designaban el contorno; pero en esta posición estaba demasiado cerca de la galería de limpieza de que nos ocuparemos luego; había de una á otra filtraciones que hicieron concebir algunos temores, y se decidió cubrir completamente de mampostería la galería de toma de agua y darle otra dirección.

Hoy esta galería está trazada en su punto de partida, paralelamente al paramento interior de la presa hasta el punto en que encuentra la roca natural que forma la base. Llegada allí, se vuelve en sentido del thalweg, y se perfora un túnel en la roca misma. Esta galería en túnel tiene $0^m,60$ de ancho y $1^m,70$ de alto.

La salida de las aguas se regula por medio de una compuerta colocada á la extremidad inferior de la galería.

A este efecto, ésta se estrecha de manera que no presente más que una abertura de $0^m,54$

de ancho por por 0^m,70 de alto, en la cual están colocadas la compuerta y sus correderas. Esta compuerta lleva una cremallera dentada y se pone en movimiento con ruedas de engranaje que se hacen funcionar en una pequeña camareta situada encima y cavada en la misma roca.

De este modo se regula con gran facilidad la cantidad de agua que debe dedicarse á los riegos.

En cuanto á la compuerta misma es de bronce, su espesor es de 5 centímetros, y sus dimensiones, no comprendida la porcion que se introduce en las correderas, ó mejor dicho, las del hueco correspondiente al cuadro de las correderas, son de $\frac{0,44}{0,66}$. En un ángulo del cuadro ha sido colocada una pequeña escotadura de forma que, áun cuando la compuerta esté cerrada, escape siempre un ligero filete de agua para impedir al légamo en suspensión que sujete la compuerta en las correderas y atasque la galería.

DESARENADOR DEL PANTANO DE TIBI. La galería del desarenador está colocada en el eje mismo del thalweg, y atraviesa en línea recta de arriba á abajo el macizo de las mamposterías de la presa. Su orificio interior es de 1^m,80 de ancho y 2^m,70 de altura. Es un agujero relativamente muy estrecho, pero cuyas dimensiones han sido sin duda prescritas por la conveniencia de dejar una resistencia suficiente á las piezas de madera que le cierran. Este agujero no tiene, por lo demas, sino 2^m,70 de longitud. Inmediatamente despues, la galería tiene un ensanchamiento brusco de 0^m,60 en altura y en los lados, y su seccion se encuentra elevada á 3 metros de anchura y 3^m,30 de altura. A partir de aquí, la seccion va ensanchando progresivamente por inclinaciones dadas á la vez al fondo, á las paredes y á la bóveda, y acaba por tener en su extremidad exterior 4 metros de ancho y 5^m,85 de altura.

Llamamos la atencion sobre la notable disposicion de este ensanchamiento continuo en los cuatro lados de la seccion, disposicion cuya importancia parece haber escapado á los constructores de presas-depósitos establecidas posteriormente. Cuando al principio de la operacion de limpieza el légamo se escapa del orificio, compacto y á caño lleno, esta disposicion tiene por objeto permitir al légamo lanzado esparcirse constantemente; en ningun sentido puede comprimirse ni apretarse, y no corre el riesgo de detenerse á mitad del camino de la galería, formando una especie de tapon que despues sería imposible atacar sin exponer á los obreros á una muerte cierta.

El desarenador está cerrado de la manera siguiente: tiene un *porton*, un *contra-porton* y puntales. El porton está formado de piezas de madera de pino de $\frac{0,30}{0,30}$ escuadra, colocadas verticalmente, unidas á largueros y calafateadas. Penetra por arriba y abajo en dos ranuras practicadas una en el fondo y otra en la bóveda. Para colocarla en su sitio se hace entrar en las ranuras las piezas de madera unas despues de otras y se las une. La una, que forma llave, es un poco más corta que las otras, y no penetra en la ranura superior. Se calafatean en seguida todas las juntas.

El *contra-porton* está puesto inmediatamente detrás del porton. Está formado de piezas de madera de la misma escuadria, colocadas horizontalmente é introduciéndose en ranuras verticales practicadas sobre los piés derechos. Estas piezas de madera no están unidas ni calafateadas, no llegan completamente hasta el nacimiento de la bóveda, queda un hueco que sirve para hacerlas entrar y salir en las ranuras.

Detras del *contra-porton* hay tres pilotes verticales introducidos sobre el pavimento en

entalladuras y mantenidos en su sitio por medios calzos contra el intrados de la bóveda. Cada pilote está doblado por dos tornapuntas que obran sobre él y contra el fondo del canalizo en entalladuras practicadas á este efecto. El fondo, paredes y bóveda del canalizo están contruidos con grandes piedras de talla.

Veamos ahora el modo de limpiar dicho depósito, pero antes diremos que no parecerá muy minuciosa la descripcion que hacemos, recordando que la operacion es poco conocida y muy peligrosa, y que sus resultados están consagrados por una larga experiencia. Es el caso de no retroceder ante la minuciosidad de detalles, porque pueden prevenir grandes catástrofes. Lo que sigue está escrito por Aymard casi bajo el dictado del director actual de los trabajos Sr. Rovira, que ha presidido la última limpia, y bajo la del guarda de la presa, que ha ejecutado un gran número de ellas: éste vive en la comarca hace muchos años, y ha sucedido á su padre en este empleo.

LIMPIEZA DEL PANTANO DE TIBI. Hemos dicho más arriba que la limpieza no se hacia antes sino con largos intervalos cuando el légamo habia llegado á más de 20 metros de altura, pero que hoy dia se hace con regularidad cada cuatro años para alturas de légamo de 12 á 16 metros. Durante este tiempo, este légamo, que es muy fino, se aglutina y toma cierta consistencia. En la mayor ó menor consistencia está la posibilidad de la operacion; así no se podrá hacer probablemente todos los años, no habiendo tenido tiempo el légamo de aglutinarse lo suficiente.

La primavera es la época que se elige para hacer las limpiezas, porque entonces los mantiales naturales que alimentan el depósito son abundantes y la corriente bien mantenida. Es preciso, sin embargo, para obtener buen éxito, que haya sobre el légamo 3 ó 4 metros de agua depositada.

Los operarios penetran por la parte de abajo en la galería de limpieza y levantan primero las tornapuntas, los piés derechos y las piezas de madera horizontales que forman el contraporton; no queda más que el porton propiamente dicho. Se comienza por practicar un agujero en el espesor de esta puerta, á fin de conocer el estado de dureza del légamo; á los cuatro años, son siempre bastante resistentes para que se pueda sin peligro ir adelante. Se quita la madera poco á poco alrededor de las paredes de la galería. Si por casualidad se manifestase un movimiento, sería una prueba de que la masa del légamo descende; las maderas no resistirian mucho tiempo á la presion y la limpieza se acabaria sola sin otra operacion, teniendo los obreros tiempo suficiente de escaparse por la galería.

Pero no sucede así; comunmente las maderas se quitan poco á poco por pura precaucion, y cuando se está positivamente seguro de que no habrá movimiento en la masa, se acaban de cortar rápidamente. Entonces se presenta una pared vertical de légamo aglutinado.

Terminada abajo esta primera operacion, se sube al coronamiento de la presa. Se instala en él una gran pieza de madera, llevando á su extremidad una polea que se adelanta sobre el depósito y á plomo sobre la galería de limpieza. Se coloca un torno en la parte superior de la presa y con su auxilio y el de la polea citada se mueve una larga barra de hierro acabada en punta por el extremo inferior y en un anillo por el superior, al cual se ata la cuerda movida por el torno: dicha barra tiene unos 18 metros de longitud y 0,06 de lado, y pesa unos 500 kilogramos.

Hay que notar, que en razon de la posicion que ocupaba en la garganta el porton de madera demolido, hay siempre un cierto espesor de légamo entre el agujero perforado con