de mampostería y en ésta son colocadas las viguetas acanaladas de hierro por donde corre la lámina de acero. Esta última, cuyo espesor y medidas son variables, estará reforzada por los nervios *n n* que le dan mayor solidez y mantienen su forma invariable. El vástago *v* está fuertemente remachado á la lámina desde el punto en que se cruzan los nervios *n n*, lo que tiene por objeto que la tracción no ejerza en un solo punto, sino que se reparta á toda la lámina por medio de los nervios mencionados.

El vástago tendrá una sección proporcional á los esfuerzos que haya de desarrollar, y su longitud dependerá de la altura de la cortina, puesto que el mecanismo para operar las compuertas quedará situado en la parte superior.

Ahora, el medio empleado para elevar la compuerta puede reducirse á una combinación de engranes y piñones que, obrando sobre una cremallera fija al vástago efectuarán el ascenso ó descenso de éste y por tanto de la compuerta.

Otro medio más sencillo que el anterior consiste en verificar el movimiento de la compuerta por medio de un tornillo y para esto se le forma al vástago una rosca que comprenda una longitud igual al claro que la compuerta deba dejar estando enteramente abierta. La tuerca queda fija en un cuartón de madera dura, de dimensiones suficientes y recibido en la mampostería, terminando el vástago en la parte superior en una rueda que se hace girar para uno ú otro lado según se desee abrir ó cerrar la compuerta; este es el caso que representamos en la fig. 15.

Amplitud de los desagües.—Tratada aunque ligeramente la cuestión relativa á desagües, no terminaremos

sin decir algo que precisa conocer para dar á éstos la amplitud necesaria.

Ya hemos indicado de un modo general, que la amplitud de un desagüe deberá ser tal que permita el paso total del agua susceptible de llegar al vaso en tiempo de las crecientes máximas. Así pues, tendremos que averiguar desde luego la descarga de las corrientes que abastecen el depósito, pero entiéndase bien, la descarga en las mayores crecientes.

Los métodos empleados para determinar el gasto ó cantidad de agua que pasa por segundo en un canal, un arroyo ó un río de forma muy irregular, se basan en cálculos más ó menos complicados y laboriosos que no mencionaremos aquí, desde el momento en que este Boletín no será dedicado á los ingenieros, sino á los agricultores del país, cuya mayoría necesitan datos claros y prácticos que puedan aplicar por sí mismos sin que tengan que emprender estudios y cálculos defíciles de hacer sin una larga y previa preparación. Apoyándonos pues en esta consideración, procuraremos explicar con la mayor claridad, el medio más sencillo para averiguar el gasto de una corriente cualquiera.

Si en un canal de sección rectangular se supone congelada de súbito el agua que conduce, quedará ésta con la forma de un prisma cuyo volumen será fácil averiguar, multiplicando su base por su altura; siendo la primera igual á la sección transversal del prisma y la altura igual á la distancia recorrida por el agua en un segundo, pues suponemos también, que el trozo de hielo sigue corriendo con la misma velocidad del agua. En esto se basa la fórmula general $Q = V \times S$, en que Q es el gasto que tratamos de averiguar, V la velocidad del agua y S la sección transversal de la corriente.

La velocidad del agua es muy variable según el punto en que se considere, pues en el fondo y paredes del canal la marcha del agua es retardada notablemente por la fricción del terreno. En la superficie el rozamiento del aire retarda igualmente la velocidad aunque mucho menos que en el primer caso y finalmente la mayor velocidad viene á quedar comprendida entre los dos tercios y los tres cuartos de la profundidad total contados del fondo hacia la superficie.

Independientemente de la profundidad, la velocidad es notablemente influenciada por la naturaleza del fondo y paredes del canal, lo que se comprende fácilmente puesto que el agua no encontrará la misma resistencia para correr en un canal de cemento, de madera, de mampostería, de tierra ó en un arroyo de fondo irregular y pedregoso. Debido á estas consideraciones, la determinación de la velocidad media de una corriente es objeto de cálculos más ó menos laboriosos, habiendo sido necesario múltiples y diversos experimentos para llegar á formularlos. Para nuestro objeto sólo nos limitaremos á decir que en la práctica se han simplificado los procedimientos, determinando la velocidad en la superficie y multiplicándola por un coeficiente que varía de 0.70 á 0.80 según sea la naturaleza del fondo y paredes del canal.

Al hacer uso de este sencillo procedimiento necesitaremos la velocidad media máxima en la superficie, no conviniendo por tanto los flotadores de compensación ó sean aquellos que flotan por un extremo llevando el otro hundido á cierta profundidad. Tampoco deberán usarse cuerpos que aunque floten por su ligereza, sean muy voluminosos, porque el aire les ofrecerá cierta resistencia ó acelerará su marcha, dando en ambos casos

resultados falsos, y lo mejor será usar laminillas de corcho muy delgadas, hojitas secas ó rodajas engrasadas de cartón delgado. El modo de conocer la velocidad ya tantas veces mencionada es bien sencillo, bastará medir una distancia de cuarenta, cincuenta y más metros, en el tramo del canal en que la corriente sea más uniforme y observar con el reloj en mano el tiempo que el flotador tarda en recorrer esa distancia, haciendo esta operación varias veces para tomar el promedio de ellas. Conocido esto se dividirá la distancia recorrida entre los segundos transcurridos para tener el camino recorrido por segundo.

Ahora para determinar la sección, será cuestión de tomar la profundidad media del agua y multiplicarla por el ancho de la corriente. Si el canal fuere de sección rectangular ó trapezoidal, la operación se simplifica mucho, pero tratándose de una corriente muy irregular será necesario para determinar su sección apelar á un sondeo que se hará á distancias uniformes y tan próximo como sea preciso según la anchura del canal. Para esto se atravesará una regla graduada ó una cinta perpendicularmente á la corriente, cuidando que quede en posición horizontal; después se principiará de una margen hacia la opuesta tomando las profundidades del agua cada cincuenta centímetros, cada metro ó más según la exactitud que se desee. Las profundidades mencionadas se tomarán con ayuda de una regla graduada que se tendrá cuidado de introducir verticalmente, en la que se harán las lecturas correspondientes en su punto de intersección con el nivel del agua. Tomando después el promedio de todas las lecturas que nos representa la profundidad media se multiplicará por el ancho de la corriente al nivel del agua, con lo que tendremos

su sección transversal aproximada. Para mayor exactitud convendrá recurrir á la fórmula de Simpson.

Lo que hemos dicho anteriormente es aplicable de un modo general para determinar el gasto de una corriente actual, mas para llegar al mismo conocimiento respecto de un arroyo ó arroyos que no corren sino en ciertas épocas del año, que es el caso que se ofrecerá más frecuentemente para graduar la amplitud que debemos dar á los desagües de una presa, la cosa cambia, puesto que entonces ni la velocidad ni la sección podrán determinarse de un modo directo.

Para averiguar el gasto, en el segundo caso, será del todo necesario recurrir á cálculos algo más complicados que los anteriores pero que, sin embargo, no ofrecen gran dificultad.

Para conocer la sección de un arroyo seco tendremos que apoyarnos en las señales que en sus márgenes han dejado las mayores crecientes y en los informes que pueden suministrarnos los ancianos de la localidad, quienes siendo buenos conocedores de aquélla, nos podrán indicar la altura máxima de las crecientes, con cuyo dato sobre el terreno mismo podremos determinar la sección por medio de una sencilla nivelación transversal de la corriente.

Respecto á la velocidad, desde el momento en que no podremos servirnos del método de flotadores, habrá que deducirla por el cálculo, á cuyo efecto han sido propuestas infinidad de fórmulas, entre las cuales la de más aceptación es la de Kutter, á la que nos vamos á referir.

Sin entrar en consideraciones respecto al origen y desarrollo de la fórmula, basta dar aquí la final que se expresa:

$$V = C. \sqrt{R. S.}$$

en que V es la velocidad, C representa un coeficiente cuyo valor depende de la naturaleza del fondo y paredes del canal, R es el radio medio ó radio hidráulico y S que en este caso nos indica el desnivel de la corriente por metro lineal.

Conocida la fórmula vamos á indicar ahora cómo se determinan sus factores.

Desde luego el valor de C sólo ha llegado á conocerse después de varios experimentos y laboriosos cálculos practicados por notables ingenieros, existiendo para la fecha tablas calculadas á este respecto, de donde tomamos los siguientes valores de C para ríos, desagües, acequias y en general para corrientes de sección irregular.

Corrientes en cascajo ó en tepetate duro...	C = 0.020
Corrientes uniformes con declive y dirección poco variable, sin piedras ni hierbas.....	C = 0.025
Corrientes con piedras y hierbas de trecho en trecho.....	C = 0.030
Corrientes con desnivel y dirección irregular, con muchas hierbas y piedras.....	C = 0.035

Denomínase radio hidráulico, al producto que resulta de dividir el área de la sección por el perímetro mojado.

Ya hemos dicho que el área se conocerá ó practicando un sondeo ó una nivelación transversal á la corriente, y respecto al perímetro mojado es lo mismo que decir, la línea que demarca el fondo, las paredes laterales en contacto con el agua; lo primero es una superficie, lo segundo una línea, por lo que creemos no habrá dificultad en distinguirlas, para la determinación del radio medio.

La inclinación de la corriente por unidad lineal, sólo podrá encontrarse practicando una nivelación, á lo largo de la línea central del canal, y entre dos puntos separados entre sí á una distancia cualquiera, 100 metros por ejemplo; conocida la diferencia de altura entre ellos lo dividiremos entre 100 para tenerla referida á la unidad.

Con las aclaraciones que hasta aquí hemos hecho creemos que la aplicación de la fórmula antes mencionada se facilitará á cualquiera, y si además se da á los desagües una amplitud algo mayor que los indicados por el cálculo, la seguridad de la presa será un hecho con respecto al punto que venimos tratando.

Para terminar este punto fáltanos decir que cualquiera que sea el sistema de compuertas ó desagües empleados, deberán reunir las siguientes condiciones: 1.° ser de funcionamiento seguro; 2.° de forma y material que aseguren su duración; 3.° que sean de fácil operación; 4.° que sean económicas, y 5.° que aseguren un desagüe suficiente.

Compuertas de toma y canales de descarga

Los medios para dar salida al agua almacenada, para su aprovechamiento en la cantidad y tiempo deseados pueden ser muy variables según las condiciones y magnitud de los depósitos; la elección del sistema que deba adoptarse es no obstante de la mayor importancia.

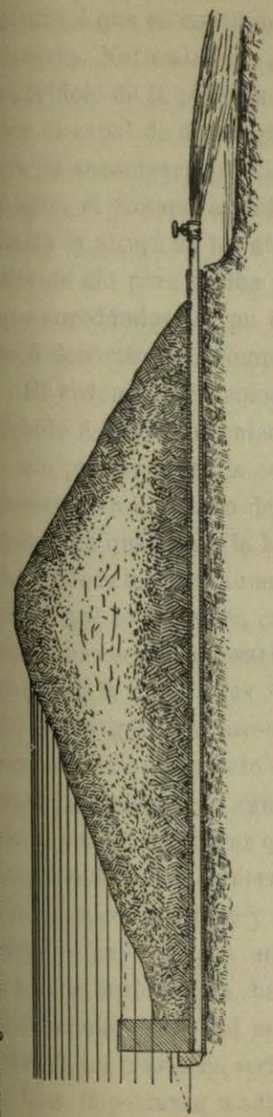
En presas de poca importancia es frecuente el empleo de válvulas ó llaves de fierro de dimensiones convenientes para que permitan una descarga apetecida. Generalmente estas válvulas quedan adaptadas al extremo de un tubo de fierro hacia el exterior del depósito, mientras que el extremo del tubo mencionado se mantiene siempre abierto al lado del agua.

Esta disposición tan sencilla que facilita en extremo la manipulación para dar salida al agua que estrictamente se desea, tiene sin embargo sus inconvenientes, entre los que se pueden señalar: la probable obstrucción del tubo y las filtraciones que pueden producirse á lo largo de las caras exteriores del mismo, debido á la difícil unión del material de que éste está construído y la tierra del bordo. Debemos advertir no obstante que la obstrucción del tubo sólo podrá ocurrir cuando el nivel del agua en el depósito descienda hasta el suyo y aun en este caso sería fácil evitarlo dotando la entrada del agua de una caldera de claros bastante grandes que sólo impidan la entrada á cuerpos muy voluminosos. Y en cuanto á las probables filtraciones á lo largo del tubo se podrán remediar si se tiene cuidado de recibir el tubo en hormigón, formándole salientes é irregularidades que permitan una buena trabazón con el material del bordo.

De emplear este sistema convendrá que el extremo interior del tubo quede recibido en un muro de mampostería, á baño flotante de cemento y para mejor inteligencia representamos en la fig. 13 un corte en que los detalles son más apreciables.

La disposición de que hemos hablado la hemos visto aplicada en una pequeña presa perteneciente á la Compañía Agrícola y Ganadera del Río de San Diego, en el Estado de Coahuila, la que ha venido funcionando con entera satisfacción desde hace más de siete años.

Otra forma para dar salida al agua se ilustra en la fig. 14. En este caso se ha construído un canal de mampostería por debajo del bordo, comunicado con una torre del mismo material que sube hasta el coronamiento de aquél, en que se coloca el mecanismo destinado á elevar



Estación Agrícola de C. Juárez.

Fig. núm. 13

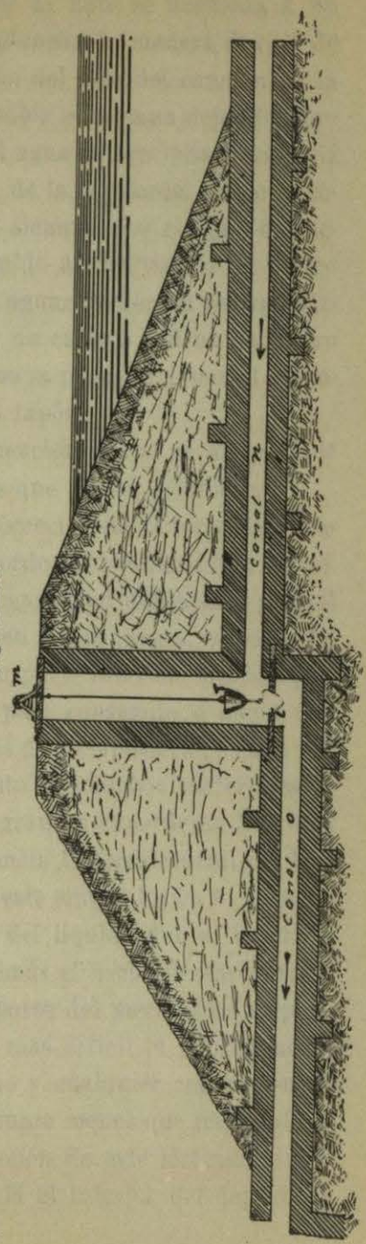


Fig. núm. 14

el trompo macizo de hierro T. Este se acomoda á un orificio practicado en una plancha de madera dura ó de piedra *i* que es continuación del piso del canal *n* de la derecha. Naturalmente al subir el trompo dejando libre el orificio de la plancha *i* el agua se precipita para salir por el canal de descarga *o*, de la izquierda. Como la torre se encontrará invadida siempre por el agua del depósito, el trompo estará unido á una varilla de hierro hasta la altura de las altas aguas, pudiendo reemplazársele de ahí para arriba por un cable ó cadena de hierro que enredándose en un torno *m* puede efectuar el ascenso ó descenso del trompo ó tapón.

El sistema que hemos mencionado no es aconsejable debido á los inconvenientes que vamos á indicar.

En primer lugar la construcción de la torre de mampostería en el centro del bordo lo debilita desde el momento en que altera la homogeneidad del mismo, é igual cosa puede decirse, aunque en menor escala, respecto del canal que lo atraviesa en su parte inferior. Muchas precauciones serán necesarias para conseguir la mejor trabazón de la tierra y las obras de mampostería, siendo por tanto un gran inconveniente que ambos materiales se encuentren en contacto en grandes superficies. Por otra parte, al penetrar el agua hasta la torre central del bordo se puede considerar que este simple hecho lo debilita, atendiendo á los esfuerzos del líquido que se manifiestan en todos sentidos y además el hecho de encontrarse siempre bajo el agua una parte del mecanismo empleado para darle salida, hará más difícil la manipulación ó funcionamiento del mismo y cualquier reparación en caso de un trastorno sería punto menos que imposible.

Una importante modificación de este sistema consiste en disponer la torre hacia el interior del depósito y

enteramente independiente del bordo, como se ve representada en la fig. 15. De esta suerte, la obra de mampostería en nada perjudica la solidez de la cortina y el medio empleado para expulsar el agua puede disponerse del mismo modo que lo hemos descrito anteriormente ó empleando para ello una pequeña compuerta de acero, que es el caso que representamos en la mencionada figura, en la que hacemos aparecer además la proyección horizontal de la compuerta y canal de descarga.

Desde luego por la proyección horizontal podrá verse que la torre de la compuerta lleva un claro hacia el frente del depósito en que se coloca generalmente la compuerta y vástago que sirve para elevar por medio de una rueda, que haciéndola girar en uno ú otro sentido produce el ascenso ó descenso de la lámina en virtud de una rosca practicada en el mismo vástago que atraviese una tuerca fija en un fuerte cuartón de madera M sólidamente empotrada en el coronamiento de la torre. Esta última, cuya construcción deberá hacerse con mampostería de primera clase unida con mortero hidráulico y con las dimensiones convenientes, podrá constar de varios cuerpos cuyas dimensiones se irán reduciendo gradualmente á medida que aumente en altura. Como se ve en la proyección horizontal á que nos referimos, la torre presentada consta de tres partes indicadas por sus proyecciones *a, b, c,* en la parte inferior y á nivel de la plantilla queda recibido un tubo de fierro que puede atravesar hasta el lado opuesto del bordo ó descargar en un canal abovedado de mampostería que es el caso representado en la figura. Como se verá por la misma se ha dotado á dicho canal de salientes irregulares de trecho en trecho para facilitar su unión por el resto del bordo é impedir así futuras filtraciones. Por últi-

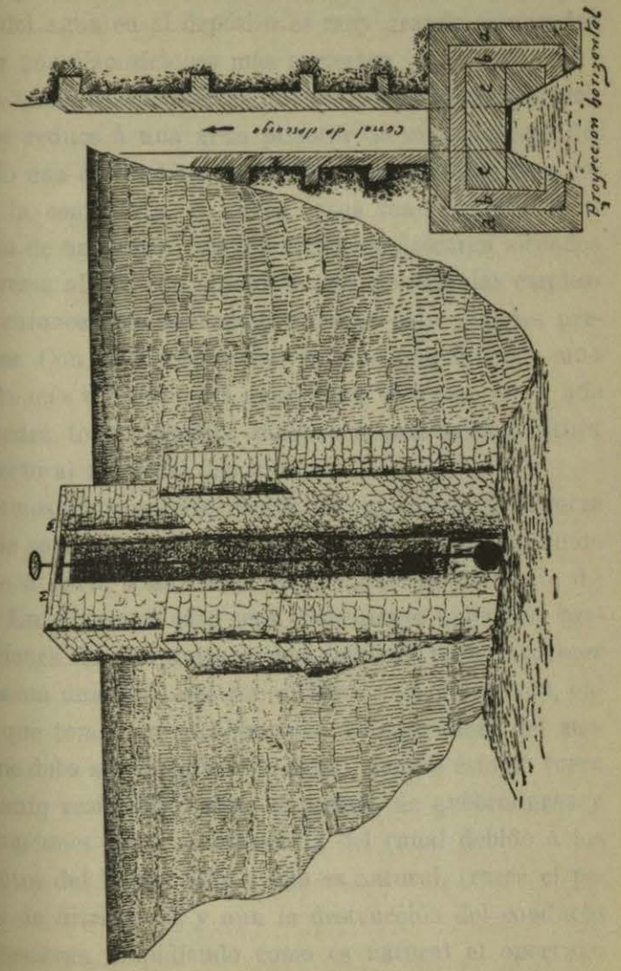


Fig. núm. 15

mo, como en esta disposición queda la torre separada del bordo por un espacio ocupado por el agua se construye generalmente un puente de servicio B que da acceso á la compuerta.

En presas más importantes ó sea cuando la profundidad del agua en el depósito es muy grande, convendrá optar por disposiciones más perfectas.

La torre de compuertas que en el último caso descrito, se reduce á una gran pilastra de mampostería llevando una cavidad en uno de los costados, donde se coloca la compuerta, en otros casos toma la verdadera forma de una torre con conductos de descarga situados á diversa altura con objeto de que las válvulas empleadas entonces, no se hagan trabajar bajo grandes presiones. Con esta disposición se consigue también una salida más uniforme del agua desde el momento en que se podrá tomar aquélla siempre á una misma altura respecto al nivel del depósito.

Hemos dicho anteriormente que de la base de la torre puede partir un tubo de hierro que atraviese el bordo de parte á parte ó un canal de descarga propiamente dicho. En el primer caso será conveniente tomar las precauciones de que antes hemos hablado para favorecer la buena unión de éste con el bordo; en el segundo, habrá que tomar en consideración la naturaleza del suelo que deba servir de base al canal, pues si éste no fuera bastante resistente habrá el peligro de quebraduras y desviaciones de la mampostería del canal debido á los asientos del bordo. Este, como es natural, traerá el peligro de filtraciones y aun la destrucción del conducto de descarga, impidiendo como es natural el oportuno aprovechamiento del depósito.

La fig. 16 ilustra la compuerta de que acabamos de

hablar y que se adopta con buenos resultados en presas de mayor importancia. Los diferentes conductos *a, b, c, d,* se encuentran á alturas diversas, de suerte que permitan tomar el agua á diferentes niveles ó más bien dicho siempre á una altura aproximadamente igual para poder regularizar una salida uniforme, debido á la presión más ó menos constante ejercida por el agua en las válvulas de escape. Como se ve, cada una de éstas podrán ser operadas por un empleado que por medio de una escalera empotrada á uno de los paramentos interiores de la torre tendrá acceso á éllas y finalmente, para disponer del agua contenida en la presa, cuando el nivel haya descendido hasta encontrarse debajo de la última válvula, se empleará ó una compuerta pequeña de tornillo, como la descrita en la fig. 15, ó el mecanismo descrito en la fig. 14.

Cualquiera que sea la forma de torre de compuertas empleado, sucederá muchas veces, al tratarse de bordos de gran altura, que si se quisiera llevar adelante la recomendación de situarlas enteramente independientes del bordo, la distancia que las separaría de la cortina sería tan grande que el puente de servicio para llegar á la torre sería demasiado largo, costoso y difícil de construir, por lo que se ha recurrido á acercar la torre aun cuando venga á quedar adentro del bordo, como se ve en la fig. 17. En este caso los tubos que toman el agua á diversas alturas quedan recibidos en el bordo y van á terminar en el paramento inclinado del mismo.

Otra reforma, aunque menos importante que la anterior, consiste en acercar la torre hacia el bordo de manera que aquélla sólo quede parcialmente empotrada en el primero, como se verá en la proyección horizontal que se ilustra en la fig. 18, para cuyo efecto se han cons-

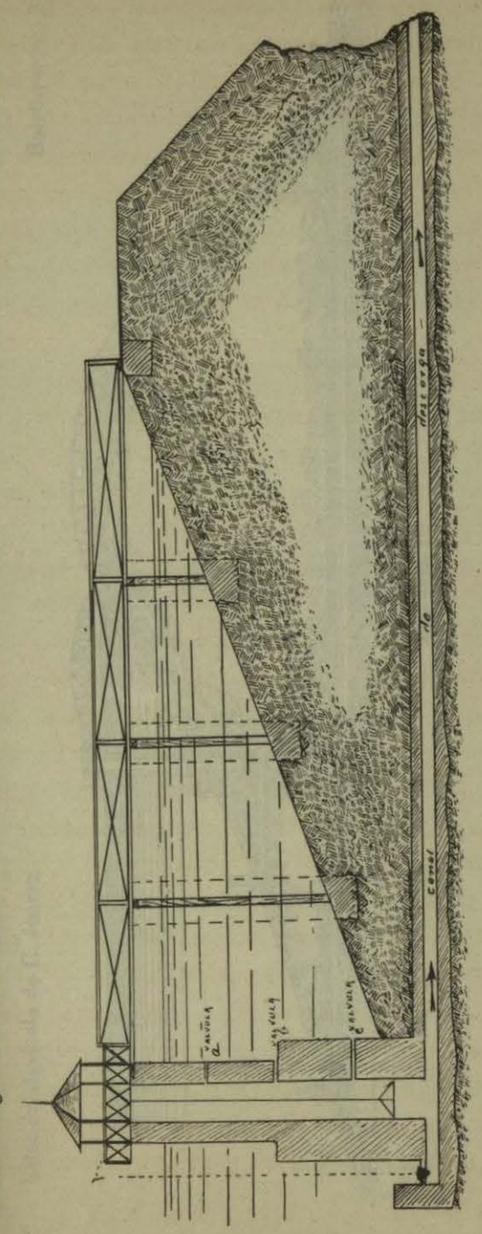


Fig. núm. 16

Estación Agrícola de C. Juárez.

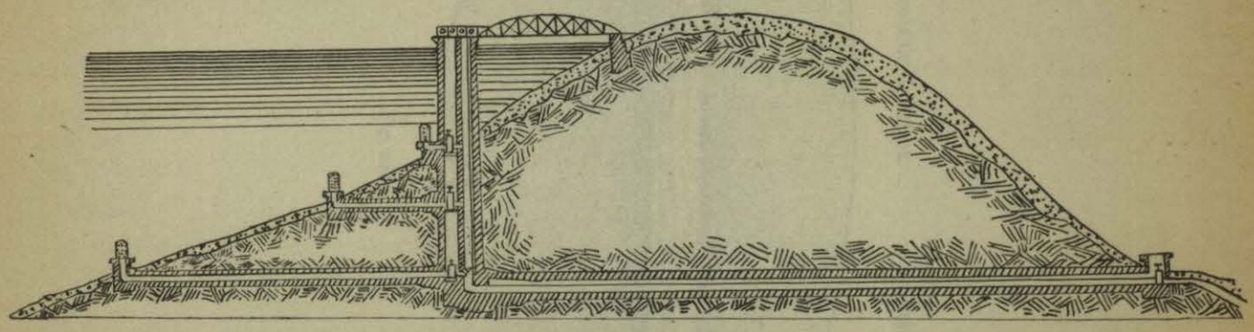


Fig. núm. 17

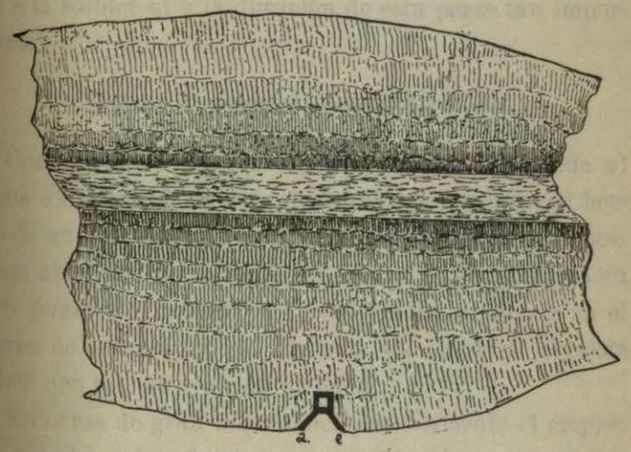


Fig. núm. 18