LAS INSTALACIONES DE SEGURIDAD I ESPLOTACION DE LOS TRANQUES

POR

DR. P. KRESNIK

Injeniero i profesor de las Escuelas de Agricultura i Politécnica de Viena

(Traducido del aleman por CARLOS EHLERS-DUBLÉ.—Injeniero)

El aumento de la poblacion i de la agricultura en territorios estensos i la necesidad de acrecentar i asegurar los productos del suelo en la misma superficie, i finalmente las numerosas pretensiones de la humanidad, llegada a cierta altura en la civilizacion, exijen mayor consumo de agua. En rejiones en las cuales el agua no puede obtenerse en abundancia i contínuamente por medios naturales, a saber: fuentes, arroyos o lagos, debe tomarse la precaucion de almacenarla para las estaciones pobres de agua i secas, aprovechando la época de las lluvias. De un modo especial se realizan estos propósitos, formando lagos artificiales, cerrando valles en sitios convenientes por medio de *tranques*. * Así se puede obtener el agua necesaria para satisfacer las siguientes necesidades: 1) para riego de te-

* He preferido usar la palabra chilena "tranque" en lugar de la palabra castellana «presa», porque lo que se concibe en Chile bajo tranque, traduce fielmente el concepto de Kalsperre, objeto de que trata el presente estudio. C. E. D.

rrenos cultivados; 2) para la provisiou de agua en ciudades; 3) para aprovechar la fuerza motriz en instalaciones de motores hidráulicos i turbinas, i 4) para alimentar canales de navegacion. Naturalmente puede servir una represa formada por un tranque simultáneamente para varios de los fines mencionados.

Cuando las circunstancias locales son de tal naturaleza que se puede obtener con un tranque de mas o ménos veinte metros de altura una represa bastante grande, pocas veces sufrirá objecion un proyecto, debido a temores de inseguridad o peligro, naturalmente suponiendo siempre una ejecucion racional de la obra i observando las reglas del arte.

Pero el asunto cambia de aspecto cuando entran en consideracion para formar represas, tranques enormes que se elevan hasta mas de sesenta metros sobre el terreno natural. Para evitar en este caso todo peligro para la vida i la propiedad de los pobladores de las partes bajas del valle, que sin duda alguna se establece con una construccion de estas dimensiones, es indispensable observar la precaucion mas grande hasta en los mínimos detalles, por insignificantes que parezcan. Aunque ya varios tranques se han derrumbado ocasionando graves perjuicios, por no haber podido resistir a los torrentes i crecidas estraordinarias de agua, el estado actual de la teoría i práctica de la injeniería, las esperiencias i estudios hechos en las obras destruidas, permiten construir, aun los tranques mas elevados, con completa seguridad.

I.—PRECAUCIONES PARA LA CONSISTENCIA DE LOS TRANQUES

Para obtener la seguridad respectiva deben ser ante todo firmes: *el sub-suelo* i *los cimientos* del tranque; ademas debe tener el macizo que sobresale del terreno natural una *seccion trasversal calulada segun las reglas de la estática* i ser construida con suma precaucion. Debe evitarse todo *exceso de agua sobre el nivel máximo de agua consultada.* Finalmente es reco-

mendable una *instalacion telegráfica de señales* entre el tranque i las poblaciones situadas mas abajo.

1. Cimientos.—Sea en primer lugar tomado en consideracion un tranque de:

a) Albañilería.—Este material es aplicable tanto a las construcciones de poca elevacion como tambien a las mas altas. La albañilería debe unirse con el sub-suelo de manera que forme, en cuanto sea posible, una masa homojénea. Unicamente se obtiene esto en el caso en que el tranque tenga sus cimientos en roca. El objeto principal que se persigue con esto, es quitar al agua toda probabilidad de escape por filtracion hácia el lado del valle por la línea que forman los cimientos con el terreno natural. Miéntras mas alto sea un tranque, con mas precaucion debe prevenirse una filtracion; porque el agua que se encuentra bajo gran presion, puede socavar pequeñas partes del terreno ántes sólido i de esta manera quitar a la construccion poco a poco su base, despues de lo cual vendria su derrumbamiento.

El tranque de *Almansa*, por ejemplo, el mas antiguo de España, que presta servicios desde 1586 (20.70 m. de altura), tiene sus cimientos en toda la estension de su base en roca calcárea, como tambien el tranque de *Alicante o Libi* (de 41 m. de altura), construido a fines del siglo XVI. Estas construcciones han dado ya sin duda alguna la prueba de la solidez de sus cimientos. *

La construccion de un tranque de gran altura en terreno de de aluviones con sus cimientos sobre pilotes, demostró en el tranque de *Puentes*, construido entre los años 1785-1791, de una manera funesta la falta cometida. De una elevacion de cincuenta metros i con una seccion trasversal mas de lo suficiente, se derrumbó el tranque, al cabo de un período de 10 años, el 30 de Abril de 1802, por socavacion causada por una crecida es-

* Zoffi i Torricelli, *Annali di agricoltura*, 1886-1888.

traordinaria, pero que siempre permaneció 3 metros bajo el nivel del coronamiento del tranque. La albañilería que descansaba con diez i siete metros de anchura en el talweg sobre pilotes, se hundió en su parte inferior; al principio arrastraba la corriente de agua fango i ripio i despues tambien el pitolaje, sacándolo de tal modo del macizo del tranque, que dejó un hueco en forma de bóveda de treinta i tres metros de altura. Quedó la capa media del tranque, rompiéndose únicamente el paramento superior en el tercio medio de su lonjitud hasta una profundidad de 6.70 m. En la reconstruccion del tranque de *Puentes*, que tuvo lugar en los años 1881-1886, no vacilaron los constructores en bajar con los cimientos de setenta i dos metros de anchura, hasta veinticuatro metros bajo el terreno natural, para apoyar los cimientos en su totalidad en roca firme calcárea.

Los cimientos del tranque de *Grands Cheurfas* en Arjelia (de 30 metros de altura i de albañilería), están ubicados en roca calcárea compacta. En la ladera derecha del cerro, en la cual estaba embutida el ala derecha del tranque, se notó despues de una minuciosa inspeccion, la existencia de una veta de arena que tenia la direccion del talweg. La veta ocasionaba filtraciones que, despues de haber llenado la represa por primera vez en Enero de 1885, tomaron tales dimensiones, que dieron oríjen en Febrero a un resbalamiento aguas arriba en el terreno agrietado, arrastrando la parte del tranque que estaba allí embutida, en una lonjitud de 10 metros. El desborde repentino de agua ocasionado por el desmoronamiento parcial del tranque, fué oríjen del derrumbamiento del tranque de Sig, situado mas abajo en el mismo rio *chekerra*. Las aguas pasaron en una altura de 0.55 metros sobre el coronamiento de este tranque, i esta presion de agua imprevista volcó el tranque, que tenia una altura de 16.5 metros.

Un fenómeno singular se observó en el tranque de *Gros-Bois* (fig. 1), en Francia, el cual tiene sus cimientos en terreno

algo arcilloso que, ablandándose por el influjo del agua, ocasionó un pequeño resbalamiento del macizo de albañilería al llenar la represa. Este movimiento de los cimientos no pasó de 0.045 m. Ademas mostraba el tranque una flexion elástica hácia abajo, la cual desapareció casi por completo despues de haber evacuado la represa. Un resbalamiento sério de 0.37 m. tuvo lugar en el tranque de *Bouzey* (22 m. de altura) en una lonjitud de 316 m. en la parte media. La causa era el terreno malo, en que alternaban bancos de arena con capas de arcilla, i habiéndose ablandado probablemente la arcilla por las aguas de filtracion, presentaba una superficie resbaladiza.

Como procedimiento singular, pero segun esperiencias adquiridas, no recomendable, puede mencionarse que en varios tranques de albañilería se ha colocado, para ahorrar gastos i material, la parte mas considerable de los cimientos aguas abajo en terreno ordinario firme, pero no impermeable para las aguas, i un muro vertical de seguridad de 2 m. a 2.5 m. de espesor, hasta llegar a la roca firme, como prolongacion vertical de la albañilería aguas arriba. Disposiciones análogas muestran los tranques de *Bouzey*, *Vingeame* i en parte el de *Vout*. Prolongaciones verticales en ciertas partes de sus cimientos posee tambien el tranque de *Gros Bois*.

Es necesario buscar para un tranque mas elevado de lo jeneral, un sub-suelo de roca compacta, aunque el lugar para su ubicacion esté un poco retirado del punto de estacion de las aguas. El agua almacenada en la represa puede estraerse en este caso por un canal especial, o tambien puede dejarse correr en el lecho del rio para conducirla mas tarde por medio de un dique de desviacion i un canal a los puntos de regadío, como se ha hecho para aprovechar las aguas de la represa de *Alicante*.

Si por motivos locales no se encuentra un terreno de roca para base de los cimientos de un tranque de albañilería, debe tomarse en consideracion un tranque de

b) *Tierra*. Este debe ubicarse siempre en sub-suelo terroso i

libre de materias orgánicas o vejetales, porque solamente así puede obtenerse una union absoluta entre el terreno natural i el terraplen. Una escepcion de esta regla hace el tranque de *Oued cheurad* o *Marengo* (fig. 2) en Arjelia, que ha sido construido sobre basalto con una altura de 21 m. En su ejecucion se observó la precaucion mas grande, lo que esplica su buena conservacion.

Cuando el suelo sobre el cual debe elevarse un tranque, no es suficientemente impermeable para el agua, se ejecuta como prolongacion del terraplen, una capa vertical proporcionalmente delgada de material impermeable hasta llegar al sub-suelo de roca compacta. El tipo de esta disposicion ha encontrado aplicacion en numerosos tranques en Inglaterra (*), en los cuales el núcleo de arcilla llega desde la zona en que se encuentra la roca hasta el coronamiento de la construccion. El núcleo o muro tiene su mayor espesor (5 m.) al nivel del terreno natural, miéntras que, tanto para arriba como para abajo, se reduce su espesor a 2 o 3 m., como lo demuestra, p. e., el tranque del *Yarrow* (de 26 m. de altura) de las obras de agua potable de Liverpool.

Un muro de arcilla posee tambien el tranque de tierra de *Sophienteich*, cerca de *Vezibram* (de 26 m. de altura); el muro tiene en el coronamiento un espesor de 2.5 m. i en la solera de 2.3 m. i una prolongacion vertical dentro del terreno natural. (**)

2. Seccion trasversal de los tranques.—La seccion trasversal de los tranques de:

a) Albañilería muestran gran diverjencia. Miéntras que la mayor parte de los tranques antiguos de España i uno moderno a saber, el de *Gileppe* en Béljica, tienen una seccion trasversal mui ancha, pudiéndose tacharlos de construidos con un

(*) Belve. *On the construccion of Catch—Water—Reservoirs.* London. 1872.

(**) *Allagemeine Bauzeitung* von Föster, 1854. Rittinger. *Erfahrungen im Berg.—u. Hüttenmannischen*, etc. 1857.

exceso de material, los tranques del tipo frances, que se han construido en gran número tanto en Francia como en Arjelia, pecan por el sentido contrario. Para el cálculo i determinacion del llamado «perfil racional» de estos últimos ha establecido *Delocre* (*) fórmulas prácticas i cómodas.

La economía en reducir la seccion trasversal en cuanto sea posible, ha sido exajerada muchas veces, adoptando en primer lugar el nivel máximo de agua en la represa, que sirve de base para el cálculo, mas o ménos bajo el coronamiento, i en segundo lugar, admitiendo a veces una pequeña tension en algunas partes del muro en el lado del agua. Debe atribuirse a estos abusos el derrumbamiento del tranque en el *Habra* (Arjelia); las aguas pasaron en Diciembre de 1881, fecha de la catástrofe, el nivel normal de agua por 2.2 m. i el que sirvió de base para el cálculo de estabilidad, fijado al nivel del coronamiento, por 0.6 m. En una profundidad de 18 m. bajo el coronamiento se desarrolló en el tranque aguas arriba una tension de 0.5 kg. por qlm. Sobre el tranque del Habra habia manifestado *Krautz* (**) ya en el año 1870 sus temores, que desgraciadamente eran fundados, como lo vino a demostrar el derrumbamiento.

A causa de una seccion trasversal demasiado débil mostraba el tranque de *Gros-Bais*, en Francia, al llenarse, una flexion elástica i hubo necesidad de colocar estribos en el lado aguas abajo cada 40 m.

Para que la seccion trasversal de un tranque dé completa seguridad, deben tomarse en consideracion para su cálculo estético racional las siguientes observaciones:

a) Como nivel de agua debe consultarse el nivel mas alto posible, bajo la hipótesis, de que una crecida estraordinaria llene la represa i que las instalaciones para dar salida a las aguas, a saber: sifones, desaguaderos, alcantarillas de salida i canales

(*) *Annales des ponts et chaussées*, páj. 212.
(**) Krautz. *Etude sur les murs de recervoirs*. Paris, 1870.

de desviacion no funcionen, pudiendo en este caso pasar las aguas en menor o mayor escala el coronamiento proyectado del tranque.

β) Al agua es menester dar un peso específico mayor, por ejemplo, de *1100 kg.* por el cbm., para tomar en cuenta los sedimentos que trae en grandes crecidas i que sin duda alguna le dan otra consistencia (***).

γ) Tomando como base para el cálculo de estabilidad las observaciones bajo α i β, no debe haber en el lado aguas arriba ninguna *tension* en el muro, i aguas abajo no debe pasar con la *presion en el muro de 8 kg. por qm.* *

δ) No debe descuidarse tampoco la direccion de las junturas horizontales de las hiladas, sobre todo en tranques elevados. Sucede con frecuencia, que en éstos adquiere la línea de presion cerca de la base una direccion tan oblícua, que con hiladas horizontales es inminente el peligro de resbalamiento. Aun considerando que en la albañilería de un tranque desaparecen las junturas i forman un cuerpo uniforme, sólido i compacto con empleo de un buen mortero de cemento, no deja de presentar una ventaja la colocacion de las hiladas normal a la línea de presion i evitar así tendencias de resbalamiento. **

Σ) De importancia estraordinaria para la estabilidad de un tranque, es su ubicacion en *forma de arco*, empleando las laderas que forman el valle como estribos, sobre los cuales se apoya el tranque con su curvatura hácia arriba de la quebrada. La forma curvilínea es tambien facilmente practicable para tranques largos en valles de considerable anchura, colocando a distancias convenientes resfuerzos en forma de estribos, obtenien-

(***) Zoffi e Torrecelli. *Annali de agricoltura*, 1886, páj. 204.

(*) Varios autores recomiendan no hacer pasar de 6 qm. la compresion, en vista de la gran responsabilidad que acarrea la construccion de tranques para los injenieros. C. E. D.

(**) *Krauts* opina que debe usarse albañileria ordinaria con junturas i tubos irregulares. C. E. D.

do así una luz mas pequeña para cada arco. La construccion en forma de arco tiene la gran ventaja de que en el lado aguas arriba la albañilería no tendria que resistir sino a esfuerzos de compresion como en una bóveda rebajada i que pequeñas grietas no revestirian un carácter peligroso como en los tranques rectilíneos que resisten a la presion del agua únicamente por su estabilidad.

Todos los grandes tranques acreditados en España, como tambien varios de Francia, tienen una seccion horizontal en forma de arco, miéntras que todos los tranques de Arjelia muestran una forma rectilínea. Pero precisamente 3 de estos últimos se han derrumbado, a saber: el del *Habra*, el del *Grands Cheufas* i el del *Sig;* ademas el tranque de *Hamiz*, que sufrió perjuicios al llenarse la represa por primera vez, mostrando grietas en la albañilería en la seccion cerca de la ladera derecha. El tranque para el acueducto de *Zola en Aic*, con sus cimientos en roca viva, i sobre el cual han pasado las aguas ya varias veces, tiene una seccion trasversal demasiado débil i debe su estabilidad esclusivamente a la forma curvilínea de su seccion horizontal.

β) Para un tranque de tierra i arcilla que debe resistir a una presion de agua determinada, es su cálculo de estabilidad de poca importancia práctica, porque el coronamiento tiene desde luego una anchura mas o ménos considerable, para que sirva de vía de comunicacion i porque los taludes se construyen mui estendidos; es decir, con suave inclinacion, de modo que ya con éstos corresponde su seccion trasversal a un estado estable de equilibrio.

Ademas de lo espuesto, hai que considerar una presion o levantamiento vertical hácia arriba, que obre sobre la totalidad de la base del tranque o parte de ella, para introducirlo como factor en la creacion de equilibrio, fuera del peso propio vertical i la presion de agua normal al talud.

Un desborde de aguas en grandes crecidas sobre el corona-

miento de un tranque de tierra debe evitarse estrictamente. Como nivel máximo de agua para el cálculo de estabilidad adóptese uno igual al del coronamiento.

3. Con relacion a las precauciones para la seguridad de la construccion de un tranque de:

a) Albañilería, hai que acentuar que, suponiendo buena clase de piedra, debe usarse mui buena clase de mezcla de cemento hidráulico a fin de obtener una albañilería impermeable para el agua. Las piedras de construccion deben haber sido humedecidas ántes de su uso, por lo cual se colocan en agua. Las dos partes esteriores del tranque, tanto la de arriba como la de aguas abajo, deben construirse con las piedras de mayor volúmen, que a lo ménos hayan sido desbastadas, si no se prefiere emplear piedra canteada. Igualmente deben ir todas las canales en el interior del tranque con piedra canteada de gran volúmen.

En algunos casos se ha empleado para disminuir el costo, solamente cerca de los taludes, mezcla bastante hidráulica, como por ejemplo, en el tranque de *Sig*, en Arjelia. De todos modos no hai que exajerar esta manera de reducir gastos.

b) Para un tranque de tierra, que se mantiene en buen estado con facilidad únicamente bajo un clima húmedo como el de Inglaterra, es menester, para terraplenar, un material que contenga suficientemente arcilla i arena i que sea libre de sustancias vejetales i orgánicas espuestas a la putrefaccion. En el tranque de *Liez* (16 metros de altura), en Francia, se adoptó una mezcla de $\frac{2}{3}$ partes de arcilla por $\frac{1}{3}$ parte de arena. El terreno sobre el cual debe construirse un tranque, debe ser necesariamente despojado de la capa vejetal hasta llegar a terreno limpio i firme. La base preparada de esta manera se dispareja foseándola i arándola para que pueda efectuarse una union sólida entre el terraplen i el terreno natural. La tierra se estiende en capas delgadas algo inclinantes hácia arriba i se comprimen fuertemente con pisones i rodillos; las capas deben

mantenerse húmedas como tambien debe humedecerse cada una ántes de recibir la siguiente. Un método mui recomendable se ha observado en el tranque de tierra de *Qued Mewad* o *Marengo*, en Arjelia (fig. 2); el tranque fué espuesto ya durante el trascurso de su construccion i cada vez que avanzaba a una altura determinada, a la presion del agua, llenando la represa, hasta que no se notaba ningun asentamiento.

En los tranques de tierra ingleses es característica la colocacion de un muro de *arcilla pura*, colocado verticalmente en el medio del tranque. Como ya se ha observado anteriormente, tiene el muro un espesor de 3 a 5 metros i se eleva desde la roca compacta e impermeable hasta el coronamiento. A ámbos lados del muro se construye el tranque con su anchura total proyectada, de buen material (tierra arcillosa) ordinario. El objeto de la arcilla es formar un muro completamente impermeable para el agua. La desventaja que presenta este método consiste en que en las superficies de tanjencias de los dos materiales desiguales a saber: del muro de arcilla i de los trozos restantes a cada lado del muro que completan el tranque, se formen grietas mas o ménos abundantes. Se subsana esta eventualidad por una ejecucion mui esmerada de la obra i mezclando los materiales a ámbos lados de las superficies tanjentes. * Una vez completamente asentado el tranque, se procede a defender el talud del lado del agua contra la socavacion por las aguas. Se obtiene la defensa con empedrado simple, como se usa en los tranques ingleses o con un revestimiento de piedra en seco. Esto último se ha empleado con un metro de espesor en el tranque de *Percey* (de 12 metros de altura) cerca de *Poisy*, en Francia. El tranque de *Marengo* (fig. 2) en Arjelia, está defendido por un revestimiento de piedra i con muros de

* Esperiencias adquiridas por injenieros ingleses en tranques modernos en Inglaterra i en la India, han desvanecido en gran parte los temores que se abrigaban con respecto a la permeabilidad de los tranques con un muro de arcilla en el interior. C. E. D.

1 a 8 metros de altura en forma de escalas. Entre el coronamiento de un muro i el pié del superior, hai un empedrado que está algo inclinado. La gran ventaja de este revestimiento consiste en que las distintas secciones son casi independientes unas de otras, de modo que el asentamiento de un muro no solicitaria el resto.

La union de un tranque de tierra elevado con albañilería debe evitarse siempre. Especialmente desventajosas son las superficies de contacto entre el terraplen i los muros de albañilería o laderas de roca verticales. La union de un tranque de tierra de 10 metros de altura con las alas de albañilería del tranque misto de *Muley Magow* (24 metros de altura máxima), situado 3 kilómetros mas arriba de *Arcew* en el Mediterráneo Arjelia), es tan permeable, que ocasiona grandes pérdidas de agua por filtraciones. Por esta razon deben considerarse canales i alcantarillas, que atraviesan tranques de tierra elevados, como sus puntos mas vulnerables. En Inglaterra tuvo lugar el fatal derrumbamiento del tranque de tierra de *Sheffield* en el año de 1864, principalmente debido a la alcantarilla de salida que atravesaba trasversalmente el tranque. Desde entónces se evita en Inglaterra, en cuanto sea posible, interrumpir la homojeneidad de un tranque de tierra por obras de albañilería i prefieren construir las alcantarillas de toma en forma de túnel * por el terreno natural a traves de una ladera.

4. —Restriccion del nivel máximo de agua en la represa.

En una represa debe permanecer el agua siempre a cierta medida bajo el coronamiento del tranque; porque la subida del nivel del agua hasta que se desborde por encima del coronamiento, debe evitarse a todo trance en tranques de albañilería elevados i en todos los tranques de tierra. En estos últimos representaría el desborde un peligro inminente. Es necesario, por

* En forma de túnel, cuando la ladera es de roca compacta; en todos los demas casos es preferible, tanto para la buena construccion como para evitar filtraciones, construir las alcantarillas a tajo abierto. C. E. D.

esto, dar salida suficiente á la cantidad de agua sobrante, cuando en una represa llena hasta su nivel normal, continúa entrando agua en mayor o menor cantidad. Las siguientes disposiciones son aplicables para el propósito:

a) Se puede interceptar el paso a las aguas al entrar a la represa, como se ha hecho en la represa en el rio *Turèns*, a inmediaciones de *St. Etienne*. Para este propósito es indispensable construir un dique compuerta en la misma cuenca del afluente respectivo, mas arriba del sitio de su entrada a la represa i a un nivel superior al nivel máximo de agua tolerado en la represa. Cerrando la compuerta del dique, se dirijen todas las aguas a un canal construido tambien a un nivel superior al del agua en la represa, *al canal de circulacion* (*desviacion*). Este debe estar provisto en su boca de otro dique-compuerta para poder cerrar el paso a las aguas en caso que deban ir a la represa. Mas abajo del tranque desemboca el canal de circulacion con pendiente fuerte o tambien con rápida caida al antiguo lecho en el talweg. Con este método puede normalizarse el nivel del agua en la represa arbitrariamente, suponiendo que el canal de circulacion pueda dar cabida a las aguas aun en las mas grandes creces i que las esclusas sean bien atendidas. Los diques-compuertas pueden construirse fácilmente como puertas automovibles, pero requieren siempre una inspeccion para mayor seguridad.

b) Tambien puede darse salida al agua sobrante, que principia a subir mas arriba del nivel normal en la represa, por medio de un *derramadero de superficie;* pero en este caso subirá el nivel de agua en la represa tanto sobre la solera del derramadero, suponiendo una afluencia considerable, hasta que la cantidad de agua saliente sea igual a la cantidad de agua afluyente, ámbas cantidades medidas en un segundo. Las fluctuaciones del nivel de agua en la represa variarian entre la altura que tomaria el agua en el derramadero i la anchura de su solera, relacionadas en las condiciones espresadas mas arriba Miéntras

mas arriba esté la solera del derramadero, mas pequeñas serán la altura respectiva de agua en él i las fluctuaciones del nivel máximo de agua de la represa.

Jeneralmente se calcula en Inglaterra por cada qm. de hoya hidrográfica 2.26 m. de anchura para la solera del derramadero (igual a 3 piés ingleses por cada 100 acres). * En conformidad con la fórmula $Q=0.57\ bh\ \sqrt{2\ gh}$.**, correspondiente a un derramadero de superficie, resultarian para afluencias en grandes crecidas de Q = 1, 1.5, 2, 3, i 4 cbm. por segundo i gkm. de hoya hidrográfica, alturas de agua sobre la solera de h = 0.31, 0.41, 0.50, 0.60 i 0.79 m. En tranques de tierra debe construirse el derramadero (desaguadero) a un lado del tranque en terreno natural; en tranques de albañilería se coloca el desaguadero jeneralmente en el arranque (parte embutida del tranque en la ladera) del tranque; inmediato a éste sigue el canal de desagüe, formado a veces por medio de corte en la ladera i apoyado en partes determinadas en el otro lado por muros de sostenimiento como, p. e., en el tranque de albañileria de *Almansa* en España, cuyo desaguadero tiene su solera 2 m. bajo el coronamiento del tranque i 12 m. de anchura, i cuya hoya hidrográfica comprende 200 gkm. Esta seccion trasversal no tubo suficiente capacidad para recibir las aguas estraordinarias de Diciembre de 1895, fecha en que las aguas se precipitáron por todo el largo del coronamiento del tranque, perjudicando en parte la albañilería. El tranque de *Hijar*, en España, con 238 gkm. de hoya hidrográfica, tiene en la ladera derecha un desaguadero de 15 m. de anchura i en la izquierda uno de 38 m. de anchura; la solera de ámbos está 3 m. bajo el coronamiento. Aquí tienen salida $Q=0.57\ (15+38)\ 3\sqrt{2}\ g.\ 3=695$ cbm. por segundo.

Hai varios casos en que el derramadero de superficie ha sido formado simplemente bajando una parte del coronamiento del

* *Belve* . ... páj. 30.

** Q=cantidad de agua en cbm. por segundo; b=anchura de la solera del derramadero, h=altura del agua sobre la solera del derramadero; g=9. 81. C. E. D.

tranque en una ladera, de modo que el agua corra precipitándose de una altura moderada sin canal especial, siguiendo la pendiente del talud hasta llegar a su lecho natural. Tales disposiciones existen, p. e., en el tranque de *Ilelat* (Arjelia) cuya hoya hidrográfica tiene 13 qkm., cuyo derramadero tiene 20 m. de anchura i está 1 m. bajo el coronamiento i tambien en el tranque de *Djidiania* (Argelia), cuyos datos análogos son: 85 qkm., 40 m. i 4.4 m.

c) Un método injenioso i prácticamente acreditado para que automáticamente se impida que el nivel de agua de una represa sobrepase al nivel normal, es el de *sifones automáticos* como los que se han empleado en el tranque de *St. Christophe*, en la prolongacion del canal que va de la Durence a Marsella. Pero siendo la capacidad de un sifon de esta clase relativamente pequeña i considerando que el empleo de un número crecido produciria gastos demasiado considerables, pueden aplicarse estos sifones con buen resultado práctico, solamente cuando las afluencias en las crecidas no son abundantes, es decir, cuando se trata de una hoya hidrográfica de poca estension.

El sifon (fig. 4) que en el punto *A* está en comunicacion con la represa, tiene en *B* su punto culminante i desemboca en *C* bajo agua i tiene recodos circulares que suman una circunferencia completa, con el motivo de disminuir el efecto de las fuerzas centrífugas que se presentan con mucha intensidad a causa de la gran velocidad con que pasa el agua; segun el dibujo de la disposicion constructiva, queda como fuerza resultante, solamente un par de fuerzas. Si el sifon no tuviera ninguna especie de accesorios, principiaria a funcionar solamente cuando el nivel de agua en la represa tuviera la misma altura que el canto superior *B* del sifon, i cesaria de funcionar cuando el nivel del agua hubiera bajado del canto superior de la embocadura *A*. El nivel del agua variaria por lo jeneral entre *A* i *B*. Por medio de los accesorios especiales del *aspirador D D* i del *interruptor E E*, puede mantenerse el nivel del agua en

la represa casi constante, es decir, el nivel de las embocaduras en forma de embudo *M* i *N*. El modus operandi es el siguiente: en cuanto el nivel del agua sobrepase la embocadura *M* del aspirador, tiene lugar en *D D* una afluencia de agua que ocasiona una evacuacion (sutilizacion) de aire en el sifon, causado por el ensanche repentino en *F*. En consecuencia, se estrae cierta cantidad de aire del sifon por medio de la parte superior *G H* del aspirador, que emboca en *G* en el mismo ensanche, estando la boca inferior del último cerrada por el agua estando en *W*. En el momento en que comienza a evacuarse el aire en el sifon, principia el agua a correr por él. Dura esto, hasta que el nivel del agua en la represa haya bajado un poco de la boca ensanchada del interruptor *N*. En este caso el sifon mismo que va lleno de agua, aspira aire por medio del interruptor *NEE* i ocasiona la interrupcion de su actividad. Los dos sifones automáticos de la represa de *St. Christophe* con 1.1 m. de diámetro interior cada uno, dan salida juntos a 20 cbm. por segundo, consistiendo el desnivel entre el nivel del agua en la represa i el del pequeño estanque *W*, en el cual está sumerjida la desembocadura inferior *del sifon*, 12 m. *

Ademas posee el mismo tranque de *St. Christophe*, construido primitivamente como pedraplen-acueducto para conducir las aguas del canal de *Marsella* a traves del valle, un derramadero de superficie para dar salida segura a afluencias de crecidas estraordinarias.

d) Unicamente en casos aislados se construirá por una ladera una alcantarilla para las aguas sobrantes, en forma de túnel **, al nivel normal de agua en la represa. La seccion trasversal i

* Es h el desnivel indicado, d (1.1 m.) el diámetro interior i l (32 m.) la lonjitud desarrollada del sifon en m., entónces asciende la cantidad de agua emitida=Q= $d^2\frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{2gh.}{1+0.4+0.02\frac{l}{d}}}$ =10.36 cbm. siendo g=9.81 m. Para los dos sifones tenemos Q=2×10.36=20.72 cbm.

** Véase observacion páj. 8 C. E. D.

la pendiente deberian en este caso garantizar la salida de las afluencias máximas.

Un ejemplo ilustrativo del método mencionado bajo d) muestra la represa de *Turcus*. La galería superior del túnel está 7.5 m. bajo el coronamiento del tranque i tiene el objeto especial de emitir gradualmente la cantidad de agua sobrante producida por cada crecida, que emitida de otra manera, ocasionaria mas abajo una inundacion en el rio cerca de *St. Etienne*.

Escepcionalmente, como tambien en casos de peligro, sucede que se emplean las alcantarillas de toma i los canales destinados a la limpia de la represa, que casi siempre se encuentran en la parte mas baja del tranque, para emitir el agua sobrante.

De una manera análoga querian dar en el tranque del *Habra* (Arjelia) una salida mas a las aguas de las crecidas, que ya estaban acercándose al nivel del coronamiento, abriendo las compuertas que cerraban la boca de la alcantarilla de limpia; pero el pértigo de la compuerta se quebró al principiar la apertura de la boca, i la desgracia, el derrumbamiento del tranque, tuvo lugar poco despues.

5. La instalacion de una línea telegrafica entre el tranque i las poblaciones situadas en la parte baja del valle, para dar señales en caso de peligro, puede considerarse finalmente tambien como una instalacion de seguridad, en cuanto a que por su conducto pueden disminuirse las fatales consecuencias de un derrumbamiento. A lo ménos la vida de los pobladores podria salvarse tanto como sea posible. Debe atribuirse a una falta completa de aviso instantáneo, que en el derrumbamiento del tranque de *Puentes* en el año 1802, se hayan ahogado 680 personas en el pueblo de Soria, situado 11 km. mas abajo. Por esta circunstancia no se descuidó, en la construccion del mismo tranque (concluido en 1885), instalar un telégrafo i tambien señales eléctricas automáticas que indiquen al cuidador el verdadero nivel del agua en el aparato de distribucion.

Un árabe que casualmente estaba presente en el momento

del derrumbamiento del tranque de *Grands Cheurfas*, en Arjelia, se dirijió de propio impulso inmediatamente a St. Denis, cerca del rio Sig, anunciando el peligro i previniendo a los pobladores; por eso se esplica que en este caso no hubo víctimas fuera de un árabe que hizo caso omiso de la prevencion, aunque por lo demas hubo en la poblacion citada una inundacion de 1 m.

II.—Instalaciones de esplotacion

La capacidad de una represa i por consiguiente la altura del tranque respectivo, depende de la demanda de agua de la localidad. De ésta depende tambien el sitio en el cual debe ubicarse el tranque. El producto de la hoya hidrográfica por la cantidad anual de lluvia i el coeficiente de afluencia indica la cantidad máxima de agua que puede corresponder anualmente a la represa proyectada. Si la demanda de agua es menor, puede dejarse libre paso a las aguas sobrantes ó ubicarse el tranque en un sitio mas arriba en el lecho del río; en caso de mayor demanda, deberia buscarse medio de aumentar la hoya hidrográfica, ubicando el tranque en un lugar mas bajo o construyendo varias represas en distintos valles. Para poder esplotar una represa son necesarias: *instalaciones para la toma de agua* i para *la limpia de la represa* del fango, arena i piedras rodadas que acarrea el agua afluyente.

1. Instalaciones para la toma de agua.—Los canales i cañerías necesarios para este servicio deben estar situados lo mas bajo posible cerca del fondo de la represa *, para que pueda utilizarse toda el agua estancada.

Con relacion a las disposiciones constructivas para la toma de agua, se distinguen dos sistemas: el *español* i el *frances*.

* En rrepresas destinadas al riego de terrenos, pero para la provision de agua potable, no es admisible colocar la boca-toma en el fondo, sino algunos metros mas arriba, para evitar toda introduccion de fango etc.—C. E. D.

a) El sistema español de toma, que se emplea en España i Arjelia, consiste principalmente en una torre, en la cual puede entrar el agua a cualquiera altura por medio de una cantidad de pequeñas aberturas en forma de poros, i de un canal que conduce del punto mas bajo de la torre a traves del tranque hácia aguas abajo.

Esta torre está ajustada, en la mayor parte de los tranques españoles, como tambien en algunos de Arjelia *(Puentes, Nijer, Villar, en España, Hamiz* (fig. 5), *Hèlat, en Arjelia,* a la albañilería del lado del agua del tranque i llega desde el fondo de la represa hasta el coronamiento del tranque. Algunas obras en España tienen la torre en la albañilería misma, cerca del costado del agua *(Tibi o Alicante i Elche).* Unicamente el tranque de *Almansa* no tiene torre; aquí sale la alcantarilla de toma directamente de la represa.

En algunos tranques de Arjelia *(Grands Cheurfas, Sig, Muley Magan i Djidiania)* son las torres bajas, no alcanzan hasta los coronamientos respectivos i están separadas del tranque; en el tranque del *Habra* está la torre en el interior de la albañilería. En este último caso, en que la torre de válvulas es baja, debe suponerse que nunca sobrevendrá una acumulacion de fango i piedra rodada que cubra la torre completamente.

Por la toma se emplean en casi todos los tranques de Arjelia uno o dos tubos de hierro emparedados, que atraviesan la albañilería en casi todo su espesor i que están provistos en el lado de abajo de una llave o válvula (fig. 3).

En los tranques de España se atraviesa la albañilería por una alcantarilla de toma, revestida con piedra canteada, que nace del fondo de la torre. La alcantarilla se cierra en el lado abajo por una compuerta que tiene su mecanismo en una casa de rejistro.

b) El sistema frances posee tambien una torre de válvulas que llega hasta el coronamiento i que se distingue del sistema español por un menor número de bocas, pero que, en cambio,

tienen mayores dimensiones i se cierran por medio de compuertas. El tranque de *Gros-Bais*, por ejemplo, tiene dos; la solera de la boca superior está 5.4 m. bajo el nivel del coronamiento i la inferior está ubicada sobre el terreno natural a 18.4 m. bajo el coronamiento del tranque; la torre del tranque de *Bouzey* (fig. 6) tiene una sola boca de 1 m. de anchura i 0.7 m. de altura cerca del fondo de la represa. Jeneralmente sirve la alcantarilla misma para la estraccion del agua. Notable es en este sistema la tendencia de usar para cerrar la boca compuertas mui pequeñas, a fin de obtener que funcionen con aparatos sencillos que requieran poca fuerza al abrirlas. Se realiza esta intencion subdividiendo la boca de la alcantarilla de toma por un muro vertical en el medio en dos bocas mas pequeñas *m* i *n*, cada una provista de una compuerta (fig. 6). Las bocas de toma del tranque de *Vingeanne* son de 0.8 m. de anchura i de 1 m. de altura, teniendo la alcantarilla una anchura total de 1.9 m.; el nivel máximo de agua que obra sobre las compuertas es de 27 m. Parecida es la construccion respectiva en el tranque de *Bouzey*.

Las torres de válvulas, construidas segun el sistema español, dan jeneralmente acceso al agua; de modo que su inspeccion, como tambien la de las válvulas i compuertas i las reparaciones pueden verificarse solamente despues de evacuada la represa. Escepcion de esta regla hace el tranque de *Puentes*, cuyas 22 bocas de toma tienen cada cual una compuerta; i en parte tambien el tranque de *Hamiz*. Los tranques de tierra tienen torres para la estraccion del agua análogas a las de los tranques de albañilería, i están a veces ubicadas en el medio del tranque, como en el tranque de *Percey* (12 m. de altura), i a veces al pié del talud, del lado de la represa, es decir, sobresaliendo de la superficie del agua, libre de todos lados como en el tranque de *Marengo* (fig. 2), i en las construcciones modernas inglesas de tranques de tierra. Miéntras que en las obras arriba mencionadas atraviesa la alcantarilla de toma tras-

versalmente el tranque, se evita actualmente en Inglaterra una disposicion semejante i se prefiere construir la alcantarilla por la ladera en forma de túnel, cuando el terreno natural es de roca firme, i a tajo abierto en terreno gredoso o de maicillo.

Las compuertas que cierran la boca toma de la alcantarilla se mueven desde el coronamiento de la torre por medio de un pértigo de hierro.

Una disposicion especial para la estraccion del agua posee el tranque de *Pilka* (fig. 7), del *Sopbienteich* cerca de *Piszibram*. En lo principal, se ha seguido el principio de conducir la cañería lateralmente, en forma de túnel, por el terreno natural, a fin de no interrumpir la homojeneidad del tranque, pero para reducir en lo mas que se pueda la lonjitud de la galería respectiva, no se ha colocado la cañería en la parte mas profunda de la represa, sino a un nivel bastante mas alto. Por este motivo hubo necesidad de disponer la cañería de toma en forma de sifon, de modo que, como lo demuestra la figura 7, esté en conexion por medio del pozo aspirador en *b* (fig. 8) la seccion primitiva *a b*, situada en el fondo de la represa, con la cañería de toma ubicada en la galería subterránea *c d e*, que se encuentra a un nivel 6.6 m. mas alto; esta última tiene suave pendiente i emite las aguas en su estremo *e* por el pozo de clausura (fig. 9) i cae 10.4 m. al acueducto.

La cañería de hierro colado en forma de sifon, colocada desde el punto mas bajo del pozo aspirador hasta el punto mas bajo del pozo de clausura, tiene 316 mm. de luz. Nace en la galería superior i llega hasta el fondo del pozo de clausura una segunda cañería igual a la primera. La cañería está colocada en la galería sobre traviesas de madera i en parte va revestida de albañilería (fig. 10). El espacio libre de la galería en *d* ha sido rellenado con material gredoso, como prolongacion del núcleo del terraplen; de modo que no pueden haber filtraciones por parte de las aguas de la represa.

Cuando el nivel del agua en la represa ha pasado el punto

mas alto de la cañería de toma, comienza la salida del agua por las válvulas que se abren automáticamente.

El aire que se acumula con el tiempo en el punto mas alto de la cañería i que entorpece la corriente del agua, puede escapar por una válvula de aire (fig. 11), que está colocada en el punto *A* (fig. 9) de la cañería en el pozo de clausura. Para este propósito se hace correr el agua del depósito superior *c* al depósito inferior *d*, abriendo la llave superior *b* i manteniendo cerrada la llave inferior *d*. En seguida, en cuanto se cierre *b* i se abra *a*, escapa el aire acumulado en la cañería en forma de burbuja, i entra al depósito *d* miéntras que el agua cae de éste a la cañería inferior. Abriendo despues *a* y cerrando *b*, sale el aire al espacio, habiendo llenado anteriormente *c* otra vez con agua.

Cuando el nivel de agua disminuye i baja el nivel inferior de la parte mas alta de la cañería de toma, entónces cesa la salida por la segunda cañería, que nace en la galería superior, miéntras que en la primera cañería, que tiene forma completa de sifon, continúa saliendo el agua todo el tiempo que la boca-toma en el pozo aspirador se encuentra bajo agua.

Pero una vez interrumpida la salida del agua, estando su nivel en la represa mui bajo i habiendo entrado aire a la cañería, se vuelve a efectuar el funcionamiento llenando la cañería en I (fig. 8) totalmente (con la llave de salida cerrada i la válvula de aire abierta, fig. 11) i despues de haberse cerrado automáticamente las aberturas de entrada del pozo especial (fig. 7), que estrae el agua a la altura necesaria directamente del estero de Pilka.

2.—Instalaciones para limpiar el fondo de las represas

Un problema importante con respecto a represas, cuya capacidad debe conservarse íntegra para la acumulacion de la cantidad máxima de agua, es su limpia de fango i piedras ro-

dadas, que acarrea el agua corriente i turbia que entra en la represa i que depositan aquí por sedimentacion. La cantidad de sedimentos en un tiempo limitado, depende de la magnitud de la corriente del agua entrante, de la hoya hidrográfica como tambien de la formacion jeolójica de esta última. En las cuatro represas: de *Sig*, *Tlelat*, *Djidionia* i *Habra* en Arjelia, se observó una sedimentacion de 0.3 hasta 3 el cbm. por la de hoya hidrográfica correspondiente.

Las represas de *Tlelat* i *Djidionia* en Arjelia i de *Nifar* en España están casi llenas de sedimentos, de modo que ya no pueden servir bien a su objeto primitivo i funcionan actualmente como presas de toma para la alimentacion de los canales que se desprenden de los coronamientos respectivos.

a) El método mas racional para la estraccion de sedimentos de las represas, consiste en producir una poderosa corriente abriendo compuertas suficientemente grandes, que remuevan los sedimentos i los arrastre consigo: *que se emplée el agua misma como medio de trasporte.* Se supone para estos casos, que pueda sacrificarse, en ciertas ocasiones a lo ménos, grandes cantidades de agua para el propósito de la limpia. En jeneral, debe aprovecharse para este objeto con preferencia las primeras crecidas de la estacion lluviosa.

De esta manera se efectúa la limpia de la represa con un costo mínimo. Los gastos relativos a la limpia en la represa de *Alicante* (España) subieron a 4,000 florines al cabo de 10 años de esplotacion, estrayendo 2 millones cbm. de material. Los gastos fueron por consiguiente 0.2 kreuser (*) por m.^{3} en un espacio de 10 años.

La limpia mas sencilla i mas conveniente es la que tiene lugar anualmente, como p. e., en la represa de *Marengo* (Arjelia), o a lo mas tardar cada 3 o 4 años. En estos casos la masa de los sedimentos está relativamente suelta i fácil de remover, de

(*) 1 florin (fl) 100 kreuser=2 M=24 d=1.33 $.

modo que se necesita poca obra de mano para escavar i echar a la corriente el resto de los sedimentos no arrastrados.

En la represa de *Alicante*, en la cual la limpia se lleva a cabo despues de cada 9 o 10 años trascurridos i habiendo obtenido los sedimentos un espesor de 25 metros, adquieren estas materias tanta firmeza e impenetrabilidad, que no ceden a la presion del agua e impiden accione el agua aun con la compuerta de la alcantarilla de limpia completamente abierta. Este inconveniente se subsana con el empleo de pesadas barras de fierro que se arrojan en la masa de los sedimentos por medio de un andamio apoyado en el coronamiento i repitiendo esta operacion hasta que el agua encuentre salida i arrastre las masas consigo.

a) *La alcantarilla de limpia* debe estar ubicada en el punto mas bajo de la represa. La mayor parte de los tranques de albañilería la tienen al nivel del talweg a traves de la albañilería. En este caso debe ir la alcantarilla revestida con grandes piezas de piedra canteada para que pueda resistir a la corriente de agua i de sedimentos que con vehemencia pasan por ella. En el tranque del *Habra* se fracturó la compuerta de la alcantarilla de limpia i se destruyó en gran parte instantes ántes del derrumbamiento; las piedras relativamente de poco volúmen, que formaban el revestimiento, cedieron, de modo que se derrumbó gran parte de la albañilería circunvecina, dejando una abertura con una seccion mas o ménos cilíndrica. Aberturas análogas en forma de alcantarillas en la albañilería de un tranque, deben considerarse siempre como sus puntos mas vulnerables i es conveniente reducir su número en cuanto sea posible. Por estos motivos no se pueden considerar recomendables las disposiciones en algunos tranques de Arjelia, que constan de dos alcantarillas de toma i dos de limpia. Los tranques españoles tienen siempre una alcantarilla para cada servicio, pero en dimensiones suficientemente grandes, por la cual se lleva a cabo la operacion de la limpia a entera satisfaccion, merced a la gran cantidad de agua que puede emitir.

La compuerta de la alcantarilla de limpia del tranque de *Alicante* tiene 1.80 m. de anchura por 2.70 m. de altura. A continuacion de esta seccion mínima al lado del agua, se agranda la luz de la alcantarilla considerablemente hácia abajo, de manera que los sedimentos encuentran una salida mas cómoda sin peligro de estancarse o formar taco, una vez pasada la boca.

Cuando las circunstancias lo permiten de alguna manera, debe ubicarse en tranques elevados tambien la alcantarilla de limpia en forma de túnel, a tajo abierto o en corte, segun la localidad, atravesando el terreno natural en una ladera para que el tranque conste de una sola pieza compacta sin interrupcion; de importancia capital es la aplicacion de esta regla en tranques de tierra. El tranque de *Gileppe* i el nuevo tranque de *Puentes* tienen todas sus alcantarillas ubicadas en forma de túneles a traves de laderas rocosas para obtener el máximo de seguridad. La alcantarilla de limpia tiene en el último de los tranques una seccion de 2 metros de anchura por 3 metros de altura, miéntras que en el primero sirven 2 cañerías de 0.85 m. de diámetro simultáneamente para la toma i limpia, debido a la poca cantidad de fango i sedimentos que arrastran las aguas.

β) *La clausura* de las alcantarillas de limpia se verifica en los diversos tranques por *vigas de madera* colocadas horizontalmente unas sobre otras en ranuras análogas a las dispuestas en las esclusas de navegacion, por *puertas de esclusa* o por *compuertas*.

1. La primera disposicion, por medio de *vigas*, se encuentra en los antiguos tranques españoles i tambien en el tranque de *Hamiz* (Arjelia, fig. 12), i tiene la ventaja de la mayor sencillez, de poder abrir casi instantáneamente toda la seccion de la alcantarilla i de la fácil aplicacion para cerrar grandes aberturas, —pero tambien la desventaja de que, una vez abierta la boca de la alcantarilla, la clausura no es posible mas que despues de la evacuacion completa de la represa; ademas existe la des-

ventaja de que las vigas se pierden ó inutilizan al abrir i es menester renovarlas despues de cada operacion. La manipulacion al abrir tales clausuras por medio de vigas es trabajosa i a veces en estremo peligrosa. En el tranque de *Alicante*, p. e., debia retirarse el obrero retrocediendo por toda la lonjitud de la alcantarilla de limpia, cada vez que penetraba a ella para abrirla; esta manipulacion es únicamente posible cuando se ha acumulado delante del envigado tanto fango i a tal altura, que no haya que temer un derrame repentino del agua.

Solamente los tranques de *Elche* (España) i *Hamiz* (Arjelia, fig. 12), tienen sobre la alcantarilla de limpia *a* otra galería especial *b*, llamada *galería de seguridad*, en la cual encuentra refujio el obrero ocupado en la apertura de la alcantarilla, subiendo por *c*, una vez abierta la boca, para retirarse con seguridad. Como la apertura de tales clausuras primitivas exije el trabajo inmediato de un obrero, no es posible abrir una alcantarilla de limpia clausurada de tal manera para dejar escapar agua en pequeñas cantidades, porque el chorro de agua pondria en peligro la vida del obrero que intentase cerrarla; para este caso no hai mas que esperar la completa evacuacion de la represa.

2. Mucho mas ventajosa es la clausura por medio de una *puerta de esclusa*, como la que posee el tranque de tierra *Marengo* (figura 2). La puerta *a* está ubicada de modo que se pueda abrir por la presion del agua de la represa; la puerta se mantiene cerrada por un puntal *b*, sujeto a la puerta por una charnela i al otro estremo *c* por medio del pértigo *d* que concluye en su parte superior en un perno i se mueve por medio de una tuerca *e;* esta manipulacion se efectúa desde el coronamiento del tranque. Así se evitan ya las sérias desventajas que presenta la clausura por medio de vigas; la clausura puede llevarse a cabo solamente despues de la completa evacuacion de la represa i por la manipulacion inmediata de un obrero.

3. Si la alcantarilla de limpia se cierra por medio de una

compuerta unida a un pértigo que llegue hasta el mecanismo de apertura en el coronamiento, como sucede en los tranques franceses i en la mayor parte de los modernos, puede abrirse o cerrarse la boca en cada momento. Solamente es necesario que las compuertas tengan grandes dimensiones i se abran con la mayor lijereza posible para obtener el efecto favorable de los otros sistemas de clausura. La última condicion se cumple únicamente con la adopcion de motores poderosos en consideracion de la gran presion de agua i el roce estraordinario consiguiente. Para este objeto se ha colocado en el nuevo tranque de *Puentes* un motor a vapor.

En el tranque del *Habra*, donde se necesitan 4 obreros para abrir las compuertas, demora este trabajo hasta la completa apertura, es decir, hasta subir las compuertas 2 m., 5½ horas, de modo que se pierde mucha agua hasta que comience a obrar la corriente con el efecto máximo.

b) Para subsanar los inconvenientes de los sistemas de limpia arriba descritos, como ser: que unas veces se evacúe la represa de una manera incompleta del fango sedimentado i que otras veces se pierde demasiado agua para el objeto, han propuesto *Calmes* i *Sandin* instalaciones especiales para la limpia.

Calmes empleaba *aire comprimido*, que se emitia por una cañería movible sobre el fango sedimentado para removerlo i tenerlo suspendido por el viento, a fin de que el agua saliente lo arrastrase consigo. Se procedia con esto inmediatamente al pié del tranque, avanzando despues mas al interior de la represa. Un ensayo de este procedimiento en la represa de *Sig* no dió un resultado decisivo i satisfactorio.

Segun el procedimiento de *Sandin* deberia colocarse una cañería en el fondo de la represa, dispuesta de tal manera que su estremo movible se dirijiese como una draga removiendo los sedimentos horizontal i verticalmente, miéntras que el otro estremo de las cañería atravesara, enterrado en el fondo del talweg, el tranque i desembocase por el lado inferior. Así se intro-

duciria el fango, removido por la misma presion del agua, que tambien se encargaria de emitirlo por el otro estremo inferior.

Para aumentar el efecto de la simple presion del agua, emplea *Sandin*, ademas, un *injector* colocado al estremo inferior de la cañería i que ejerce allí un efecto de aspiracion. Se empleó este procedimiento en la represa de *Djidiania* i en la de *Real-tort*, a continuacion del canal de *Marsella*, i ha dado escelentes resultados i consume poca cantidad de agua; únicamente es mui costosa su instalacion i mas aun el proceso de la limpia.

c) En un caso, en la represa de *St. Chistophe*, se ha provisto todo el fondo de la represa, hasta el nivel máximo del agua, de zanjas de desagüe, revestidas de albañilería o empedrado en seco, para evacuar la represa completamente de las materias sedimenticias. Las zanjas están distribuidas a cortas distancias unas de otras, dejando entre sí solamente pequeños intervalos de terreno no defendido. Los distintos grupos de zanjas siguen la direccion de la pendiente máxima i desembocan a un canal especial que sigue la direccion i la pendiente del talweg, que conduce directamente el canal de limpia, que a su vez estrae los sedimentos de la represa. Los estremos superiores de las zanjas están en conexion con un canal de cintura (circular) que, en forma de canal de circulacion, conduce agua estraida del afluente de la represa, al desaguadero al nivel del coronamiento. Las zanjas tienen en su arranque en el canal de cintura compuertas.

Si se abren sucesivamente las compuertas de las zanjas en grupos de a dos o tres una vez evacuada la represa, el agua que afluye del canal de circulacion arrastra con violencia todo el fango hácia el canal receptor en el talweg. En aquellas zanjas, que tienen una pendiente mas suave, se emplean bocas trasportables para producir una corriente mas viva.

La instalacion de las zanjas de desagüe i canales costó para las 19 *ha.* de que consta la superficie de la represa, 240,000 *fl.*, los gastos para la limpia ascienden al año a 0.06 krenzer por

obra de material estraido. Este procedimiento de limpia es considerablemente mas caro que el simple procedimiento arriba mencionado, que con tanto éxito se emplea en España (represa de Alicante, fig. 15).

Las grandes represas que sirven para el riego de rejiones estensas, como tambien todas las demas que abastecen de agua rejiones de gran poblacion, pueden construirse únicamente por una comuna o por una sociedad. Estas reciben en jeneral una subvencion del fisco. La construccion de represas de esta naturaleza se lleva a cabo solamente en aquellos lugares en que son, tanto para el cultivo del terreno como para el abastecimiento de agua, una necesidad absoluta.

En nuestras rejiones de Europa central (*) es el riego artificial de terrenos muchas veces deseable, pero en la mayor parte de los casos solamente una importante mejora del estado actual i pocas veces de necesidad imprescindible. Por eso es aquí difícil evitar un interes jeneral para instalaciones de regadío. El propietario aislado o una corporacion poco numerosa de ellos, están en jeneral obligados a contar con sus propios recursos para establecer mejoras en el cultivo de sus terrenos i un medio cómodo para efectuar las mejoras que representan las *pequeñas represas*, siempre que esta medida para la provision de agua sea adecuada. Para esto bastan ya tranques de 5 m. de altura, que ocasionan gastos moderados en su construccion. Por medio de ellos pueden recojerse las afluencias de pequeños arroyos o quebradas i esplotarse con utilidad. Para un riego semanal con una cantidad de agua supuesta de corriente contínua de 1 *l.* por *ha.* i segundo, bastaria una cantidad de 600 cbm. de agua en la represa por cada *ha.* que necesite riego. Muchas pequeñas represas de esta naturaleza para riego de praderas, existen en Francia i merecen tambien en nuestra patria mas interes i propagacion.—Viena 1889.

Valparaiso, Setiembre de 1897.

(*) El autor habla de Austria-Hungría. C. E. D.

FIG 1.
Tranque de Gros Bois.

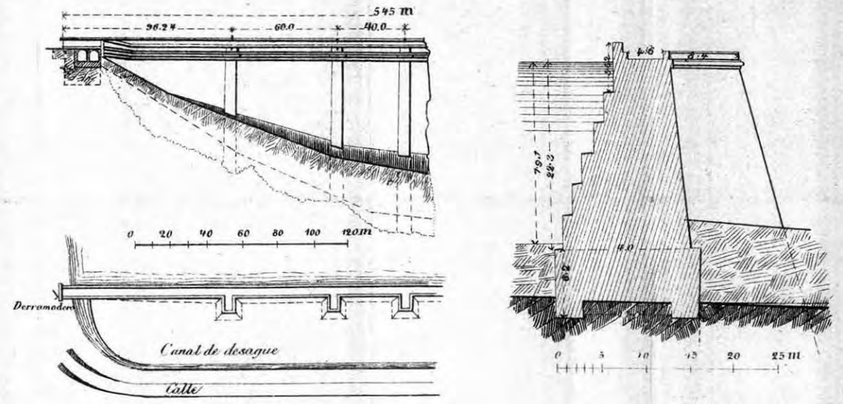
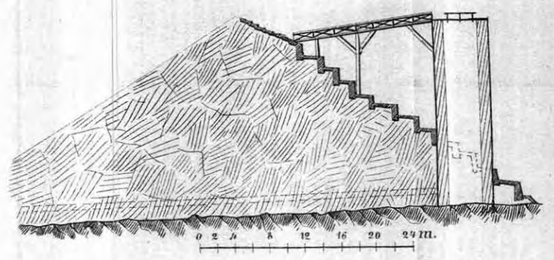


FIG. 2
Tranque de Oued Meurad (Marengo).



SECCION m.n.

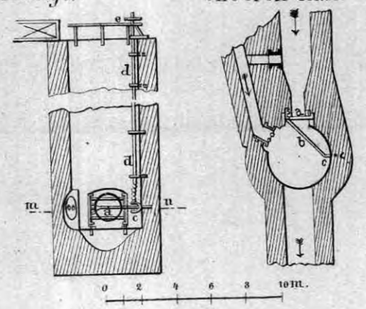


FIG. 3.
Tranque Muley Magoun

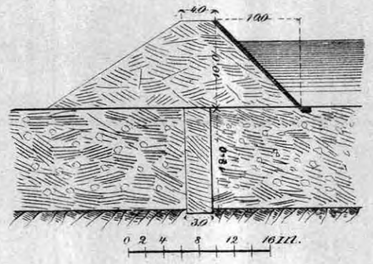
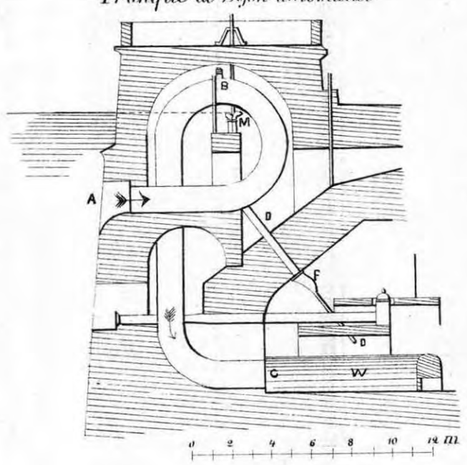


FIG. 4.
Tranque de Sifon automático



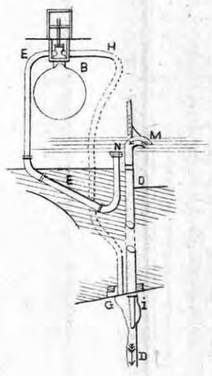
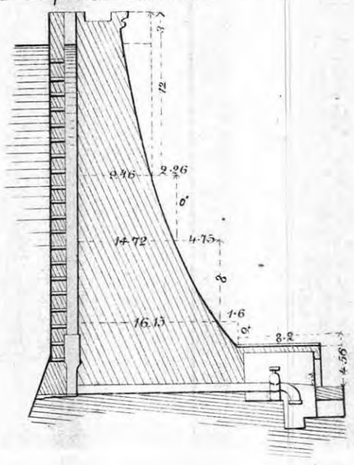


FIG. 5.
Tranque de Hamiz.



Seccion horizontal

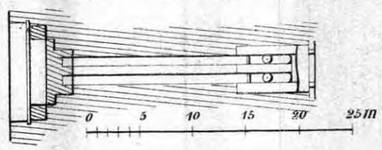
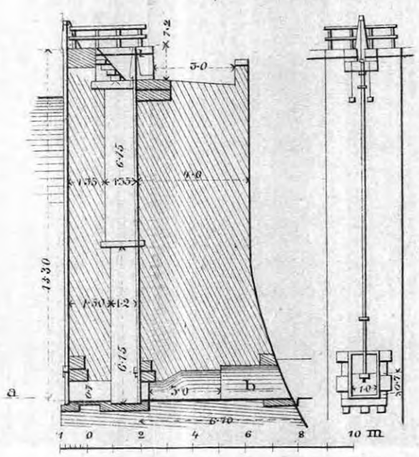
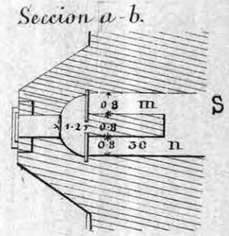


FIG. 6.
Tranque de Bouzey



Seccion a-b.



Proyeccion horizontal

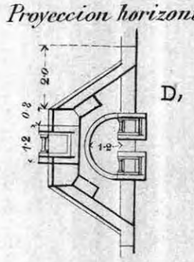


FIG. 7.
Tranque de Pilca cerca de Przibram

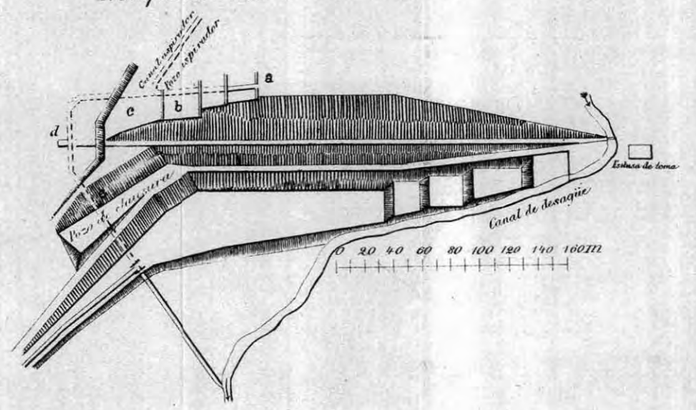


FIG. 8.
Pozo aspirador

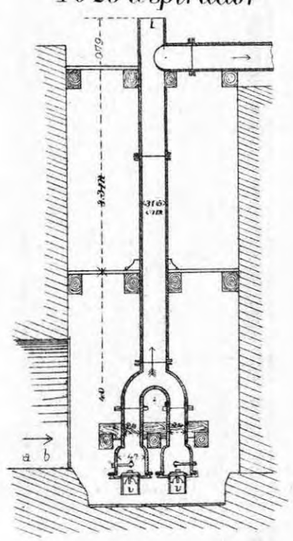


FIG. 9.
Pozo de clausura

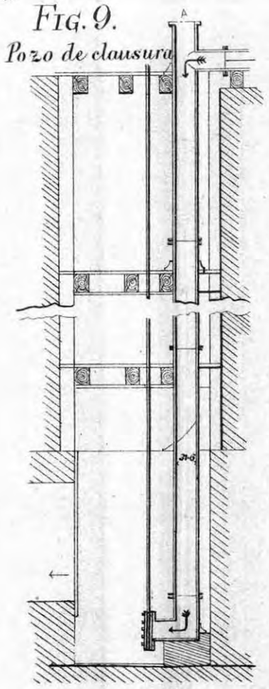


FIG. 10.

Fig. 11.
Llave de aire

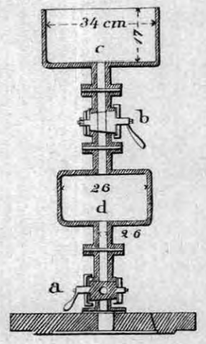
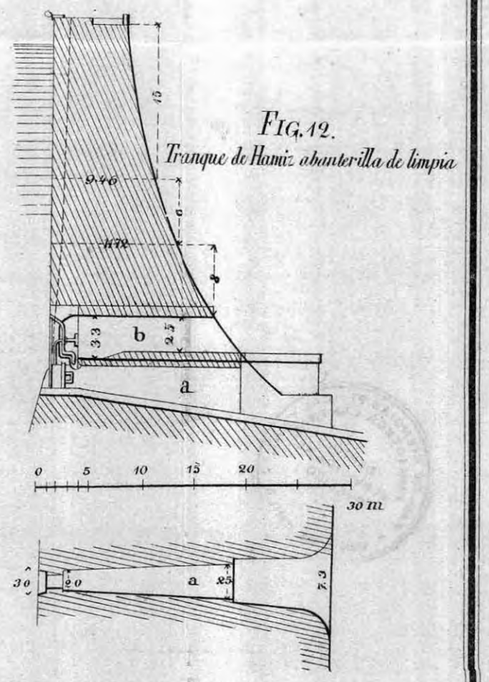


FIG. 12.
Tranque de Hamiz abanterilla de limpia



LITO "ROMA" BANDERA 75, SANTIAGO.