



## DIVISION I ENTREGA DE LAS AGUAS DE REGADIO

(Premio de primera clase en la Esposicion Internacional de 1875)

### CAPÍTULO PRIMERO

#### Introduccion

Habiéndome pedido algunas personas que publicase una esposicion detallada i completa de mi sistema para dividir i entregar las aguas de regadío, he creido deber hacerlo en beneficio de los intereses agrícolas del pais. Tal es el objeto del presente trabajo, el cual trataré de hacer de la manera mas práctica que me sea posible, a fin de vulgarizar la idea matriz.

Estoi convencido de que solamente así podrá conseguirse que las ideas derivadas i su realizacion práctica, en cada caso especial, sean perfectamente comprendidas hasta por las personas que no tienen costumbre de ocuparse de estas materias.

Esto me parece tanto mas necesario cuando que tratándose de un elemento empleado por el comun de las jentes, como es

el agua de regadío, se debe llevar el convencimiento a todos los espíritus en jeneral. No es solo el ingeniero hidráulico el que debe estar convencido de la excelencia del sistema; debe estarlo tambien el vulgo, que es el consumidor, i todos deben saber las razones en que dicho sistema se funda, para que cada cual sepa bien a que atenerse, en cada caso especial.

Con este objeto, simplificaré en lo posible las figuras que la necesidad me obligará a adjuntar al presente escrito; i preferiré por lo jeneral, la forma de perspectiva a la de las proyecciones geométricas, por ser aquélla la mas fácil de comprender por la jeneralidad de las personas. Como se verá despues, los caminos que se presentan para la resolucion práctica del problema son innumerables; i yo creo positivamente que, con solo reflexionar un poco sobre lo que voi a decir en seguida, puede cualquiera persona imajinar nuevas disposiciones del aparato, talvez mejores que las que yo describiré en estos párrafos.

Así, pues, estoi mui léjos de creer que aquí digo la última palabra sobre una cuestion tan árdua como importante. Solamente he encontrado el camino que conduce a las mil i mil maneras distintas de resolver el problema; i aunque creo haberme aproximado mucho a la exactitud en dicha resolucion, debo agregar, con la franqueza de todo hombre que busca solo la verdad neta, que aun no he llegado, en los detalles prácticos, a ese grado de exactitud matemática, que, unido con la fácil practicabilidad, constituirán al fin un aparato perfecto en todo i por todo.

Bien sé que el grado de perfectibilidad actual del sistema que propondré basta para satisfacer nuestras necesidades, con exactitud relativa mui aproximada; pero esto es solo una verdad incompleta, que no puede satisfacer del todo al espíritu investigador. Por otra parte, son tantos i tan interesantes los caminos que aquí se presentan para llegar a la realizacion práctica de la verdad teórica, que no puedo ménos de convidar a los jóvenes estudiosos a que sigan esos caminos. Mas, para que no haya estravío, i el estudio sea provechoso, menester es hacerlo sin salir de las bases fundamentales en que descansa la teoría del sistema de division.

## CAPÍTULO II

**Enunciado e importancia relativa de los problemas que tienen por objeto repartir i entregar las aguas de regadío**

Todos los problemas relativos a la estraccion, entrega i reparticion de las aguas de regadío, se reducen a dos: el uno consiste en *extraer* o sacar de un canal o fuente de regadío cualquiera, una cantidad constante de agua para *entregarla* a un tercero, i el otro, en *dividir* el caudal de un canal, rio, acequia, etc., en cantidades iguales o proporcionales, para *entregarlas* a sus respectivos dueños.

Por consiguiente, no es lo mismo *entregar* a uno o a varios sendas cantidades de agua, *extraídas* de un canal, que *repartir* entre varios las cuotas resultantes de un caudal de agua *dividido*. Esta segunda idea está comprendida en la primera, porque todo *reparto* es entrega; mas no toda *entrega* es reparto. Este se refiere especialmente a «la *division* de un caudal en partes iguales o proporcionales»: aquélla, a «la *extraccion* de una cantidad fija».

La *division* presupone igualdad o la proporcionalidad entre los derechos de los interesados; mas no así la *entrega*, pues en ésta los interesados son, por una parte, uno o varios dueños de sendas cantidades fijas, i por la otra, el dueño o dueños del canal madre, o, mas bien dicho, «*de lo que resta en el canal madre*, despues de extraídas las cantidades fijas».

Este caso, ya sea la estraccion de una, ya la de varias cantidades constantes, tiene lugar cuando, por ejemplo, el dueño de un caudal de regadío vende a uno o a varios, una o bien sendas cantidades fijas de agua, constituyéndose en la obligacion de entregar a cada comprador el número de regadores vendidos. Entónces es evidente que el dueño del canal no podrá cumplir con sus compromisos, *sino haciendo que el caudal de agua no sea nunca menor que la suma de todos los regadores enajenados*. Tendrá, pues, que conservar la corriente a una altura igual o mayor que la necesaria para entregar el agua a que se ha obligado, i solamente podrá disponer del exceso para enajenaciones posteriores.

Pero no es esta la práctica seguida en Chile, en las ventas de agua que comunmente se hacen. A ello se oponen las circunstancias en que, por lo comun, se hallan nuestras fuentes de regadío. Siendo nuestros rios verdaderos torrentes, de caudal muy variable, no es posible contar en cada boca-toma, con una cantidad fija para mantener el canal correspondiente siempre a la misma altura, es decir, con el caudal necesario para satisfacer íntegramente todos los compromisos contraidos. Hai años en que escasea notablemente la nieve de los Andes, que surte nuestros rios. En otros, aun cuando nieva con abundancia, los tempestuosos aguaceros o los fuertes calores que suelen a veces sobrevenir, aquéllos en agosto i setiembre, i éstos en octubre i noviembre, deshacen i corren las nieves demasiado temprano: por manera que ya en diciembre comienza el empobrecimiento de los rios. Hai localidades en donde éstos han quedado casi exhaustos en el mes de enero.

Con las alzas i bajas de agua en las fuentes de regadío, los canales que de ellas se desprenden sufriran tambien aumentos i disminuciones; i éstas últimas suelen ser tales, que mas de una vez los canales han quedado reducidos a un cincuenta por ciento, o ménos, de su caudal normal.

Por consiguiente, no puede el dueño de un canal obligarse a entregar íntegramente el agua vendida, sin esponerse a faltar a sus compromisos. De aquí se deriva la costumbre, jeneral en Chile, de vender las aguas de regadío, sin que, por lo comun, quede el vendedor sujeto a otra obligacion efectiva que a entregar el cauce, o con mas propiedad, la parte que se ha menester del cauce abierto, para conducir hasta cierto punto, el número de regadores vendidos. El cauce abierto, o canal madre, puede pertenecer a un solo individuo o a una sociedad explotadora; i tanto aquél como ésta pueden vender a uno o mas agricultores diversas cantidades de agua. Pero aunque en las escrituras de compra-venta se estipule el número fijo de regadores vendidos, *cada comprador queda solamente en posesion del boquete* abierto en el borde del canal madre, por donde *puede* extraer la cantidad que le corresponde. Dicho boquete se hace obedeciendo a reglas fijas, cual sucede en los canales reglamentados, como el de Maipo; pero en la mayor parte de los cana-

les del país, las aberturas de estracción se efectúan según la manera de ver, la voluntad o el capricho de los interesados: todo ello sin cuidarse de si se perjudica o no a un tercero, i muchas veces sin fijarse en los perjuicios que puede recibir el dueño del canal madre o el del boquete de estracción. Las cantidades vendidas o estraidas no permanecen nunca fijas, sino que aumentan o disminuyen con el aumento o disminución del caudal madre. Por manera que lo que el consumidor industrial obtiene al fin, no es el número de regadores comprados, sino una cantidad variable, que aumenta o disminuye con las alzas i bajas del canal o de la fuente de regadío.

Mas todavía: los compradores quedan, por lo comun, obligados a concurrir a prorrata a los gastos de conservación del canal, entre la boca-toma i cada uno de los correspondientes puntos de estracción. Esta circunstancia, unida a lo antedicho, convierte a los compradores en algo como *accionistas* de las empresas de canales. No digo verdaderos accionistas, pues, por lo comun, los derechos de los compradores no están siempre tan garantidos como los de los vendedores, a cuyo capricho suelen quedar aquellos completamente sujetos. Mas, a pesar de esto, puede decirse que en Chile casi todas las llamadas compraventas de agua, son "compraventas de acciones i derechos, en empresas de canales de regadío" cuya falta de reglamentación especial, a una con la lastimosa carencia de leyes generales en la materia, orijnan las mil i mil cuestiones que cotidianamente están perjudicando a nuestra industria agrícola.

Lo dicho anteriormente explica la importancia del segundo de los problemas enunciados al principio del presente capítulo. No pudiendo, por lo comun, vanderse sino acciones o derechos a un canal, no es posible emplear otro sistema, para las entregas de agua, que el de "la división de los caudales (siempre variables) en cantidades iguales o proporcionales", de manera que "las cuotas ganen o pierdan a prorrata, con las alzas o bajas del canal madre". Tal es el segundo caso de "entrega de aguas", resuelto, mas o ménos imperfectamente, por nuestra actual práctica, según los usos i costumbres del país. Porque aun cuando es cierto que la práctica no es la misma en todas las localidades, i que, por la diversidad de formas que se da a los boquetes de

extraccion, éstos no producen siempre *gastos* de agua proporcionales a las alzaz i bajas del canal madre, tambien es verdad que estas clases de divisiones se hace las mas veces empeñándose por obtener la constante propoicionalidad en las cuotas.

Así, pues, el país en jeneral parece haberse decidido en favor del sistema de division en partes iguales o proporcionales, prefiriéndolo al de extraccion de cantidades fijas, que solo puede emplearse en casos especiales, como, por ejemplo, cuando un industrial tiene necesidad de una cantidad constante para mover una máquina o para otro fin análogo.

Bueno es hablar aquí de un abuso a que el primer sistema se presta. So pretesto del empobrecimiento de los rios, i escudados por esta circunstancia, que algunos saben exajerar en provecho propio, hai dueños de canales que suelen vender mucho mayor cantidad de agua que la que pueden extraer de la fuente de regadío. Abren un gran cauce i enajenan su agua, no tomando en cuenta la riqueza efectiva, que es el número de regadores que normalmente pueden salir de la fuente, sino *el número de regadores nominales que podrian correr por el cauce abierto, en caso de que salieran por las boca-tomas*. De aquí, la multitud de perjuicios recibidos por los agricultores situados en las últimas aguas, a los cuales muchas veces no le es dado regar sino con el caudal sobrante (cuando sobra) o con los *derrames* de los que ocupan un lugar superior.

Pero aun cuando la costumbre de vender aguas sin quedar obligados a entregarlas íntegramente se preste a abusos perjudiciales, el hecho es que dicha costumbre tiene su razon de ser, por ser hija de la necesidad i estar basada en la naturaleza misma de las cosas. En cuanto a los abusos a que da lugar, no pueden ser estirpados sino por medio de leyes equitativas i de reglamentos especiales, que garanticen los derechos de la aguas (hoi casi nulos, de hecho, en algunas partes), i que se opongan a la pérdida que de este precioso elemento se hace hoi en casi todo el país.

Mientras tanto, debemos tratar de llegar a la solucion del problema, sin contravenir a los usos establecidos, en todo aquello en que éstos no desdigan de la equidad i de la naturaleza de las cosas. Hé aquí, por qué, considerando de mayor utilidad prác-

tica la resolucion del segundo de los casos enunciados ántes, le doi la preferencia sobre el primero, en el presente estudio. En consecuencia, comenzaré por fijar la teoría del repartidor en cantidades proporcionales, estudiando el aparato en jeneral, hasta en sus menores detalles. En seguida espondré las diversas modificaciones que el aparato puede recibir, por medio de una série de ejemplos prácticos, que enseñarán a construir el repartidor cualesquiera que sean los elementos de que se disponga, i concluiré al fin por tratar de la *extraccion* o *entrega* de aguas en cantidad fija, proponiendo los instrumentos que, a mi entender resuelven el problema con mas o ménos exactitud i economia.

### CAPÍTULO III

**Insuficiencia del sistema actualmente empleado en la division proporcional i en la entrega de cantidades fijas de las aguas de regadío.**

Tratándose de esplicar un sistema nuevo, que tiene la pretension de reemplazar a otro, es menester comenzar por señalar los defectos de éste, poniendo en claro las causas que los motivan, a fin de ver si en el sistema reemplazante pueden aparecer o nó las mismas o parecidas causas de error. Esta regla, aconsejada por el simple buen sentido, cualquiera que sea el campo, científico o industrial, teórico o práctico, en que se obre, es tanto mas prudente i segura, cuanto mas autorizado esté por una larga práctica el antiguo sistema que se trata de reemplazar. Tal es lo que sucede con nuestro actual procedimiento de division i entrega de aguas de regadío, pues, sobre estar autorizado por el ejemplo de paises adelantados, i sancionado por nuestras leyes, cuenta con otro apoyo mas fuerte todavia, cual es el de una arraigada costumbre en el pais.

Basta esponer sencilla i ordenadamente nuestro actual sistema de medicion i division de aguas, para ver los sustanciales defectos de que adolece, i su insuficiencia para alcanzar resultados prácticos i positivos.

Se ha dicho (capítulo II) que la cuestion jeneral tiene por

objeto: 1.º dividir un caudal de agua en partes proporcionales, i 2.º estraer de un canal una cantidad fija.

En este caso, la espresion *cantidad fija* significa cantidad o «volúmen conocido i constante, derramado en cada espacio dado de tiempo.»

Fijemos las ideas a este respecto.

Estraer de un canal una cantidad fija es *separarla* del caudal madre, esto es, restar de éste un volúmen medido. La resta, que puede ser variable, queda dentro del canal. Para esto se necesita *medir* el volúmen fijo, que hace de sustraendo, o mejor dicho, se necesita que el sustraendo salga *medido* por sí mismo al tiempo de verificarse la sustraccion, o la corriente por la acequia derivada.

Dividir un caudal en cantidades proporcionales es *separar* éstas entre sí para entregarlas por medio de acequias derivadas como anteriormente.

Esta operacion es análoga a la anterior, en cuanto a que la *separacion* se efectua, en uno i otro caso, *midiendo* las cantidades separadas i entregadas.

Diferénciase la una de la otra medicion en que en la estraccion o resta de aguas *se miden de una manera ABSOLUTA las cantidades sustraídas o separadas del caudal madre*, al paso que en la division *se miden de una manera RELATIVA las cantidades o cuotas separadas entre sí*.

En uno i otro caso se ha menester de una *unidad de medida* especial. En el primero, la unidad de medida debe ser *invariable* para que produzca siempre cantidades fijas. En el segundo, la unidad puede tener i tiene jeneralmente un *valor cualquiera*, pues no se trata de medir con ella, o de separar entre sí cantidades de un valor absoluto, sino de valor relativo, o de volúmenes proporcionales.

La unidad que sirve para separar, avaluar o medir una cantidad fija o el producto de una corriente dada (al que los hidráulicos dan el nombre de *gasto de agua*), se llama en Chile *regador*.

El *regador* fué estatuido en 1819, bajo la dictadura de O'Higgins, para servir de unidad de medida al canal de Maipo. Pero habiendo sido tácitamente adoptado, no solo por los agriculto-

res del país sino por el Ejecutivo en sus funciones administrativas, i tambien por nuestros tribunales en sus sentencias sobre juicios de agua, puede ser considerado como la medida legal para medir las aguas en todo Chile.

Mas adelante se discutirá i se analizará el *regador chileno*, para ver si cumple o nó con las condiciones de unidad de medida absoluta. Por ahora solo diré una cosa que conviene tener siempre paesente, a saber: "que para que el *regador* merezca ser considerado como *unidad de medida*, debe producir constantemente el mismo *gasto de agua*, cualquiera que sea el caso en que se le emplee como elemento de medicion."

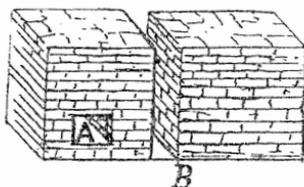
La unidad que sirve para medir las partes proporcionales en que se trata de dividir un caudal cualquiera, es el caudal mismo, que puede variar hasta el infinito. Así, pues, esta unidad es variable, pues hai una para cada caso particular.

Tratándose de la estraccion de cantidades fijas, su valor está espresado en un número entero de unidades, o bien en un número entero mas una fraccion, o, por último, en una fraccion solamente. Se deriva de un canal las cantidades fijas, por ejemplo, de cinco regadores, tres regadores i cinco décimos, setenta i cinco centécimos de regador, etc. No así, cuando se trata del valor de una de las partes o cuotas en que un canal está dividido proporcionalmente. "Este valor está espresado siempre en partes de la unidad, es decir del caudal dividido." Por ejemplo: un caudal dividido en dos partes, segun la proporcion 2 : 3, produce dos cuotas cuyos valores son  $\frac{2}{5}$  i  $\frac{3}{5}$  o bien 0.4 i 0.6 del caudal madre, cuyo valor hace, en este caso, de unidad de medida, la cual a su vez se considera dividida en  $2+3=5$  o bien en diez partes iguales para denominar cada fraccion. Si el caudal está dividido en partes iguales, se le trata como anteriormente, pues la igualdad aquí es un caso especial de proporcionalidad, que no hace variar la cuestion, en el fondo.

Entregar el agua medida, ya sea absoluta, ya proporcionalmente, es lo que se llama en Chile *marcar el agua*. Esta operación se realiza prácticamente haciendo pasar por un *marco* el agua que se trata de medir.

Llamamos *marco* a un orificio, tubo, abertura o canal de forma o de seccion rectangular, que sirve para *marcar* o sea *medir*.

de una manera absoluta o proporcional el agua que pasa por ellos.

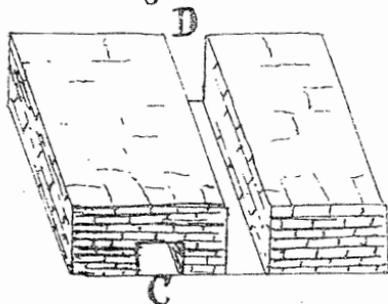
Fig. 1.<sup>a</sup>

El *orificio* es un rectángulo completo, A (fig. 1.<sup>a</sup>), abierto en las paredes delgadas de un depósito de agua, de donde se quiere extraer una cantidad fija.

La *abertura* es un rectángulo incompleto, B (fig. 1.<sup>a</sup>), al cual le falta el lado superior, practicado también en las paredes delgadas de un canal o depósito cualquiera, de donde se quiere derivar una cantidad que guarde cierta relación con el caudal madre.

Las personas versadas en estas materias tienen por paredes *delgadas* a aquellas cuyo espesor es ménos de la mitad de la dimensión mas pequeña del orificio. Se califica de *gruesas* a las paredes cuyo espesor esceda de esta dimensión proporcional.

Cuando las paredes del depósito son gruesas, el orificio se convierte en un tubo, C, i la abertura en una canal, D (fig. 2.<sup>a</sup>).

Fig 2.<sup>a</sup>

Se deduce de lo antedicho que hai dos clases de marcos: los unos, como el orificio i el tubo, cerrados en todo el contorno trasversal, i los otros, como la abertura o la canal, abiertos en su parte superior. Así podemos denominar a los primeros *marcos cerrados*, i a los segundos *marcos abiertos*.

Los marcos cerrados sirven para extraer cantidades fijas de agua, i los marcos abiertos se les emplea comunmente en la division de un canal en partes proporcionales.

Cuando se emplea (como suele hacerse) el marco abierto para extraer una cantidad fija, es como si aquél fuera cerrado, pues, en tal caso, no puede obtenerse el resultado que se pretende, sino haciendo que el agua en el marco *se conserve siempre*

a la misma altura; i esto equivale a «completar el orificio o el tubo, cerrando el marco», es decir, limitando por la parte superior el boquete de derivacion.

Como queda dicho, los marcos, sean orificios o tubos, aberturas o canales, son siempre cuadrangulares; i en todos ellos es indispensable que sean horizontales las líneas que a los orificios i aberturas, i las superficies que a los tubos i canales les sirven de base.

Veamos ahora cuáles son las garantías de exactitud que unos i otros marcos presentan, comenzando por los abiertos.

El carácter distintivo de éstos es el de no *cortar* o *marcar* en todo el contorno de la corriente, sino sólo en la base i en los costados. La superficie superior del líquido queda en libertad para subir o bajar, segun sean las alzas o bajas en la fuente o depósito de donde nace el agua marcada. Por manera que, permaneciendo en el marco la superficie superior del agua al nivel que la del canal madre, *se cree* que los gastos de agua son proporcionales a las anchuras; i por esta errónea creencia, se ha adoptado los marcos abiertos para realizar la division i medida proporcional de un caudal de agua.

#### CAPÍTULO IV

Continuacion del anterior.—Reglas para la demarcacion en el canal de Maipo

He aquí el procedimiento practicado por la empresa del canal de Maipo, segun se ve en las reglas adjuntas a sus estatutos, publicados últimamente (en 1876).

1.ª regla: «Para establecer un marco, debe formarse, en el canal, un emplantillado de piedra o de ladrillo, de ocho varas de largo, sin desnivel, con tres puentes colocados en el suelo, una a cada uno de los extremos del emplantillado i otra en el medio, i debiendo ser cada una del ancho de un ladrillo. Los costados o paredes del canal se harán tambien de cal i ladrillo, con dos ladrillos de ancho. En el centro de este emplantillado debe colocarse el *marco partidor*».

2.ª «Desde el emplantillado debe formarse al canal un plano

de cincuenta varas de largo, en línea recta para arriba, i con doce pulgadas de desnivel».

3.<sup>a</sup> «Al fin del emplantillado tendrá una caída igual el *marco saliente* a la del *marco pasante*, cuya caída no deberá exceder de una tercia de vara».

Antes de copiar las otras reglas, conviene observar, respecto de las anteriores, que en ellas se habla de *colocacion del marco partidior*, de *marco pasante* i de *marco saliente*, sin decir nada de lo que se *entiende* por dichos elementos de reparto i, sobre todo, sin hablar de la manera práctica como se establece lo que la regla primera llama *marco partidior*. No dice mas sino que se debe *colocar en el centro del emplantillado*. Por manera que es menester suplir mucho a las reglas antedichas para llegar a obrar en conformidad con ellas. Lo único que se echa de ver en estas prescripciones es la intencion de hacer que los interesados se hallen en circunstancias análogas; i esta es una buena intencion, como que de la igualdad de tales circunstancias es de lo que depende una division exacta.

De-graciadamente, las espresiones *marco saliente* i *marco pasante* de la regla 3.<sup>a</sup> dan a entender que no se mira con el grado de importancia que merece la antedicha igualdad de circunstancias, pues por ellas se viene en conocimiento de que se hace diferencia entre los dos canales en que queda dividido el canal madre. En la regla cuarta se ve bien clara esta diferencia.

4.<sup>a</sup> «Todos los canales *pasantes* deben ir en línea recta, i los *salientes* en línea oblicua».

No se comprende el objeto de esta disposicion que, en verdad, no puede ser aceptada por ninguna razon, ni aun aparente. Segun la antigua práctica de la empresa del canal de Maipo, el canal que se llama *pasante* es el canal madre, i el *saliente* es la acequia derivada de dicho canal. El agua de los llamados *salientes* pertenece, por lo comun, a los compradores de derechos a la empresa, es decir, a los accionistas en particular. I como es evidente que, oblicuando la direccion de un canal derivado respecto de la corriente madre, ésta se hallará siempre en mejores condiciones que aquél, resulta que en cada division o entrega de aguas «los dueños de los canales *salientes* recibirán un perjuicio de que se aprovecha la empresa». ¿Qué objeto se ha que-

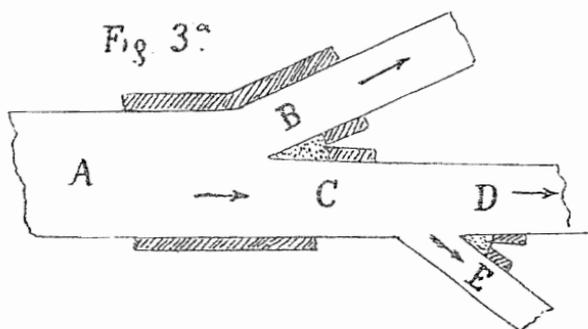
rido perseguir con tan estraña disposicion? No es fácil comprenderlo; i lo único que se ve claro es la injusticia notoria de desposeer *legalmente* al comprador de una parte de lo que *legalmente* ha comprado. Tal es lo que se hace con la *oblicuidad* reglamentaria del canal saliente, oblicuidad que dificulta la salida, disminuyendo, en consecuencia, el gasto de agua, i aumentándose comparativamente el del pasante por la *rectitud* reglamentaria de su corriente.

Esto está mui léjos de ser justo i equitativo, mayormente cuando no hai motivo alguno que obligue a seguir tal práctica. Todo individuo que compra un derecho de aguas en un canal carga con todos los gravámenes consiguientes, debiendo concurrir a prorrata para las reparaciones, limpieas i demas gastos anuales en las boca-tomas. Ahora bien, si está a las duras, es natural que esté tambien a las maduras; i las maduras son, en este caso, la igualdad de circunstancias con la empresa vendedora. Quien, por ejemplo, ha dado su dinero por la centésima parte de un canal, es tan dueño de la centésima parte comprada como el vendedor lo es de las noventa i nueve centésimas que no ha vendido. Así, la misma razon que hai para oblicuar la acequia por donde pasa la centésima parte del comprador Pedro, existe para oblicuar la acequia por donde pasan las noventa i nueve centésimas pertenecientes al vendedor Juan. Ambos son dueños del agua en la proporcion de  $\frac{1}{100}$  a  $\frac{99}{100}$ ; i su acequias deben estar oblicuadas simétricamente en el punto de la bifurcacion, a fin de que uno i otro se hallen, en lo posible, en igualdad relativa de circunstancias.

Cuanto mayor sea la oblicuidad del canal pasante, tanto mayor será tambien el perjuicio recibido por su dueño. Esto se comprenderá con la simple ojeada de la figura 3.<sup>a</sup>

En ella se ve el canal A dividido en dos porciones, B i C. Sabido es que cualquier entorpecimiento en las márgenes de un canal le quita velocidad a la corriente; i siendo la oblicuidad un verdadero estorbo para la corriente B, es claro que la velocidad será respectivamente mayor en el canal A C, recto, que en el A B, quebrado. En consecuencia, el gasto de agua que, como es sabido, tiene por uno de sus factores a la velocidad, será relativamente mayor en A C que en A B.

Supongamos ahora que en seguida de la division B C se ejecuta otra, D E. El canal *saliente* E se perjudicará también en



beneficio del *pasante* D. «Por manera que este *doblemente pasante* se beneficia también doblemente en perjuicio de los salientes B i E.»

Pero hai además otra causa de error en este sistema de division, i es la diversidad de velocidades que se nota en los diferentes manojos o filetes de agua que forman una corriente cualquiera. El simple buen sentido basta para echar de ver que, en todo canal, cualquiera que sea su desnivel i la clase de terrenos por donde pase, los filetes del centro de la corriente son mucho mas veloces i mas ricos que los mas cercanos a las márgenes. Cuanto mas disparejas sean éstas i cuanto mayor sea el talud o chafían de sus costados, mayor será también la diferencia de velocidad i de riqueza en favor de los filetes centrales. Para que esto no suceda, es menester que la corriente socave el fondo cerca de una de las márgenes i se incline hácia ella, caso en el cual la otra márgen se empobreceria, resultando siempre un perjuicio, ya en el uno ya en el otro lado. Pero no es esto lo que se verifica comunmente, sobre todo en las partes rectas de un canal, que es en donde se establecen los marcos. Aquí la socavacion se verifica en el centro del fondo del canal, i allí es, por consiguiente, en donde la velocidad i la riqueza de los filetes líquidos son mayores. De suerte que, por este lado, el canal A C D, recto i central, recibe un nuevo beneficio, en perjuicio de los B i E, quebrados i laterales.

Por otra parte (i esto no es de poco momento), la antedicha regla 4.<sup>a</sup> no advierte *cual debe ser la oblicuidad del canal saliente*, i debiera espresarlo, ya que se quiere seguir este sistema. Porque hasta un sistema malo no lo es tanto cuando es completo i lójico, en cuanto ello es posible. Dejar la oblicuidad a la voluntad del constructor del marco, es multiplicar mas las causas de error. Esta es una verdad que se prueba por sí misma.

La regla 5.<sup>a</sup> dice, respecto de la fabricacion de los marcos: «Se construirán con una punta de diamante de piedra, *que forme un ángulo de quince grados con el resto de la tijera; i por la base de atras de la tijera será de una i cuarta varas*». Confieso que al leer este párrafo, no he podido dejar de sentir una mezcla de indignacion i de vergüenza: lo primero, por el atrevimiento del autor al dar como cosa séria una regla en donde no es posible adivinar, ni remotamente, lo que ha querido decir; i lo segundo, por ver tamaño disparate escrito para que sirva de guia en las importantes i delicadísimas obras de una de las mas grandes empresas de Chile, cuyo valor no baja de veinticinco millones de pesos. Así, pues, careciendo esta pretendida regla 5.<sup>a</sup> de sentido comun en su forma, i siendo, en consecuencia, imposible de comprender, no es d'ab'e decir sobre ella ni mas ni ménos que lo que acabo de espresar anteriormente.

Veamos ahora las dos reglas que siguen:

6.<sup>a</sup> «A cada marco debe ponerse, detras de la punta de diamante, a la media vara, una escala que señale la demarcacion».

7.<sup>a</sup> «Los marcos deben ser de una vara de alto, i de pulgada i media por regador, arreglados al modelo del plano que existe en la junta de directores».

Parece que el objeto de la prescripcion 6.<sup>a</sup> es mantener, dentro del marco, ántes de la punta de diamante, el agua a la misma altura. Esta altura es de una vara, segun la regla 7.<sup>a</sup>, debiendo darse a cada boquete de emision una anchura de una i media pulgadas por cada regador que se quiera estraer. Por manera que a cada regador le corresponde una seccion trasversal de cincuenta i cuatro pulgadas cuadradas. Es la misma seccion del regador, segun el Senado consulto de 1819; solo que, en ésta, la superficie seccional era el resultado de  $9 \times 6$  pulgadas, en vez de  $36 \times 1\frac{1}{2}$  pulgadas.

Mas adelante se hablará de los defectos de uno i otro regador, considerados como unidad de medida. Por ahora estamos considerando el sistema bajo el punto de vista de la division proporcional, i, en este sentido, ninguna de las reglas antedichas anula las causas de error de que se ha hablado.

La última prescripcion es:

8.<sup>a</sup> „Todo marco debe tener ademas un plano inclinado de veinte varas, despues del horizontal, con desnivel de doce pulgadas, o ménos, segun la localidad de los marcos“.

La falta de precision en la última parte (que es mui esencial) de esta regla, me hace repetir lo dicho respecto de la 1.<sup>a</sup> En esta clase de obras no debe dejarse a la voluntad del constructor nada de aquello que pueda producir la menor falta de equidad, pues es casi seguro que algunas de las partes, sobre ser perjudicada por el mal sistema, lo será tambien por las facultades dadas al constructor, de cuya ignorancia puede mui bien aprovecharse (preciso es decirlo) la malicia de alguno de los interesados. Supóngase un canal de doseientos o mas regadores, de donde se quiere estraer dos o tres. La gran diferencia entre las cuotas de los interesados favorece naturalmente al dueño del canal pasante, que es en donde estará la mayor velocidad relativa de la corriente.

En resúmen, un marco construido segun las reglas antedichas, no podrá jamas dividir proporcionalmente un caudal de agua, porque *cuando ésta corre mas o ménos horizontalmente, no presenta una masa homogénea*. Aun cuando el canal madre se hiciera de hierro con paredes pulidas, el caudal se compondria siempre de manojos de filetes líquidos, de diversas velocidades. Esta diversidad de velocidades i por consiguiente, de riqueza o de gasto de agua, se aumenta con las asperezas e irregularidades de un canal calado en la tierra, muchas veces floja i heterojénea. Luego *la energia de la corriente tiene que ser diversa en cada uno de los puntos de su seccion trasversal*, de donde se deduce que, dividiendo dicha seccion en centímetros cuadrados, por ejemplo, el gasto o el producto de agua que corresponde a un centímetro en el fondo de la corriente no es igual al que corresponde a un centímetro cerca de la superficie, así como los filetes de las márgenes, cualquiera que sea su grue-

so, no producirán nunca la misma cantidad de agua que los filetes centrales de la misma seccion. I como en vista de las reglas antedichas el sistema actual de division consiste en "dividir proporcionalmente la seccion trasversal de la corriente", resulta que los interesados obtienen en efecto *superficies proporcionales* en dicha seccion, pero no *cantidades de agua proporcionales*, que es el verdadero objeto de este problema. O de otro modo: lo que los interesados obtienen, por el actual sistema de division, es una cantidad de filetes líquidos proporcional a cada derecho, pero filetes de diverso producto o gasto de agua, cuyas sumas no están jamas en proporcion de las cuotas. Ello equivale a la division que se hiciera, por ejemplo, de una cantidad de dinero entre varios individuos, dando a cada cual un *número de monedas* proporcional a su cuota respectiva. Si las monedas fuesen todas de igual valor, la division estaria bien hecha; pero en el caso contrario, podria suceder que uno de los interesados recibiera diez cóndores; otro, diez pesos fuertes; otros, diez pesetas, etc.

## CAPÍTULO V

### De la unidad de medida para la valuacion de las aguas de regadío

Considerando el ejemplo de las division de las monedas, con que termina el capítulo anterior, se echa de ver que tal division es mala, porque no se la ha hecho con relacion a *una unidad* de medida, sino a tantas unidades a un tiempo como monedas hai en la masa comun, desde que para separar cada cuota se ha atendido solo al número de monedas, cual si todas éstas tuviesen el mismo valor. Pero siendo de valores diversos, es preciso reducirlas a una unidad comun con la cual se pueda medir el valor de cada una i de todas ellas, para hacer que cada cuota tenga el valor proporcional requerido, esto es, el *número de pesos* (no el de monedas) que corresponde a cada copartícipe. Así tambien, para avaluar i dividir un caudal de agua necesitamos una unidad de medida que sea, no una corriente de tal o cual espesor, sino una *cantidad fija de agua*. Esta cantidad puede ser de un valor cualquiera: lo indispensable es que sea *invaria-*

*ble*, en cualesquiera circunstancias en que hayamos de emplearla como unidad avaluadora.

Toda unidad de medida debe ser de la misma naturaleza que la cosa que se trata de medir o de dividir. Y como el caudal de un canal no es mas que «un volúmen de agua en movimiento de traslacion sucesiva i continúa», la unidad tambien debe serlo. De la misma manera la unidad, así como la corriente cuyo caudal queremos medir, debe producir un volúmen de agua (gasto) proporcional a un tiempo cualquiera; por consiguiente, si suponemos un volúmen de un litro i el tiempo correspondiente de un segundo, podemos definir la *unidad de agua* de esta manera: *la cantidad de agua vertida a razon de un litro por segundo*.

En lugar de *litro* podría decirse *decálitro*, *metro cúbico*, etc. i en vez de *segundo* puede ponerse *minuto*, *hora*, etc., sin que por esto varíe en lo mas mínimo la idea fundamental de la definicion anterior. Esta idea no es mas que la de «un derrame (gasto) conocido, durante un tiempo tambien conocido». Combinando otros volúmenes con otros tiempos, resultarian otras unidades distintas que tambien servirian para medir el agua, así como servirian otras varas, anas, yardas o metros, diversos de los que actualmente se usan para medir líneas.

Creo que la antedicha definicion es clara, precisa i completa, pues en ella entran elementos conocidos i ni mas ni ménos que los necesarios para fijar la idea de la avaluacion, tomando en cuenta la naturaleza del objeto que se trata de medir i uso práctico como elemento de industria.

Varias son las dimensiones i los nombres que se ha dado a esta unidad, en las diversas naciones que han tratado de reglamentar el preciosísimo elemento de las aguas de regadío. En unas partes se ha dado al chorro o corriente imaginaria que fija la unidad, una seccion transversal de una pulgada cuadrada; en otras, de un pié, etc. Entre nosotros, la seccion legal es de una cuarta de vara multiplicada por una sexma, lo que da 54 pulgadas cuadradas. Posteriormente, conservando esta misma superficie, hemos alterado las dimensiones de la seccion dándole una i media pulgadas de base por una vara de altura. En España se ha llamado, i aun se llama en algunas provincias, *real*

*de agua*, al chorro que pasa por un tubo cuya seccion trasversal es igual a un real de plata. *Ojo de agua* se llamaba, en algunas repúblicas hispano-americanas, a la cantidad de agua que pasaba por el *ojo de una rueda de carreta*. Tambien teníamos, en tiempos del coloniaje, *la teja de agua*, que era la corriente que podía pasar por una teja comun, hasta sus bordes, etc., etc.

Como se ve, en todas estas definiciones entra como elemento definitivo principal la *capacidad* del acueducto, capacidad que no tiene sino una relacion accidental con el volúmen que por ella se escurre, puesto que por dos canales de las mismas dimensiones pueden pasar caudales de agua mui diferentes, segun sea la inclinacion de aquéllos, etc. De la misma manera, dos orificios iguales, abiertos en la misma pared, pueden producir cantidades de agua mui diversas en el mismo tiempo, segun sea la altura de la superficie del líquido en el depósito, sobre el centro de gravedad de cada orificio. Haciendo abstraccion del desnivel i, por consiguiente, de la velocidad que de él se deriva, se ha equiparado la medida de las aguas corrientes con la de las aguas en reposo. Estas se valúan midiendo su *volúmen actual* por medio de una *capacidad* de referencia, como un *litro*, un *decálitro*, etc.; aquéllas se aforan midiendo lo que los ingenieros hidráulicos llaman *gasto de agua*, es decir, el volúmen del líquido que, en un tiempo dado, pasa por la seccion trasversal de su corriente.

Así. por ejemplo, si por el cauce de un caudal o de un río, que se suponen cortados por un plano perpendicular a la direccion media de la corriente, pasan cincuenta metros cúbicos de agua, de uno al otro lado del antedicho plano, en un segundo de tiempo, diremos que el *gasto de agua* del canal o del río es de cincuenta metros cúbicos por segundo. Si por un orificio, de cualquiera forma i dimensiones que sea, abierto en las paredes de un depósito lleno de líquido, se escurre o se vierte éste a razon de veinticinco litros por segundo de tiempo, el *gasto* será veinticinco litros por segundo, etc.

La *velocidad* del agua es la relacion entre la distancia recorrida por ésta, en su carrera por el acueducto, i el tiempo demorado en recorrer dicha distancia. Así en un canal, río, etc., en donde el agua recorre, por ejemplo, una distancia de 60 me-

tros en un minuto, se dice que la velocidad de esa corriente es de un metro por segundo.

El segundo es la unidad de tiempo adoptada para apreciar las velocidades del agua.

Es evidente que, mientras mayor sea la seccion de una corriente, mayor será tambien el volúmen de agua que, en un tiempo dado, pasa por dicha seccion, conservándose la velocidad la misma. Así tambien, aumentando o disminuyendo la velocidad, aumentará o disminuirá el volúmen o gasto de agua que pasa por la misma seccion. El gasto es, pues, directamente proporcional a la seccion i a la velocidad: por manera que, si llamamos G el gasto, V la velocidad, i S la seccion, tendremos:

$$G = S \times V \dots\dots\dots (1)$$

Donde se ve que, multiplicando la velocidad de un canal, un rio, etc. por la seccion trasversal del agua, se tiene el gasto o *producto de la corriente*.

La fórmula siguiente da la relacion que existe entre la velocidad V, la seccion trasversal S, la inclinacion Y del canal i el perímetro mojado P: todo ello independientemente del gasto G.

$$aV + bV^2 = \frac{S}{P} \times Y \dots\dots\dots (2)$$

La inclinacion del canal, es igual a una fraccion que tiene por denominador la distancia entre dos puntos cualesquiera del canal, i por numerador la diferencia de nivel entre dichos puntos.

El *perímetro mojado* es el perímetro de la seccion S, ménos la parte que corresponde a la superficie superior de la corriente.

a i b son los coeficientes constantes, cuyos valores, si la operacion se ejecuta en metros, son:

$$a = 0.000024.$$

$$b = 0.000366.$$

## CAPÍTULO VI

**Continuacion del anterior.—Errores en el regador del canal de Maipo**

Basta examinar las ecuaciones (1) i (2), para convencerse de los defectos sustanciales del actual sistema de division empleado en el canal de Maipo. Segun la regla 7.<sup>a</sup> (véase el capítulo IV), cada regador corresponde a una i media pulgada de estension horizontal, por treinta i seis pulgadas de dimension vertical, que es la altura prescrita para el agua dentro de los marcos. Pero, fuera de ser imposible conservar en la práctica esta altura normal, por lo que ántes se ha dicho acerca de las alzas i bajas de nuestros rios, aun cuando supongamos por un momento la normalidad de dicha altura, ya hemos visto (fig. 3.<sup>a</sup>) que la velocidad de la corriente es mayor en el centro A C D, que en las márgenes de los canales; i como, segun la ecuacion (1) el gasto de agua es proporcional a la seccion S, permaneciendo invariable la velocidad, tendremos que el *gasto de un regador cualquiera de 36 pulgadas de altura, por 1½ pulgadas de base*, no es el mismo en B, C, D i E.

Por otra parte, para aumentar el número de regadores, segun el tenor de la citada regla 7.<sup>a</sup>, basta aumentar de una i media en una i media pulgadas de anchura del boquete de estraccion: error que se deriva de: *suponer que el gasto es proporcional a la seccion S solamente*. Es verdad que si las anchuras de los cuatro boquetes o vertedores B, C, D i E, son proporcionales, (a razon de 1½ pulgadas por regador), tambien serán proporcionales las secciones, suponiendo en todos los marcos la misma altura de agua (36 pulgadas). Pero la ecuacion (2) nos dice que para que S varíe, necesita variar convenientemente P, a fin de que la fraccion  $\frac{S}{P}$  permanezca la misma para que no varíe la velocidad V. Esto no se verifica en el caso presente, pues, al aumentar o disminuir el número de regadores, lo que aumenta o disminuye en la seccion es solo su base, permaneciendo siempre la misma altura, lo cual hace que el perímetro mojado P no varíe convenientemente a fin de que la fraccion  $\frac{S}{P}$  permanezca del mismo valor. Para ver claramente esto, nos basta considerar que

la duplicacion, por ejemplo, de un regador, duplica el número de pulgadas cuadradas de la seccion, al paso que solo aumenta en una i media pulgadas rectilíneas la estension del perímetro mojado.

Cuando la velocidad de la corriente es mayor que un metro por segundo, la fórmula que da el gasto de agua es:

$$G = 51.S \times \frac{\sqrt{S \times Y}}{P} \dots\dots(3)$$

Es decir, que el gasto o volúmen de agua producido por una corriente cuya velocidad escede a un metro por segundo, es igual a cincuenta i una veces la seccion trasversal multiplicada por la raiz cuadrada del producto de dicha seccion por la inclinacion, partido por el perímetro mojado. Aquí, como en (1) i (2), se ve que el gasto de un regador, o de muchos unidos, no depende solamente de la seccion trasversal, sino ademas, de la inclinacion o pendiente que determina la velocidad i del perímetro mojado, cuya longitud o desarrollo está relacionado íntimamente con las dimensiones relativas de las líneas que forman el circuito de la seccion. A una misma superficie seccional pueden corresponder infinitos perímetros mojados, en atencion a que se pueden imaginar infinitas corrientes prismáticas, o bien semi cilíndricas, de la misma seccion trasversal, i cuyas superficies, libres o superiores, tengan anchuras diferentes. Luego, la unidad de medida en que, como en nuestro actual regador, no se toma en cuenta ni la velocidad ni la inclinacion, ni el perímetro mojado, será siempre variable i cambiará, en cada caso particular, con la variacion de los últimos elementos antedichos.

Antes de pasar adelante, conviene decir dos palabras acerca de una contradiccion aparente entre lo que se acaba de decir sobre la necesidad de introducir en la definicion de la unidad de medida (regador), la velocidad, el perímetro mojado, etc., i la definicion misma del regador dada al principio del capítulo anterior (*la cantidad de agua vertida a razon de un litro por segundo*), en donde no se hace mencion tampoco de ninguno de los elementos antedichos (velocidad, inclinacion, etc.). Pero esta falta no es mas que aparente; pues, aunque tales elementos no

aparezcan mencionados, entran tácitamente en la definición, en atención a que ésta fija las condiciones indispensables del regador, i lo caracteriza, espresando el gasto o volúmen de agua que produce, lo cual no es mas que el resultado de la combinación de todos estos elementos constitutivos que la definición calla. Tales elementos son las *causas eficientes* que obran a una, i lo que se define es el *efecto*, convertido en *cantidad invariable* por medio de la introducción del *tiempo fijo* (un segundo), pues de otro modo, no podría servir de *unidad de medida*. I se toma el efecto o resultado para unidad, porque, como queda indicado ántes, «lo que se busca, lo que se trata de medir i de dividir entre varios interesados, es también el efecto», el último resultado práctico de una corriente, es decir, *el volúmen de agua que ella produce, en tal o en cual tiempo, para el consumidor*.

Hasta aquí solo se ha considerado una corriente medida en su curso dentro del acueducto que la conduce, ya sea que éste se mantenga indiviso, ya que se divida i subdivida en dos o mas acueductos secundarios. Examinemos ahora los efectos prácticos de las corrientes *derivadas*, con relación a los depósitos o fuentes de donde manan, i veremos como tampoco puede nuestro regador servir de unidad para medir los volúmenes de agua producidos por dichas corrientes.

La idea del regador tal como aparece en la regla 7.<sup>a</sup> de la empresa del canal de Maipo, no es mas que una modificación posterior de la idea primitiva espresada por la antigua definición del regador del canal de Maipo, en donde se estableció que el regador chileno era un chorro producido por un boquete rectangular de una *cuarta* de ancho por una *sesma* de alto, *con un desnivel de 15 pulgadas*.

Esta definición no habla ni de la carga de agua que pesa sobre la sección del boquete de salida, ni de si el boquete está abierto en pared delgada o gruesa, ni de la extensión en que ha de distribuirse el desnivel de 15 pulgadas.

Se sabe que por un orificio de 6 pulgadas de base por 9 de altura, abierto en la pared de un canal, puede salir mas o menos agua segun sea la altura del líquido en el canal madre. Para echar de ver esta lei jeneral de la corriente de los líquidos, no se necesita de ciencia alguna: basta haber visto abrir la llave

de una cuba llena de agua o de vino. La enerjía del chorro indica la altura del líquido dentro de la cuba; i a medida que ésta se vacía, disminuye la enerjía del chorro i, por consiguiente, la cantidad de líquido derramado en un tiempo cualquiera. Esto sucede a pesar de permanecer el mismo orificio de salida, pues la cantidad derramada por segundo, minuto, hora, etc., depende no solo de la forma i dimensiones del orificio, sino tambien de la presión que el líquido ejerce sobre las capas horizontales que inmediatamente producen el chorro.

Lo dicho anteriormente coincide con lo que nos dice la fórmula que nos da el gasto de agua producido por un boquete abierto en la pared de un depósito (que es el canal), mas abajo que la superficie superior del líquido dentro del depósito.

Si suponemos que el orificio está abierto en *pared delgada*, la velocidad del agua, al salir, es naturalmente la adquirida en su caída desde la superficie superior del líquido hasta el orificio. Se toma como término medio de éste a su centro de gravedad. I como se sabe que la velocidad adquirida por los cuerpos que caen, un instante despues de haber recorrido una altura  $h$ , es igual a la raíz cuadrada de  $2gh$ , tendremos:

$$V = \sqrt{2gh} \dots (4)$$

En donde  $h$  es la altura de la superficie del agua en el depósito sobre el centro de gravedad del orificio (a lo cual se llama *carga de agua*),  $g$ , la velocidad adquirida por los cuerpos que caen, al fin del primer segundo de su caída.

La *altura de carga*  $h$  se puede medir directamente. En cuanto al valor de  $g$ , se sabe que varía con la latitud i la altura sobre el nivel del mar de la localidad en donde se opera, pues que la acción de la pesantez es tanto mas intensa cuanto mas nos acercamos al centro de la tierra (como las riberas del mar i los polos respecto de las cumbres de las montañas i del ecuador). En Chile, cuyos terrenos regados están en el valle central, a lo largo de un meridiano, el valor de  $g$  varía entre 9.792 (Serena), 9.796 (Valparaiso), 9.800 (Concepcion) i 9.803 (Chiloé).

Poniendo en la ecuacion (1) en lugar de  $V$ , su valor (4), tendremos:

$$G = S. \sqrt{2.g.h} \dots (5)$$

Ecuacion que nos dice que los gastos de agua producidos por dos orificios abiertos en las paredes delgadas de un depósito son proporcionales a las superficies de los boquetes de salida i a las cargas de agua.

En vista de esta fórmula, se echa de ver mui bien que nuestro regador no puede servir de unidad de medida, considerado cual lo hace la lei de 1817, como un chorro producido por un boquete de dimensiones fijas, sin tomar en cuenta la carga de agua.

Conviene tener presente que el gasto espresado en (5) varía con la forma del orificio i otras circunstancias anexas; por manera que se debe multiplicar el segundo miembro de (5) por un coeficiente  $m$ , cuyo valor se ha determinado experimentalmente para cada caso particular. Así es que si tomamos para  $g$  un valor intermedio de 9.799, la ecuacion que da el gasto se reduce a:

$$G = m. S. \sqrt{19.598 \times h} \dots (6)$$

Bajo esta nueva forma la ecuacion condena tambien nuestro regador legal, así como lo hace la (5).

Miremos, por último, esta cuestion bajo otro punto de vista, considerando al marco *saliente*, en las reglas del canal de Maipo, como una *bocatoma* de aguas abierta en la márjen del canal *pasante*. Este caso, en verdad, difiere algo del de una boca-toma abierta sobre la márjen de un río; pero no tanto que no se puedan aplicar a él las fórmulas que dan el gasto de agua de un canal derivado de cualquiera fuente de regadío, en un punto donde la seccion transversal es  $S$ ; la profundidad constante del agua,  $h$ ; el perímetro mojado,  $P$ ; la inclinacion,  $Y$ ; la velocidad del movimiento uniforme,  $V$ ; la distancia a la boca-toma,  $L$ , su desnivel con la superficie del agua en ésta,  $D$ ; siendo, por último,  $H$  la altura de esta superficie sobre la solera de la boca de estraccion.

Estas fórmulas son:

$$G=S \cdot \sqrt{\frac{H-h}{0.06225}} \dots (7)$$

$$G=S \cdot \sqrt{\frac{D+L \times Y}{0.06225}} \dots (8)$$

$$G=S \cdot \sqrt{\frac{2.730 \times S \times Y}{P}} \cdot 0.033 \dots (9)$$

Estas ecuaciones no son mas que trasformaciones de la (1) que es el verdadero punto de partida, i en la cual no se ha hecho mas que poner en lugar de la velocidad V las distintas espresiones de su valor, en funcion, ya de las alturas H i h (7) ya del desnivel D, la lonjitud L i la inclinacion Y (8) ya de esta inclinacion, la seccion S i el perímetro mojado P. (9) Por manera que, no estando en la espresion del gasto del regador del canal de Maipo, los antedichos elementos, fuera de la seccion tomada en la misma boca-toma (marco), i la altura H del agua ántes de la punta de diamante, las tres ecuaciones (7), (8), i (9) prueban, a una, que nuestro actual regador es una unidad de medida esencialmente absurda, i que un marco construido segun las reglas analizadas en el capítulo IV, no pueden servir ni para dividir proporcionalmente los caudales de agua, ni mucho menos, para estraer de ellos cantidades fijas.

### CAPÍTULO VIII

**Necesidad de reemplazar por otro razonable, el actual sistema de medicion i division de aguas. Perniciosa tendencia de los estudios hechos a este respecto.**

Como lo que es esencialmente falso no podrá jamas ser origen de deducciones verdaderas, ni servir de base para edificar un sistema positivo, ha resultado lo que necesariamente debia resultar, a saber: «un sistema de division i entrega de aguas de regadío enteramente contrario a la naturaleza de las cosas», i,

en consecuencia, estraviado, inconducente, injusto i desmoralizador. Digo así porque, sobre no dar a cada cual lo que le pertenece, este sistema se presta a mil i mil fraudes, i aun puede decirse que prohija el abuso. A su sombra se han arraigado costumbres viciosas; han tomado cuerpo usos erróneos, i se han creado prácticas de todo punto contrarias al progreso de la industria agrícola, en el servicio de los regadíos. Es el absurdo estraviando el criterio público, facilitando el camino al fraude, alentando el espíritu egoista i absorbente de la codicia, favoreciendo la impunidad del despojo i produciendo desavenencias cotidianas, disputas, riñas i pleitos interminables.

Un mal de tanta trascendencia i que afecta directamente a la industria del país mas agricultor de Sud-América, reclama un remedio pronto, enérgico i radical. Esta verdad está en la boca de todo el mundo, i se pronuncia de manera que no parece sino que el convencimiento hubiera penetrado en todos los espíritus; pero lo cierto es que nada o casi nada se ha hecho para quitar de en medio la causa eficiente de los errores, abusos, fraudes i perjuicios que lastiman i tienen postrada a nuestra agricultura, cuya vida es la vida de nuestra industria en jeneral. Nadie deja de quejarse del fatal desarreglo que reina en la division, reparto i entrega de un elemento tan precioso como el agua, sin el cual bien poco valen las mejores tierras en Chile, i con el cual hasta los terrenos de inferior calidad adquieren un valor considerable. Pero todas estas quejas, estériles en resultados positivos, no producen sino el negativo de acostumbrarnos al mal en fuerza de hablar cotidianamente de él, sin poner el oportuno remedio.

Nuestros hacendados hacen sacrificios por tener deslindados sus fundos, i son sumamente celosos en esto de no permitir que el vecino invada sus tierras. Esta es una costumbre mui laudable, que conserva la integridad de la propiedad rural i evita mil cuestiones i pleitos futuros. Pues el mismo celo debia emplearse en conservar la integridad de las aguas de regadío; mas no sucede así comunmente. Al mismo tiempo que se sigue un dispendioso pleito por fijar aquí o mas allá la línea de un deslinde, se mantienen mal deslindadas las aguas con que el fundo se riega. Parece que no se creyera en la necesidad de deslindar justamente las aguas mismas que riegan i dan valor a un fundo

en cuyos cierros se ha gastado gruesas sumas. Parece que el agua de regadío no fuera una propiedad real, efectiva i deslindable, segun es la indiferencia con que sus dueños suelen mirar el desarreglo en las divisiones i entregas. En cuanto a los que no son dueños de ella, es mui comun verlos obrar como si el agua careciese de propietario legal. Aquellos creen tener el *derecho* hasta de perderla, derramándola en los caminos públicos; éstos no tienen a veces escrúpulos en usufructuarla, sin el consentimiento de su dueño. El agua de regadío es algo en Chile, que ni es cosa propia ni cosa ajena. Un hacendado puede ser un caballero mui honorable, que por nada en el mundo hurtaria un centavo; i por mas aquejado que estuviera por la necesidad, no mataria una vaca o un carnero de su vecino para darle de comer a su familia; pero esta honorabilidad no le impide abrir un boquete en el canal ajeno que pasa por su propiedad, i sacar furtivamente (no hurtar) unos pocos regadores.

De vez en cuando se ha solido hacer algo, en ciertas localidades, ya por el gobierno, ya por los particulares, a fin de evitar en parte el desarreglo i los abusos enjendrados por el actual sistema; pero esto, en vez de combatir, es arraigar mas el mal, porque es quitarle algo de la deformidad que al fin habria de hacerlo estirpar de raiz. Males como éste no deben combatirse sino radicalmente, esto es, en las causa que los produce.

He aquí por qué es de sentir que, de muchas personas inteligentes que en Chile se han ocupado de esta importante cuestion, sean mui pocas las que han tratado de poner el dedo en la llaga para curar la enfermedad en su orijen. Solo uno que otro es el que ha comenzado por el principio, es decir, por desechár de redondo nuestra absurda unidad de medida en las entregas de agua en cantidades fijas, i por tratar de poner bajo el imperio de las mismas circunstancias a todos los copartícipes, en las divisiones proporcionales.

La mayor parte de los ingenieros, que, con laudable propósito, han acometido este estudio, a pesar de estar convencidos de lo inconducente de nuestro sistema de division proporcional i del absurdo encarnado en la unidad de medida, han tratado de modificar mas o ménos el sistema, dejándolo sustancialmente como ántes. Se ha empleado años de estudio por ingenieros de reco-

nocida inteligencia; se ha hecho variados ensayos, i se ha escrito libros para explicar lo que es un *regador*, para saber su valor verdadero (su gasto de agua), i para averiguar el modo de valerse de esta unidad, en la resolucion práctica de los casos particulares. Todos los esfuerzos han sido estériles, pues no se ha conseguido otro resultado positivo que el de probarse mas i mas que todo estudio en esta materia será completamente inútil, siempre que se tome por base nuestro regador legal. Porque, siendo ésta una entidad contraria a la naturaleza de las cosas, i encarnando en sí contradicciones notorias, no puede mirársele sino como un absurdo creado inconscientemente por la lei; i lo que es irrealizable por ser absurdo, no puede servir de base a deducciones positivas, ni de fundamento a un sistema de resoluciones prácticas. A estas soluciones es a lo que se trata de llegar con el estudio de nuestro regador; pero por mas que se haga, jamas podrá encontrarse el *valor* del regador, ni las condiciones de su existencia real, ni tampoco las leyes con que ha de cumplir, en el campo de la práctica, para que sirva de unidad de medida. Querer *conocerlo* es ir tras de una sombra, pues una cosa esencialmente absurda no tiene valor, ni está sujeta a leyes conocidas, ni puede ser traducida a la práctica en razon a que solo puede existir en una teoría errónea i antojadiza.

Así, pues, los estudiosos i hábiles ingenieros que han seguido el camino indicado han pretendido un imposible, queriendo fijar el valor de una cosa esencialmente variable. De aquí las grandes diferencias en las cantidades encontradas por varias personas como valor o producto real de un regador de agua. De aquí el completo desacuerdo entre los profesores del ramo, desacuerdo que por una parte pone en evidencia lo defectuoso del sistema, embrollando mas la cuestion (si esto es posible); i por la otra, estravía el criterio público, dejando a los agricultores a oscuras respecto de una cuestion tan importante para ellos como es la de medir i deslindar de una manera clara sus aguas de regadío. Lástima es que personas animadas del espíritu de progreso hayan esterilizado sus talentos i sus nobles esfuerzos, pudiendo haberlos utilizado en beneficio de la ciencia i de la industria con solo desechar la mentira, que es el primer paso hacia la verdad.

Bien sé que no es obra fácil i hacedera la de quitar viejas costumbres, que, mas aun que los árboles, arraigan con el trascurso de los tiempos. Mas por esto mismo, debemos apresurarnos i poner manos a la obra, pues, miéntras mas tiempo pase, mayores seran las raíces del mal, i mayores tambien las dificultades para estirparlo. Tampoco ignora nadie que, ademas del tiempo, cuentan las malas prácticas con el apoyo de los abusos mismos i de los fraudes que saben siempre aprovechar los que prohijan i defienden aquellas; pero esto es otra razon mas para empeñarse en arrancar de raíz las causas de tan perniciosos efectos. A fin de obtener tan apetecible resultado, propongo el reemplazo del actual sistema del canal de Maipo, por el que se describirá en los capítulos siguientes.

## CAPÍTULO IX

### Del repartidor circular en jeneral.—Teoría fundamental del sistema irradiatorio

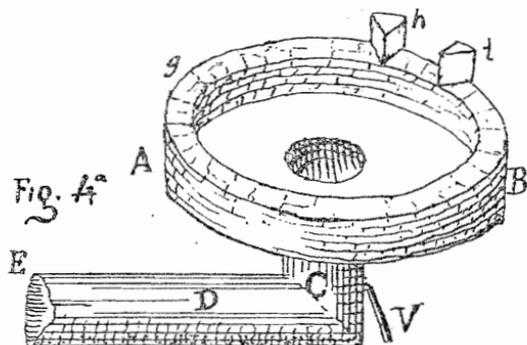
Llamo *irradiatorio* al sistema de division de aguas en cantidades proporcionales, que voi a esponer, porque, en realidad, este sistema consiste en hacer irradiar al líquido desde el centro de un círculo horizontal hácia la circunferencia, para dividirlo sobre esta última.

Cualquiera que sea la disposicion o forma que se dé al aparato repartidor, su teoría está basada en la siguiente verdad fundamental:

“Si se echa constantemente agua dentro i segun el eje vertical de un vaso, tasa o depósito, cuyo borde superior es una circunferencia horizontal, el líquido se derramará por sobre el contorno de dicho borde, de una manera tanto mas simétrica e igual, cuanto mas simétricas sean las formas i posicion del chorro alimentador respecto del eje vertical del depósito.” Así, por ejemplo, si se construye de piedra o de ladrillo una taza o pozo circular A B (figura 4.<sup>a</sup>), cuyo borde superior sea una circunferencia horizontal, i se introduce en él una corriente de agua, de abajo arriba, por medio del tubo encorvado C D E, el derra-

me del líquido por sobre el contorno  $g h i$  será igual, siempre que el eje de la rama cilíndrica vertical C, sea el mismo que el del cilindro A B.

Tal es la forma primitiva del aparato distribuidor, que nos va a servir de punto de partida, para llegar a otras disposiciones mas perfectas. El agua del canal por dividir entra por E; reco-



re la parte horizontal D; sube por la rama vertical C, i entra por el centro del fondo al depósito A B. En seguida el líquido se *irradia mas o menos simétricamente*, del centro hacia la circunferencia del fondo de A B, ascendiendo hasta el borde  $g h i$ , en donde se verifica el derrame, con la misma igualdad i simetría de que ya se ha hablado. Por manera que, si en torno del círculo  $i h g$ , se dispone una série de prismas verticales triangulares (llamados *puntos de diamante*) equidistantes entre sí i simétricamente colocados respecto del eje vertical de A B, *todos los chorros de derrame determinados por los espacios entre prisma i prisma, producirán la misma cantidad de agua durante un espacio de tiempo, cualquiera que sea éste, i cualquiera que sea tambien el caudal de la corriente.*

## CAPÍTULO X

### Inconvenientes funcionales del aparato

Tal como se acaba de esponer en el capítulo anterior, la idea del repartidor irradiatorio presenta inconvenientes, de los cua-

les será bien hablar ántes de dar a conocer las modificaciones o nuevas formas del aparato que los evita por completo.

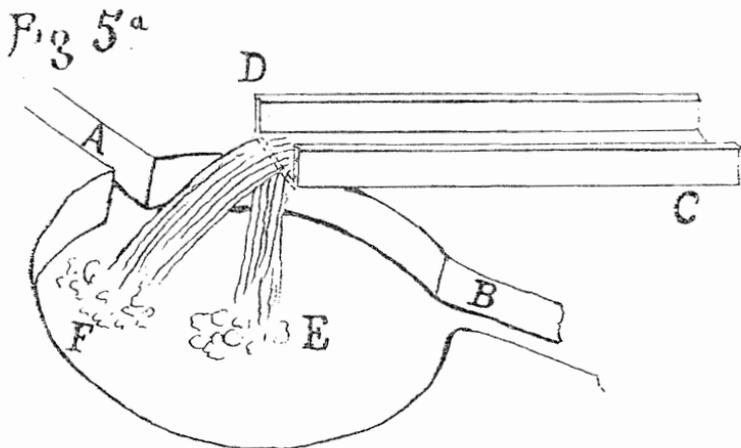
El primero de estos inconvenientes es la falta de simetría en las corrientes que irradian desde el centro del fondo del pozo, la salida del agua por dicha boca es mas o ménos turbulenta, segun sea mayor o menor la diferencia del nivel entre el fondo del canal anterior a E C i el fondo del pozo. Dicha turbulencia no es simétrica en torno de la boca de la rama C; i de aquí proviene la falta de simetría en la irradiacion de las corrientes, i, en consecuencia, la falta de regularidad en la masa líquida dentro del pozo, por lo que toca a la enerjia del movimiento. Así, pues, la masa de agua por dividir no llega con la misma fuerza viva a todos los puntos del borde del pozo, por lo cual los volúmenes de agua que se derraman por dos o mas segmentos de dicho borde no guardan la misma proporcion que la amplitud de estos segmentos. Por manera que, rigurosamente hablando, *dejaría de ser exacta la division que se hiciera sobre la circunferencia horizontal de un pozo circular A B (figura 4.<sup>a</sup>) que se surtiera por medio de un tubo encorvado E D C, cuya rama C es mas corta que el diámetro de su boca.* Para llegar a producir la necesaria simetría en la masa líquida por dividir, creo que debe darse a la rama C una altura igual, a lo ménos, a cinco veces el diámetro de su boca, advirtiendo que dicha altura no debe medirse desde el codo exterior V, sino desde el ángulo interior del doblez. I como no siempre permite el desnivel natural del terreno disponer de la altura necesaria, resulta que este error puede llegar a ser insubsanable.

Otro inconveniente del aparato es el de obstruirse por los sedimentos de las aguas que naturalmente se depositan en el codo V. Como es sabido, hai aguas tan sedimentosas que obstruirían el tubo en poco tiempo, necesitándose así hacer seis, ocho o mas limpias en cada temporada de riego, lo cual, sobre orijinar gastos i exijir atencion, llegaría, en muchos casos, a perjudicar notablemente a los agricultores por los días de riego perdidos. Para obviar este inconveniente, coloqué en el codo V una válvula que, abriéndose hácia fuera, diera salida, de tiempo en tiempo, a los sedimentos i pudiera limpiarse el tubo con el agua misma del canal. Pero nada de esto puede hacerse sino cuando

el aparato se ha de establecer en puntos que presentan un desnivel considerable. Tanto por esta circunstancia como porque así la construcción del aparato es mucho mas costosa, abandoné esta disposición, en los experimentos, e invertí el sistema colocando el chorro encima del pozo, como se ve en la figura 5.<sup>a</sup> Al mismo tiempo abrí las bocas de las divisiones en las paredes del pozo, hasta el fondo, cual está indicado en A i B. Con esto se evitaba por completo el inconveniente de las obstrucciones o embancamientos; pero apareció otro mucho mas sério.

Tal fué la constante variacion de la situacion del chorro con el aumento o la disminucion de su caudal. El chorro que llena el pozo debe caer en el centro de éste, pues separándose de ahí beneficiará a aquellas bocas de la circunferencia hácia donde se acerque, en perjuicio de las que quedan mas léjos. Ahora bien, colocando una canal, C D, por ejemplo, de manera que vierta su chorro sobre el centro E del fondo del pozo, en cuanto aumente la cantidad de agua que viene por C D, el chorro se separará de E i caerá en F.

La cuestion quedaba, pues, reducida a *encontrar un vertedor que derramase constantemente el chorro en el centro del pozo, cualquiera que fuese el caudal de agua vertida.*



Ensayé muchas formas de vertedores, hasta que al fin encon-

tré la que resolvía el problema i que describiré en el capítulo siguiente. Seria inoficioso hablar de las diversas formas ensayadas; i si he hecho mencion de la peor de todas, que es la representada en la figura 5.<sup>a</sup>, ha sido solo por hacer ver, por via de ejemplo, la inversion del sistema, i cómo es que éste se ha ido modificando poco a poco hasta llegar al grado de perfeccion actual.

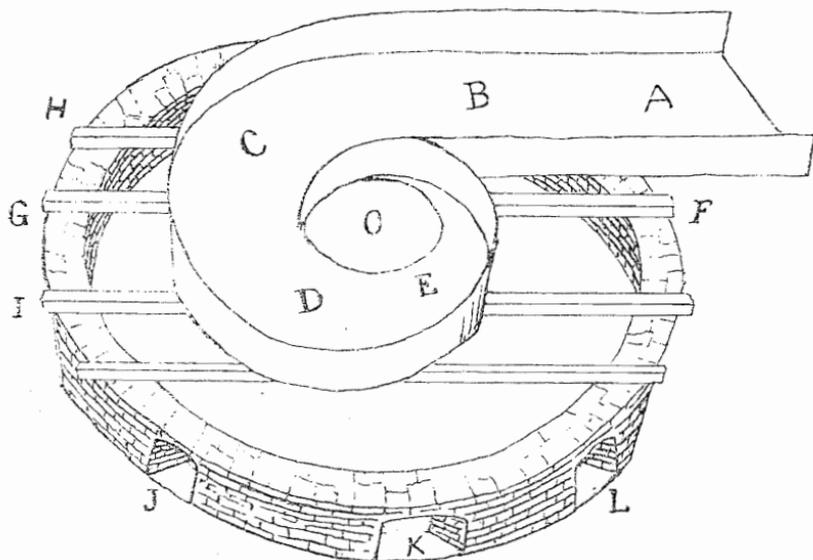
## CAPÍTULO XI

### Repartidor irradiatorio con vertedor espiral

Paso ahora a dar a conocer la forma mas perfeccionada del aparato. Como se ha visto ántes, éste consta de tres partes esenciales, que son: 1.<sup>a</sup> El *vertedor* que, recibiendo el agua del canal por dividir, la vierte en el pozo circular; 2.<sup>a</sup> El *receptor*, o pozo circular que, recibiendo el agua del *vertedor*, hace homojénea la masa por dividir, con relacion a los interesados, a quienes pone en circunstancias relativamente análogas, para que ninguno de ellos se perjudique en beneficio de los demas; 3.<sup>a</sup> Las *bocas emisoras*, abiertas en la pared del *receptor*, que entregan el agua ya dividida a los interesados. Mas adelante hablaré del *pozo* i de las *bocas*; por ahora será bien dejar dicho todo lo concerniente al *vertedor*.

La figura 6.<sup>a</sup> presenta el *pozo* o *receptor* de ladrillo, que, para mayor claridad, se supone despejado de la tierra que en realidad debiera cubrirlo siempre, en la práctica. En la pared circular estan abiertas las bocas J K L, etc.; i sobre dicha pared descansan las soleras o vigas H G I F, que sostienen una canal de hojas de hierro A B, la cual termina en forma de voluta, marchando por C D E hasta llegar al ojo de la voluta O. El agua del canal por dividir entra por A, i sigue el curso B C D E, cayendo al pozo por el orificio circular O. Las dos condiciones con que la situacion de este vertedor debe cumplir, son: 1.<sup>a</sup> Que su fondo sea perfectamente horizontal; i 2.<sup>a</sup> Que el centro del orificio O se halle en la vertical del centro del círculo que constituye el fondo del *pozo receptor*. Satisfechas estas dos condiciones, todo el caudal de agua que entra por A, al llegar a C, se envuelve

sobre sí mismo, produciendo en O un chorro que jira constantemente como un molinete líquido. El chorro es hueco, i su pa-

Fig 6<sup>a</sup>

red es mas o ménos gruesa, segun sea mayor o menor la cantidad de agua que entra por A i la velocidad de la corriente. Disminuyendo el agua del canal, las paredes del chorro se adelgazan hasta convertirse en una sábana líquida, que se envuelve en torno de la circunferencia de O. Miéntas menor sea la cantidad i la velocidad del agua, mas se acercará el chorro a la forma cilíndrica; pero, aumentado el caudal líquido, la base inferior del chorro se ensancha, quedando siempre circular. El cilindro se convierte esteriormente en una *superficie gausa*, cuya simetria respecto del *vertedor* no desdice jamas, cualquiera que sea la cantidad de agua que entra por A.

Bien se echa de ver por ésto la escelencia de este *vertedor*, pues, produciendo siempre un ahorro simétrico en torno del eje vertical del *receptor* (que es el de todo el aparato), todos los interesados (que reciben sus respectivas cuotas a la misma dis-

tancia del antedicho eje) no dejan de encontrarse nunca en las mismas circunstancias. Cualquiera que sea la forma del canal madre; cualesquiera que sean los derrumbes o siniestros ocasionados en éste, siempre tendrá el chorro la simetría, de que depende la exactitud de la division.

Voi a decir ahora el modo práctico de que me he valido para trazar la voluta. Atendida la cantidad de agua que se trata de dividir, se comienza por trazar un círculo O (figura 7.<sup>a</sup>), por el cual pueda derramarse todo el caudal de agua con holgura. Para un caudal de unos ciento veinte regadores, ha bastado un

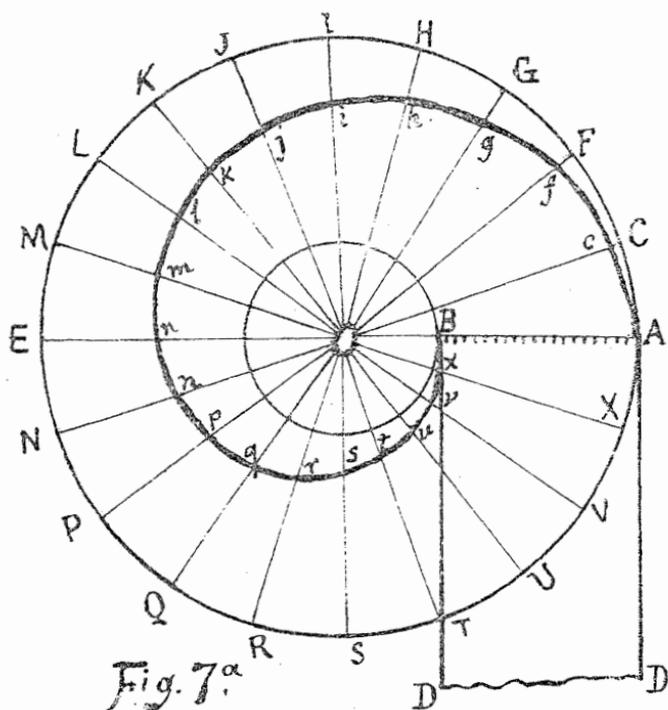


Fig. 7.<sup>a</sup>

orificio de un metro de diámetro. En seguida, se traza un radio del antedicho círculo, que supondremos sea O B. Se fija el punto B fuera del círculo O, distante de la circunferencia un décimo del radio, y sobre la prolongacion B A se fija la anchura del

canal por dividir, si es que el agua en éste tenga una profundidad igual o mayor que la tercera parte de la antedicha anchura. En caso de ser menor la profundidad, podrá disminuirse la estension B A para no dar dimensiones mui costosas al aparato. Fijos los dos puntos A i B en una línea que se supondrá trasversal a la corriente por dividir, las paredes del canal estarian representadas por B D i A D. Trácese ahora una circunferencia concéntrica con la O i tanjente a la línea A D; divídase esta circunferencia en un número cualquiera de partes iguales, A C = C F = F G = G H = ... i tírense todos los radios correspondientes a los puntos de division. En la figura se ha hecho la division en veinte partes; pero cuanto mayor sea este número, tanto mas exacta saldrá la voluta. La distancia B A se dividirá tambien en el mismo número de partes iguales que la circunferencia; hecho lo cual se disminuirá el radio que sigue al O A, en una de las particillas A B, operacion que nos dará el punto c. En seguida se irán disminuyendo los radios siguientes, al O F, en dos partes; al O G, en tres; al O H, en cuatro; i así sucesivamente hasta llegar al O A, disminuido en toda la estension BA. Con esto se tiene la série de puntos A, c, f, g, h... que dan el trazo de la voluta.

Esta forma del aparato ha dado ya en la práctica buen resultado. Seis o siete años hace que funciona, sin ningun inconveniente, uno que establecí cerca de la ciudad de Molina. Divide en tres partes iguales una masa de 150 regadores, poco mas o ménos. El pozo receptor, hecho de ladrillo, es de unos 3.<sup>m</sup> de radio. La anchura del canal A B (fig. 6.<sup>a</sup>) es de 2.<sup>m</sup>. El ojo de la voluta O, u orificio del vertedor, tiene 1.<sup>m</sup> de diámetro. Por fin, en el sentido del diámetro del círculo O, perpendicular al eje del canal A B, el vertedor tiene una anchura de 4.<sup>m</sup> 50. Doi estos números a fin de que el lector comience a hacerse cargo de las dimensiones valitivas de los diversos elementos del aparato.

El vertedor, en el repartidor antedicho, se hizo de hojas de hierro de 0.<sup>m</sup> 005 de espesor. En vez del hierro puede emplearse tambien la madera i aun el ladrillo; pero ántes de dar a conocer estos procedimientos prácticos, estudiaremos los otros dos elementos constitutivos del aparato.

## CAPÍTULO XII

## Receptor.—Bocas emisoras

Como queda dicho, además del vertedor de que se acaba de hablar, el repartidor consta del *pozo receptor* i de las *bocas emisoras*, que entregan el agua dividida a los conductos o hijuelarios del canal madre.

El *pozo receptor*, de forma circular i de fondo perfectamente horizontal, se halla embutido completamente en el terreno. Atendida la exactitud de la división, conviene dar un gran diámetro a este pozo; pero casi siempre la economía exige disminuir sus dimensiones. Por consiguiente, éstas dependen de las circunstancias; i lo único que puede decirse a este respecto es *que mientras mayor sea el diámetro del receptor, mas bien se obtendrá la regularidad necesaria en la masa líquida por dividir*. Esto es evidente, así como que de dicha regularidad o simetría de las corrientes en torno del eje vertical del aparato, depende especialmente la igualdad en la presión del líquido contra las paredes del receptor, *igualdad de presión* que significa *igualdad de emisión por aberturas iguales* i en consecuencia, exactitud del aparato.

Así, pues, para fijar el diámetro del *pozo receptor*, hai que considerar la importancia del caso de división, la cantidad de agua por dividir i el valor de los materiales que haya de emplearse. Para un canal de 100 regadores, por ejemplo, cuatro metros sería talvez la menor dimensión que podría darse al diámetro del *receptor*. Un canal de quinientos regadores exigiría un pozo de siete metros de diámetro, a lo ménos; i si el canal fuera el doble del antedicho, el diámetro podría ser de ocho a nueve metros.

En cuanto a la profundidad del pozo, depende especialmente del desnivel del terreno en el punto en que quiera establecerse el aparato. En jeneral, nuestros suelos poseen casi siempre el desnivel suficiente para establecer un pozo de ochenta centímetros o un metro de hondura, que es el término medio que podría fijarse. Sin embargo, en los casos de alguna importancia, conviene dar mayor profundidad al receptor para poder

practicar por debajo del vertedor las limpias o reparaciones necesarias. Esto solo exigiría el costo de algunas hiladas mas de ladrillo; pero, en cambio, se obtendría la ventaja de poder atender mejor el aparato.

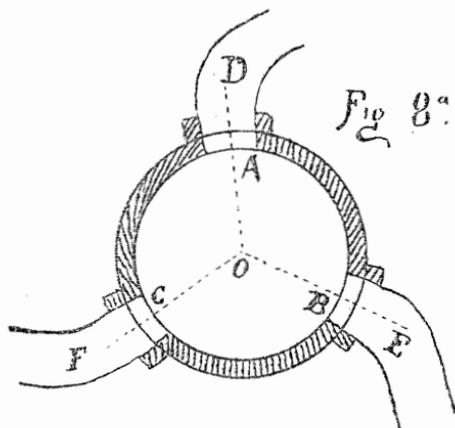
Cuando el terreno no presente el desnivel antedicho, podrá enterrarse solo una parte del receptor bajo la línea de tierra, cubriendo su contorno con tierra apisonada hasta el vértice de las paredes, i con declive hacia afuera. En tal caso, habrá que levantar i reforzar los bordes del canal madre, ántes del aparato, elevándolos un poco sobre las paredes del vertedor. El remanso que de este modo se produce, léjos de perjudicar, favorece las funciones del aparato.

Cayendo, como cae del vertedor, el chorro, con una gran fuerza i con un movimiento de revolucion que tiende a dislocar como si barrenara el fondo, conviene construir éste ya sea de grandes piedras asentadas en cal, ya de adoquines de madera en forma de estacas, ya, en fin, de vigas horizontales clavadas sobre durmientes. Conviene advertir que estas precauciones no se refieren a todo el pavimento del pozo, sino a un círculo central cuyo radio es igual a una vez i media el radio del ojo de la voluta o del vertedor.

Paso ahora a tratar de las *bocas emisoras* por donde sale el agua del pozo receptor para entrar en los canales de los hijuelatarios, tal como lo indica la figura 8.<sup>a</sup> Aquí hai que considerar dos casos: 1.<sup>o</sup> cuando la division del canal madre se hace en *partes iguales*, i 2.<sup>o</sup> cuando dicha division es en *partes proporcionales*.

Comenzaremos por el primer caso; i supongamos que las *partes iguales* en que se divide el canal son tres. Se dividirá en tres partes la circunferencia del fondo del pozo, como se ve en la figura 8.<sup>a</sup>; i tirando los radios O A, O B, O C, correspondientes a los puntos de division, se trazarán las bocas de manera que las paredes laterales sean paralelas a los radios correspondientes. La anchura de cada boca puede ser una tercera parte de la del canal, en caso de que el desnivel de éste permita dar al pozo una hondura mayor que la profundidad del agua en el canal mismo. Si el desnivel es escaso, conviene ensanchar las bocas hasta un 50% mas.

Para dar consistencia a dichas bocas, se doblará el muro del pozo en uno i otro lado de cada una de ellas, siguiendo la mis-



ma dirección del radio correspondiente. En seguida, según permita la localidad, se dará a los canales derivados la misma dirección, en la extensión de algunos metros, tal como lo indica la figura 8.<sup>a</sup>,  $AD = BE = CF$ . Creo que la menor dimensión que se puede dar a estas partes iniciales de los canales hijuelatarios, es el largo del radio del pozo. Desde los puntos D E F, la dirección de los canales puede ser cualquiera; pero no se deben quebrar repentinamente, sino según un círculo, cuyo radio sea el mismo en todos ellos.

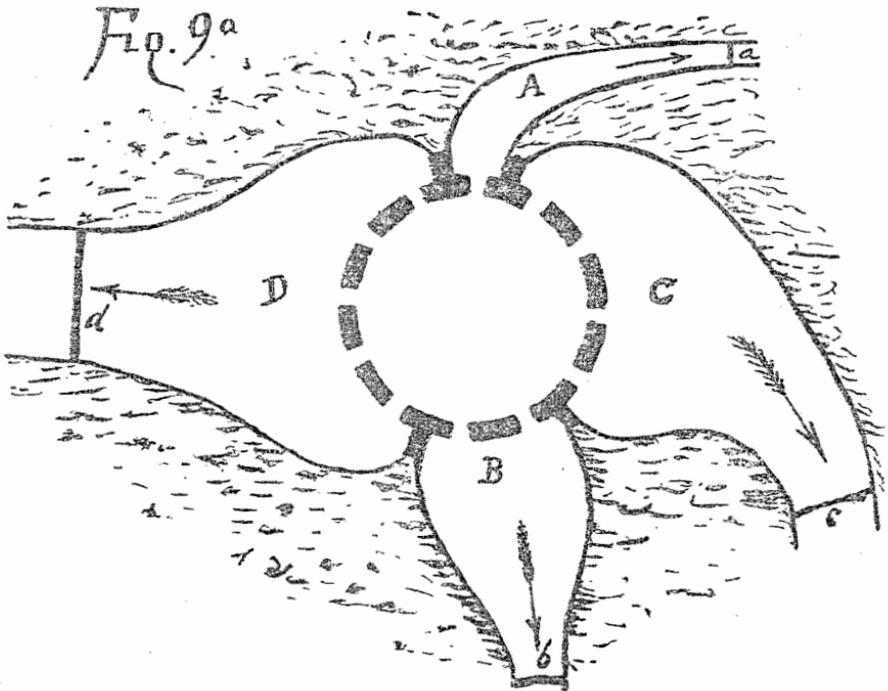
Si, en vez de tres partes, fuera la división en el cuatro, cinco o mas, todas iguales entre sí, el procedimiento para abrir las bocas emisoras sería el mismo.

Si las partes en que se ha de dividir un canal son *proporcionales*, es decir, *fracciones desiguales* del caudal, no resultaría una división exacta, si se abriera tantas bocas como partes hijuelatarias hai, dando a las bocas sendas anchuras proporcionales a dichas partes. La falta de exactitud en la proporcionalidad del derrame, proviene aquí de *no ser respectivamente proporcionales los sendos perímetros mojados correspondientes a las hijuelas*. Cuando éstas son iguales, como sucede en el ejemplo de la figura 8.<sup>a</sup>, el perímetro mojado es en todas ellas el mismo, i, por consiguiente, proporcional a la cuota; pero, supóngase ensan-

chada una de éstas, de una cantidad cualquiera, i se verá que su perímetro mojado no aumenta en la misma proporción que crece el correspondiente volúmen de agua.

Así, pues, "para dividir en partes proporcionales, no deben abrirse puertas o bocas de anchura, que entre sí guarden la proporción divisoria", porque no es dable alcanzar la apetecida exactitud, sino haciendo que todas las bocas emisoras sean de la misma anchura. La proporcionalidad se obtendrá, dando a cada interesado o hijuelatario el número proporcional de bocas a la hijuela que le toca, como se verá en seguida.

Supongamos que de los cuatro dueños de un canal, uno tiene 5 partes del caudal de agua, mientras los otros tienen proporcionalmente 4, 2 i 1. El número total de estas partes es  $5+4+2+1=12$ . Luego, abriendo 12 bocas iguales i equidistantes en torno del pozo, tal como se ve en la figura 9.<sup>a</sup>, se dará a los



hijuelatarios las cantidades de una, dos, cuatro i cinco bocas

emisoras. Las hijuelas resultantes son las cuatro acequias respectivas A, B, C i D.

Una gran diferencia entre los desniveles respectivos de las acequias derivadas puede ser causa de notable inesactitud en la division. Para evitar este inconveniente, se hará que las acequias derivadas tengan el mismo desnivel en la parte comprendida entre el pozo i un punto en cada una de aquellas, a la misma distancia de la boca correspondiente: lo cual se conseguirá fijando en estos puntos los sellos a, b, c, d, formados de vigas horizontales, atravesadas sobre el fondo de los canales a un mismo nivel.

En el ejemplo anterior se ha supuesto que las fracciones en que se divide el canal tengan todas el mismo denominador, lo cual hace que las bocas emisoras sean partes alcuotas del total, así como son de cada una de las hijuelas. Cuando esto no se verifique, se hará por reducir a un comun denominador las fracciones que representan las hijuelas, reduciendo en lo posible dichas fracciones para disminuir el número de las bocas, número que siempre será igual a la suma de los numeradores.

Si practicando la antedicha operacion se multiplicase demasiado el número de las bocas, se reducirá este número a la mitad, la tercera parte, etc., aun cuando algunas de las bocas resultantes no fuesen exactamente igual al comun de ellas. No pasando la diferencia de dos o tres décimos, la inesactitud que resulte de esta licencia será siempre mucho menor que la que produce el sistema actual de division.

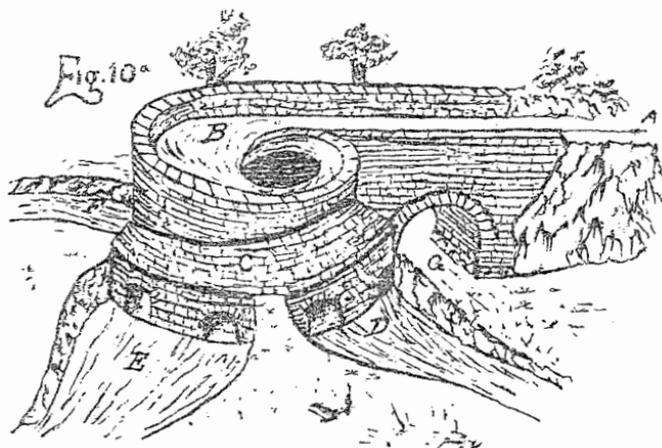
La antedicha licencia podrá tambien tomarse siempre que no sea posible que todas las puertas sean partes alcuotas del total i al mismo tiempo de cada una de las hijuelas.

## CAPÍTULO XIII

### De los materiales para hacer el vertedor

Se ha hablado ántes (capítulo XI) del vertedor espiral construido de hojas de hierro; pero en vez de este material puede emplearse el ladrillo o la madera. La figura 10.<sup>a</sup> representa en perspectiva un repartidor construido todo de ladrillo. El agua

del canal entra por A, llega a B i cae por el ojo del vertedor,



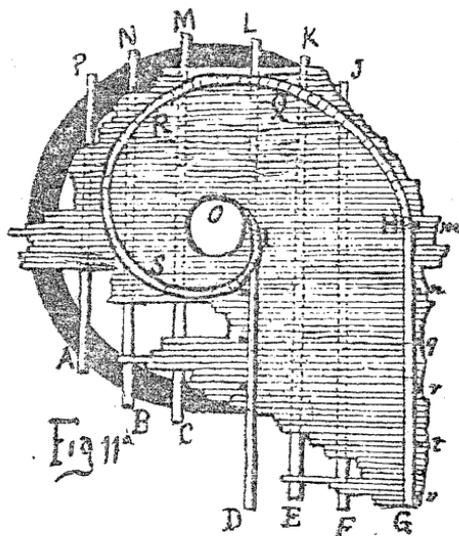
cuyas paredes i fondo de ladrillo están contruidos sobre una bóveda de mazonería, que descansa sobre las paredes del pozo receptor. Los canales derivados que se dejan ver en la figura son D, E i F. La bóveda C es rebajada i puede construirse sobre rieles encorvados. El agua del canal madre entra en la voluta por sobre un arco G, que es necesario para dejar libre todo el contorno del pozo receptor.

En general, esta construcción debe emplearse solamente cuando puede disponerse de un desnivel considerable i en canales de un gran caudal, sobre todo si se trata de un repartidor que debe entregar agua a muchas personas.

Mucho mas económico i de mas sencilla i fácil construcción es el empleo de la madera, como se verá en seguida.

Supongamos ya construido el pozo receptor, cuyo radio es O A (figura 11.ª). Sobre la pared circular de éste se colocan horizontalmente las soleras A P, B N, C M, D L, E K.... En seguida se tiende sobre las soleras un envigado H R, unido, que sirve de fondo al vertedor i de cubierta al pozo. Las caras que se tocan, de las vigas, deben ser acepilladas, i en cuanto a las otras dos, basta con labrarlas a azuela, dejando las maderas del mismo grueso en sentido vertical. Entre cara i cara de las

junturas conviene poner una cinta alquitranada, o bien un cor-



del aplastado en forma de cinta, envuelto en alquitran, para que no cale el agua por entre las vigas. También puede hacerse a éstas un rebajo en la parte superior, para calafatear con estopa las junturas. La dirección en que han de colocarse las vigas de este tablero no es arbitraria, pues, por más de una razón, conviene ponerlas en sentido perpendicular a las soleras, las que deben colocarse paralelamente a la corriente del canal, a su entrada en el vertedor, cuya dirección se supone, en la figura, ser  $GH = FI = DI$ .

Sobre este tablero se traza la voluta  $HQRSI$ , cuyo ojo  $O$  no debe estar cortado por ninguna de las soleras: las cuales estarán colocadas de manera que la distancia o vano entre las dos centrales sea igual al diámetro del ojo del vertedor. Las paredes de éste serán construidas también de madera, sobre las líneas  $GH - QRS - ID$ . Vamos a ver cómo.

De dichas paredes es curva la parte  $HQRSI$ , y rectas las partes  $ID$  y  $GH$ . Estas últimas se construyen superponiendo vigas horizontalmente según  $DI$  y  $HG$  hasta elevar los dos lienzos de pared a la altura de los bordes del canal. Las vigas

irán con las caras que se tocan acepilladas, para calafetar sus juntas, i clavadas todas a pies derechos hincados por la parte de afuera en el tablero, tal como los teñidos de negro *m, n, g, r, t, v*, en la pared H G.

La pared curvilínea H Q R S I, se construirá por medio de pies derechos hincados verticalmente en el tablero, ya por medio de espigas i escopladuras, ya por medio de una barrilla de hierro de media pulgada de diámetro i de tres o cuatro de largo que se meterá la mitad en el pié derecho, en sentido de su eje longitudinal, i la otra mitad en el punto correspondiente de la voluta sobre el tablero. Todos los pies derechos llevarán ademas sobre sus cabezas sendos clavos jemales, por los cuales se pasará una trenza de alambre de cerca, para dar consistencia al sistema. Tambien pueden ir los pies derechos unidos entre sí por medio de tarugos de madera.

No hai para qué decir que, estando los pies derechos colocados como las duelas de una cuba, sus caras interiores tienen que ser mas angostas que las exteriores; i por consiguiente, tanto por esta causa como por el empuje centrífugo del agua, todos ellos tienden a caer mas bien hácia afuera que hácia adentro. Pero ya sea la trenza de alambre que une sus cabezas, ya los tarugos de que acabo de hablar, los contendrán en su sitio. La necesaria consistencia se acabará de obtener aplicando esterioresmente, contra las paredes del vertedor, tierra apisonada hasta los vértices, dejando el conveniente desnivel para el escurrimiento de las aguas llovedizas. Con esto, se cubre todo el pozo i parte de las acequias de la division.

Ya se ha puesto en práctica esta clase de construccion. Para las haciendas de Los Cardos, al sur de la ciudad del Parral, en el camino que conduce a los baños de Catillo, se ha establecido un repartidor con vertedor de madera en un canal de 450 regadores. El tablero es de roble pellin i los pies derechos de cipres.

#### CAPÍTULO XIV

##### De la estraccion de aguas de regadío en cantidad fija.—Bases de la cuestion

Paso ahora a la solucion del problema relativo a lo que, propiamente hablando, puede llamarse *entrega de aguas*, problema

que, como se ha dicho ántes, consiste en estraer de un canal una cantidad fija para entregarla a un tercero.

Es menester recordar que, en este caso, cantidad fija significa *volúmen conocido i constante*; i ya se ha evidenciado ántes la impotencia absoluta de nuestro actual sistema para resolver prácticamente esta cuestion de una manera ni aun medianamente satisfactoria.

Aun cuando esta parte de la cuestion carezca de la importancia que tiene la anteriormente solucionada, no por esto deja de merecer atención especial, siquiera ello sea para completar el estudio de todo lo referente a la division i entrega de las aguas en jeneral. El sistema no merecerá el nombre de tal, miéntras no se le estudie en todas sus partes, a fin de mirar la cuestion jeneral bajo todos sus puntos de vista. Solamente así adquiriremos el perfecto conocimiento de cada una de las partes que constituyen el todó; así llegaremos a abarcar el conjunto de ideas correspondientes; así alcanzaremos a distinguir las principales de las accesorias, i así tambien podremos ordenarlas en nuestro espíritu para que el estudio de cada una i de todas ellas conduzca al perfecto conocimiento teórico i a la mejor solucion práctica de los diversos casos del problema jeneral.

Por otra parte, si bien es verdad que, atendidos los usos i costumbres del país, las entregas de agua no pueden ser hechas, en la jeneralidad de los casos, sino proporcionalmente, tambien es cierto que suelen presentarse casos de estraccion o entrega de aguas en cantidad fija.

Bien puede suceder que un industrial compre el agua que ha menester para hacer andar un molino u otra máquina cualquiera. En este caso se necesita estraer una cantidad fija, pues disminuyendo notablemente el agua, podría llegar a pararse la máquina; i el industrial habría dado su dinero por lo que no le serviría absolutamente para nada.

Para estos casos i otros análogos pueden servir los *extractores* de que se hablará en seguida.

## CAPÍTULO XV

**Estractor de sifon comun**

En la esposicion internacional de Santiago, de 1875, exhibí, junto con mi repartidor circular, descrito en el capítulo XI, dos *extractores* a cantidad fija: uno para usarlo, en caso de querer grande exactitud, i el otro, cuando mas que ésta, se busca la economía en la construccion del aparato.

El primero no es mas que un sifon, cuya rama corta está dentro del canal, i la larga afuera. El sifon se mantiene a flote por medio de dos boyas paralepípedas entre las cuales se encuentra sosteniéndose siempre verticalmente, para que la diferencia de nivel entre las dos bocas no varíe. Por consiguiente, el sifon sube i baja con las alzas i bajas del agua dentro del canal. Una vez establecida la corriente, se fija el gasto de agua que se desea obtener o entregar, por medio de una compuerta que lleva la boca de la rama exterior. I como dicho gasto depende solo de la diferencia de las ramas i de la seccion del tubo, elementos que no varian con las alzas i bajas del canal, es evidente que el sifon producirá una cantidad constante de agua.

No entro en mas detalles acerca de este procedimiento, que cualquiera puede poner fácilmente en práctica, i que, por otra parte, es mui antiguo i conocido, pues atendiendo a los gastos de dinero que este extractor demanda, i sobre todo a las dificultades de construccion, creo preferible; con mucho, el aparato que describiré en el capítulo siguiente.

## CAPÍTULO XVI

**Estractor de sifon anular**

He hecho mencion del sifon comun, considerado como un extractor a cantidad fija, solo para completar el presente estudio; mas no con el fin de aconsejar el empleo de este instrumento tal como queda indicado en el capítulo anterior. Al contrario, la experiencia me ha hecho ver las dificultades con que se tropie-

za en la práctica, empleando el sifon comun como extractor de aguas de regadío.

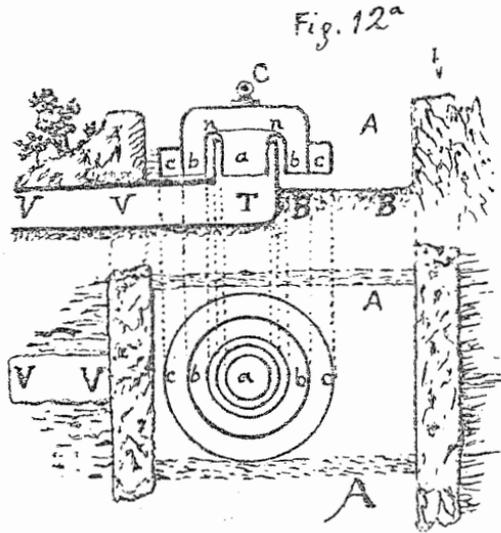
He ensayado varios de diversas dimensiones (desde un centímetro de diámetro hasta cerca de un metro cuadrado de seccion trasversal), i colocados i mantenidos a flote con diferentes sistemas de boyas; pero sin obtener jamas un resultado práctico que me dejara completamente satisfecho. Un aparato de esta clase debe ser de construccion económica, de establecimiento sencillo i de uso fácil i espedito, condiciones todas difíciles de alcanzar en la solucion del presente problema por medio del sifon usado comunmente.

Un largo estudio, cuyo fin primordial era dar a las boyas una colocacion simétrica i poco costosa, me condujo, poco a poco, a la modificacion de la forma misma del sifon hasta dar con una forma especial de este instrumento, la cual, a mi entender, cumple con todas las condiciones de un extractor a cantidad fija.

Dicha forma es *anular*, i por eso llamo extractor de *sifon anular* al aparato que describo en seguida. En el sifon comun, tubo de una seccion cualquiera, doblado en  $\Omega$ , la corriente estraída sube por una de las ramas i desciende por la otra. En el sifon anular, las corrientes ascendente i descendente no son ámbas macizas, cual sucede en el anterior, sino que lo es una sola de ellas, siendo la otra hueca, i envolviendo por completo a la primera. Puede hacerse maciza la ascendente i hueca la descendente; pero habiendo encontrado en esta disposicion inconvenientes prácticos poco ménos que insuperables, describiré solamente la otra forma del instrumento, en la cual la corriente ascendente es hueca, i forma una envoltura de la descendente, que es maciza.

El aparato se halla representado en la figura 12.<sup>a</sup> por sus cortes horizontal i vertical. Está colocado en el canal A. A—A, para estraer el agua por la boca V—V. El tubo V T, por donde sale el agua estraída, se dobla en ángulo recto, asentándose una de sus ramas horizontalmente sobre el fondo del canal. La rama vertical T, abierta en la parte superior, sube algunos centímetros sobre la superficie A del agua del canal, en sus mayores alzas. Dentro de dicha rama T se ve un tubo  $\alpha$ , quedando entre las paredes de ámbos tubos algunos milímetros de huelga para

que pueda subir i bajar verticalmente. Al mismo tiempo, la rama fija T está envuelta por otro tubo móvil, cuyas paredes



distan de las de la rama T lo mismo que éstas de las del tubo interior *a*. Ambos tubos, interior i exterior *a T*, se hallan unidos en su parte superior por medio de una corona plana *n n*, que, cerrando la cavidad anular entre ellos por la parte superior, deja abierta la boca del tubo *a*, entre *n* i *n*. Todo esto está cubierto con una campana *C*, cuya parte cilíndrica es concéntrica con los tubos unidos por la corona *n—n*. Este par de tubos, unidos entre sí, lo está con la campana por medio de puentes o traviesas *b—b*, en sus bordes inferiores, de manera que la campana sube o baja llevando consigo el par de tubos. El borde inferior de la campana está rodeado por una caja *c—c*, *c c*, anular, herméticamente cerrada, de seccion cuadrangular i formada por dos cilindros concéntricos, uno de los cuales resbala apretado sobre el cilindro de la campana, i por dos coronas horizontales que sirven de fondo i de tapa a la caja. El objeto de ésta es mantener a flote la campana con el par de tubos unidos

interiores. Por último, la campana tiene en C una abertura que se cierra con una tapa fija.

En el punto en donde se establece el aparato se levanta el fondo del canal lo suficiente para que la rama V T quede toda bajo tierra, de modo que el nuevo fondo sea B—B. Pero si las circunstancias locales lo permiten, puede enterrarse simplemente en el fondo la rama T V.

Dicho esto, se comprenderá bien que si se hace por la boca C el vacío dentro de la campana, manteniendo cerrada la boca V, el agua subirá por la cavidad anular  $b-b$  hasta  $n-n$ , en donde se reunirá en un chorro para bajar por el tubo  $a$  hasta caer en el codo T i salir por V fuera del canal madre.

La corriente, así establecida, es enteramente análoga a la de un sifon comun, de la cual se distingue solo en que aquí la corriente ascendente es anular, i la descendente, un chorro que sirve como de eje a la primera.

En vez de hacer el vacío en la campana, puede llenarse directamente, con solo bajarla hasta que la boca  $b-b$  se asiente sobre el fondo B—B, i arrespresar el agua de modo que éntre por C. Llena así la campana i el tubo T V, se descarga aquélla para que suba a flote, despues de cerrar la boca C, i abriendo en seguida V, para que la corriente se establezca.

A fin de que la fuerza de la corriente no atraque los tubos móviles a la rama T fija, que se encuentra entre ellos, e impida de este modo, por el rozamiento el juego del aparato, se hace los dos muros trasversales A, A, que forman una especie de remanso entre ellos. El muro inferior sirve ademas para arrespresar el agua, cuando se tiene que llenar la campana. La corriente del canal pasa por puertas abiertas al pié de los muros; por manera que basta poner tablas aplicadas contra el paramento en que da la corriente contra el muro inferior para formar la represa.

El aparato puede ser hecho de hojas de hierro o de madera, i tener ya la forma circular de la figura, ya la rectangular o la de un polígono cualquiera.

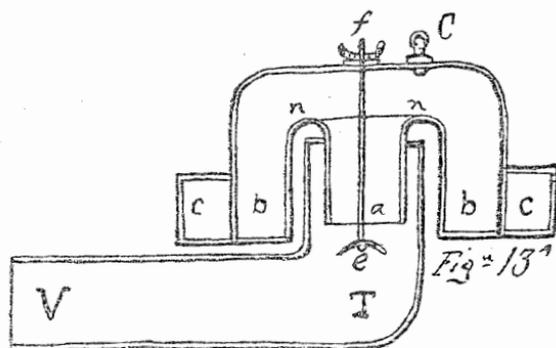
En cuanto a las dimensiones del aparato, ya se ha dicho, en primer lugar, que la altura de la rama T depende de las mayores alzas del agua en el canal madre. La rama T V debe salir

fuera del canal, i su seccion puede ser mayor o menor que la de la rama T, segun lo que se dirá despues. El espacio comprendido entre los tubos móviles i el fijo T es solo el necesario para que aquellos resbalen libremente sobre éste. El tubo *a* es de seccion un poco mayor que la necesaria para que pase el agua que se trata de extraer. La seccion del espacio anular *b-b*, puede ser igual a la del tubo *a*; pero, a mi juicio, conviene hacerla mayor. Dicho espacio es de igual seccion hasta *n-n*. Por fin, la boya que rodea a la campana debe ser de una capacidad correspondiente al peso del instrumento, peso que se puede saber con facilidad, conociendo el material que ha de emplearse.

Para que la corriente se establezca, no hai necesidad de que toda la campana esté completamente llena de agua. Yo he construido un sifon anular de vidrio para examinar las corrientes; i aunque de una manera no mui perfecta, por las dificultades con que aquí se tropieza para esta clase de observaciones, me he convencido de que en este sifon se verifican fenómenos enteramente análogos a los que presenta el sifon comun de tubo encorvado. Por consiguiente, puede, así como en éste, dejarse aire en la parte superior de la campana, sin que la corriente pare. Despues de establecida la corriente, he introducido aire, poco a poco, dentro de la campana, desde una pequeña burbuja hasta el volúmen necesario para llenar casi toda la parte superior entre *n-n* i C. Una vez que el aire llegue a ocupar hasta la línea *n-n*, es natural que la corriente pare, pues de este modo se incomunican las ramas del sifon, sirviendo el aire como de un tapon intermedio, el cual no solo intercepta la corriente sino que, con su natural expansion, repele hácia una i otra boca las columnas de agua ascendente i descendente. Así, pues, para que la corriente se efectúe, basta que exista sobre la línea *n-n* una capa del grueso suficiente para vencer la resistencia que al movimiento presenta eso que podria llamarse viscosidad del agua.

Se ha dicho que la capacidad de cada uno de los diversos espacios interiores de este extractor es mayor que la necesaria para que por ellos pase una cantidad tal de agua; luego, el *gasto* del aparato será mayor que el *gasto* que se trata de obte-

ner. Para corregir este exceso de gasto, a fin de que el extractor produzca la cantidad fija requerida, se coloca una compuerta en la boca *a* del tubo expulsivo o de derrame. Esta compuerta puede tener varias formas, segun sea la de la boca. Si ésta es cuadrilateral, bastará colocar en los costados listones de madera para estrechar el cuadrilátero. Si la boca es circular, se la estrechará por medio de coronas circulares que irán creciendo hasta dar con la abertura capaz de producir el gasto fijo que se desea.



Otra compuerta podría disponerse segun lo indica la figura 13.<sup>a</sup> He señalado los elementos en esta figura con las mismas letras que en la 12.<sup>a</sup>. Debajo de la boca *a* del tubo de derrame hai un platillo *e*, a modo de embudo invertido, colgando del vértice *f* de la campana, por medio de una varilla de hierro *c*, sostenida por la tuerca *f*. Dando vuelta a esta tuerca en uno u otro sentido, se hará subir o bajar el platillo *e* hasta dar a la boca anular de salida la capacidad suficiente para dejar escurrir el *gasto fijo* de agua.

Cualquiera que sea el procedimiento adoptado para la correccion del exceso de gasto, puede combinarse con el de introducir por *C* una cantidad de aire correspondiente a dicho exceso. Si no ha de salir por *a* toda el agua que puede pasar por entre las paredes de la campana i el tubo exterior del par entre los cuales se halla la rama *T*, es claro que se puede impunemente colocar un volúmen equivalente de aire bajo el vértice

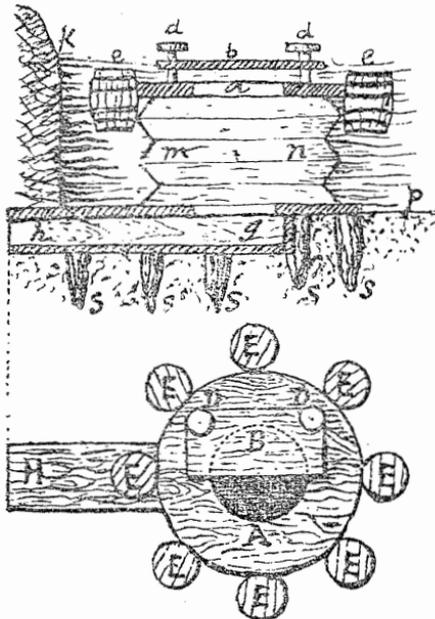
de la campana. Con esto queda, por otra parte, mucho mas liviano el aparato.

## CAPÍTULO XVII

### Estractor de fuelle

El aparato que voi a describir es el segundo de los dos estractores que en la esposicion de Santiago, de 1875, exhibí agregados a mi repartidor irradiatorio. Llámolo *de fuelle*, porque en realidad es un fuelle el elemento que pone en comunicacion la boca absorbente con la espelente del aparato. Éste se halla representado en la figura 14.<sup>a</sup> por medio de su proyeccion

Fig. 14.<sup>a</sup>



horizontal, en la parte inferior, i por medio de su corte vertical en la parte superior de la figura.

Dicho corte se supone producido por un plano perpendicular a la corriente del canal en donde se halla instalado el aparato. La seccion de uno de los taludes del canal es  $h K$ , i la anchura de éste se estiende hácia la derecha del observador. El nivel del agua está en  $K$ .

En el fondo  $h p$  del canal está colocado un tablero de madera,  $h g p$ , afianzado sobre estacas  $s s s s$ , enterradas en el suelo. Estacas como éstas sostienen tambien el tubo cuadrangular  $h g$ , hecho de madera, que sirve para entregar fuera del canal el agua estraida, recibíendola por la boca horizontal  $g$  i arrojándola por la vertical  $h$ .

Sobre el tablero horizontal e inferior,  $g$ , se halla clavada la base circular de un cilindro de cuero,  $m m$ , hecho en forma de fuelle; i cuya boca superior está tambien clavada a un tablero circular  $a$ , cuya proyeccion horizontal es  $A$ . Este tablero tiene abierta en el centro una boca circular  $A$ , sobre la cual está dispuesto un cuadrado de madera, sostenido por cuatro tornillos  $D, d$ , para poderlo subir i bajar paralelamente al círculo de madera  $A$ . En la proyeccion horizontal, se ve solamente la mitad de la boca circular  $A$ , i la mitad del cuadrado de madera  $B$ , suspendido sobre aquélla por los tornillos  $D, d$ .

Por último, ocho barrilitos vacíos i herméticamente cerrados  $E, e$ , adaptados al círculo  $A$ , sirven de boyas para mantener a flote a dicho círculo, con su cuadrado superior: con lo cual se consigue que el fuelle  $m m$  tenga la requerida posición vertical. A fin de que el círculo  $A$ , o, mejor dicho, la boca  $a$  se halle siempre sobre la vertical de  $g$ , se le fija, en la parte superior, por medio de un alambre flojo sujeto por sus estremidades a la márgenes del canal.

Bien se ve que, estando la boca  $a$  debajo de la superficie del agua, caerá por ella un chorro que, introducido por  $g$  al conducto cuadrangular  $g h$ , saldrá del canal por la boca  $h$ . El derrame dará un constante gasto de agua, aun cuando baje o suba el nivel  $K$  de la corriente, pues bajará o subirá tambien el orificio, quedando siempre sobre él la misma carga de agua.

Hai dos medios de aumentar o disminuir la cantidad de agua entrada, a fin de dejarla en la que el extractor debe justamente entregar. El primero consiste en subir o bajar el cuadrado  $b, B$

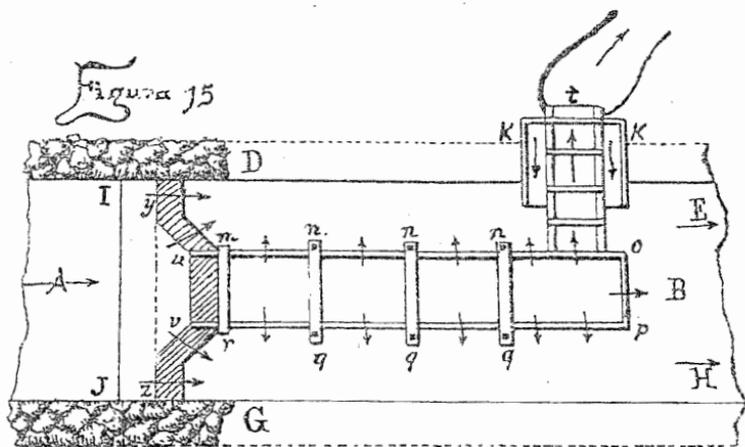
por medio de los tornillos  $D, d$ ; i el segundo en aumentar o disminuir la carga de agua, agregándole o quitándole peso a la parte superior del aparato. Empleando los dos medios combinados, puede tambien llegarse a que el extractor entregue la cantidad requerida.

## CAPÍTULO XVIII

## Extractor de canales

Mucho mas sencillo que el anterior, aunque no tan exacto, es el siguiente que distingo con el nombre de *extractor de canales*, pues todo él se compone de simples canales de madera.

A B es el eje del canal madre (figura 15.<sup>a</sup>) cuyas márgenes



C E i F H se han reforzado en la parte C D—F E, para contener el rebalse del agua formado por el muro trasversal I J, elevado unos 60 centímetros (poco mas o ménos). Sobre este muro se elevan las paredes  $y u$  i  $z v$ , dejando una boca central  $u v$ , por la cual debe pasar un tercio mas de agua que se trata de estraer. Esta agua entra en la canal  $m n o p q r$ , despues de derramarse por las paredes  $y u$  i  $z v$  todo el sobrante del caudal del canal madre que no puede pasar por debajo de la traviesa

*m r*. Cosa análoga se verifica al pasar el agua por debajo de la traviesa *n q*, pues el sobrante que rebalsa (por la altura del agua en *y u v z*) se derrama por los bordes de la canal, según lo indican las flechas. En la parte *n o p q* el agua llega muy poco más arriba de los bordes. En este departamento se pone el canal extractor *T*, hecho de las dimensiones indicadas por la cantidad que se quiere extraer. Sobre esta segunda canal hay una serie de traviesas que van cortando la flor del agua hasta entregar en la boca *t* solo la cantidad correspondiente a las dimensiones de la canal. El agua sobrante pasa por sobre los bordes de ésta, a uno u otro lado, es devuelta al canal madre por medio de dos canaletas laterales, inclinadas en dirección de las flechas K—K. Entregada el agua en *t*, sigue el curso de la acequia derivada *t x*.

Aunque este procedimiento no es matemáticamente exacto, pues, al pasar el agua por debajo de las traviesas, la altura del departamento anterior influye siempre algo sobre el siguiente; con todo, bien se echa de ver que, como esta causa de error va disminuyendo de traviesa en traviesa, se puede multiplicar éstas y alargar las canales lo suficiente para neutralizar casi del todo dichas causas de inexactitud.

No creo necesario advertir que, así como la canal *t*, pueden establecerse a una u otra márgen del canal madre varias canales extractoras. Tanto éstas como la central *m p*, deben estar colocadas horizontalmente sobre pies derechos, o, lo que es mejor, sobre soleras atravesadas de borde a borde en canal madre.

En conclusión, la base del procedimiento anterior consiste: 1.º En hacer independiente una parte del caudal del canal madre, elevándola sobre el resto de la corriente por medio del muro I J i de la canal central horizontal *m n o p q r*. 2.º En hacer que esta canal se mantenga llena hasta sus bordes (ni más ni menos), cualquiera que sea la cantidad de agua que corra por el canal madre. 3.º En desalojar los sobrantes de agua por medio de traviesas como las *m r*, *n q* y demás que podrían ponerse. 4.º En colocar en el último espacio de la canal central la canal extractora, también armada de traviesas para desalojar los pequeños sobrantes. 5.º En conducir estos sobrantes de agua al canal madre por medio de las canaletas K—K.

Partiendo de estas ideas bases, puede dársele al extractor una multitud de disposiciones diversas. La representada en la figura es la misma que yo he ensayado; i aunque estos ensayos han sido hechos mui en pequeño, me parece que, en la mayor parte de los casos, este extractor puede satisfacer ventajosamente nuestras necesidades actuales.

DANIEL BARROS GREZ

