

Repartición de las aguas de los ríos

POR

ELEAZAR LEZAETA A.

(Conferencia dada en el Instituto de Ingenieros, el 19 de Junio de 1914)

El señor Eleazar Lezaeta desarrolló una conferencia sobre esta interesante materia.

Principió recordando que las tomas de los canales de regadío de los ríos podían ser de dos clases: 1.^a A nivel de la fuente surtidora; y 2.^a Con obras de represa para levantar dicho nivel. Que las primeras se constituían en general con pretilos de carácter provisional para dirigir la corriente hacia el canal derivado, y las segundas por medio de presas, generalmente definitivas, para poner la alimentación del canal a cubierto de interrupciones debidas a disminución del gasto del río.

Que, en consecuencia, casi siempre las primeras tenían el carácter de tomas provisionales, que había que rehacer después de cada invierno, y las segundas definitivas.

Manifestó que la casi totalidad de las tomas de los canales en Chile eran de carácter provisorio, haciendo una excepción de las de la «Sociedad del Canal de Maipo», y que en 1908 se hicieron definitivas, y de cuya descripción detallada se ocuparía más adelante. (*)

Observó que tanto los pretilos como las presas, podían ser constituidos por piedra y rama, escolleras, piés de cabra, canastones de mimbre rellenos de piedra, javes, pilotes y tablestacas, pilotes con enrocados, viguetas de madera, albañilería de piedra, ladrillo, concreto y concreto armado, cuya construcción era conocida de todos los ingenieros, por lo cual no entraba en detalles.

(*) Igualmente son definitivas las obras de toma hechas hace poco en el río Maipo para la Sociedad de los «Canales Unidos», en las vecindades del Puente Carretero de los Morros, pero no las tomamos en consideración por haber sido completamente embancadas por los sedimentos del río y no haber prestado servicios efectivos.

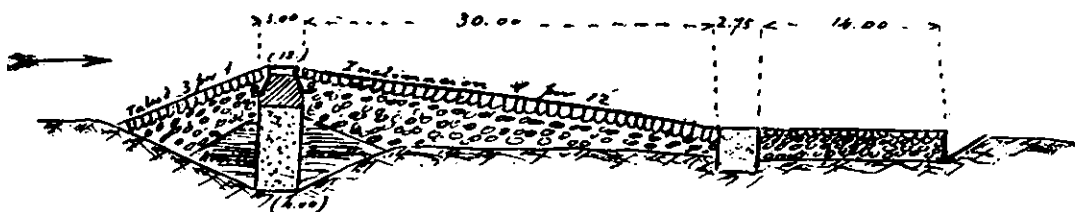
Sin embargo, creyó interesante describir algunas de estas obras, que tenían ciertos caracteres peculiares.

Las diversas presas construidas por los ingleses a través del Nilo, son verdaderos viaductos de albañilería, formados en la generalidad de los casos, por machones de 2 m. de ancho con vanos de 5 m., cerrados por compuertas metálicas. Así están constituidas las presas de Sifta, del Delta, de Asiut y de Assuan, esta última terminada hace poco, con un largo de cerca de 2 kilómetros, y cuyo costo llegó a 70 millones de francos. En este tipo de presas, en la época de las crecidas del río, se levantan las compuertas y el agua se escurre con toda facilidad.

En la India está muy generalizado el sistema de presas formadas de enroca, dos con un muro de núcleo de albañilería o concreto y un muro de pie de este mismo material.

En la figura 1 tenemos un ejemplo de una presa de este tipo, cuyo talud de aguas arriba es parado, de 3×1 , y el de aguas abajo, muy tendido, 12×1 ; los

Fig. 1 — Presa-vertedero del Delta.



paramentos son formados por mampuestos de 0.50 m. de tizón como mínimo, puestos de punta y bien apretados. A cada lado del muro de núcleo se coloca arcilla, que queda comprimida al cargarla con la escollera que viene encima. Los muros principal y de pie, distantes entre sí unos 30 m., se enlazan por medio de muros transversales, cada 50 m., cuyas coronaciones enrasan con los paramentos de las escolleras.

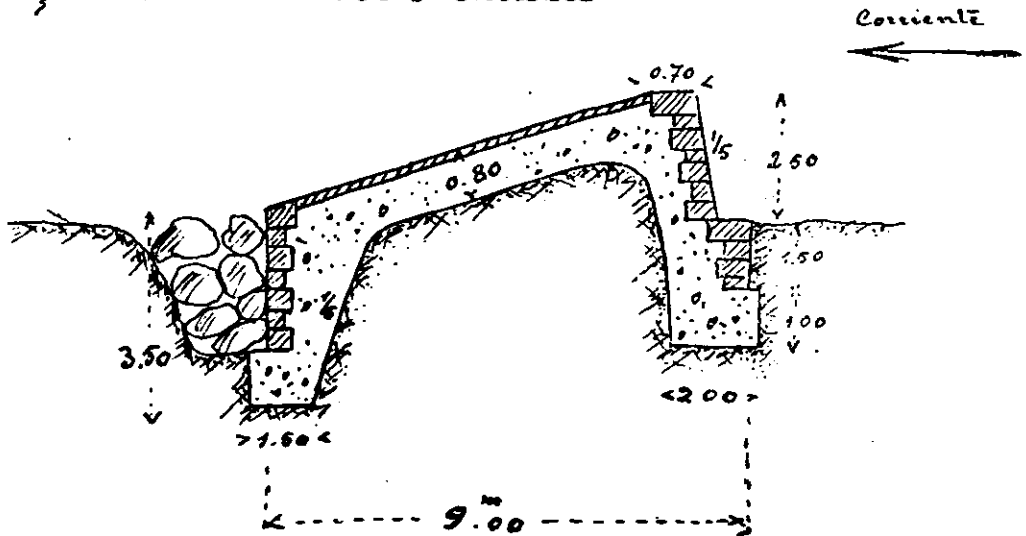
En la última reparación de la presa del Delta, se ejecutó un vertedero formado como se ha indicado anteriormente, y ha llamado la atención el buen estado en que se encuentra la superficie del revestimiento de escolleras.

En la República Argentina se ha empleado con buenos resultados un tipo de presas ideado por el ingeniero italiano señor Cipoletti, y que son relativamente económicas.

Este tipo de presas, que nos ha descrito con todo detalle, refiriéndose especialmente a las obras de toma del río Mendoza, nuestro distinguido colega argentino, señor Soldano, es el de la figura 2; y se compone de dos muros de guarda verticales, distante 9 m. uno de otro y unidos superiormente por la *platea* del dique, o sea un muro inclinado de 1×3 , que une el coronamiento con el muro infe-

rior. La altura del muro de guarda de aguas arriba es de 5 m., de los cuales 2.50 m. en elevación y otro tanto en fundaciones; la del muro de aguas abajo es de 3.50 m., correspondiendo su plano superior al nivel del lecho del río. El espe-

Fig. 2. - Presa del río Mendoza



sor de la platea es de 0.80 m. Tanto los muros de guarda como la platea se han construido con concreto y han sido revestidos exteriormente con sillería de granito. Se refirió también a los accidentes que ha experimentado la toma del río de Mendoza y a la manera cómo se han remediado, especialmente en lo relativo a los embancamientos de los canales derivados, que asumían proporciones alarmantes.

También es interesante hacer mención de las presas *móviles de cilindros*.

En el *Génie Civil* de 7 de Marzo de este año, página 386, se hace referencia a un artículo publicado el 13 de Diciembre último por el señor Hillberg en el *Engineering Record*, pág. 654, a propósito de los trabajos recientemente ejecutados en Estados Unidos de tranques móviles de cilindros.

Estas presas son generalmente formadas de un cilindro hueco, al cual está fijo un cojinete que sirve de alza para el tranque y que viene, cuando la presa está cerrada, a colocarse de manera a retener el agua del lado de arriba, tomando apoyo sobre el radier y sobre las albañilerías laterales del hueco que debe cerrar.

El cilindro del tranque móvil rueda por sus dos extremidades sobre cremalleras inclinadas, afianzadas en la albañilería, y su levantamiento se opera por cadenas que se enrollan durante el descenso.

El autor describe diversos modelos de tranques de este tipo, permitiendo abrir enteramente paso al agua o dejándola pasar por encima del tambor como sobre un vertedero, así como los dispositivos en uso para levantar el tranque y

para asegurar su impermeabilidad al contacto de las partes fijas. Para grandes alturas, tales tranques pueden ser constituidos por los cilindros superpuestos, que se levantan uno después del otro, según las necesidades. En fin, el autor expone la teoría mecánica de estos tranques e indica cómo pueden evaluarse los esfuerzos que soportan.

Termina dando una lista de los tranques de este sistema.

Debemos, por fin, referirnos a las prezas de *concreto armado* que se han empleado tanto en los últimos tiempos, especialmente en Estados Unidos, y que generalmente se componen de un muro de concreto armado, inclinado de 45° y sostenido por contrafuertes verticales. El muro y los contrafuertes se apoyan sobre un radier general, aguas arriba del cual se encuentra un muro de guarda, que baja hasta el terreno impermeable.

Se ocupó, enseguida, de las tomas de los canales de San Carlos y San Bernardo, derivados del Maipo.

El caudal del río Maipo se supone dividido en 7 568 acciones o partes, de las cuales la mitad, o sea 3 784 acciones, pertenecen a la «Sociedad del Canal de Maipo», y las otras 3 784 a los siguientes canales:

Pirque..	600 acciones
Ochagavía.....	300 »
Lo Jara.....	600 »
Espejo.....	500 »
El Monte.....	10 »
Moreno.....	2 »
Santa Rita ...	298 »
Viluco..	300 »
Fernández	50 »
La Calera	300 »
Santa Cruz.....	250 »
Herrera o San Vicente.....	180 »
Arriagada.....	50 »
Paine.....	100 »
Pachecano	30 »
La Quinta.....	150 »
Irarrázaval	10 »
Molina.....	8 »
Jelvez.....	16 »
Isla.....	10 »
Lonquén..	20 »

3 784 acciones

La «Sociedad del Canal de Maipo» saca sus aguas del río por dos canales: el San Carlos y el San Bernardo, cuyas tomas se encuentran más o menos a dos kilómetros de distancia una de otra, en las cercanías de la estación de «La Obra» del ferrocarril de Puente Alto al Volcán.

Las 3 784 acciones del río, que posee la «Sociedad del Canal de Maipo», se convierten en 2 233 regadores o acciones de la Sociedad, de los cuales 1 655 van por el canal San Carlos y 574 por el San Bernardo. Las otras 4 acciones se extraen por el canal del Peral, del río Colorado, afluente del Maipo.

A poco más de un kilómetro al oriente de la estación de «La Obra» se encuentran las obras de toma del canal San Carlos; 500 m. más abajo están los desarenadores de este canal; a unos dos kilómetros de la toma anterior, las obras de toma del canal San Bernardo; y a unos 500 m. de estos últimos, los desarenadores del canal San Bernardo. Hay varios otros accesorios, como ser, vertederos de descarga, compuertas, reglas graduadas, etc.

En el orden antes indicado, y con el auxilio de los dibujos acompañados, describiremos estas diversas obras.

TOMA DEL CANAL SAN CARLOS

La toma de este canal (lámina IV) está constituida por un dique sumergible de albanilería de piedra, colocado transversalmente al río Maipo, de 40 m. de largo por 8 m. de ancho en su coronamiento o paramento inclinado, y 250 m. de altura.



TOMA DEL CANAL SAN CARLOS

De su costado derecho se desprende un espigón de mampostería de forma triangular, con 30 m. de largo por 14 m. de ancho en su base y 2 m. en la punta, que sirve para partir las aguas que debe tomar el canal San Carlos.

A continuación, en el costado del canal, se encuentra un vertedero, de 16 m. de largo por 1 m. de ancho en su coronamiento, que tiene por objeto escurrir las aguas de creces, que se pueden haber introducido al canal.

Inmediatamente después vienen las compuertas de admisión y de descarga. Estas últimas son cuatro, de 1 70 m. de ancho cada una y maniobradas a mano; y las de admisión son tres, de 3 50 m. de ancho cada una, que pueden ser maniobradas a mano o automáticamente por una rueda hidráulica, semejante a la que acciona las compuertas del canal San Bernardo y de cuya descripción detallada nos ocuparemos después.

A unos 300 metros aguas abajo hay otras 4 compuertas de admisión y otras tantas de descarga, análogas a las anteriores, y maniobradas también por una rueda hidráulica.

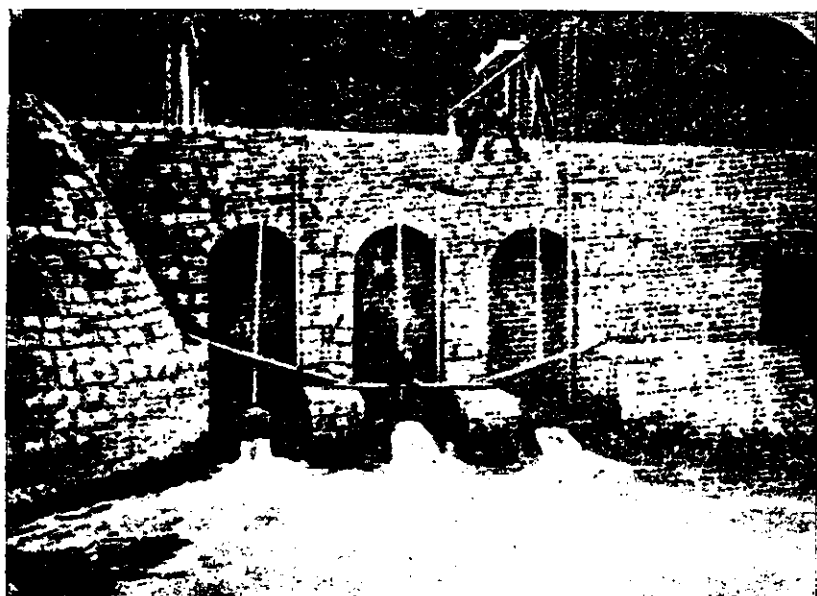
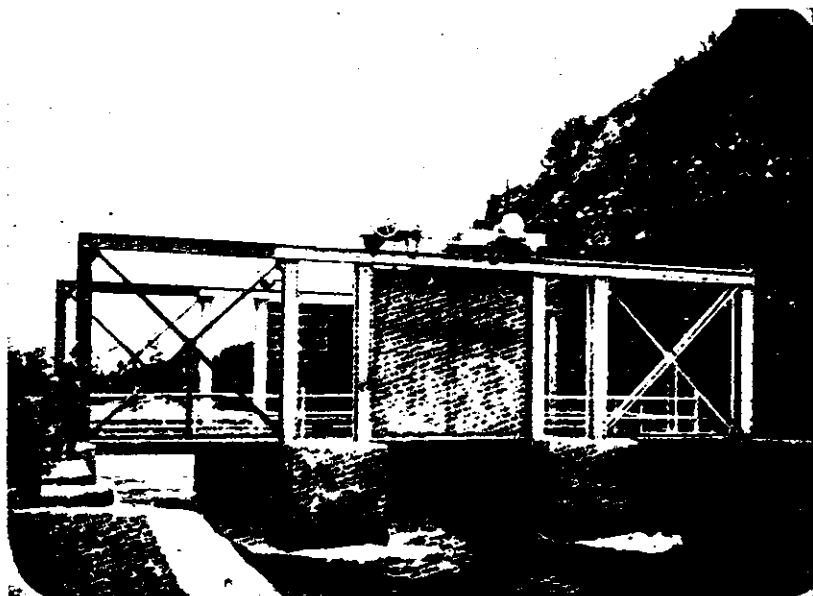
Esta manera tan ingeniosa de accionar las compuertas recuerda el dispositivo empleado en las obras de toma del canal de Bourne, en Francia, en donde son accionadas por medio de engranajes por una turbina movida por las mismas aguas del canal.

DESARENADORES DEL CANAL SAN CARLOS

Poco después vienen los desarenadores (láminas V y VI), que tienen por objeto expulsar los ripios y arenas que se han introducido al canal.

Se componen de tres tubos de madera, de 0.70 m. de diámetro interior, que se han colocado en una parte rectificada, más profunda y de poca pendiente del canal, a 5 m. de hondura y que extraen los depósitos de ambas orillas y del centro, por lo cual los tubos son de longitudes diferentes.

Como los tubos desarenadores pueden obstruirse, y como también puede suceder que no salgan por los tubos todos los sedimentos que se hayan depositado en la parte esa más ahondada del canal en que se han establecido los tubos desarenadores, se ha subdividido en esa parte el canal en tres compartimentos o secciones por medio de dos machones, compartimentos que pueden aislarse alternativamente por medio de dos compuertas ahí establecidas y proceder a la limpia de cada compartimento. De esta manera se puede proceder a la limpia de una sección del canal, mientras el agua se escurre por las otras dos. Las compuertas van en dos bastidores de fierro instalados transversalmente al canal y pueden rodar sobre ellos, de modo que por medio de las dos compuertas se puede cerrar un compartimento, dejarlo en seco por medio de sifones de fierro, instalados en cada uno de ellos, y proceder a su limpia.

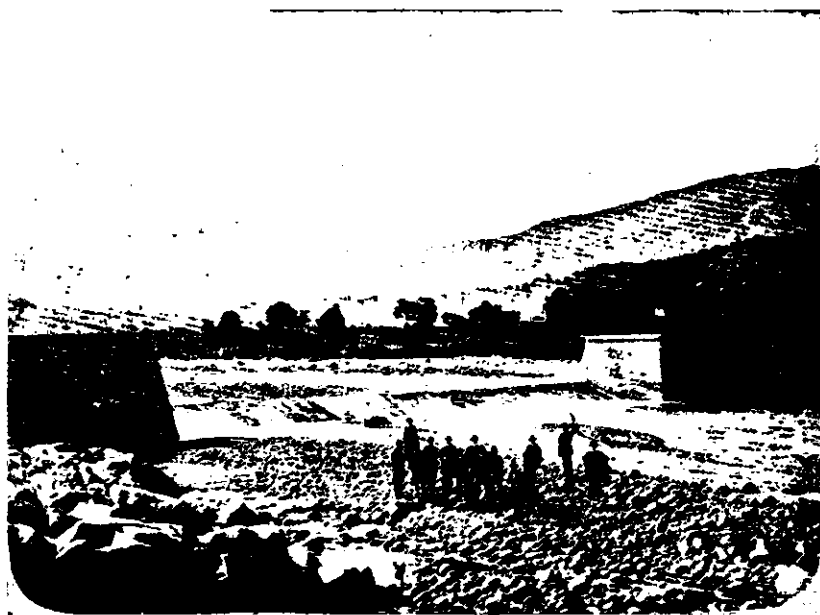


DESARENADORES DEL CANAL SAN CARLOS

Tres compuertas de descarga, dos de ellas de 150 m. de ancho y la otra de 170 m., establecidas inmediatamente aguas arriba de los tubos desarenadores, completan la instalación.

TOMA DEL CANAL SAN BERNARDO

Las obras de toma de este canal que quedan inmediatas a la estación de La Obra, del ferrocarril de Puente Alto al Volcán, son análogas a las ya descritas del canal San Carlos: un dique sumergible de albañilería establecido transversalmente al río, de 42 m. de largo; un espigón de jayas de piedra de 35 m. para dirigir las aguas hacia el canal San Bernardo; un vertedero de descarga de 40 m. de



TOMA DEL CANAL SAN BERNARDO

longitud; un primer grupo de compuertas antiguas de admisión y de descarga, maniobradas a mano; y, por fin, a unos 150 m. de los anteriores, un sistema de compuertas de admisión y de descarga, últimamente instaladas, semejantes a las del canal San Carlos y accionadas también automáticamente por una rueda hidráulica.

DESARENADORES DEL CANAL SAN BERNARDO

Los desarenadores de este canal son más imperfectos que los del canal San Carlos, pues se componen sólo de tres tubos de madera que salen del fondo del canal a diversas distancias de sus paredes en una parte en que aquél está ahondado. No se han formado varios compartimentos cerrados por compuertas, como en el canal San Carlos, lo que impide poderlos limpiar estando con agua el canal. Los tubos son de 0.40 m. de diámetro interior y formados por duelas de madera de 0.10 m. de espesor y afianzados por sunchos de fierro. Van a 150 m. de distan-

-cia unos de otros y a 2 70 m. bajo el nivel de aguas. En una visita que practicamos últimamente al canal, pudimos observar que funcionaban mal: dos estaban obstruidos y el tercero funcionaba a media boca.

RUEDA HIDRÁULICA QUE ACCIONA AUTOMÁTICAMENTE LAS COMPUERTAS Y DETALLES DE LA MANIOBRA DE LAS COMPUERTAS

Tanto las compuertas de admisión como las de descarga de ambos canales. San Carlos y San Bernardo, son accionadas, como se ha dicho, por una rueda hidráulica de 4 m. de diámetro por 1 50 m. de ancho, que es alimentada por la misma agua del canal. Antes que el agua mueva a la rueda, pasa por un compartimento, en el cual hay dos flotadores de fierro de forma paralelipipédica de $1\ 40 \times 0\ 60 \times 0\ 60$, que están conectados por medio de brazos articulados a una pequeña compuerta, de tal manera, que si el canal lleva exceso de agua, los flotadores se levantan, cierran la pequeña compuerta, haciendo disminuir el gasto de agua que vá á mover la rueda. Así se tiene un regulador automático de la velocidad de la rueda. Todavía más, para los casos en que vengan cantidades excesivas de agua por el canal, se tiene un dispositivo especial para cerrar las compuertas de admisión. Inmediatamente, aguas abajo de la rueda, se ha dispuesto un vertedero de rebalse de 40 m. de largo, del cual son recogidas las aguas por un canal que las lleva á accionar la rueda hidráulica en sentido contrario, es decir, cerrando las compuertas de admisión y haciendo disminuir, por consiguiente, el gasto del canal; de manera que también automáticamente el gasto del canal no puede exceder al que fija la altura de ese vertedero, que vá después de la rueda.

La rueda hidráulica lleva en uno de sus costados una corona dentada, que engrana con un piñón de 0 80 m. de diámetro, el que transmite el movimiento, por medio de ejes y engranajes, á las compuertas de admisión y de descarga.

El mecanismo de cada compuerta está provisto de una palanca que permite juntar o separar, a voluntad, dos conos, que obrando por simple contacto, accionan la rueda horizontal que a su vez maniobra al vástago vertical de la compuerta. Esto permite dejar a cualquiera de las compuertas aisladas del movimiento general.

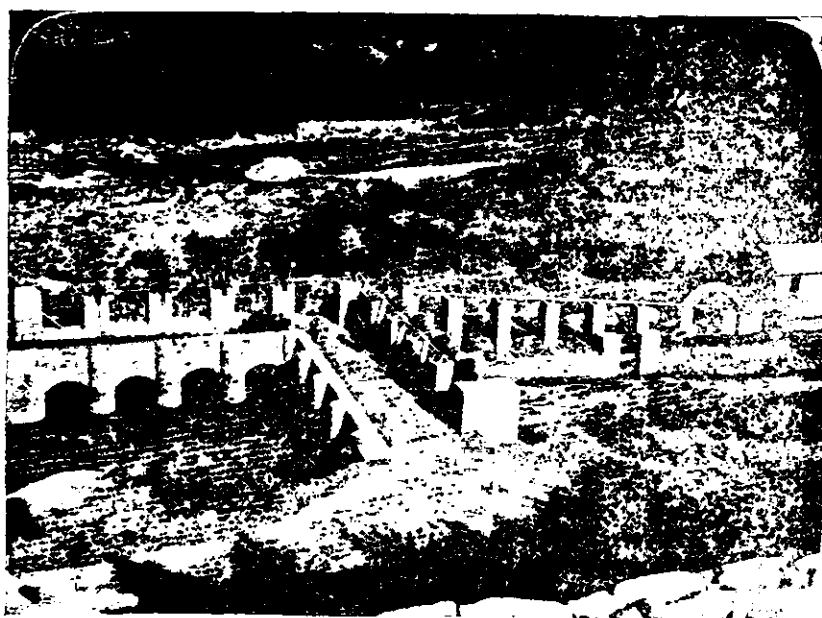
Cada compuerta puede también ser accionada a mano.

En la lámina III se puede ver el detalle de estos mecanismos y cómo se transmite por ellos la fuerza de la rueda hidráulica. En efecto, el movimiento del eje A se transmite por medio de las ruedas dentadas B a cada compuerta; accionando éstas al eje secundario C lo transmite a la rueda horizontal R.

El eje C puede no transmitir el movimiento a la rueda R si se maniobra a mano en sentido contrario la palanca de contrapeso P, que tal como aparece en la lámina, empuja a dicho eje, y hace penetrar los troncos de cono, uno dentro de otro, los que ajustan por simple contacto.

Además, estos troncos de cono tienen por objeto hacer que si una piedra, un tronco de árbol, etc., opusieran obstáculo a la bajada de la compuerta, resbalaría

uno dentro del otro, quedando sin movimiento la parte del eje C comprendida entre los troncos de cono y la rueda horizontal. Esto evita, evidentemente, la saltadura de dientes de los engranajes, etc.



MANIOBRA DE LAS COMPUERTAS POR LA RUEDA HIDRÁULICA

La rueda R, que engrana con el vástago de la compuerta, está sujeta a las dobles T del marco por la pieza de fundición b, que lleva dos abrazaderas c, que toman a la pieza cilíndrica a, también de fundición, de la cual sale la palanca E de 85 cm. de longitud.

Las dimensiones principales del mecanismo son:

Ruedas de engranaje cónico	75 cm.
" " cilíndrico	80 y 50 "
Ejes principales 8 cm; eje secundario	6 "
Vástago	8 "
Dobles T del marco	25, 12, 1 "
Ancho del hueco de la compuerta	2 m.
Brazo de palanca de contrapeso	75 cm.
Brazo de palanca de maniobras	80 "

Hizo ver, enseguida, la manera tan defectuosa cómo se operaba en Chile la partición de las aguas de los ríos, que quedaba entregada exclusivamente al ojo del Juez de aguas, quien se encontraba imposibilitado para hacerla de una manera equitativa, por no disponer de aparatos de medida, ni de elementos de ninguna especie.

Observó que no era posible hacer la partición automática de las aguas de un río, como se hace con las de un canal por medio de marcos partidores, a causa de la gran dificultad y crecido costo de las obras de arte necesarias para encauzar los ríos en sus creces. Que sólo conocía un caso en que tal cosa se hubiera hecho, éste es el del canal de Forez, que toma sus aguas del río Durance, en Francia, en el que con un gasto de 15 metros cúbicos ha habido que hacer un marco partidor de cerca de 200 metros de longitud.

El señor Valentin Martínez se había preocupado de este mismo asunto en 1897 y había propuesto los *marcadores*, que el señor Lezaeta considera lo único práctico; pero el señor Martínez proponía la construcción de una presa vertedero al través del río para determinar su caudal, la que considera irrealizable por su crecido costo, en la generalidad de los casos, y que, por otra parte, no es necesaria, como se verá más adelante.

El señor Lezaeta manifestó que no estimaba práctica y expedita la medición del caudal por medio de compuertas o de vertederos, por diversas consideraciones que adujo, relativas a la falta de pendiente en muchos casos para los vertederos, y a lo complicado y delicado que resultaba la maniobra en caso de compuertas; y llegó a proponer como la solución práctica del problema, los *marcadores*, como los había indicado anteriormente el señor Martínez, modificados sólo en lo relativo a la medida del caudal del río.

Considera que la partición de las aguas de un río sólo tiene importancia cuando éste se encuentra agotado o a turno, pues, en caso contrario, cada propietario puede sacar el agua que quiera; en tal caso, dice, la partición debe referirse a todas las aguas que lleve el río o sección de río que se considere, desde la primera hasta la última boca-toma. (*)

Un *marcador*, dijo, no es otra cosa que un trozo de canal regularizado en la longitud suficiente para que se establezca el régimen del movimiento uniforme y con un juego de compuertas de admisión y de escape. Una escala metálica, divi-

(*) Los ríos de la zona central de Chile bajan de la cordillera de los Andes con cierto caudal, que a veces se aumenta en su camino, se agotan, generalmente, al llegar a la cordillera de la costa, y enseguida adquieren de nuevo grandes caudales, con los que desembocan al mar. La partición de las aguas de estos ríos no debe referirse a la de todas las aguas que llevan desde la cordillera hasta el mar, sino a la de las aguas de tal o cual sección de esos ríos.

Antes de legislar sobre las mercedes de agua en tales ríos, o sobre la revisión de esas mercedes, sería conveniente hacer un estudio de la *hidrología* de los diferentes ríos. Se legislaría así sobre bases seguras y efectivas, evitando muchas dificultades que, de otro modo, podrían suscitarse en lo futuro.

didada en centímetros, se halla adherida a una de las paredes, en la mitad de su longitud y sirve para conocer la altura del agua. Conocidas la sección, la pendiente y la naturaleza de las paredes, es fácil hallar por el cálculo, auxiliado por el número de experiencias que se crea necesario, el gasto que pasa por el marcador para las diversas alturas de agua dadas por la escala hidrométrica. La determinación de los gastos permite formar una tabla en que se encuentren al lado de las alturas, el número de litros por segundo, correspondiente a cada canal.

Ahora, para conocer el gasto total del río, cuando éste se encuentre agotado, bastará tener un empleado en cada toma, que todos los días, a una hora dada, anote la altura del agua en el marcador, datos que remitirá al Juez de aguas o ingeniero encargado del río. Este vé en sus cuadros los gastos que corresponden a las diversas alturas de agua de los diferentes marcadores y hace la suma, obteniéndose así el gasto del río, gasto en el que van tomadas en cuenta las pérdidas por evaporación y filtración, así como los aumentos que la corriente pueda haber experimentado en el camino, etc.

Conocido el gasto del río, la partición proporcional de los derechos de cada canal, dará el gasto correspondiente, y de ahí la altura de agua que el Juez o ingeniero debe ordenar se deje en cada marcador, con el auxilio de las compuertas antes mencionadas. Esta operación debe repetirse cada vez que el Juez de aguas o ingeniero vea que ha habido variación en el caudal del río o tenga reclamos de los propietarios.
