do por el estero de su nombre i su forma de tres torrentes que se reunen como a 8 quilómetros al oriente del mar: el de mas al N., llamado la Placilla trae su oríjen de las haciendas de las Cenizas i la Palma; el de la Rampla del Llano baja de la hacienda de las Palmas, i el mas meridional o de Peñuelas, se hace notable por despeñarse de una altura de mas de 100 metros en el punto de los Perales. Desde la union de los torrentes, el estero sigue el valle hasta vaciarse en el mar. Es vadeable por todas partes, i solo las mareas de las zizijias penetran por el estero hasta 1,5 quilómetro adentro, trecho en que pierde vado.

COSTA DE QUEBRADA VERDE.—La costa que se estiende al N. de la playa de la Laguna se denomina Quebrada Verde i va al N8°O. por espacio de 4,5 millas, hasta la punta de Playa Ancha o de los Ánjeles que cierra por el O. la rada de Valparaíso. Toda ella es quebrada i angulosa, sumamente escarpada i a pique sobre el mar, alcanzando a veces 225 metros de elevacion. La cumbre del cordon de cerros que forman la punta, alcanza a mas de 405 metros de altitud. Las eminencias principales de esta costa se denominan Centinela Alta i Centinela Baja, hallándose sobre la primera el mástil del vijía de Valparaíso. El fondo en las inmediaciones de la costa es considerable i uniforme, alcanzando a 90 i 100 metros de profundidad a 0,5 millas de tierra a lo largo de la costa.

HIDRÁULICA.—Estudio sobre la construccion de un marco de aguas.—Trabajo leído ante la Facultad de matemáticas, por el injeniero civil, Valentin Martínez.

MOTIVO DE ESTE TRABAJO.

Encargado por el Supremo Gobierno del desempeño de la clase de puentes i canales en la Universidad i para hacer este último estudio juzgué indispensable que como base de mi curso de hidráulica debia consultar los esperimentos que sobre este ramo se hubiesen hecho en el país.

Desde luego, teniendo conocimiento de la existencia de varios trabajos sobre aguas, escritos en Chile, me dispuse a consultarlos con toda la atencion que la importancia del asunto requeria, pero sin dejar de confesar el gran mérito de algunos de ellos, luego noté con gran decepcion que no podria sacar el partido que esperaba por no estar ninguno de ellos basado en esperimentos de ninguna especie i solo apoyados en teorías ya algo atrasadas respecto de los nuevos i preciosos descubrimientos con que ahora se ha enriquesido la hidráulica.

Por otra parte, persuadido, como lo estoi, de que la aplicacion de las fórmulas de la hidráulica solo es acertada en los casos i condiciones en que han sido deducidas, tomé la resolucion de entrar en una série de experimentos en los principales canales inmediatos a la ciudad i consultar hasta qué punto son aplicables en nuestros canales las fórmulas deducidas en Europa i Estados-Unidos i buscar los coeficientes que deben afectarlas para hacerlas aplicables en las condiciones escepcionales en que estamos colocados.

En este trabajo me he ocupado ya dos meses, i muchas notas tengo ya acopiadas para llevar a cabo el objeto que me he propuesto; pero en vista de la injusta reparticion de las aguas que he observado en todas partes, no he podido resistir al deseo de anticipar una palabra sobre la construccion de un marco puesta al alcance de todos. Es una solucion teórico-esperimental, prometiéndome una solucion mas práctica i por consiguiente mas rigorosa para fines de año cuando pueda dar por entero la teoría del eje hidráulico, teoría que domina por completo el movimiento permanente, único que tiene lugar en nuestros canales.

Pero tratándose de remediar un mal en que la sola causa es la falta de conocimientos hidráulicos, para proceder con método, deberé ante todo, apreciar en su justo valor las memorias de aguas escritas en Chile, bajo el punto de vista esperimental como bajo el punto de vista teórico.

Mi trabajo se compondrá, pues, de dos partes:

1.ª Exámen de las memorias escritas en Chile, bajo el punto de vista de los conocimientos hidráulicos que ellas contienen.

2.ª Procedimiento teórico-esperimental para la construccion de un marco.

PRIMERA PARTE.

EXÁMEN DE LAS MEMORIAS.

Várias son las memorias que sobre aguas se han escrito ya en Chile. Apreciando el mérito de ellas, solo me ocuparé de las memorias de los señores Lemuhot, Barros Gres, Renjifo, Fonseca i Figueroa.

Analizarlas punto por punto seria tarea no solo larga sino tambien inconducente al objeto que me he propuesto, el cual no es otro que el de analizar las bases i principios que en ellas se encuentran i que pueden ser útiles a nuestra hidráulica esperimental.

MEMORIA DEL SEÑOR LEMUHOT (1).

Las dos memorias de señor Lemuhot estan llenas de conocimientos útiles al regadío en jeneral; pero bajo el punto de vista hidráulico son un trabajo puramente teórico, salvo 14 esperimentos que tienen por objeto encontrar el punto donde tiene lugar el réjimen uniforme en un canal de madera. Pero aparte de los accidentes que sobrevinieron al canal durante los esperimentos, tenemos que notar: 1.° que un canal de madera está mui léjos de poder asimilarse a uno de nuestros canales naturales i

---

(1) *Anales de la Universidad*, tomo XXII, pájina 3.8.

aún a un canal hecho de albañilería; 2.° se ha comprendido mal el movimiento uniforme (véase la 2.ª parte de este trabajo), pues se ha tomado por uniforme un réjimen permanente i por eje del movimiento uniforme el eje de abajamiento que tiene lugar en las pendientes suaves del fondo, en el sentido que en hidráulica damos a esa palabra. Finalmente las fórmulas que el autor emplea son ya algo atrasadas, reconocidas hoi inexactas i que solo pueden conducir a resultados exajerados. Básteme citar un ejemplo: aplicando la fórmula del movimiento uniforme a la determinacion del valor de un regador, como lo entiende la sociedad del canal de Maipo, en el caso de aguas máximas encuentra próximamente 15 litros por segundo, mientras que aplicando la fórmula que consulta la forma de la seccion i la naturaleza de las paredes se hallan solo $9\frac{1}{2}$ litros (2).

En resúmen, de las memorias del señor Lemuhot nada podemos sacar que sea útil a nuestra hidráulica esperimental, nada que pueda conducirnos a establecer una buena conduccion i una justa reparticion de las aguas de nuestros canales.

MEMORIA DEL SEÑOR BARROS GRES (3).

La memoria del señor Barros Gres se limita a la reparticion de las aguas. Dos son los aparatos que propone: uno está destinado a la reparticion a volúmen constante; es el sifon. El otro está destinado a hacer la particion proporcional en un canal de gasto variable.

El *sifon*, cuya teoría se da en todos los tratados de física, da en la práctica excelentes resultados; pues hemos visto funcionar sifones que tenian 1 metro de diámetro. Es, pues, un aparato que la práctica ha reconocido bueno.

---

(2) Supongo el caso práctico en que la albañilería está desde largo tiempo en servicio.
(3) *Anales de la Universidad*, tomo XLVII, pájina 269

Sin embargo, su uso será siempre mui limitado entre nosotros.

En cuanto a la particion de gasto variable, recordaremos que el procedimiento propuesto consiste en terminar el canal tronco por un depósito circular cubierto. En el centro del cielo del depósito se *eleva* un cilindro vertical por cuya boca se hace el derrame en partes proporcionales, dividiendo la circunsferencia en las mismas partes por puntas de diamante.

Como el aparato ha sido aceptado sin objecion, como perfecto en su jénero, i como a nuestro juicio se presta a mui sérias observaciones, que lo hacen inaceptable en la jeneralidad de los casos, nos permitimos detenernos un instante por creer que esto toca indirectamente la parte esperimental de la hidráulica.

Comenzaremos por observar que bajo el punto de vista del escurrimiento del líquido, el aparato hace el oficio de un tranque o presa fija, i que por consiguiente el autor no ha podido hacer nada de mejor que proveerlo de una puerta de desagüe o de limpia, pues el embanque será contínuo e inevitable.

Ahora bien, el fondo del depósito puede ser prolongacion del fondo del canal, o puede estar mas abajo; i esta disposicion, dice el autor, debe preferirse siempre que se pueda.

Voi, pues, a discurrir sobre cada uno de estos casos.

Supongamos el primer caso, es decir, cuando el fondo del depósito es continuacion del fondo del canal. Es preciso, en primer lugar que la instalacion del aparato no venga a cambiar el réjimen del canal tronco, es decir, que estando determinadas la seccion del canal i la altura de las aguas máximas en vista del gasto i de la pendiente del canal, es preciso, decimos, que el aparato no venga a remansar las aguas levantándolas mas de lo que se ha previsto, o haciéndolas salir de cauce e inundando las riberas. Pero si el aparato hace el oficio de un tranque o presa fija, remansa necesariamente las aguas cambiando así el eje del movimiento uniforme que se habia previsto en un eje de levantamiento que partiéndo del punto mas bajo del remanso, el cual tiene lugar en el depósito mismo, es tanjente en el infinito al eje del movimiento uniforme, (1) esponiéndose a los desastres de una inundacion, *so pena de conducir un caudal mucho menor que aquel para el cual el canal está destinado.* Se dirá que esta circunstancia ha debido tomarse en cuenta al proyectar la obra; pero entonces el inconveniente antes apuntado se traduciria por un aumento exesivamente grande en los gastos de construccion del canal que vendrian a aumentar el ya mui crecido del aparato mismo.

Tratemos de apreciar la magnitud del remanso. El derrame se hace por la parte superior del cilindro que se levanta sobre el cielo del depósito, como lo indica la memoria, o que se termina en dicho cielo como lo muestra el aparato exibidido en la esposicion de 1875. Como la disposicion que indica la memoria seria completamente inaceptable, nos limitaremos a la 2.ª disposicion, para mejor intelijencia de mis conclusiones voi a discurrir sobre un ejemplo. Supongamos que estamos en presencia de un canal rectangular, de réjimen uniforme i de 2 metros de ancho; la altura del agua la supondremos de 1 metro con una velocidad média de 1 metro por segundo; todo lo cual puede suponerse, disponiendo de la pendiente del canal. El gasto, segun esto, seria de 2 metros por segundo. Supongamos llegadas las cosas al estado normal del escurrimiento. Los 2 metros por segundo deben pasar por una seccion cualquiera del tubo o cilindro vertical con una velocidad que depende de la seccion del tubo i de la altura motriz, que es aquí la diferencia entre el nivel del líqui-

(1) Supongo el caso práctico en que la pendiente no es torrencial. Con una pendiente torrencial la union del eje de levantamiento podria hacerse pronto por medio de un *resalto*,

do en el depósito i el nivel superior de la lámina de escurrimiento. El diámetro del tubo es funcion de su lonjitud, si se quiere que los filetes líquidos salgan paralelos i adherentes a las paredes, como la teoría del aparato lo exije. Se ha reconocido en hidráulica que esta lonjitud varia entre 2 i $2\frac{1}{2}$ veces el diámetro.

Supongamos el caso mas desfavorable a las conclusiones a que voi a llegar, es decir, supongo que la lonjitud relativa sea solo 2.

Debiendo la altura del agua en el canal igualar a cada instante a la lonjitud del cilindro + la altura del abra para la entrada del líquido en el cilindro + el grueso de la lámina de escurrimiento + la altura motriz necesaria, se ve con evidencia que no podíamos dar al cilindro 1 metro de diámetro por eje, pues que su lonjitud absoluta seria 2 metros i con esto solo el remanso seria de 1 metro por lo menos en el canal matriz.

Démosle $0.^{m}\,50$ de diámetro a lo que corresponde 1 metro de largo i veamos si el remanso, siempre inevitable, puede tolerarase siendo pequeño.

La seccion del abra deberá ser por lo menos igual a la seccion del cilindro $\frac{1}{4}\pi D^2 = \frac{1}{4}.3{,}14.\ 0.25 = 0.1947$ o $0{,}^{m2}20$ próximamente.

Aunque el autor nada dice sobre la manera de apoyar su cilindro de ladrillo en el fondo del depósito, yo supondré el caso mas desfavorable a las conclusiones a que voi a llegar, es decir, supondré que los apoyos han desaparecido i que el cilindro está colgado del cielo del depósito. Por consiguiente, la altura del abra se obtendrá dividiendo la seccion por el perímetro $\frac{0.^{m2}20}{2\ \pi\ R} = 0.^{m}12$, altura mínima cualesquiera que sean los apoyos que dé el autor.

Sabemos que el gasto (5) o cantidad de líquido que

(5) Hago abstraccion del coeficiente del gasto, lo cual abultaria los resultados en un 20 por ciento.

pasa en un segundo por una seccion cualquiera del tubo es dado por la fórmula

$2^{m4} = 0.^{m3}20.\sqrt{2g\,h}$, siendo h la altura motriz definida mas arriba.

De la ecuacion anterior se saca

$h = 5.^{m}29$ i para la altura del agua en el canal $1.^{m} + 0,^{m}12 + 5,^{m}29 = 6.^{m}41$, lo que es completamente inadmisible, como por un diámetro del cilindro igual a 1 metro encontramos que el agua en el canal debia elevarse a 2 metros por lo menos, se sigue que el remanso varia de 1 a 5 metros.

Es evidente, por otra parte, que un diámetro menor que $0.^{m}50$ nos daria un remanso todavía mayor. Se concluye, pues, que para cualquiera lonjitud absoluta del cilindro hai un remanso completamente inadmisible.

Proponemos una modificacion que disminuye considerablemente el remanso, conservando, no obstante, el aparato toda la ventaja de su teoría que es la de dar en todo el perímetro de la seccion de escurrimiento filetes de igual velocidad.

Esta modificacion consiste:

1.° En sustituir al cilindro un tronco de cono cuyo diámetro superior sea los 5/6 del inferior, i de lonjitud relativa = 1. Se sabe, en efecto, por las numerosas esperiencias de Eytelwen que en semejante cono la contraccion de la vena a la salida es nula.

2.° Dicho cono estaria suspendido al cielo del depósito. Con esta modificacion los remansos antes calculados se reducen a la mitad; pero siempre son inadmisibles.

Pongámonos ahora en el caso en que el fondo del depósito esté mas bajo que el fondo del canal, es decir, en el caso del aparato de la esposicion.

En este caso, el escurrimiento puede hacerse aún sin remanso, sin embargo es el peor de los casos. Tiene, en efecto, el gravísimo inconveniente de necesitar un canal de desagüe o de limpia mucho mas profundo que el canal tronco, pues que su profundidad debe ser la del canal tronco + la cantidad de que se ha bajado el fondo del depósito. Ahora bien, esta gran profundidad da oríjen a un gran desarrollo i a una seccion enorme. Supóngase, en efecto, que hemos bajado el fondo del depósito de 1 metro, que los taludes están inclinados a 4/4, término medio de los taludes en jeneral, i que el ancho en el fondo sea solo de $0.^{m}50$; el ancho en la superficie seria $2^{m}+2^{m}+0^{m}50=4{,}50$ metros. Pero si esto es grave, mucho mas lo es el enterrar los canales secundarios, los cuales formando una suma de secciones mayor que la seccion del canal tronco, cualquier abajamiento de sus lechos equivale, bajo el punto de vista de los gastos de construccion, a un remanso del canal tronco de una altura mucho mayor; pues que la altura motriz necesaria la tendrian de profundidad los canales secundarios.

Aparte de todas estas consideraciones tenemos que notar:

1.° La pérdida de altura motriz por el abajamiento de los canales secundarios.

2.° Que la limpia del depósito circular no se hará jamás por la sola accion de la corriente sino en la direccion del diámetro que va del punto de entrada del agua al punto de salida, desapareciendo insensiblemente el depósito circular; sino se hace un desembanque contínuo a brazo o mejor a máquina.

3.° Que para que la limpia se haga por la sola accion mecánica de las aguas se necesita un volúmen considerable que en jeneral o es perdido o es mal aprovechado.

Para formarnos una idea de la importancia de la limpia, citaré el hecho que me ha referido un distinguido injeniero de esta ciudad:

Construyó este injeniero un canal cuyas aguas quiso repartir por un sistema de represas. Necesitó por consiguiente de una puerta de desagüe o de limpia del canal tronco. Una noche llegaron basuras i ramas que cerraron la puerta, formándose detrás de ella un depósito considerable ¡mas de 150$^{m^3}$ en una sola noche!

¿Qué sucederia en un canal semejante con el aparato que analizamos, no digo en una noche, sino en una hora?

En resumen, si el aparato funciona en aguas mui claras i de velocidad mui pequeña, tiene el grave inconveniente del remanso o el mas grave del abajamiento de los canales secundarios, lo cual se traduce por un considerable aumento en los gastos de construccion que vienen a afectar el aparato mismo ya mui costoso en si para los interesados, pues en la jeneralidad de los casos, serán 2 i a lo sumo 3 los que saquen sus aguas en un mismo punto.

Si el aparato está destinado a funcionar en aguas como las del Maipo, se agregarán a los inconvenientes del remanso, los del desembarque que hemos apuntado mas arriba i que lo hacen completamente inaceptable en la práctica, salvo casos mui escepcionales en que todo puede sacrificarse.

MEMORIA DEL SEÑOR RENJIFO (6).

El señor Renjifo se limita solo a reconocer la importancia de una justa particion de las aguas i las dificultades que la solucion de un tal problema presenta prácticamente. Nada encontramos pues en esta memoria que venga a enriquecer nuestra hidráulica; pero el autor, reconociendo los defectos de las viejas teorías, nos deja con muchas esperanzas.

MEMORIA DE LOS SEÑORES FONSECA I FIGUEROA (7).

Esta es la última de las memorias que sobre aguas se ha presentado a la Facultad de ciencias físicas i matemáticas de la Universidad. Ella encierra una parte descriptiva, otra de teoría i por fin otra de aplicacion. Todas tres tie-

(6) *Anales de la Universidad*, tomo XLVI, pájina 478.
(7) *Anales de la Universidad*, tomo XLVI, pájina 707.

nen por objeto conducir a remediar el mal que existe en la reparticion actual de las aguas.

Nos creemos en la necesidad de rectificar algunas fórmulas que los autores de la memoria dan como base de su teoría, para los que lean esa memoria, hagan con reserva la aplicacion de dichas fórmulas.

Las bases a que nos referimos se encuentran en las pájinas 11 i 12 de dicha memoria.

«Si tratamos de canales, dicen los autores, estudiaremos el réjimen constante que es el único que debe ocurrir en la práctica, pues el permanente es difícil someterlo al establecimiento de una unidad.»

Observaré desde luego que lo que ocurre en la práctica es el réjimen permanente, sobre todo en nuestros canales, por lo menos en un corto espacio de tiempo. (Véase mas adelante definicion del movimiento permanente).

Las fórmulas (3) i (4) son inexactas, pues no consultan ni la forma de la seccion ni la naturaleza de las paredes. B no puede ser constante como lo suponen los autores.

Para apreciar los resultados a que nos conducen esas fórmulas, bastará aplicarlas conjuntamente con las que consultan la forma de la seccion i la naturaleza de las paredes a una misma seccion, por ejemplo, a la que los estatutos del canal de Maipo dan al regador en el caso de una altura máxima de las aguas.

El regador del cañal de Maipo es el gasto por un orificio de 1 vara$=0^{m}835$ de alto por $1\frac{1}{2}$ pulgada$=0^{m}035$ de ancho, con una pendiente de $0^{m}0061$ por metro.

Apliquemos la fórmula (3) $C=50\,S\sqrt{\frac{S}{LP}}$ en que C $=$caudal; S$=$seccion mojada; P perímetro mojado i L$=$ largo correspondiente a la unidad de desnivel$=162^{m}3$.

Preparando el cálculo tendré:

$S=0{,}835\times0.035=0.02922$; $P=2\times0.835+0.035=1.705$; $L=162.^{m}3$.

Sustituyendo en la fórmula (3) se tiene:

$C = 0.^{m3}0149$, o sea 15 litros por segundo.

Apliquemos ahora la fórmula que toma en cuenta la forma de la seccion i la naturaleza de las paredes:

$$\frac{R\ I}{U\ 2} = 0.00019\left(1 + \frac{0.07}{R}\right) \text{ en que}$$

$R = \frac{s}{p} = 0.0171$; $I =$ pendiente por metro $= 0.0061$, sustituyendo se tiene:

$C = 0^{m3}.0095$ o sea $9\frac{1}{2}$ litro por segundo.

Las fórmulas (3) i (4) no pueden, pues, conducir sino a resultados inexactos.

La fórmula (5) $h' = \frac{V^2}{2g}$ en que V es la velocidad média de la corriente i h' la altura debida a dicha velocidad, es una igualdad teórica evidente.

La fórmula (6) $2h' < h$ en que h' continúa con el mismo valor que anteriormente, i en que h es la altura del agua en el movimiento uniforme; en unos casos es cierta, en otros nó.

Voi a probar que 2 h' puede ser *mayor*, *igual* o *menor* que *h*. En efecto, la ecuacion del movimiento uniforme

$$V = 50\sqrt{\frac{S}{LP}} \text{ nos da } V^2 = 2500\frac{S}{LP}, \text{ o } \frac{V^2}{g} = 2\ h' = \frac{2500}{g} \times \frac{h\ l}{L(2h+l)} \text{ i de ahí } \frac{2\ h'}{h} = \frac{2500}{g} \times \frac{l}{L(2h+l}$$

Pongamos en lugar de L i de g sus valores, i tendremos:

$$\left(\frac{2\ h'}{h} = 1.57\frac{l}{2h+l};\ \frac{2h'}{h} = \frac{1.57}{\frac{2\ h}{l} + 1}\right)$$

$$\left(1.57 = \frac{2\ h}{l} + 1\ ;\ 0.57 = \frac{2h}{l};\ 0.285 = \frac{h}{l}\right)$$

Se ve que el 2.° miembro, i por consiguiente el primero será *igual*, *mayor* o *menor* que 1, segun que se tenga: $\frac{h}{l}$

igual, menor o mayor que 0^m285; lo que quiere decir que el numerador 2h' es *igual, mayor o menor* que h. La fórmula (6) es pues, unas veces cierta i otras nó.

La fórmula (7) $$\frac{d\ L}{d\ h} = \frac{\frac{V^2 d5}{VgSdh}}{\text{sen I}-} \frac{P}{S}.BV^2$$

es algo que nada significa; es sin duda una errata, una fórmula mal copiada de la siguiente:

$$\frac{d\,L}{d\,h} = \frac{\cos.I - \frac{V^2}{g} \cdot \frac{l}{\omega} \cdot \alpha}{\text{sen}.I - \frac{P}{S}\ BV^2.}$$

que es la vercadera ecuacion del eje hidráulico.

Dan en seguida los autores de la memoria las fórmulas (6) i (7) como caractéres del movimiento uniforme. En cuanto a la (6) mal puede caracterizar aquel movimiento siendo que este puede tener lugar con ella i sin ella. En cuanto a la (7), que es la ecuacion de la superficie del agua en el movimiento permanente, dicen los autores que para que esta superficie sea paralela al fondo se necesita que el denominador sea cero i que el numerador sea positivo. Que el denominador sea cero convengo, pero que el numerador sea positivo no convengo; i voi a probar jeométricamente que puede ser positivo, negativo o cero, sin dejar por eso de ser cero el denominador, condicion única para tener movimiento uniforme.

Tomemos la ecuacion diferencial del eje hidráulico invirtiendo sus términos.

$$\frac{d\,h}{d\,L} = \frac{\text{sen I} - \frac{P}{S} BV^2}{\cos I - \frac{V^2}{g} \frac{l}{\omega} \cdot \alpha} = \frac{D}{N}$$

Examinemos desde luego como varian con la altura del agua el numerador i el denominador, representados por las letras N i D.

Del numerador N.—Se prueba en hidráulica que si atribuimos a la variable h una serie de valores crecientes desde cero hasta el infinito, el término $\frac{P}{S}$—BV² varia desde el infinito hasta cero- N por consiguiente crece al mismo tiempo i continuamente desde el infinito negativo hasta + sen. I. El numerador N pasa, pues, una sola vez por cero; la altura de agua h toma entonces un valor particular que representaremos por H i tal que N=0 o sen .I—$\frac{P}{S}$BV²=0.

Pero esta ecuacion no es otra que la del movimiento uniforme; luego con la altura que hace cero el numerador se tiene el movimiento uniforme. Es por otra parte evidente, que el numerador N permanece negativo por cualquier valor de h<H, i que no tomará mas que valores positivos cuando h>H.

Como el lecho presenta en toda su estension la misma seccion transversal, la ecuacion precedente conducirá pues a una altura H siempre la misma cualquiera que sea la posicion de la seccion considerada. El conjunto de valores de H podra, pues, representarse por una recta paralela al fondo. Esta recta que no es otra que el eje rectilíneo del movimiento uniforme, divide el espacio indefinido situado encima del fondo del lecho en dos zonas mui distintas, pues que se debe necesariamente encontrar para una seccion transversal determinada + N o—N, segun que el eje hidráulico de la corriente pase encima o debajo de la recta H.

Del denominador D.—El denominador D da resultados análogos; así mientras que h varia desde cero hasta el infinito, D crece desde el infinito negativo hasta + cos. I pasando una sola vez por cero, como se prueba en hidráulica por un valor particular de h que representaremos por H_1, i tal que D=0, o cos. $I - \frac{V^2}{g} \frac{1}{\omega}\alpha = 0$.

Es tambien evidente que el denominador D quedará negativo por $h < H_1$ i que no tendrá sino valores positivos por $h > H_1$. El conjunto de los valores H_1 podrá representarse por una recta paralela al fondo de la corriente i distante del de la altura H_1. Esta recta divide igualmente el espacio indifinido situado encima del fondo del lecho en 2 zonas mui destintas; pues que se encuentra, necesariamente D = + 0 D = —Segun que el eje hidráulico de la corriente está encima o debajo de ella.

De las rectas H i H_1. Estas rectas cualquiera que sea su posicion relativa, determinan encima del fondo del lecho 3 *zonas distintas*. La primera o *zona superior* comprende el espacio indefinido situado encima de la recta superior. La segunda o *zona média*, limitada por las 2 paralelas H i H_1. La tercera o *zona inferior*, formada del espacio comprendido entre el fondo del lecho i la recta inferior.

Ahora bien, se prueba en hidráulica que por una inclinacion del lecho igual a $g\,B\frac{P}{l}$ llamada inclinacion de pasaje se tiene que la recta H se confunde con la recta H_1 desapareciendo la zona média i por toda inclinacion menor H cae encima de H_1 i por una inclinacion mayor H cae debajo. Por consiguiente con el valor H del movimiento uniforme, es decir, con el denominador cero, podemos tener la recta H_1 debajo de H confundida con ella o encima. Si H_1 cae debajo el valor H hará positivo el denominador D, pues hemos dicho que esta quedaria positivo por todo valor de $h > H$. Si se confunde con H, D = 0 i si cae encima D=—Luego no puede darse como base o condicion del movimiento uniforme que D sea positivo.

Las fórmulas (8) i (9) nos dan el largo por unidad de desnivel.

En fin la 10 es una relacion que no sé a qué puede conducir puesto que no es mas que una deduccion de la (6) que unas veces es exacta i otras nó. Los autores de la memoria citan 2 veces esta fórmula: 1.° en el caso de la particion a volúmen constante, 2.° en el caso de la particion a volúmen variable, pero ¿es acertada la cita? Vamos a verlo.

«El canal marcador (dicen los autores) al cual se ha dado una pendiente en el fondo, que corresponde al réjimen constante (uniforme), segun la condicion (10), es tal que segun la práctica, no admite embanque en el caso de aguas turbias...»

Ahora bien, la condicion (10) es una desigualdad que solo fija límite inferior para L, de manera que cualquier pendiente que nos dé un L mayor que ese límite nos dará tambien movimiento uniforme, pero esto es imposible, pues que determinada que sea la forma de la seccion, la altura del agua i el gasto por segundo, la pendiente queda determinada de hecho.

Por otra parte, respetando ese límite inferior se cree evitar los embanques; pero esto es contradictorio, pues que mientras mayor sea L, menor es la pendiente i por consiguiente mas posible es el embanque.

La misma observacion tiene lugar en el 2.° pasaje que esta fórmula cita.

En cuanto a los aparatos empleados para la particion observaremos que el destinado a repartir las aguas a volúmen constante es costoso en su instalacion i en su funcionamiento i que el sifon tendrá siempre la ventaja sobre él. 4

En cuanto a la particion a volúmen variable tenemos que observar que se aconseja desviar solo el saliente, lo cual unido a que el saliente toma los filetes de la orilla del canal tronco, que están animados de velocidades mui pequeñas, relativamente a las que animan los filetes del pasante, hace que la punta partidora móvil deba inclinarse considerablemente hácia el pasante para compensar con mayor altura de agua la menor velocidad média. Esta circunstancia hace ver:

1.° que las escalas medidoras deben tener una graduacion diferente, graduacion que no puede hacerse sino por esperimentos directos sobre la medida del agua a diferentes alturas.

2.° Que el perfil de proporcionalidad constante es completamente inútil, pues que la distribucion de las velocidades que se consultó en la teoría para una misma altura de agua, resultaria ser mui diversa en la práctica, i que bastaria dar a la punta partidora una inclinacion determinada para cada altura de agua del pasante, inclinacion que resultaria de los esperimentos directos, pudiendo en rigor ser cualquiera, aún en la relacion entre las secciones del pasante i del saliente; pero creemos que seria demasiado pedir a la esperiencia directa i a la obserbacion atenta del ajente del servicio i que debe aprovecharse de la ventaja del perfil. (Véase la 2.ª parte de este trabajo).

3.° En fin, el perfil de proporcionalidad constante, que los autores han creído encontrar, es completamente inexacto, como puede verse fácilmente estudiándolo conjuntamente con el nuestro. Se verá en efecto, con un poco de atencion, que la curva que dan no tiene nada que ver con el perfil que se busca i que está toda ella dentro del verdadero perfil, no teniendo mas que un punto comun con él; este punto es el que corresponde a una altura cero, es decir, cuando no hai agua.

La equivocacion de los autores proviene de haber considerado como perfil verdadero el lugar jeométrico de los puntos medios de los lados verticales de cada nuevo rectágulo que da el gasto requerido; en lugar de tomar el punto medio de los lados del rectángulo que espresa la diferencia entre dos rectángulos sucesivos.

SEGUNDA PARTE.

PROCEDIMIENTO TEÓRICO-ESPERIMENTAL PARA LA CONSTRUCCION DE UN MARCO.

I.

DIVERSAS CLASES DE MOVIMIENTOS QUE PUEDEN ANIMAR UNA MASA LÍQUIDA.

El movimiento de un líquido puede ser permanente, variado o uniforme.

Es permanente cuando la velocidad de una molécula no depende sino del lugar que ella ocupa, es decir, que todas las moléculas que pasan por un punto cualquiera del espacio ocupado por la masa líquida tienen la misma velocidad en ese punto, en intensidad i direccion.

Es variado en el caso contrario.

Es uniforme cuando concurren las 3 circunstancias siguientes:

1.° Que el líquido se mueva en un lecho prismático;

2.° Que este lecho sea inclinado al horizonte;

3.° Que la superficie líquida sea paralela al fondo.

II.

RESISTENCIAS QUE SE OPONEN AL MOVIMIENTO DE UNA MASA LÍQUIDA.

1.—El agua no goza de la fluidez perfecta de los líquidos considerados en la hidrodinámica; ella posee cierto grado de viscosidad i las cosas se pasan como si entre las moléculas líquidas hubiese una pequeña fuerza que las mantienen ligadas entre sí. Esta fuerza hipotética es lo que llamamos *cohesion*.

2.—Las paredes en contacto con el líquido se mojan i las cosas se pasan como si entre las moléculas líquidas i la pared mojada hubiese cierta fuerza. Esta fuerza hipotética es lo que llamamos *adherencia.*

3.—Todo cuerpo abandonado libremente en el espacio cae como si una fuerza lo atrajese hacia el centro de la tierra. A esta fuerza hipotética la llamamos *gravedad.*

4.—Todo cuerpo abandonado sobre un plano inclinado al horizonte i perfectamente liso resbala en él como si estubiera sometido en el sentido de su movimiento a una fuerza igual a la gravedad multiplicada por el seno del ángulo del plano; pero si el plano no es perfectamente liso el movimiento es contrariado como si hubiese una fuerza en sentido contrario al del movimiento. Esta fuerza en los líquidos la llamaré *perturbacion de las paredes.*

5.—Ahora bien, pongámonos en presencia de un canaa cielo descubierto i veremos desarrollarse en él todas esl tas fuerzas, unas acelerando el movimiento, las otras retardándolo. En efecto, el fondo del canal es un verdadero plano inclinado en el cual las moléculas líquidas tienen que moverse en virtud de la gravedad. Como esta fuerza es constante, el movimiento seria uniformemente acelerado; pero todos sabemos que esto no sucede i que a poco andar el movimiento se ha hecho permanente. Esto que todos vemos se esplica fácilmente, es la accion retardatriz de la cohesion, de la adherencia i de la perturbacion de las paredes.

Con la cohesion la molécula *a*, por ejemplo, que está encima de la molécula *b*, está retardada en su movimiento i esta accion retardatriz crece con la velocidad relativa de cada una de ellas.

Con la adherencia, el fenómeno es completamente análogo, aunque depende de la velocidad absoluta de la molécula en contacto con las paredes.

Por fin, con la perturbacion de las paredes, las moléculas en contacto con ellas no solo están desviadas por las asperezas, sino que muchas reciben velocidades opuessta i esta perturbacion, considerable a veces i que se trasmite a toda la masa, depende tambien de la velocidad absoluta de las moléculas que chocan las asperezas.

Todo esto forma una suma de acciones retardatrices de crecimiento mas rápido con la velocidad que la accion aceleratriz i por esto es que, a poco andar, el equilibrio entre unas i otras tiene lugar i con él el movimiento permanente.

Si no hubiera paredes laterales las velocidades de todas las moléculas situadas sobre un mismo plano horizontal serian iguales; pero su necesaria existencia lleva consigo una perturbacion lateral que hace que las moléculas situadas sobre un mismo plano horizontal, tengan velocidades crecientes de los lados hacia el centro de la corriente i esto constituye toda la dificultad del problema de una exacta reparticion de las aguas en los canales descubiertos. Lo que hace difícil encontrar la lei de la distribucion de las velocidades, es que ella varia con con todos los elementos que pueden variar en el lecho, como igualmente con el volúmen de agua, las circunstancias aceleratrices de aguas arriba i las retardatrices de aguas abajo.

Hasta aquí nos hemos puesto en el caso de un movimiento variado permanente, es el caso que, sin escepcion, tiene lugar en nuestros canales i tambien en nuestros rios por lo menos en un corto espacio de tiempo.

Es el movimiento uniforme el que se trata de obtener siempre i el que se toma en cuenta en la redaccion de un proyecto de canal o rio canalizado; pero várias circunstancias concurren para que no se tenga el resultado que se desea.

1.° La pronta modificacion del lecho, modificacion que toma a veces proporciones considerables.

2.° La variabilidad del gasto. Por esta causa no se tendrá el movimiento uniforme que se ha previsto sino cuando el gasto sea el que se tomó en cuenta al proyectar la obra.

3.° Lo imprevisto de las cantidades filtradas i evaporadas hacen que no se tenga el gasto que se consideró en el proyecto.

4.° En fin, la dificultad de dar a las circunstancias aceleratrices de arriba i las retardatrices de abajo un valor conveniente.

El réjimen de nuestros canales es pues permanente. Es de notar tambien que no se tiene la altura del movimiento uniforme dada por la fórmula si las causas aceleratrices de arriba i las retardatrices de abajo no tienen valores determinados. Para no dejar duda sobre la verdad de esta acercion voi a esplicarme con un ejemplo. Supongamos que tenemos un canal de seccion rectangular i de fondo AB (fig. 2) inclinado al horizonte. Supongo que este canal esté alimentado por una compuerta tras de la cual tenemos una altura de carga *c* tan grande como se quiera. Es evidente que esta disposicion puede traducir cualquiera circunstancia aceleratriz de aguas arriba por una mayor o menor altura del orificio i de una mayor o menor altura de carga. Supongo tambien que el canal desemboca en un depósito cuyas aguas pueden ocupar la altura que se quiera. Es evidenten tambien que esta disposicion puede representar cualquier causa retardatriz de aguas abajo.

Supongamos ahora, por un momento que las circunstancias de arriba quedan las mismas; esto equivale a suponer un gasto constante por el orificio de la compuerta; con este gasto i con la pendiente i seccion del canal la altura del movimiento uniforme queda determinada por la fórmula. Sea HH el eje de este movimiento; se ve que no habrá movimiento uniforme si el agua del depósito inferior no se encuentra al nivel *d* i aún así, la porcion del eje HH, que se une por un *resalto* al eje de abajamiento *a b*, seria, mas o menos, limitada segun la intensidad de las causas aceleratrices de arriba. Se necesitaria, pues, que las circunstancias de abajo tubiesen un valor determinado i en relacion con las de arriba.

Yo no supondré que el movimiento uniforme se realiza sino que la distribucion de las velocidades es la misma, sea que se trate de una altura de agua que pertenezca al movimiento uniforme o al movimiento permanente. Esto no quiere decir, como se ha creído hasta ahora, que el gasto por dicha seccion sea el mismo, por mas que la seccion i las pendientes sean idénticas. Inútil me parece decir que la hipótesis en que voi a fundarme está admitida por todos los hidráulicos, en el estado actual de la ciencia.

III.

FÓRMULAS DEL MOVIMIETO UNIFORME I OTRAS DE QUE PUEDO NECESITAR.

1.° Paredes mui lizas i unidas (albañilería enlucida, madera acepillada.)

$$\frac{R\ I}{U^2}=0.00015\ (1+\frac{0.03}{R})$$

2.° Paredes unidas (albañilería sin enlucir, tablas simplemente acerradas.)

$$\frac{R\ I}{U^2}=0.00019\ (1+\frac{0.07}{R})$$

3.° Paredes formadas de piedra de bolon mas o menos canteadas.

$$\frac{R\ I}{U^2}=0.00024\ (1+\frac{0.25}{R})$$

4.° Paredes de tierra (acequias, canales, arroyos, rios.)

$$\frac{R\ I}{U^2}=0.00028\ (1+\frac{1.25}{R})$$

5.° Para corrientes que arrastran piedras.

$$\frac{R\ I}{U^2}=0.0004\ (1+\frac{1.75}{R})$$

6.° Para la velocidad média.

$$U = V - 14\sqrt{RI}.$$

En estas fórmulas R=radio medio$=\dfrac{\text{seccion mojada}}{\text{perímetro mojado}}=\dfrac{\omega}{\chi}$

I=pendiente=seno del ángulo del fondo con el horizonte.
U=velocidad média.
V=velocidad máxima.

FÓRMULAS PARA DETERMINAR LA ALTURA MÉDIA DE UN ORIFICIO CUALQUIERA ABIERTO EN PARED VERTICAL (FIG. 1.)

1.° Para un trapecio de bases horizontales.

$$\sqrt{K} = \frac{4}{15} \cdot \frac{5(H_1{}^{3}/_{2} - H_0{}^{3}/_{2})\,(pH_1 - gH_0) + 3\,(H_1{}^{5}/_{2} - H_0{}^{5}/_{2})\,(g-p)}{(p+g)\,(H_1 - H_0)}$$

2.° Para orificio a flor de agua.

$$\text{para el trapecio}\,K = H\left(\frac{4}{15}\cdot\frac{(2p+3g)}{(p+g)}\right)$$

$$\text{para el paralelógramo}.\,K = \frac{4}{9}\,H$$

En estas fórmulas K es la altura del filete medio bajo el nivel del líquido.

3.° Para un polígono cualquiera

$$\omega\sqrt{2gK} = \omega_0\sqrt{2gK_0} + \omega_1\sqrt{2gK_1} + \text{-----------}$$

4.° Para el gasto de un orificio vertical perfectamente ensanchado.

$$q = 0.967\,\omega\sqrt{2gK}$$

IV.

RESOLUCION DEL PROBLEMA DE LA CONSTRUCCION DE UN MARCO.

Descripcion de un marco.—Hasta ahora, entre nosotros, un marco es una construccion de albañilería de ladrillo destinada a repartir el gasto variable de un canal, llamado *matriz* o *tronco*, en una razon dada, por medio de otros dos canales que toman los nombres de *pasante* el uno i de *saliente* el otro.

Sin salir de las provincias de Santiago i Colchagua, hemos encontrado diversos tipos de marcos. Nos limitaremos a describir el tipo adoptado por la sociedad del canal de Maipo, mas jeneralmente conocido. Por lo demás, la solucion de nuestro problema no pierde nada de su jeneralidad, porque dejamos indeterminadas las circunstancias que permiten pasar de un marco de cierto tipo a otro de tipo diferente.

Segun los estatutos de la sociedad del canal de Maipo. en la construccion de un marco deben observarse las prescripciones siguientes:

«Art. 55.—Para establecer un marco debe formarse en el canal un emplantillado de piedra o de ladrillo de 8 varas de largo sin desnivel con tres puentes colocados en el suelo uno a cada uno de los estremos del emplantillado, i otro en el medio i debiendo ser cada uno de ellos del ancho de ladrillo. Los costados i paredes del canal, se harán tambien de cal i ladrillo con 2 ladrillos de ancho. En el centro de este emplantillado debe colocarse el marco partidor.

Art. 56.—Desde el emplantillado debe formarse al canal un plano de 50 varas en línea recta para arriba i con 12 pulgadas de desnivel.

Art. 57.—Al fin del emplantillado tendrá una caída igual el marco saliente a la del marco pasante, cuya caída no debe exeder de un tercio de vara.

Art. 58.—Los marcos que se hagan nuevos i los que estén destruídos o mal colocados, se construirán con una punta de diamante de piedra que forme un ángulo de 15°; con el resto de la tijera; por la base de atrás de la tijera será de $1\frac{1}{4}$ varas. En la misma forma se construirán todos los marcos que fuese necesario rehacer.

Art. 60.—A cada marco deberá ponerse detrás de la punta de diamante, a la média vara, una escala que señale la demarcacion.

Art. 61.—Los marcos deben ser de una vara de alto i de pulgada i média por regador, arreglados al modelo del plano que existe en la junta de directores.

Art. 62.—Todo marco debe tener además un plano inclinado de 20 varas después del horizontal con un desnivel de 12 pulgadas o menos, segun la localidad de los marcos.»

Como se ve por estas disposiciones, se han suprimido por completo las influencias retardatrices de aguas abajo i por consiguiente el eje hidráulico está debajo del movimiento uniforme.

Construccion.—Siñéndome siempre al tipo del canal de Maipo, distinguiré 2 casos:

1.° Aquel en que la particion se hace por una punta de diamante, caso en que el pasante i el saliente tienen la misma altura.

2.° Aquel en que la particion se hace por una compuerta maniobrada por un ajente del servicio, caso en que el pasante tiene mayor altura que el saliente.

PRIMER CASO.

Se sabe que la mala reparticion proviene de 3 causas que son:

1.—El haber dado la seccion por medida del volúmen sin tomar en cuenta al perímetro mojado, lo que es teórica i prácticante absurdo.

2.—El haber inclinado solo el saliente, lo que tambien es absurdo.

3.—No haber tomado en cuenta que el saliente está alimentado por filetes de menor velocidad que el pasante, es decir, no haber tomado ninguna disposicion que compense el menor gasto que por esta causa resulta.

Es evidente que la correccion de las secciones pueden hacerse modificando una sola de ellas, i en esta uno solo de sus paramentos. Elijiré la seccion del saliente i en esta el paramento esterior.

La marcha que adoptaremos será la siguiente: tomaremos, en primer lugar, con el molinete, tubo de Darcy u otro instrumento aforador, la distribucion de las velocidades en un perfil del canal tronco inmediatamente aguas arriba do la punta partidora; construiremos un depurado en el cual marcaremos la seccion transversal del canal, la altura del agua i la posicion de los filetes cuya velocidad se ha determinado. Si suponemos, ahora, que los caudales deben guardar la razon de I a 4, por ejemplo, dividiremos la seccion líquida por medio de una vertical en otras dos cuyos gastos sean entre sí como los números 1 i 4. Siendo recto el canal tronco, jamás sucederá que las secciones resulten entre sí como dichos números i en el caso que supungo, bien pueden resultar como los números 1 i 3. Esto quiere decir que si el agua debe conservarse a la misma altura en el pasante que en el saliente, i si los caudales deben guardar la razon de 1 a 4, es preciso que las secciones guarden la razon de 1 a 3; o en otros terminos que para buscar las secciones deberemos suponer que los caudales guardan la razon de 1 a 3, aparte, bien entendido, de la consideracion del perímetro mojado que nécesita su correccion buscando un perfil especial. Esta operacion que hemos hecho con una altura de agua la repetiremos con otra altura que difiera lo mas que se pueda de la primera i la *razon final* de la particion resultará del término medio de estos dos esperimentos.

Con tal artificio correjimos la 3.ª causa de error de la particion actual. La 2.ª queda igualmente correjida dando a la seccion del saliente el perfil que paso a buscar en la hipótesis de haber determinado la razon final de la particion.

Sea *abcd* (fig. 5 i 6) la seccion del canal pasante que dejaremos sin tocar, tal como se encuentra en el terreno, o tal como la razon final de la particion nos la dé, si es un simple proyecto en un lugar donde no hai marco: Sea $a'b'c'd'$ la seccion del saliente que resulta de la razon final de la particion, seccion que vamos a modificar. Suponiendo, como lo he dicho mas arriba, que la razon de los caudales correspondientes a una misma altura de agua en el movimiento uniforme es la misma que en el movimiento permanente, en virtud de la igual distribucion de las velocidades, nos será fácil hallar el nuevo perfil $c'd''$, de la manera siguiente:

Démonos una altura cualquiera h. A esta altura corresponde en el pasante cierto volúmen q que se obtiene por la fórmula.

$$I=\frac{AU^2}{R} \text{ o bien } I=\frac{A}{R}\left(\frac{q}{\omega}\right)^2$$

en que todo es conocido menos q. En el canal saliente con la misma altura de agua h, deberemos tener $\frac{q}{3}=q'$ i por la fórmula anterior en que ahora todo es conocido menos λ $(l=\lambda+2h)$; puede determinarse la base del rectángulo $gb'ei$ de altura h i que nos da el gasto q'. Tomemos en seguida el medio de ei, unámolos con c' i prolongemos hasta encontrar gf en f. El trapecio $gb'c'f$ que tiene la misma superficie que el regtángulo $gb'ei$, bajo el punto de vista del escurrimiento del líquido son tambien equivalentes, como se muestra en hidráulica.

Démonos otra altura h_1. Con esta altura tendremos en el pasante un gasto q_1 que se determina por la misma fórmula de arriba. En el canal saliente con la misma altura de agua deberemos tener $\frac{q_1}{3}=q'_1$ i el regtángulo de altura h_1 que produce este gasto, se obtiene del mismo modo que anteriormente determinando su base λ_1; de su superficie que llamaremos ω_1' quitaremos la del trapecio $gb'c'f$, que representaré por ω', i la diferencia $\omega_1'-\omega'$ la convertiremos en un trapecio cuya base inferior sea gf i su altura h_1-h; lo cual no ofrece dificultad pues basta dividir $\omega_1'-\omega'$ por h_1-h; el cuosiente lo aplicaremos desde *g* hasta k. El punto medio de la vertical *kl* unido con *f* i prolongado hasta *m* nos da el trapecio que buscábamos.

De esta manera se determinarán tantos puntos como se quiera del nuevo perfil.

Otro punto que hemos anotado mas arriba, i que debe llevar tambien su correccion, es la desviacion del saliente. La fig. 3 muestra la disposicion ordinaria.

Parece inútil probar que la disposicion que consiste en desviar solo el saliente es absurda.

Desde luego, es evidente que esa oblicuidad viene a retardar las moléculas líquidas en su marcha; se pierde pues una gran parte de su fuerza viva en un trabajo molecular interior cuyo resultado es disminuir el gasto en el canal saliente.

El haz de filetes que tiene que cambiar de direccion es el que viene a chocar la punta partidora desde *p* hasta *d* i como estos ejercen su accion perturbatriz sobre el total de filetes que pasan al saliente, la accion que retarda un filete estará medida por el cociente de los primeros divididos por los segundos. Para que el pasante i el saliente resulten igualmente afectados será, pues, preciso que el mismo retardo relativo afecte tambien al pasante; luego es necesario que la proyeccion de *cp* sobre una normal al canal tronco i que pase por la punta, guarde con *ap* la misma relacion que *pe* guarda con *pb* (fig. 4.); pero como ya *ap* i *pb* guardan entre sí la relacion de 1 a 3, se sigue que *pe* i *pf* guardan tambien la misma razon.

La construccion de los ángulos es por demás sencilla: muévase (en un depurado hecho a la escala) la punta partidora en su plano i en torno del punto *p*, a derecha o a izquierda, hasta que la proyeccion de *pe* i de *pd* sobre una misma recta, guardan la razon de los gastos.

Por el cálculo no es menos fácil.

$$ep = pd. \cos. (180^o - \varphi - \alpha)$$
$$pf = pc. \cos. \alpha$$

Dividiendo una por otra i notando que p d=pc

$$\frac{e\,p}{p\,f} = \frac{1}{3} = \frac{\cos. (180^o - \alpha - \varphi)}{\cos. \alpha} = -\frac{\cos. (\varphi + \alpha)}{\cos. \alpha} = \frac{\cos. \varphi \cos. \alpha - \text{sen}. \varphi \,\text{sen} \alpha}{\cos. \alpha}$$

$$= -(\cos. \varphi - \text{sen}. \varphi \text{ tg}. \alpha), \text{ de donde } \frac{\frac{1}{3} + \cos. \varphi}{\text{sen}. \varphi} = \text{tg}\alpha, \text{ i de ahí } \alpha.$$

Habiendo probado que la desviacion no solo debe repartirse en ambos canales sino que es mayor en el pasante i habiendo indicado la manera de establecer esa desviacion en debida forma, podemos concluir que si se entra a reparar un marco ya construído i que por economía solo se modifica el paramento *mn*, será necesario compensar la desventaja que por esta causa resulta para el saliente con una ventaja de otro jénero. Proponemos, al efecto, abrazar la punta partidora con 2 hojas de palastro, las cuales en contacto con ella hasta reunirse en el vértice del ángulo, se avancen en seguida en forma de cuello de cisne en una lonjitud de 0.m50. Esta punta no se fijará sino después de un esperimento que consiste en medir directamente con el instrumento aforador los caudales correspondientes a una altura média de las aguas, cuadales que deben gnardar entre sí la razon de la particion.

No se crea que recomendamos en este punto la economía, al contrario, creemos que deberian hacerse sacrificios para dar a los canales la desviacion correspondiente.

No se crea tampoco que la desviacion del pasante modifica el trazado de éste aguas abajo de la punta partidora, pues que la caída que las aguas poseen en el término de ésta, permite quebrar ahí bruscamente los paramentos del canal sin que esta modificacion influya en lo mas mínimo las condiciones del escurrimiento del líquido en el marco partidor.

SEGUNDO CASO.

Paso a considerar el caso en que la particion se hace por medio de una compuerta maniobrada por un ajente del servicio. No necesito decir que dicho ajente no puede estar constantemente con su mano sobre el tornillo de la compuerta, i aún cuando lo estubiera, tengo entendido que las instrucciones que tiene no son las que se necesitan para hacer la reparticion exacta con cada altura del agua. Es mi objeto evitar tal ajente haciendo la particion automáticamente.

Como no podemos admitir el movimiento uniforme en el canal matriz para cada altura de agua que se considere, operaremos por medida directa del caudal de la corriente con diferentes alturas de agua. Esta operacion será larga a veces, cuando las variaciones de la altura no pueden hacerse a voluntad; pero en el caso contrario será cuestion de 3 horas a lo sumo. Sea como fuere, determinados que sean los caudales correspondientes a 4 o 5 alturas diferentes, tomaremos 2 ejes coordinados rectangulares; sobre el horizontal tomaremos las alturas i sobre verticales levantadas en sus estremidades tomaremos los caudales; haremos pasar enseguida, una línea contínua por las estremidades de esas ordenadas i esta línea nos dará el caudal correspondiente a una altura cualquiera (fig. 7).

Hecho esto, fácil será determinar la seccion o mejor dicho, el orificio del saliente (se trata de un orificio permanente ensanchado):

Tomemos una altura pequeña h. A esta altura corresponde en el pasante un caudal q dado inmediatamente por el depurado. Con esa misma altura el orificio debe dar, en la hipótesis de que la particion se haga de 1 a 30, $\frac{q}{30}=q'$. La base del rectángulo que me da ese gasto es dado por la fórmula

$$q^{o}=x.h.0.96\sqrt{2gK}$$

o bien
$$q'=x.h.0.96\sqrt{2g\frac{4H}{9}}$$

donde todo es conocido menos x. H representa la altura del centro de la figura. (fig. 9).

Nos daremos en seguida otra última h_1 del canal matriz; sea q_1 i el caudal crrespondiente, el cual es tambien dado inmediatamente por el depurado de los gastos. El gasto del saliente con la misma altura de agua será $\frac{q_1}{30}=q_1'$. Este gasto debe escurrirse en parte por el rectángulo ya determinado i la otra parte por un trapecio hasta este momento desconocido pero cuya altura es h_1-h i su base inferior es cd. Para determinar la base superior observaremos que

$$q'_1=\omega n=\omega 0.96\sqrt{2g}\,K$$

i haciendo
$$\omega=\omega_o+\omega_1.$$
$$\omega\sqrt{2gK}=\omega_o\sqrt{2gK_o}+\omega_1\sqrt{2gK_1}$$

o bien
$$\frac{q'_1}{096}=\omega_o\sqrt{g2K_o}+\omega_1\sqrt{2gK_1}$$

$\omega_o\sqrt{2gk_o}$ es conocido; pero ω_1 está complicado con K_1 por no conocer la base superier del trapecio. Demos un valor arbitrario o esta base, lo que equivale a darse la superficie ω_1 i como K_1 se deduce de la fórmula

$$K_1=H\left(\frac{4}{15}\,\frac{(2\cdot 39)}{p+g}\right)^2.$$

El térmiuo $\omega_1\sqrt{2gK_1}$ recibe un valor hipotético que sumado con $\omega_o\sqrt{2gK_o}$ debe darnos $\frac{q'_1}{0.96}$. Si el resultado fuese mayor bastaria disminuir la base superior supuesta. De esta manera llegaremos a tener una aproximacion tan grande como se quiera. El cálculo será un poco largo, pero no ofrece ninguna dificultad i está esento de todo error.

Repitiendo esta operacion con otras alturas quedará determinado el perfil del orificio.

Para tener en el depósito *a* (fig. 8) un líquido que para los efectos del escurrimiento equivalga al estado de reposo, tomaremos el agua del canal por un orificio rectangular de una seccion suficiente para suministrar al orificio de salida agua en exceso.

El ensanche del orificio de salida lo determinan superficies regladas enjendradas por una recta que se mueve, permaneciendo siempre horizontal i apoyándose por una estremidad en el perfil que hemos encontrado mas arriba, i por la otra en el perfil semejante que sirve de base al ensanchamiento. Este perfil se determina por la condicion de que toda seccion horizontal debe darnos entre las bases del ensanchamiento una relacion constante. Para hacer comparables los boquetes, i realizar el ensanchamiento esta relacion será única e igual a $\frac{5}{6}$ segun las numerosas esperiencias de Eythelrurein. Por las mismas razones la lonjitud relativa del ensanchamiento debe tambien ser única e igual a 1, conforme tambien a las esperiencias de Eythelrurein.

Se objetará, quiza, que el líquido se deprime a la salida del boquete; pero tal objecion la creemos de mui poca importancia, pues que en el estado actual de la ciencia se acepta perfectamente la hipótesis de Bernouilli que consiste en admitir *que la lei de las velocidades persiste i por consiguiente que el gasto es el mismo que si la inflexion no existiese.*

Los procedimientos para la construccion o reparacion de un marco que acabo de esponer suponen un canal establecido ya. Este es el caso ordinario i podria decirse jeneral, pues el caso de la construccion de marcos en un proyecto de canal se reduce a ese caso, como tendré ocasion de hacerlo ver en un trabajo que publicaré mas tarde i que no es sino la continuacion del que ahora ofrezco al público ilustrado.