

la abandona en el espacio al tímido polluelo que al verse solo, aletea i en sentidas voces se queja de verse abandonado; pero la madre cariñosa abate su vuelo para prestarle el apoyo de sus alas, i le acaricia, i le alienta, picoteándole con cariño e infundiéndole valor con el poder de sus penetrantes pupilas. Esta leccion, cien veces repetida, fortalece las alas del alumno, lo alienta para mas altas empresas, hasta que fuerte i valeroso, cruza, como su madre, el espacio infinito, perdiéndose en las rejiones de la tempestad, i mirando fijamente al sol esplendoroso. No de otro modo las letras españolas nos prestan el apoyo de sus alas, que son las inmortales obras de sus ingenios, para mantenernos en las altas rejiones en que el espíritu se mece, i nos alientan con su ejemplo, i nos acarician prestándose dóciles a nuestros deseos, i nos premian con el placer de los progresos que hacemos i con el fruto sazonado de nuestras vijilias.

A quien en tanta estima tiene las letras españolas, a quien tanta admiracion profesa por sus clarísimos injenios, vosotros a cuyo lado viene a ocupar un asiento, dadle licencia para guardar en su pecho esta admiracion i esta estima i para hacer votos por que en su patria querida la libertad i la justicia, el bien i la verdad, el patriotismo i el amor hablen la rica i sonora lengua de Cervantes.

IIIDRÁULICA.—Canales de riego.—Comunicacion de don Valentín Martínez.

ADVERTENCIA.

Mui estenso deberia ser un tratado que detallase todas las materias que se comprenden bajo el titulo de *construccion de canales de riego*. Nuestro propósito no es abrazarse vasto horizonte, hemos querido solamente dar el primer paso en esta importante cuestion, sistema-

tizando la marcha que conviene seguir en la formación de un proyecto de esta clase.

Concluiré solicitando la indulgencia de las personas que lean este ensayo, que puede no tener otro mérito que el de hacer al particular juez competente en las obras que encarga al ingeniero o al práctico i dar a éste un rumbo que seguir.

CONSTRUCCION DE CANALES DE RIEGO.

INTRODUCCION.

La materia de que trato en el presente trabajo presta sus nociones elementales a la hidráulica i a la construcción. Por este motivo he sido conducido a dividirlo en dos partes: la primera trata de la conducción de las aguas en canales de riego, sin considerar las obras de arte necesarias para realizar el proyecto que se tiene en vista i bajo las condiciones mas económicas de que es susceptible; la segunda se ocupa de esas mismas obras, espuestas de una manera mui elemental i teniendo en vista la acertada i fácil aplicacion del tipo que corresponde a cada caso.

He agregado algunos dibujos de los principales tipos que propongo i que tienen por objeto facilitar la composición del puente, sifon u otra obra análoga que se proyecte, i hacerla del dominio del particular que la emprende.

PRIMERA PARTE.

CONDUCCION DE LAS AGUAS POR CANALES DE RIEGO.

1. Cualquiera que sea el canal de que se trata; canal principal, canal secundario o acequia regadora, siempre será posible determinar el volúmen de agua que debe conducir, los puntos en que debe establecerse su división

i la cantidad que debe quedar en cada saliente; pero la forma i la magnitud de la seccion no son conocidas *a priori* por depender de la naturaleza del terreno que el canal atraviesa i de la velocidad del agua que debe ser tal que no corra las paredes del canal ni favorezca los depósitos. Para la determinacion de estos elementos, que dependen a su vez de la pendiente, indicaremos la marcha jeneral que conviene seguir.

2. La toma del agua, que puede ser en un rio, laguna, estanque, u otro canal, será siempre determinada i conocida de posicion i en altura. Por otra parte, conocemos las acotaciones de los puntos mas elevados de los terrenos que se proyecta regar, i por consiguiente, la diferencia de nivel entre la toma del agua i el lugar de su empleo. Dos casos pueden presentarse:

1.º Que la distancia entre los puntos extremos, considerado el terreno que los separa como un plano inclinado, sea tal que la pendiente que resulte sea menor que la pendiente mínima. (Luego indicaremos la manera de determinar esta pendiente mínima.) En tal caso deberemos abandonar el proyecto como imposible e irrealizable.

2.º Que esa distancia sea tal que la pendiente que resulta sea mayor que la pendiente mínima. En tal caso el proyecto no es imposible i hai lugar a hacer estudios preparatorios del proyecto definitivo.

3. Hemos supuesto el terreno que separa los puntos extremos como un solo plano inclinado, lo que sucederá mui rara vez en la práctica. Hé aquí la marcha que conviene seguir en los casos ordinarios. Si la diferencia entre la pendiente encontrada i la pendiente mínima no es grande, bajaremos desde la toma del agua con la pendiente mínima. Si la línea así trazada en el terreno termina encima del punto del empleo del agua, el proyecto es posible i probable, si termina en el punto mismo el proyecto es tambien posible, pero poco probable; i por fin, si se termina debajo, el proyecto es imposible e irrealizable.

Observaremos que un proyecto reconocido así imposi-

ble puede hacerse posible, i el que es posible i poco probable, puede hacerse probable, con solo renunciar al riesgo de una zona mas o menos ancha para que el punto estremo baje de la cantidad suficiente para aumentar la pendiente jeneral.

Observaremos igualmente que no basta que un canal riegue terrenos determinados sino que se necesita que el excedente de valor de dichos terrenos compense con cierta ventaja los gastos de construccion del canal. De ahí la necesidad de hacer un estudio comparativo de diversos proyectos, combinando diversas obras de arte en los puntos que las necesitan, modificando los trazados, la seccion i hasta la pendiente misma del canal, sacrificando algunas ventajas para obtener otras, sustituyendo obras provisionales a trabajos definitivos, etc.

PENDIENTE MÍNIMA.

4. Habiendo determinado por el reconocimiento previo, que debe preceder siempre a esta clase de proyectos, la naturaleza del terreno en donde es posible el trazado del canal, la velocidad máxima del fondo queda tambien determinada por el siguiente cuadro que tomamos del curso de puentes de Mr. Morandiere.

NATURALEZA DEL TERRENO.	Velocidad máxima en el fondo.	NATURALEZA DEL TERRENO.	Velocidad máxima en el fondo.
Tierra vegetal i cie- no.....	0.08	Piedra quebrada.....	1.22
Arcilla.....	0.15	Ripio compacto (sub- suelo del valle cen- tral de Chile).....	1.52
Arena.....	0.30	Roca.....	3.00
Ripio hasta el grueso de una naez.....	0.61		
Id. hasta el tamaño de un huevo de ga- llina.....	0.91		

La mayor o menor pureza del agua que el canal debe conducir fija un minimum para la velocidad média. Así, por ejemplo, cuando se trata de conducir las aguas del canal de Maipo, como ellas tienen en suspension gran cantidad de arenas i en disolucion gran cantidad de arcillas, haremos que en el fondo haya una velocidad superior a 0.^m30, que es la velocidad que arrastra la arena, o una velocidad média mayor que 0.^m40.

Si por el contrario, el agua es muy pura, solo se tratará que la velocidad en el fondo sea mayor que 0.^m08 o una velocidad média mayor que 0.^m11, siendo de adver-

tir que esta velocidad seria mui pequeña en un canal en que las aguas debieran correr permanentemente, porque se sabe que con una velocidad média menor que 0.^m35 la vejetacion se desarrolla fácilmente, aumentando de la suerte el perímetro mojado hasta reducir el gasto muchas veces a la mitad de su valor.

Determinado que sea un mínimun para la velocidad média, lo introduciremos en la fórmula $\omega = \frac{q}{u}$, lo que nos determina la magnitud de la seccion en metros cuadrados.

Por otra parte, bajo todo punto de vista nos conviene dar al canal una seccion mínima con un gasto máximo, pues que de esta manera la zona de terreno que tenemos que adquirir será mas estrecha, el cubo de desmontes mas reducido i la evaporacion i filtraciones menos considerables. Ahora bien, sabemos por la hidráulica que la seccion mínima que puede llevar un caudal de agua máximo, es decir, la seccion mas económica es, en el caso de un rectángulo, 2 de base por 1 de altura. Formaremos, pues, con la superficie ω , ya encontrada, un rectángulo de 2 de base por 1 de altura i el perímetro que así encontremos será el valor de x , que introducido en la fórmula $I = A \frac{x}{\omega} U^3$ (anexo) al mismo tiempo que u i ω , nos da el valor de la pendiente mínima que buscamos.

El valor de la base i altura del rectángulo de superficie ω se determina fácilmente como lo indican las relaciones que siguen, en que x es la base e y la altura.

$$x y = \omega; \frac{y}{x} = \frac{1}{2}; x = 2 y; \omega = 2 y^2 \text{ i finalmente } y = \sqrt{\frac{\omega}{2}}$$

TRAZADO DEFINITIVO.

5. Observaremos que no debemos conformarnos con el trazado que nos da la pendiente mínima. Solo en mui raros casos será ese el trazado mas económico por motivo

de que a menor pendiente corresponde mayor seccion, mayor desarrollo del canal, mayor evaporacion i mayor filtracion de las aguas, todo lo cual se traduce en pura pérdida. Necesitamos, pues, aumentar la pendiente en cuanto sea posible i marchar con nuevos trazados desde la toma del agua hasta el lugar de su empleo i elejir entre todos los que son admisibles el mas económico, teniendo presente para esto no solo el cubo total de de desmontes i terraplenes sino tambien mui principalmente las obras de arte i su conservacion.

NUEVA FÓRMULA.

6. Al buscar el trazado definitivo deberemos tomar en consideracion el verdadero perfil del canal, el cual no es un rectángulo sino un trapecio.

Si T i T' son las inclinaciones de los chaflanes o taludes i λ la base, se tendrá (fig. 7, pl. 3.)

$$X = \lambda + n H$$

Siendo H la altura i $n = \sqrt{1+T^2} + \sqrt{1+T'^2}$. La seccion ω se compone de un rectángulo i de 2 triángulos i se tiene

$$\omega = H \left(\lambda + \frac{1}{2} p H \right)$$

Siendo $p = T + T'$

La sustitucion en el valor de i nos da

$$I = \frac{\lambda + n H}{H(\lambda + \frac{1}{2} p H)} A \left(\frac{q}{H(\lambda + \frac{1}{2} p H)} \right)^2$$

Si a esta ecuacion unimos la ecuacion

$$\lambda = H(n - p),$$

que resulta de la aplicacion de los máximos i mínimos, al perfil trapecio para encontrar la seccion mas económica, se tendrá un sistema de 2 ecuaciones con 2 incógnitas λ i H que determinan dicho perfil.

JENERALIZACION.

7. Las consideraciones que acabamos de esponer son aplicables igualmente al caso en que la naturaleza i configuracion del terreno exigen la division del canal en tramos de pendientes diversas, bastando para ello fijar los puntos obligados en que la pendiente debe variar i aplicar entre 2 puntos consecutivos todo lo que dejamos dicho mas arriba.

CANTIDAD DE AGUA NECESARIA.

8. Esta cantidad varia mucho en la naturaleza del suelo para regar, con la del subsuelo, con su inclinacion, con la naturaleza del cultivo, con el estado atmosférico i con las pérdidas que el canal sufre desde la toma del agua hasta el lugar de su empleo i que son debidas a la evaporacion i filtraciones.

Pero entre nosotros, sin tomar en cuenta nada de esto, se ha jeneralizado la regla de asignar *un regador* para 10 cuadras; creo que se sufre en esto una equivocacion que proviene de que hasta ahora no se ha sabido apreciar aquella medida, siendo tal la equivocacion que cuando se cree tener 10 regadores se tienen en realidad 28, próximamente.

Por otra parte, no se hace en Chile un cultivo racional, como la química agrícola lo enseña, i como deberia hacerse dando a las tierras las sustancias que se le quitan en el cultivo de una planta cualquiera, para lo cual se necesita conocer la composicion química i el volúmen de agua empleado, principalmente su contenido en azoe i en ácido fosfórico, como igualmente la proporcion de esas materias que el agua abandona al suelo, al mismo tiempo que el peso i la composicion química de la cosecha. Solo así se podrá establecer el equilibrio entre lo que se le suministra al suelo i lo que se le quita, i determinar la proporcion de abono que conviene emplear en cada caso en concurrencia con las aguas de riego.

Para que un riego fertilice por sí solo la tierra es preciso que sea muy abundante, como lo prueban las delicadas experiencias de Mr. Hervé-Mangon Porellas se ve que para dar solo la humedad indispensable para el cultivo se ha empleado un litro por hectárea (litro i medio por cuadra); i que para no tener que suministrar abono artificial a las tierras (como se hace aquí) se necesitan en las praderas de los Vosges, 200 litros por segundo i por hectárea.

Creo, pues, que la cantidad de agua indispensable es un litro por segundo i por hectárea en la inteligencia de que se suministre a las tierras todo el abono que necesita el cultivo.

Esta es, pues, la cantidad de agua que debemos considerar en el lugar de su empleo; pero la evaporacion i filtraciones suelen consumir cantidad considerable i en el proyecto de un canal no debemos olvidarlas.

Es difícil prever cuál será el volúmen de agua perdida por imbibicion en el fondo i por filtracion por las paredes del canal, sobre todo cuando este está en falda o en terraplen. Esta pérdida depende esencialmente de la naturaleza del terreno como igualmente de la altura del agua.

Para deducir estas pérdidas es conveniente no colocar el fondo del canal muy cerca de la superficie del terreno natural; en jeneral, se puede admitir una pérdida de 0.^m05 por 24 horas.

OTROS PROBLEMAS.

9. Como ha podido notarse, en lo espuesto hasta aquí, para la comparacion de diversos trazados de un mismo proyecto, se necesitará muchas veces dejar como incógnita la pendiente, otras veces el gasto, la velocidad, la altura del agua, o en fin, la forma de la seccion. Como estos elementos están relacionados en las 2 ecuaciones siguientes:

$$(1) \quad \frac{q = \omega u}{R i} = A \quad (\text{anexo})$$

(2)

Se necesita que dos de estos elementos sean dados para determinar los demás. Podríamos, pues, considerar tantos problemas como combinaciones pueden hacerse con 4 elementos tomados 2 a 2, es decir, 6 cuestiones, pero solo 3 interesan en la práctica i son las siguientes:

1.º Conocido I i H (i por consiguiente x i ω que son funciones de H), determinar U i q.

La ecuacion (2) nos da U i conocido U se tiene el gasto q por medio de la ecuacion (1).

2.º Conocido q i la altura H (i por consiguiente x i ω) determinar I i U.

La relacion (1) nos da U, i conocido U la ecuacion (2) nos dará I.

3.º Conocido q e I determinar H i U.

En esta cuestion tendríamos que distinguir 2 casos (forma de seccion conocida i no conocida) si quisiéramos resolver el problema en toda su jeneralidad, pero como aquí tratamos de un proyecto de canal, la forma de la seccion es conocida de antemano i determinada muchas veces por la naturaleza del terreno que necesita inclinaciones determinadas en sus chaflanes o taludes, i sobre todo por la consideracion de la seccion económica como lo hemos indicado mas arriba.

Conocida, pues, la fórmula de la seccion, x i ω serán funciones de H i se tendrá

$$I = f(H)$$

en la que todo es conocido menos H.

La ecuacion (1) nos da por otra parte el valor de U.

MOVIMIENTO PERMANENTE.

Este es el verdadero movimiento del agua en nuestros canales, pero como la esposicion de esta teoria nos llevaria mui lejos, nos contentaremos, por ahora, con dar el aforo de un canal o rio cualquiera, pues que la aplicacion de las fórmulas del movimiento uniforme no puede conducir sino a resultados aproximados o dudosos.

Sabemos que la ecuacion jeneral del movimiento permanente es:

$$\Delta Z = \Delta \frac{u^2}{2g} + \int_{s_0}^{s_1} \frac{x}{\omega} A u^2 ds$$

Esta ecuacion conuinada con

$$q = \omega u$$

da lugar a 6 cuestiones diversas, de las cuales, por ahora, solo resolveremos la que tiene por objeto determinar el gasto q . Como en el caso jeneral la integracion es imposible, recurriremos a las cuadraturas geométricas aproximativas, (sea por el método de Simpson, sea por el de Poncelet, o por el de los trapecios). Los resultados serán tanto mas exactos cuanto mayor sea el número de secciones intermedias que consideremos entre las secciones estremas.

Supongamos pues que en el trozo considerado se han tomado varias secciones por medio de sondajes, i la diferencia de nivel entre las secciones estremas por medio de una nivelacion (pl. 3, fig. 8 i 9.)

Observando que $q = \omega u = \omega_0 u_0 = \omega_1 u_1 = \dots$ se tiene:

$$\Delta Z = \frac{q^2}{2g} \left(\frac{1}{\omega_1^2} - \frac{1}{\omega_0^2} \right) + \int \frac{x}{\omega} A \left(\frac{q}{\omega} \right)^2 ds$$

Empleando, por ejemplo, el método de los trapecios, tomaremos en ordenadas los valores sucesivos $\frac{x}{\omega} A \left(\frac{q}{\omega} \right)^2$ que corresponden a secciones a la distancia s_0, s_1, \dots

Se tiene así una serie de trapecios $l m n o$, $n o p r$, cuya suma representa la integral. Se tiene pues algebraicamente

$$\Delta Z = \frac{q_1^2}{2g} \left(\frac{1}{\omega_1^2} - \frac{1}{\omega_0^2} \right) + \frac{x_0}{\omega_0} A \frac{q_1^2}{\omega_0^2} + \frac{x'}{\omega'} A \frac{q_1^2}{\omega_1^2} \frac{\partial_0}{2} + \left(\frac{x'}{\omega'} A \frac{q_1^2}{\omega_1^2} \right. \\ \left. + \frac{x''}{\omega''} A \frac{q_1^2}{\omega_2^2} \right) \frac{\partial_1}{2} + \dots \dots \dots \left(\frac{x^{(n)}}{\omega^{(n)}} A \frac{q_1^2}{\omega_n^2} + \frac{x_1}{\omega_1} A \frac{q_1^2}{\omega_1^2} \right) \frac{\partial_n}{2}$$

Ecuacion en que todo es conocido menos q.

Este procedimiento es el mas exacto talvez de cuantos se puedan emplear, porque el empleo del tubo de Dary, molinete u otro instrumento aforador, exigen bastante destreza i práctica de parte del que opera.

El aforo por medio de instrumentos es mucho mas corto. Consiste en tomar el perfil de una seccion i en aplicar el instrumento en diferentes puntos de ella; considerar en seguida descompuesta la seccion total en secciones parciales cuyo centro corresponde a cada punto en que el instrumento nos ha dado una indicacion para la velocidad de los hileros líquidos; se multiplica cada seccion por su velocidad, se suman todos estos productos i la suma expresa el gasto que buscamos.

SEGUNDA PARTE.

OBRAS DE ARTE.

Las obras de arte que puede necesitar un canal de riego en su trayecto desde la toma del agua hasta el punto de empleo, son: pretils, socabones, puentes acueductos, sifodes, puentes sifones, muros de caída, represas i marcos partidores.

PRETILES.

11. Llamamos pretil al muro vertical levantado para formar borde a un canal i sostener sus aguas. El pretil se encuentra en los terraplenes, en varios faldeos, etc.

Deben oponerse a las filtraciones i resistir el empuje de las aguas.

12. El material que se emplea es la piedra de bolon cimentada con mortero hidráulico; la piedra rodada cimentada con arcilla; el ladrillo cimentado con mortero hidráulico; o bien son ataguías de doble o simple encoframiento; o bien, en fin, son paredes de adobes o champas.

ESPESOR DE LOS PRETILES.

13. Un sencillo cálculo de estabilidad me ha conducido a los siguientes resultados:

1.º Si el pretil es de piedra de bolon cimentada con mortero, el espesor medio que conviene darle es los $\frac{4}{10}$ de su altura. Con esto la estabilidad de rotacion queda asegurada, i con mayor razon la estabilidad de resbalamiento, siempre que el muro esté empotrado de cierta cantidad bajo el fondo del canal.

2.º Si el pretil fuese de piedra rodada cimentada con arcilla, será prudente dar a la muralla un espesor medio igual a los $\frac{7}{10}$ de su altura, dimension motivada por la estabilidad de resbalamiento.

3.º Si el pretil fuese de ladrillo cimentado con mortero, le conviene un espesor medio igual a los $\frac{6}{10}$ de su altura.

4.º Si el pretil es de tierra arcillosa bien comprimida no deberemos ocuparnos de la estabilidad de rotacion sino de la de resbalamiento, lo cual exige que se dé a la muralla un espesor medio igual a su altura.

5.º En cuanto a los pretiles formados con champas no los aconsejamos donde las aguas son mui puras, porque tarde o temprano se harán permeables. El grueso que les conviene parece no podría ser en ningun caso menor que los $\frac{3}{10}$ de su altura.

6.º No faltan ejemplos de pretiles formados con ataguías. Son estos cofres simples o dobles formados por una estacada i tablestacas, relleno con tierra arcillosa bien pisoneada.

El espesor medio que conviene a las ataguías es los $\frac{2}{10}$ de su altura.

7.º En fin, habrá casos en que un pretil hecho de adobe será preferible a cualquiera otro.

El grueso que le conviene depende notablemente de la densidad del adobe; pero convendrá estarse entre $\frac{6}{10}$ i $\frac{8}{10}$ de la altura del pretil (el adobe se supone hecho con barro bien batido, de otro modo resultaría un muro detestable.)

REVESTIMIENTOS.

14. A veces se necesita revestir en algunos puntos los taludes o chaflanes de los canales o hacerlos impermeables. Este revestimiento no es otra cosa que una delgada muralla acostada sobre chaflan natural de las tierras.

Otras veces es una capa de concreto o de tierra vejetal amasada con una lechada de cal i colocada en el fondo de un canal en puntos en que ciertas tierras sumamente permeables disminuirían considerablemente el caudal de aguas del canal.

TALUDES I ESCARPAS.

15. Un talud o chaflan debe tener la inclinacion natural de las tierras, lo cual es un término medio de $\frac{4}{4}$ a $\frac{5}{4}$ para los terrenos arcillosos; de $\frac{6}{4}$ para un terreno de arcilla mezclada con arena; de $\frac{7}{8}$ a $\frac{9}{4}$ en la misma clase de terreno, cuando la arena domina; de $\frac{10}{4}$ a $\frac{12}{4}$ en terrenos completamente arenosos.

En terrenos mas o menos compactos, compuestos de grava i cascajo, la inclinacion varia entre $\frac{2}{4}$ i $\frac{5}{4}$. En jeneral, el injeniero debe por prudencia tratar de tener un talud o escarpa lo mas suave que le sea posible.

He visitado los principales canales construidos en Chile i me ha sido extraño no encontrar en ninguno de ellos bien consultada la inclinacion de las escarpas i taludes ni disposicion alguna en el perfil del canal para impedir o facilitar las limpieas i conservar al canal su forma primitiva.

Es de sentir que en la composición de un proyecto de canal no se tome en cuenta la explotación o la conservación de la obra. La conservación debería entrar en el presupuesto, representada por un capital, cuyos intereses produzcan el capital que anualmente se invierte en mantener la obra en perfecto estado.

CANALES O ALCANTARILLAS DE DESAGÜE.

16. Siempre que un canal esté en falda será necesario establecer canales o alcantarillas de desagüe que conduzcan por sobre el canal o bajo de él las aguas de lluvia que se reúnen en las pequeñas quebradas de los cerros. Como sería muy largo entrar en los detalles de todas estas construcciones nos contentaremos con indicárlas.

PUERTAS DE DESCANSO.

17. Todo canal las necesita i tienen por objeto dar salida a las aguas en exceso que provienen de cualquiera causa.

Las puertas de descanso deben colocarse inmediatamente aguas abajo de todo partidido o en cualquier otro punto en que la aglomeración de las aguas las necesita, en los grandes faldeos, por ejemplo.

MUROS DE CAÍDA.

18. Siempre que el terreno, entre los puntos extremos, presente un descenso considerable tenemos dos caminos que seguir: o bien alargar el trayecto por un trazado mas o menos sinuoso, o bien, crear caídas (i será siempre lo mas económico) que hagan perder el exceso de pendiente. La obra de arte que conviene en este caso es una barrera transversal de albañilería o de madera seguida de un radier o enrocado como lo muestran la fig. 5, pl. 2.

CRUSAMIENTO DE DOS CANALES.

19. Dos canales pueden cruzarse al mismo nivel o a ni-

vel diferente. Si sucede lo primero se empleará un sifon cuya construccion daremos mas adelante; i si lo segundo sucede, será un puente-acueducto de que tambien hablaremos.

SOCAVONES.

CORTES.

20. Se comprende que hai una altura límite, pasada la cual el socavon será mas económico que el corte i que variará con la naturaleza del terreno.

Sea p el precio medio del m.³ de desmonte a cielo descubierta, h la hondura del corte, T la pendiente de las escarpas, l el ancho en la base, P el precio del metro corrido de socavon en el terreno de que se trata, c i c' los capitales cuyos intereses representan los gastos de conservacion por metro corrido.

El cubo del corte por metro corrido será:

$$lh + h^2 T$$

i será indiferente adoptar un corte o un socavon cuando se tenga la igualdad

$$c + ph(l + hT) = P + c'$$

que nos da h , límite superior de la hondura del corte. Para cualquiera altura mayor adoptaremos el socavon.

Un socavon i un corte presentan cada uno sus inconvenientes, que será necesario tomar en cuenta al estudiar el trazado i que nacen principalmente de la naturaleza del terreno encontrado.

Seria salir mui lejos del objeto que nos hemos propuesto el dar los detalles para la construccion de un socavon. Solamente indicaremos lo que hai que tener presente para formar un proyecto.

21. Siendo el precio de la unidad de desmonte lo mas difícil de apreciar, daremos el cuadro siguiente tomado del curso de explotacion de minas de Mr. Callon. Segun este sabio, inspector jeneral de minas, la construccion de un

socavon de $3\frac{1}{2}$ metros de seccion conduce a los resultados siguientes, suponiendo el salario del obrero a ps. 0.80 i el quilógramo de pólvora a ps. 0.50.

NATURALEZA DE LA ROCA.	Número de dias por m. corrido.	Peso de pólvora por m. corrido.	COSTO.		Avance mensual.
			Por m. cort.	Por m. ³	
		kilógs.	francos.	francos.	mets.
Roca de estremada dureza.....	50	12	236	67	2
Granito duro i cuar- zoso.....	20 a 30	8 a 16	120 a 145	34 a 41	3,33 a 5
Terreno hullero mui duro, gris i poudinguez.....	15 a 20	4 a 8	70 a 160	20 a 28	5 a 7
Granito ordinario..	10 a 15	3 a 4	47 a 70	13 a 20	7 a 10
Terreno hullero or- dinario, esquistes arcillosos calcá- reos duros.....	7 a 10	1,5 a 3	31 a 47	9 a 13	10 a 15
Rocas blandas, are- nas aglutinadas arcillosas endure- cidas, pps, roca descompuesta...	4 a 6	1 a 1,5	18 a 28	5 a 8	15 a 25
Roca desmoronada- za.....	2 a 4	0,3	8 a 17	1,3 a 2,8	25 a 50

Los precios del cuadro no comprenden ni el enmaderado ni el amurallado que son a menudo necesarios. Solo después de reconocer por medio de sondajes la naturaleza jeológica de los terrenos que es necesario atravesar, se podrá hacer una cuenta aproximada de los gastos que ocasiona la ejecución de un socavon.

Observaré aquí, para justificar la importancia del cuadro que doi, que un socavon de $3\frac{1}{2}$ metros de seccion presenta las ventajas siguientes:

1.º Podrá conducir, siempre que se quiera i si la pen-

diente lo permite, 10000 litros por segundo, lo que permite regar 10000 hectáreas de terreno.

2.º Es casi siempre mas económico en su construcción que uno de dimensiones un poco menor.

3.º Que la construcción de un socavon de mayor sección tiene un precio relativo menor i por consiguiente que los anteriores datos aplicados a una sección mayor darán un presupuesto siempre elevado; i

4.º Que sabiendo que para una sección de 10 metros el módulo o coeficiente de esos números sería $\frac{3}{4}$, por una simple interpolación, hallaríamos el módulo correspondiente a una sección comprendida entre $3\frac{1}{2}$ i 10 metros.

Si se reconoce la necesidad de piques deberemos tener presente que en un terreno ordinario i en que no se encuentra agua al precio del m³ de desmonte aumenta de mitad cuando se pasa del socavon al pique, precio que puede crecer mucho mas si se encuentra agua.

Como al encontrar agua no es cosa fácil de averiguar de antemano, conviene no recurrir a los piques sino cuando se crean de mucha necesidad.

PUENTES ACUEDUCTOS.

22. Siempre que se necesite atravesar una quebrada, salvar la caja de un rio, etc., será necesario acudir a un puente-acueducto, a un sifon, o bien a un puente sifon.

Un puente-acueducto conduce las aguas de un lado a otro del valle o quebrada siempre en pendiente i en esto se distingue de los otros dos medios, los cuales conducen las aguas en pendiente en una parte, en contrapendiente en otra. Consecuencia necesaria de esto es que en los sifones i puentes-sifones la conducción se haga forzada o en tubos cerrados, mientras que en un puente-acueducto estamos en el caso de una simple canal.

Un puente-acueducto no es otra cosa que un puente ordinario en que la carga está siempre uniformemente repartida, motivo por el cual es sumamente fácil el establecimiento de un tal puente.

Para determinar la carga permanente raciocinaremos del modo siguiente: cada hectárea por regar está representada por el gasto de un litro por segundo (décima parte de un regador de! canal de Maipo.) Si tuviéramos, pues, que regar 2000 hectáreas necesitaríamos 2000 litros, o sea 2 m.³ por segundo.

Es evidente que el peso que buscamos será tanto mas pequeño i por consiguiente el puente tanto mas económico cuanto mayor sea la velocidad que consideremos en el canal-acueducto. Para un gran caudal i en canales de madera acepillada una velocidad de 4 m. seria mui conveniente i siempre podremos disponer de la pendiente necesaria.

Sabemos, por otra parte, que el gasto es igual al producto de la seccion por la velocidad média; luego seccion $= \frac{\text{gasto}}{\text{velocidad}} = \frac{1}{4} \text{ m.}^2$. Tenemos, pues, por metro lineal el peso de un prisma líquido de $\frac{1}{2}$ m. de base i un metro de altura, lo que da 500 quil. por metro corrido.

Para determinar la forma de la seccion, recordaremos que la seccion que da mayor gasto con la misma superficie i la misma pendiente es el semi-círculo, el cual no convendria en este caso, a menos de adoptar una canal de palastro; vienen en seguida el trapecio i después el rectángulo. Por razones de construccion será el rectángulo el que ordinariamente preferiremos i como el rectángulo mas económico es 2 de base por 1 de altura, se sigue que nuestro canal deberá tener 1 metro de base por 0.^m 50 de altura.

Lo espuesto hasta aquí basta para determinar en cada caso las dimensiones que debemos asignar a las diversas piezas de la construccion (est. de las consts).

TIPOS.

23. Muchos son los tipos que podria dar para construir un puente-acueducto, pero me limitaré a indicar el que creo, en jeneral, mas económico.

Consiste este en hacer los apoyos de cepas de madera

o de fierro, i la superestructura, formada por la misma canal, unas veces sola, otras armada con tirantes.

Las cepas (especie de caballetes) de rieles son talvez el único medio económico i que puede ofrecer la suficiente estabilidad en nuestros rios, cuyo fondo está jeneralmente compuesto de cascajo eminentemente socavable e incompresible.

Es tambien de advertir que en nuestros rios no convendria hacer tramos de menos de 8 metros. La canal viga, cuya seccion damos para varios tipos, ha sido calculada en la hipótesis de que los machones o cepas disten 10 metros unos de otros.

La canal-viga del primer tipo se supone construida con madera de pino, bien acepillada por dentro, con la inclinacion necesaria para darnos una velocidad média de 4 metros por segundo. De estas hipótesis resulta que con las dimensiones indicadas en el corte AB, pl. 1, la canal viga da paso a 2000 litros por segundo, es decir, para el riego de 2000 hectáreas de terreno.

Es escusado decir que las dimensiones allí indicadas son necesarias i suficientes para la estabilidad de la obra.

En las mismas hipótesis ha sido calculada la canal-viga de los demás tipos.

Con las dimensiones que indica la figura en corte, la canal-viga del 2.º tipo da paso a 4000 litros por segundo, es decir para el riego de 4000 hectáreas.

Como se ve, el grueso de los tablones está reducido a la mitad i a pesar de eso el volumen de agua es doble i la fatiga de la madera es la misma que en el tipo anterior. Se debe esto al apoyo intermedio que procura el tirante.

La canal-viga del 3.º tipo está construida con madera de la misma dimension que en el caso anterior, i sin embargo ella da paso al agua necesaria para el riego de 9000 hectáreas.

Debido es esto, como en el caso anterior, a los apoyos que procuran los tirantes.

Siempre que la altura máxima de las aguas lo permita,

habrá economía en sustituir a los tipos 2 i 3 los tipos 4 i 5.

Para hacer indeformable la canal-viga será necesario clavar las paredes verticales i la horizontal a un cuadro de madera de dimensiones convenientes como lo indican los cortes,

SIFONES.

24. Un sifon es un conducto forzado que se compone de tres partes: un cuerpo i dos cabezas. Puede construirse de albañilería (fig. 1, 2, 3, pl. 2), de madera (fig. 4), de piedra artificial de palastro o en fin de fundicion.

La determinacion de la seccion que debemos dar a un sifon es cosa mui sencilla; pues no es otra cosa que una cañería simple (hidráulica). Sin embargo me propondré un caso particular para indicar la marcha que conviene seguir en cualquiera otro, como lo he echo ya en las canales-vigas de un puente-acueducto.

Supongamos que queremos atravezar un valle con un volúmen de agua necesario para el riego de 1000 hectáreas de terreno por medio de un sifon de albañilería, por ejemplo. El agua necesaria estará espresada por un gasto de 1000 litros por segundo.

Como la seccion del sifon depende de la altura motriz, necesitamos fijar esta de antemano, o si queremos partir de una seccion determinada, podremos buscar la altura motriz necesaria.

Recordaremos, al efecto, las relaciones siguientes:

$$\begin{aligned} (1) \quad q &= \omega n, i \\ (2) \quad H &= \frac{6.485}{L^5} b_1 \cdot s \cdot q^3 \end{aligned} \quad (a)$$

en que b_1 tiene segun Mr. Darcy i pasa al caso de paredes cubiertas de incrustaciones, que es el caso práctico, el valor siguiente:

(a) Suponemos despreciable la pérdida de carga a la entrada i a la salida del sifon.

$$b_1 = 0.000507 + \frac{0.0001274}{D^5}$$

Si D fuese la incógnita tendríamos una ecuación del quinto grado que solo podemos resolver por medio de tanteos, para lo cual asignaremos a D un valor que creemos convenir, lo introduciremos en b_1 ; lo elevaremos a la 5.ª potencia i formaremos el segundo miembro de la ecuación (2). Si el valor que resulta es igual a H que se nos da, el problema está resuelto, en el caso contrario deberemos aumentar o disminuir D hasta caer en el verdadero valor.

Se pueden evitar estos tanteos construyendo una vez por todas un cuadro en que en una columna vertical se encuentran los valores del diámetro, variando de centímetro en centímetro o de 2 en 2 centímetros, etc., i en frente en otra columna vertical el producto $b_1 \frac{6.485}{D^5}$ que sirve de coeficiente a $s.q^2$ i que podemos representar por K.

Hecho eso de la ecuación $H = K s q^2$ sacamos $K = \frac{H}{s q^2}$ valor numérico que llevado al cuadro nos dará en frente en la columna de los diámetros, el diámetro que buscamos o bien será un K comprendido entre 2 del cuadro, en tal caso una simple interpolación nos dará el diámetro correspondiente, si no queremos contentarnos con el mas próximo.

Para evitar aún el trabajo de la formación de ese cuadro, lo damos formado con valores del diámetro hasta 1 metro.

DIÁMETROS.	b_1	K
0.01	0.001801	116786500
0.02	0.001154	2338526
0.03	0.000938	250312
0.04	0.000830	52560
0.05	0.000765	15874
0.06	0.000722	6021
0.08	0.000668	1322
0.10	0.000636	412,4
0.12	0.000614	160,01
0.15	0.000593	50,64
0.20	0.000571	11,57
0.25	0.000558	3,705
0.30	0.000550	1,467
0.35	0.000543	0,6704
0.40	0.000539	0,3409
0.45	0.000535	0,1877
0.50	0.000532	0,1104
0.60	0.000528	0,0440
0.70	0.000525	0,02028
0.80	0.000523	0,01034
0.90	0.000521	0,005718
1.00	0.000519	0,003365

Este cuadro supone un tubo incrustado; si así no fuese b_1 i K deberán reducirse a $\frac{1}{2}$ para los tubos de palastro, i a la $\frac{1}{3}$ para los de fundición i albañilería inlucida.

Si fuese la altura motriz la que buscamos, procederíamos a la inversa, pero de idéntico modo, entrando en la tabla con el valor del diámetro, en frente tendremos K; este valor multiplicado por s^2 nos dará H, altura que buscamos.

Voi a hacer aplicación al caso particular que me había propuesto, esto es, el riego de 1000 hectáreas de terreno. Esto quiere decir que nuestro sifon debe conducir 1000 litros por segundo o sea 1 m.³ Hagamos $s=200$ mts. i $H=4$ mts.

El valor de K , arriba escrito, resulta ser con estos datos igual a $0.^m02028$ i como en frente i en la columna de los diámetros tenemos $0.^m70$ resulta que el sifon debe tener $0.^m70$ de diámetro.

Démonos ahora un diámetro de 1 metro i veamos qué cantidad de agua será capaz de conducir nuestro sifon.

De la ecuacion anterior sacamos $q^* = \frac{H}{s K}$

Entraremos en la tabla con $D=1$ m. la columna de los K nos da $K=0.003365$. Este valor intruducido en la expresion de q^* nos da $q=2430$ litros por segundo, lo que permite el riego de otras tantas hectáreas.

Nótese que D entra elevado a la $5.^a$ potencia i por consiguiente un incremento pequeño del diámetro produce uno mui grande en el volúmen de agua que el sifon es capaz de conducir.

ESTABILIDAD.

En virtud de las leyes que rijen los líquidos en movimiento, en cada punto de las paredes interiores del sifon se ejerce una presion igual a la columna piezométrica, pero en la práctica se considera el líquido en reposo, lo que da una presion mayor por la pérdida de carga que necesariamente tiene lugar en un líquido en movimiento, cuando se pasa de una seccion a otra. Estas presiones tienden a despedazar el sifon, segun las juntas lonjitudinales i los ensambles; mas como no debemos contar con la resistencia del mortero a la estension, se sigue que en los sifones de albañilería será necesario rodearlos de un grueso de tierra suficiente i bien pizoneada para contrarrestar esas presiones. Este es el motivo porque no se usa un sifon de albañilería sino cuando la presion es poco considerable; pero infinitos son los casos, en valles profundos, en que esas presiones resultarian inadmisibles para un sifon de albañilería. Se emplea entonces un sifon de palastro o bien de fundicion, o si se quiere de madera.

Para los sifones metálicos la fórmula que debemos em-

plear para determinar el espesor de los tubos es la siguiente:

$$(1) \quad P D = 2 R e$$

En la que P = presión en quilg. por m^2 ; D = diámetro del tubo; e = espesor del tubo; R = tensión máxima que se quiere imponer a la materia (para el palastro $R = 6.000,000$ de quilg. por m^2 ; para la fundición $R = 1.000,000$ de quilg. por m^2).

El servicio municipal de París determina el grueso de los tubos de fundición por la fórmula empírica.

$$(2) \quad e = 0,016 D + 0,003$$

Esta fórmula supone una presión de 10 atmósferas o 100 metros próximamente de diferencia entre el punto mas elevado i el mas bajo.

Recomendamos la fórmula (1).

A pesar del bajo precio de la fundición, los tubos de palastro embetunados, conocidos con el nombre de tubos Chameroi, son en el día de mucho uso.

Si se trata de sifones de madera, solo debemos contar con la resistencia que oponen los cuadros consolidados con los estribos de fierro que indica la fig. 4 en corte. Es costumbre colocar estos cuadros a 1.^m 50 de distancia uno de otro. El grueso del bordaje interior resulta de esta distancia i de la presión por m^2 .

El grueso del bordaje exterior puede ser siempre reducido, 5 centímetros por ejemplo.

¿Cuál de los sifones es mas económico?

Siempre que podamos aplicar el sifon de albañilería, será este el mas económico. En caso de no poder aplicarlo deberemos en general decidirnos por el de madera.

De los sifones metálicos el de palastro es el mas económico.

¿Cuál es el límite de la presión pasado lo cual un sifón de albañilería deja de ser aplicable?

Depende este límite de la calidad del mortero empleado, de su adherencia al ladrillo i del espesor de las paredes del sifón.

Las únicas experiencias que se han hecho sobre la adherencia del mortero al ladrillo muestran que: (b)

Un buen mortero hidráulico después de 10 días opone una resistencia a la tracción igual a 9000 quilógramos por m.² o sea 3000 con un coeficiente de seguridad igual a 3.

Suponiendo $D=1$ m i $e=0.40$ i suponiendo que la fórmula (1) sea todavía aplicable a una pared del grueso de 0.40 se tendrá:

$$P = \frac{2 R e}{D} = 2 \times 3000 \times 0.40 = 2400 \text{ quilóg.}$$

Es decir que podemos tener con estos datos una diferencia de nivel entre la boca del sifón i el punto mas bajo igual a 2.40 sin contar la capa de tierra bien pizoneada que podemos poner encima, la cual puede aumentar aquella altura en $1\frac{1}{2}$ a 2 metros por cada metro de terraplen. Pero disposiciones especiales permiten sobrepasar ese límite.

PUNTES-SIFONES.

25. Difieren estos de los anteriores únicamente en que el tubo en lugar de estar perdido en la tierra, está colocado sobre un puente.

Se emplean cuando el estudio nos conduce a un puente-acueducto de una altura considerable; pero raro será el caso en que no convenga sustituir a los puentes-sifones un sifón enterrado.

(b) La cohesión del mortero es mucho mayor que su adherencia al ladrillo i puede alcanzar 170,000 quilóg. por m.²

TOMAS DE AGUA EN LOS RIOS.

26. Todos conocemos la manera como nuestros canales grandes i pequeños toman sus aguas de los rios. Es un medio enteramente provisional i efímero.

Un trabajo definitivo no conviene talvez, mientras la autoridad no intervenga en la equitativa division de las aguas de nuestros rios, conforme a los derechos de cada canal.

Diremos, no obstante, que para que una toma de agua llene debidamente i en todo tiempo su objeto deberá constituirse de una barrera o radier de albañilería completamente perdido en el fondo del lecho, seguido de un enroscado. Sobre esa barrera deberian levantarse machones que llenarian el doble objeto de servir de apoyo a un puentesito de maniobra i al mismo tiempo de partidores, debiendo uno de ellos repasar del rio la dotacion del canal, i los demás formarian vertedores por medio de vigetas transversales, escepto uno o mas de ellos que quedarian descubiertos para hacer naturalmente la caza de los depósitos del rio, aguas arriba de la barrera.

Como una obra de este jénero es costosa, proponemos otra que tendrá tambien el carácter de obra permanente i que seria de construccion rápida i económica i de larga duracion (fig. 6).

MARCOS PARTIDORES.

DESCRIPCION DE UN MARCO.

27. 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.

Nos limitaremos a describir i estudiar 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 inde-

terminadas 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 extremos del emplantillado i otro en el medio i debiendo ser cada uno de ellos del ancho de un 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 partidior.

«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 al marco saliente a la del marco pasante, cuya caída no debe exceder 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 1½ 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 por 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.»

CONSTRUCCION.

25. Resulta de estas disposiciones:

1.º Que se ha dado la seccion por medida del volúmen, sin tomar en cuenta el perímetro mojado.

2.º Que se ha inclinado solo el saliente.

3.º Que se considera la velocidad média de los hileros que alimentan el saliente igual a la que debe tener lugar en el movimiento uniforme calculado con igual altura de agua en los canales partidores.

Estas disposiciones, con escepcion de la última, no pueden menos que conducir a muy grandes errores.

Para apreciar la primera causa de error bastará comparar el gasto que nos da la seccion de un regador con la seccion correspondiente a 10 regadores, por ejemplo, i se verá que en lugar de resultar un gasto 10 veces mayor, como debiera, se encuentra que es próximamente 28 veces mayor. En efecto, la fórmula del movimiento uniforme es:

$$A = \frac{Ri}{u^2} = \frac{\omega}{z} \cdot \frac{i}{u^2}, \text{ que nos da } u = \sqrt{\frac{i}{A} \cdot \frac{\omega}{z}} \text{ o bien}$$

$$q = \omega \sqrt{\frac{i}{A} \cdot \frac{\omega}{z}} \text{ en virtud de la relacion } u = \frac{q}{\omega}$$

i en que $\omega =$ Seccion de un regador $= 0.{}^m 2092$

$z =$ perímetro mojado de

id..... $= 1.{}^m 705$

Sean $\omega' =$ Seccion de 10 rega-

dores..... $= 0.{}^m 2292$

$z' =$ perímetro mojado de

id..... $= 2.{}^m 02$

Aplicando la ecuacion a la seccion de 10 regadores nos da:

$$q' = \omega' \sqrt{\frac{i}{A} \cdot \frac{\omega'^2}{z'^2}}$$

Dividamos esta por aquella (A e i son las mismas en las dos ecuaciones)

$$\frac{q'}{q} = \frac{\omega'}{\omega} \frac{\sqrt{\frac{i}{A}} \cdot \sqrt{\frac{\omega'}{z'}}}{\sqrt{\frac{i}{A}} \cdot \sqrt{\frac{\omega}{z}}} =$$

$$\frac{10\omega}{\omega} \cdot \sqrt{\frac{10\omega z}{\omega z'}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{10z}{z'}} = 28$$

En vista de esto, quién no se pregunta el por qué no se habia buscado un perfil de proporcionalidad constante que anulase la causa de tantos errores.

El inclinar solo el saliente conduce tambien a error por la pérdida de fuerza viva que naturalmente tiene lugar en el choque de los hileros que al entrar llevan la direccion del canal tronco con los que ya han sido desviados, disminuyendo de esta suerte el gasto del saliente. Esto que nos muestra el raciocinio lo demuestra la teoría i lo confirma la esperiencia.

La esperiencia nos enseña, en efecto, que en la entrada del saliente hai una fuerte contraccion que tiene por efecto disminuir la seccion de escurrimiento, pues que sobre una parte, mas o menos considerable de ella, se forma una especie de remolino en que el escurrimiento es casi nulo.

Si queremos formarnos por la teoría una idea, mas o menos cabal, de la disminucion del gasto, bastará que tomemos el caso extremo, por decirlo así, en que el saliente sale a ángulo recto i que comparemos el gasto con el que tendria lugar si la inflección no existiese.

La teoría nos enseña, en efecto, que el máximum del gasto en el primer caso es:

$$Q=0.385LH\sqrt{2gH}$$

Valor que puede ponerse bajo la forma:

$$Q=1.7LHV\overline{H}$$

Por otra parte, sabemos que el gasto del saliente cuando no hai inflección es dado por la fórmula:

$$\frac{Ri}{u} = A. \text{ (anexo)}$$

de donde

$$Q=LHV\overline{H} \left(V \sqrt{\frac{L}{L+2H} \cdot \frac{i}{A}} \right)$$

Pongámonos en el caso del canal de Maipo donde $i=0.006$, i supongamos que se trata de un saliente cuyo ancho es de 4 metros i la lámina de agua de 0.^m50 construyamos con estos datos el factor entre paréntesis, para compararlo con 1.7 que multiplica a $LHV\overline{H}$ en el valor de Q escrito mas arriba.

Hecho esto tendremos:

$$(c) \quad V \sqrt{\frac{L}{L+2H} \cdot \frac{i}{A}} = 3 \text{ proximamente}$$

lo que nos dice que el gasto del saliente a ángulo recto es el $\frac{1}{3}$ únicamente del mismo saliente en la dirección de la corriente.

La 3.^a causa que hemos anotado es la que constituye toda la dificultad de la partición automática; pero afortunadamente esta causa de error es despreciable como es fácil convencerse por el raciocinio.

En efecto, la velocidad média inicial, o causa aceleratriz de aguas arriba, del saliente necesita ser menor

que la del pasante, pues que esta velocidad debe ser la de los canales partidores, donde la consideracion del perimetro mojado nos pone de manifiesto que la velocidad média que anima las aguas del saliente es menor que en el pasante i que mientras mayor es la diferencia entre los gastos del saliente i del pasante, mayor es tambien la diferencia entre las velocidades médias por unidad de seccion: pero esto es tambien lo que sucede con la velocidad média por unidad de seccion, a medida que nos acercamos a la orilla; luego hai perfecta correspondencia en la lei de crecimiento de la velocidad inicial por unidad de seccion i de velocidad en el saliente tambien por unidad de seccion.

No hai, pues, necesidad de considerar en la práctica esta causa de error que no afecta sino las centésimas o milésimas del gasto.

Puestas en evidencia estas causas paso a corregirlas.

PERFIL DE PROPORCIONALIDAD CONSTANTE.

29. Es evidente que la correccion de las secciones puede hacerse modificando una sola de ellas i en esta uno solo de sus paramentos. Elejiré la seccion del saliente i en esta el paramento exterior.

Supongamos que la razon de la particion sea como los números 1 i 3. Sea $a b c d$ la seccion del canal pasante que dejaremos sin tocar, (fig. 5 i 6, pl. 3.) tal como se encuentra en el terreno, o tal como la razon de la particion nos la dé, si se trata de un simple proyecto en un lugar donde no hai marco; sea $a' b' c' d'$ la seccion del saliente que resulta simplemente de la razon de la particion, seccion que vamos a modificar. Para hallar el nuevo perfil $c' d''$ procederemos de la manera siguiente:

Nos daremos una altura cualquiera pequeña h . A esta altura corresponde en el pasante cierto volumen q que se obtiene por la fórmula

$$\left(\frac{q}{\omega}\right)^2 = A \quad \text{o} \quad q = \sqrt{\frac{R\omega^3}{A}} = \sqrt{\frac{\omega^3}{z} \cdot \frac{i}{A}}$$

En que todo es conocido menos q .

En el saliente, con la misma altura de agua h , deberemos tener $\frac{q}{\omega} = q'$ i por la fórmula anterior en que todo es conocido menos λ , ($\lambda = z - 2h$) puede determinarse la base del rectángulo $g b' e i$ de altura h i que nos da el gasto q' . Tomemos en seguida el medio de $e i$, unámoslo con e' i prolonguemos hasta encontrar $g f$ en f . El trapecio $g b' c' f$ que tiene la misma superficie que el rectángulo $g b' e i$, bajo el punto de vista del escurrimiento del líquido son tambien equivalentes, como se muestra experimentalmente en hidráulica.

Démosnos 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 $\frac{q_1}{\omega_1} = q'_1$ i el rectángulo 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 $g b' c' f$ que representaré por ω' i la diferencia $\omega_1 - \omega'$ la convertiremos en un trapecio cuya base inferior sea $g f$ i su altura $h_1 - h$; lo cual no ofrece dificultad, pues basta dividir $\omega_1 - \omega'$ por $h_1 - h$; el cociente lo aplicaremos desde g hasta K . El punto medio de la vertical $k l$ unido con f i prolongado hasta m nos da el trapecio que buscamos.

De esta manera se determinarán tantos puntos como se quiera del nuevo perfil. Si hecho esto, hacemos pasar una curva continua por los puntos medios de los lados del polígono que así nos resulta, tendremos un perfil que prácticamente puede decirse tiene el rigor matemático.

INCLINACION DE LOS PARTIDORES.

30. El haz de hileros que tiene que cambiar de direccion es el que viene a chocar la punta partidora desde p hasta d (fig. 4, pl. 3.) i como estos ejercen su accion perturbatriz sobre el total de los hileros que pasan al saliente, la accion que retarda un hilero estará medida por el cuociente 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 preyeccion de cp sobre una normal al canal tronco i que pase por la punta, guarde con ap la misma relacion que p e guarda con pb ; 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 las proyecciones de pe i de pd sobre una misma recta, guarden la razon de los gastos.

Por el cálculo no es menos fácil.

$$\begin{aligned} ep &= pd \cdot c \cos(180^\circ - \gamma - \alpha) \\ pf &= pc \cdot \cos \alpha. \end{aligned}$$

Dividiendo una por otra i notando que $pd = pc$, $\frac{ep}{pf} =$

$$\frac{1}{3} = \frac{\cos(180 - \gamma - \alpha)}{\cos \alpha} = \frac{\cos(\gamma + \alpha)}{\cos \alpha} = \frac{\cos \gamma \cos \alpha - \sin \gamma \sin \alpha}{\cos \alpha} =$$

$(\cos \gamma - \sin \gamma \operatorname{tg} \alpha)$ de donde

$$\frac{1}{3} + \frac{\cos \gamma}{\sin \gamma} = \operatorname{tg} \alpha \text{ i de ahí } \alpha.$$

ANEXO.

FÓRMULAS DEL MOVIMIENTO UNIFORME.

1.º Paredes mui lisas i unidas (albañilería enlucida, madera acepillada)

$$\frac{RI}{u^2} = 0.00015 \left(1 + \frac{0.03}{R} \right).$$

2.º Paredes unidas (albañilería sin enlucir, tabla simplemente acerrada)

$$\frac{RI}{u^2} = 0.00019 \left(1 + \frac{0.07}{R} \right).$$

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

$$\frac{RI}{u^2} = 0.00024 \left(1 + \frac{0.25}{R} \right).$$

4.º Paredes de tierra (acequias, canales)

$$\frac{RI}{u^2} = 0.00028 \left(1 + \frac{1.25}{R} \right).$$

5.º Para corrientes que arrastran piedras

$$\frac{RI}{u^2} = 0.0004 \left(1 + \frac{1.75}{R} \right).$$

6.º Para la velocidad média

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

Se puede tomar sin error sensible para canales de tierra $u = 0.6V$ i en canales de paredes muy lisas $u = 0.8V$.

7.º Segun M. Sonnet

$$W = 3u - 2V.$$

En estas fórmulas $R = \frac{\text{seccion mojada}}{\text{perimet.}^\circ \text{ mojado}} = \frac{\omega}{Z}$.

$I = \text{pendiente} = \text{seno del ángulo del fondo con el horizonte.}$

$U = \text{velocidad média.}$

$V = \text{id. máxima.}$

$W = \text{id. en el fondo.}$

FÓRMULAS PARA DETERMINAR EL ESPESOR DE LOS
PRETILES.

Empuje del agua.

El empuje del agua sobre una pared plana i rectangular equivale a una fuerza q normal al muro, aplicada en la 3.^a parte de su altura e igual a

$$q = \frac{1}{2} \pi \frac{H^2}{\cos. \varepsilon} \quad (\text{fig. I, pl. 3.})$$

Perfil rectangular.

El método de los coeficientes no da:

$$(1) \quad B \underset{>}{=} 0.58H \sqrt{\frac{\pi'}{\pi} \left(\frac{H'}{H}\right)^3} \quad \text{ecuacion de rotacion}$$

$$(2) \quad B \underset{>}{=} \frac{1}{2f} H \frac{\pi'}{\pi} \left(\frac{H'}{H}\right)^2 \quad \text{ecuacion de traslacion}$$

Perfil trapecio.—(fig. 2, pl. 3.)

$$(1) \quad B \underset{>}{=} 0.58H \sqrt{s \frac{\pi'}{\pi} \left(\frac{H'}{H}\right)^3 + \text{tg. } \alpha} \quad \text{ecuacion de rotacion}$$

$$(2) \quad B \underset{>}{=} \frac{1}{2f} \cdot \frac{\pi'}{\pi} \cdot H \left(\frac{H'}{H}\right)^2 + \frac{1}{2} H \text{tg. } \alpha \quad \text{ecuacion de traslacion}$$

FÓRMULAS PARA DETERMINAR EL ESPESOR DE LOS MUROS DE
SOSTENIMIENTO I DE LOS REVESTIMIENTOS.

Empuje de las tierras.

El empuje de las tierras sobre una pared rectangular equivale a una fuerza normal aplicada en la $\frac{1}{2}$ parte de su altura e igual a

$$q = \frac{1}{2} H^2 \text{tg. } \frac{\alpha}{2} \quad (\text{fig. 3, pl. 3.})$$

Perfil rectangular.

El método de los coeficientes nos da:

$$x = H \operatorname{tg.} \frac{\alpha}{2} \sqrt{\frac{2}{3} \frac{\delta}{\pi}}$$

con un coeficiente de seguridad igual 2.

Perfil trapecio.

$$x = H \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{2m} \right) + H \sqrt{\frac{1}{3n^2} - \frac{1}{12m^2} + \frac{2}{3} \frac{\delta}{\pi} \operatorname{tg.}^2 \frac{\alpha}{2}}$$

En estas fórmulas:

H = altura del muro

H' = — — — agua

π = densidad del muro

π' = — — — del agua

δ = — — — de las tierras

s = coeficiente de seguridad varia entre 1.8 i 2.5

f = — — — de razonamiento

x = menor base del perfil

α = ángulo del talud natural de las tierras con la vertical.

$\frac{1}{n}$ i $\frac{1}{m}$ tangentes trigonométricas de los ángulos en a i en b.

CONSTANTES ESPECÍFICAS.

MATERIAS.	Peso del m. ³ en kilógs.	LÍMITE PRÁCTICO DE RESISTENCIA POR CENTÍ- METRO CUADRADO.	
		A la compresion.	A la estension
Tierra vegetal.....	1400		
» arcillosa	1600		
Arena arenosa	1700		
» pura	1900		
Ladrillo con mortero ordinario.	1700 a 1800	6	0.05
» con mortero de cimientó..	1700 a 1800	10	0.3
Albañilería de piedra canteada..	2400 a 2700	30 a 40	0.05 a 0.3
» de morrillos.....	2100 a 2250	14 a 20	0.02 a 0.05
Concreto de cimientó.....	2300 a 2400	10 a 14	0.5
Granito	2600 a 2800	150 a 200	7.7
Calcáreo	2400 a 2700	100 a 150	2.3 a 3.2
Pórfiro	2600 a 2870	250 a 500	
Basalto	3000	200 a 400	7.7
Pino seco	500 a 850	60 a 80	60 a 80
Roble seco.....	700 a 800	60 a 80	50 a 60
Fierro en barra.....	7800	660	660
Fundicion.....	7200	600 a 750	200 a 300

RESISTENCIA DE ROZAMIENTO.

NATURALEZA DE LOS CUERPOS EN CONTACTO.	Relacion del rozamiento a la presión= f
Calcáreo blando bien asentado sobre calcáreo blando.....	0.74
Calcáreo duro sobre calcáreo blando.....	0.75
Ladrillo ordinario sobre calcáreo blando....	0.67
Roble colocado de pié sobre calcáreo blando..	0.63
Calcáreo duro sobre calcáreo duro.....	0.70
Calcáreo blando » » »	0.75
Ladrillo ordinario » » »	0.67
Roble colocado de pié sobre calcáreo duro...	0.64
Calcáreo blando sobre calcáreo blando con mortero frezco.....	0.74
Piedra arenisca sobre piedra arenisca puesta en seca.....	0.71
Piedra arenisca sobre piedra arenisca con mortero frezco.....	0.66
Calcáreo duro pulido sobre calcáreo duro pulido..	0.53
Calcáreo duro picado sobre calcáreo duro picado.....	0.78
Granito sobre granito picado.....	0.66
» con interposicion de mortero frezco.	0.49
Morrillos o piedras rodadas sobre un lecho de arcilla seca.....	0.51
Morrillos o piedras rodadas sobre arcilla húmeda reblandecida.....	0.34
Morrillos o piedras rodadas sobre arcilla amasada con guijarros.....	0.40

TALUD NATURAL DE DESMORONAMIENTO.

Tierra ordinaria compacta.....	55°	sobre el horizonte
— removida i seca.....	55°	— — —
— lijeramente humedecida	55°	— — —
Arena.....	35°	— — —
Cieno.....	0°	— — —

MORTEROS.

Siendo de la mas alta importancia el empleo de un buen mortero, vamos a tratar esta materia con la estension que su importancia requiere, sin olvidar, sin embargo, que el presente trabajito está destinado solo a servir de guia al particular que emprenda la construccion de un canal.

Se sabe que el mortero es una argumasa destinada a unir unos con otros los materiales de construccion. Se compone de cal i de una materia inerte como la arena.

La cal se obtiene, como se sabe, por la calcinacion de piedras calcáreas i carbonatos de cal. Algunos mármoles blancos dan cales casi puras, pero mas a menudo contienen arcilla (silicato de alumina) i no es raro encontrar tambien óxido de hierro o de maganeso, arena, sulfuros de hierro o de magnesia, etc. De la naturaleza i proporcion en que se encuentran estas materias dependen las diversas propiedades de las cales.

COMPOSICION DE LAS CALES AÉREAS (GRASAS I MAGRAS) E HIDRÁULICAS.

Para esponer la clasificacion de las cales debida a Vica, lo mejor que puedo hacer es reproducir las líneas siguientes, tomadas de la memoria de este ilustre ingeniero.

«Las cales *grasas* se llaman así porque con la adicion de una cantidad de agua suficiente se cambian en una pasta fina, grasa i que crece o aumenta mucho de volúmen; esta pasta se conserva indefinidamente blanda en los lugares húmedos, fuera del contacto del aire i por consiguiente en el agua donde se disuelve poco a poco i acaba por desaparecer.

«Las cales *magras* se llaman así porque dan una pasta poco crecedora o que aumenta muí poco de volúmen i que no tiene ni la liga ni la untosidad de las cales grasas; provienen de piedras calcáreas que contienen arena mas o menos fina, frecuentemente unidas al próxido o al protóxido de hierro, i tambien por dolomitas o calcáreos

magnesianos; estas cales se comportan bajo el agua como las cales grasas.

«Las cales *hidráulicas* se llaman así porque la pasta que resulta de su estincion goza de la propiedad de endurecer bajo el agua como igualmente en los lugares húmedos privados o no privados de aire, al revés de lo que sucede con las cales grasas i las cales magras.

«Estas cualidades preciosas son debidas a la arcilla que impregna las sustancias calcáreas en proporciones que varían entre 12 i 20 %. La pasta que producen por la estincion ordinaria no es jamás tan fina ni aumenta tanto de volúmen como la de las cales grasas; su enerjía o grado de hidraulicidad se mide jeneralmente por la cantidad de arcilla que encierran, comparada a la cal cáustica representada por la unidad; se designan en consecuencia bajo el nombre de índice de hidraulicidad, las fracciones que resultan de esta comparacion, lo que conduce a clasificar las cales en *eminente*, *medianamente* i *débilmente* hidráulicas, segun que sus índices están comprendidos entre 0.36 i 0.40, o entre 0.30 i 0.36, o entre 0.24 i 0.30.

«La clasificacion precedente supone la intervencion de una arcilla casi pura i de una composicion média que difiere poco de la del bisilicato, que contiene 64 partes de sílice i 36 de alumina; pero no sucede siempre así i la composicion puede variar entre límites bastante alejados.

«La práctica tiene, pues, necesidad de una clasificacion mas precisa que la que resulta de los índices. Hé aquí el medio en uso desde largo tiempo: la cal recientemente calcinada, apagada por el procedimiento ordinario, en pasta ni mui dura ni mui blanda, depositada después en el fondo de un vaso cualquiera con agua potable, pasará gradualmente del estado de pasta a ese primer estado de coherencia que se llama la fragua. Decimos que una cal es eminentemente hidráulica cuando la pasta así sumerjida, fragua del 2.º al 6.º dia, segun la estacion (porque la temperatura del agua ejerce una influencia mui marcada) i cuando después de un mes se pone dura e insoluble en

su superficie, i en fin, cuando después de 6 meses produce astillas por el choque.

«La cohesion que constituye la fragua se mide por medio de una aguja de tejer de un poco mas de un milímetro de diámetro limada a escuadra en una de sus estremidades i metida por la otra en un pedazo de plomo del peso de 0. quilg. 3; hai fragua cuando la pasta de blanda que era, llega a sostener esta aguja sin depreciacion sensible.

«Siguiendo siempre el mismo modo de ensayar, decimos que una cal es medianamente hidráulica cuando fragua entre el sexto i el noveno día, i cuando después de 4 o 5 meses su consistencia es comparable a la que toma al aire una pasta arcillosa de buena consistencia, i en que, en fin, su superficie no abandona mas cal en el baño de inmersion.

«Las cales débilmente hidráulicas no fraguan sino entre el noveno i el décimo quinto día; su consistencia después de 6 meses es inferior a la del jabon seco i el agua de inmersion podrá cubrirse todavía de una película de cal carbonatada.»

Cuando la cantidad de arcilla contenida en un calcáreo está comprendida entre 20 i 25 %, la calcinacion da lo que Vica llama las *cales límites* a que pertenece el *cemento de Portland*, cuyo uso se estiende mas i mas.

Cuando la cantidad de arcilla está comprendida entre 25 i 30 % el calcáreo de un cemento es de fragua rápida, en oposicion al Portland que es de fragua lenta.

La calidad de un cemento varia mucho con la composicion de la arcilla que encierra i con el grado de calcinacion.

Los calcáreos que contienen 30 a 40 % de arcilla dan cementos mediocres.

Los calcáreos que contienen mas de 40 % de arcilla solo dan puzolanas.

ENSAYO DE PIEDRAS CALCÁREAS.

No hablaremos aquí del análisis químico, pero sí indi-

caremos un análisis corto i espedito que da indicaciones preciosas i que nos conducirá por lo menos a conocer si el calcáreo considerado puede darnos la cal que buscamos.

Se muele la piedra que se trata de ensayar, se cierne i del polvo que resulta se toman 2 gramos i se colocan en un vaso; se disuelve con un poco de agua i en seguida se vierte gota a gota ácido nítrico o ácido clorídrico diluido; se mueve cada vez el vaso i cesaremos de agregar ácido cuando ya no se produzca efervescencia.

El polvo se disuelve en partes en el ácido, el carbonato de cal se transforma en nitrato de cal o en cloruro de calcio soluble, el residuo marca la impureza del calcáreo. Si no hai residuo, es que el calcáreo está formado únicamente de carbonato de cal, o bien de carbonato de magnesia.

En el fondo del vaso se encuentra un depósito cuyo color puede variar del gris al rojo: este depósito es de arcilla, mezclada algunas veces con arena i materias orgánicas. Se separa el depósito filtrando el líquido i se quema el filtro de papel con la materia recojida en un crisol de porcelana. El peso del producto calcinado, comparado con los dos gramos de calcáreo empleado, marca la impureza de la piedra.

Este ensayo nos basta para saber si el calcáreo nos conviene o nó i segun eso proceder a un ensayo completo.

Creemos que seria salir de nuestro cuadro el dar la fabricacion de las cales hidráulicas i cimentos, lo cual se encuentra en todos los tratados modernos que tratan de las cales.

ENSAYO DE CALES I CIMENTOS.

En las piedras calcáreas la arcilla no es atacable por los ácidos i es fácil separarla inmediatamente por medio del ácido clorídrico de los otros elementos; pero después

de calcinada la arcilla se ha hecho atacable por los ácidos; es lo que modifica el método de análisis.

Tomemos 2 gramos de la cal o cemento considerado i coloquémoslos en una cápsula de porcelana, agreguemos 8 gramos de agua i 20 de ácido clorídrico. Calentando un poco toda la materia se disuelve; se evapora lentamente i el residuo se trata nuevamente por el ácido clorídrico i se evapora de nuevo. Se disuelve de nuevo el residuo en agua acidulada i se filtra. La sílice queda en el filtro. En el licor queda la cal, la magnesia, la alúmina i el óxido de hierro. Se agrega un poco de ácido clorídrico i después amoniaco en exceso; la magnesia no se precipita porque hai en el líquido una sal amoniacal; filtrese i se recojerá un residuo pardo jelatinoso de alumina i de protóxido de hierro que se lava en agua caliente.

El precipitado calcinado i pesado se mezcla en un crisol con potasa en pedazos i se hace llegar al color rojo; se agrega después agua que disuelve el aluminato de potasa formado i deja el peróxido de hierro que se recoge en un filtro i se pesa.

En el líquido no queda otra cosa que cal i magnesia, las cuales se separan concentrando el líquido i echando algunas gotas de amoniaco i después una disolucion caliente i concentrada de oxalato de amoniaco en exceso.

La magnesia no se precipita, pero sí toda la cal al estado de oxalato de cal, después de una média hora de ebullicion. Se filtra, se recoge el precipitado i se calcina con su filtro en un crisol de platino a la llama del soplete de gas para reducir el oxalato en cal viva i se pesa ésta operando mui rápidamente.

En el líquido quedan sales amoniacales con la magnesia, se vierte en este líquido fosfato de sosa i se deja reposar 12 horas. Se depositan pequeños cristales de fosfato amoniaco magnesiano que se recoge por filtracion i después de haber calcinado. La fórmula de este fosfato muestra que encierra los $\frac{40}{111}$ de su peso de magnesia.

APAGADO DE LA CAL.

Apagar una cal es trasformarla en hidrato. Para apagar una cal existen diversos procedimientos, de los cuales daremos solo el ordinario.

APAGADO ORDINARIO.

Consiste en echar la cal en un recinto plano rodeado de una pequeña muralla de ladrillo i lleno de agua; antes de convertirse en papilla la cal grasa se despedaza, se hincha i la combinacion química del agua i de la cal desarrolla una gran cantidad de calor que se manifiesta por vapores abundantes. Con las cales magras e hidráulicas el hinchamiento i el desprendimiento de calor son mucho menores.

La cal apagada i reducida a una papilla espesa está en el mejor estado para fabricar el mortero. Es menester cuidar atentamente que no se agregue mucha agua al mismo tiempo que la arena necesaria; esa adiccion puede favorecer la mezcla de la cal i de la arena i ahorrar un poco de trabajo al obrero; pero se produce así un mortero detestable.

Las cales hidráulicas, que endurecen mas o menos lijero, no deben prepararse sino a medida que se necesitan. Cien quilógramos de cal grasa dan en pasta de 0.18 a 0.24 de m³. La cal hidráulica no permite asignar limites tan cercanos porque su densidad es mui variable, como igualmente su composicion.

En trabajos de poca importancia se coloca la cal en un suelo bien parejo i se la rodea de un reborde circular formado con la arena que debe servir para la fabricacion del mortero.

Un quilógramo de cal grasa toma 2 quilógs. (2 litros) de agua apagada por este procedimiento.

COMPOSICION DE LOS MORTEROS.

Consideraremos: 1.º los morteros de cales grasas; 2.º los morteros de cales hidráulicas; i 3.º los morteros de cementos.

MORTEROS DE CALES GRASAS.

La mezcla de la arena a la cal grasa tiene por objeto moderar la disminucion del volúmen de la papilla al fraguar i sobre todo disminuir el consumo de la cal. A 1 volúmen de cal en pasta se mezclan 2 o $2\frac{1}{2}$ volúmen de arena.

Para la cal grasa la arena gruesa (diámetro mayor que 1 milím.) es preferible a la fina. Es menester que la arena sea áspera al tacto i que no contenga tierra.

MORTEROS DE CAL HIDRÁULICA.

Las buenas proporciones para un mortero hidráulico, segun Vica, su ilustre inventor, es en término medio 1 de cal en pasta por 1,8 de arena.

La arena que mas conviene a las cales hidráulicas es la mediana, es decir un poco mayor que un milímetro de diámetro.

CIMENTOS I MORTEROS DE CIMENTO.

El empleo del cemento romano (denominacion comun a todos los cementos que fraguan con rapidez) exige mucha atencion i destreza. Es menester hacer la pasta por pequeñas cantidades a medida que se necesita.

El cemento se emplea rara vez puro; la cantidad de arena que debe agregársele para tener el mortero mas adherente debe determinarse en cada caso por la experiencia.

Desde 1852 a 1857 los injenieros del servicio municipal de París se sirvieron de un mortero de cemento romano en la proporcion de 1 de cemento por 3 de arena.

«Los cementos, dice Vica, no ofrecen jeneralmente garantía de una duracion bien cierta sino bajo el agua o bajo una tierra fresca, o en fin, en lugares completamente húmedos.»

EMPLEO DEL CIMENTO PORTLAND.

La sustitucion del cemento de Portland al cemento romano realiza grandes ventajas por la comodidad para trabajarlo, pues que comienza a fraguar después de 8 horas; además con menor cantidad de cemento de Portland se obtiene un mortero mas resistente que con el cemento romano.

El cemento de Portland del peso de 1100 a 1200 quilgs. el m³. ha sido empleado por M. Vaudrey en la proporcion de un m³. de arena por 250 quilógs. de cemento. Solo después de bien mezclada la arena con el cemento se agregaba el agua necesaria para batirlo.

M. Leblanc ha demostrado que el cemento pesado, es decir, que pesa mas de 1350 quilógs. el m³. da morteros mucho mas coherentes que los que se obtienen con cementos livianos.
