

TRABAJOS PARA CONDUCIR EL AGUA POTABLE A VALPARAISO.

El señor A. Marquand ha publicado en *Le Génie Civil* un artículo sobre este tema, del cual vamos a extraer lo mas interesante.

Hasta hace poco el volúmen total de agua que constituia la provision de Valparaiso era de cerca de mil metros cúbicos para cada 24 horas, i como la poblacion es de mas o ménos 120 000 habitantes, a cada uno le correspondía un volúmen de agua de solo 80 litros por dia, cantidad mui insuficiente.

En 1889 se aprobó un proyecto, formado por el señor Lyon para aumentar la cantidad de agua potable, proyecto conocido con el nombre de "Peñuelas" i que consiste en retener las aguas lluvias en la cuenca de una quebrada, de 10 000 hectáreas de superficie, por medio de un trenque hecho con tierra a traves de una garganta de la quebrada.

Como no se tenian observaciones meteorológicas hechas en el mismo Peñuelas se tuvo que emplear, para calcular la cantidad de agua que se almacenaria, las observaciones hechas en Valparaiso, que está 350 metros mas abajo i distante 20 kilómetros del lago en proyecto.

La altura media del agua caída en Valparaiso durante 53 años es de 0, m 375. Con esta base se tiene que el lago recibiria anualmente 37 500 000 metros cúbicos, volúmen de agua que queda disponible i que deberia extraerse anualmente tambien. Por desgracia el acueducto no se ha calculado para conducir los 102 739 disponibles cada 24 horas.

Las aguas ocuparán una superficie de 2 000 hectáreas, cuando lleguen a su nivel máximo.

El trenque de Peñuelas tiene una altura de 17 m sobre el terreno natural, un largo de 490 m en la parte superior i de 120 m en la base.

Su seccion transversal es la de un trapecio que tiene 8 m de ancho arriba i alcanza a tener 96 m en su base; el chaflan de amonte es de $\frac{3}{4}$ i el de avalle de $\frac{2}{3}$.

Contiene el trenque en el centro de su seccion, un núcleo impermeable formado por una muralla de arcilla amasada, que mide 2 m de espesor i 6 m en su base, al nivel del suelo. A partir de aquí el espesor disminuye hasta el fondo. Los chaflanes del núcleo son de $\frac{1}{10}$.

El resto del terraplen está formado de dos clases de tierra. La parte interior, que envuelve al núcleo de arcilla, la constituyen tierras arcillosas escojidas i sus chaflanes son de 45°. La parte exterior se ha hecho con maicillo sacado de un empréstito, maicillo que se apreta por compresion i riego.

Los chaflanes se han empedrado i se ha suprimido un parapeto de albañileria de 2 m de alto, previsto, porque las olas mayores no pasan de 0,30 en esa parte del lago.

La ejecucion del terraplen ha exigido dos veranos, pues, no era posible trasportar los 200 000 metros cúbicos necesarios en una sola campaña dada la condicion establecida en el pliego de condiciones de hacer el transporte por medio de carretones, carretas, carretillas, prohibiendo en absoluto el uso de vias férreas.

Las tierras se descargaban i estendian con regularidad por capas de 0, m 20 de espesor máximo.

El señor Marquand cree que debia haberse empleado las vias férreas para el transporte i rodillos acanalados de fundicion, de peso determinado para efectuar la compresion de las tierras. Asi se habria evitado la acumulacion de vehículos, sobre todo cuando el trenque tenia ya cierta altura i por consiguiente, poco ancho en su parte superior.

Antes de hacer otra capa de 0,20, se regaba la superficie mediante bombas a vapor, tratando de obtener cierto grado de humedad

sin produccion de barro. Los dias domingos i feriados se utilizaban para hacer un regadio mas abundante, i diariamente las bombas trabajaban una hora o dos al cesar el trabajo. Así se obtuvo una compresion tal que la dureza del terraplen, observada por medio de sondeos, era superior a la del terreno natural en el punto donde se hacia el empréstito.

Durante la ejecucion del terraplen se mantuvo el perfil trasversal de modo que la superficie superior ofreciese una inclinacion de $\frac{1}{15}$ hácia el muro central del arcilla.

Las escavaciones para la muralla central se continuaron hasta llegar al granito, o sea hasta una profundidad de 10 m bajo el terreno natural, en una estension de 110 m bajo la parte mas alta del trenque. En las partes laterales solo se llegó al terreno de granito descompuesto, pero suficientemente duro i homogéneo.

Antes de comenzar los terraplenes laterales al muro de arcilla central, se limpió la superficie del terreno sacando todo el terreno vegetal suelto.

En el primer verano se abrió el herido central i se sacó la tierra suelta. El cubo de estos desmontes llegó a 36 000 metros cúbicos.

Despues se hizo el muro central i los terraplenes por capas hasta emparejar con el terreno natural. Las escavaciones se mantuvieron secas por medio de agotamientos.

En el verano siguiente se principió por avivar las superficies para obtener la traba.

El revestimiento de piedra se hizo a partir del terreno duro a a medida que se levantaba el terraplen, principalmente en el lado de amonte.

El núcleo central se hizo de tierras escojidas que se mezclaban con arena cuarzosa, cuando no tenia la proporcion suficiente. La mezcla se hacia en aparatos sistema Roger i era recibida a su salida en carretones forrados con palastro, que la conducian al punto necesario. De la orilla del núcleo la arcilla se esparcia a pala por capas horizontales de 0 m 10 de espesor. La superficie se mantenía siempre mojada i para asegurar la union de las capas, la inferior se estria-

ba con rastrillos, que la cruzaban en todas direcciones, ántes de aplicar la capa superior.

La arcilla del núcleo central se dejaba siempre 0, m 20 mas alta que los terraplenes laterales, para mantener la alineacion.

Se emplearon 21 000 m³ cúbicos de arcilla amasada.

El agua se saca por una torre cilíndrica de fundicion de 1, m 80 de diámetro, que está situada en un extremo del trenque. Tiene 4 válvulas de admision de 0, m 60 de diámetro, colocadas a diferentes alturas. Todas son dobles, estando una al exterior i otra al interior de la torre para poder cerrar, aun en caso de accidente a alguna de ellas.

Para no sacar sino agua decantada, la válvula inferior se ha colocado a 5 m sobre el fondo del lago. Así se ha reservado un volumen de 2 600 000 m³ en el punto mas bajo del lago, para recibir los sedimentos arrastrados por las aguas. Es claro que al cabo de cierto tiempo este fondo se habrá embancado por completo i entónces no se tendrá un medio económico para impedir que estos sedimentos lleguen a la válvula inferior de toma. Debía haberse establecido una salida o acueducto de limpia, que habria permitido efectuarlas anualmente por medio de los 2 600 000 m³ de agua. Así se habria mantenido siempre el fondo del lago en su nivel primitivo. Felizmente como las pendientes del terreno adyacente son mui suaves los arrastres son de poca importancia i se tiene ademas la intencion de rearbolar proximamente la mitad de las 10 000 hectáreas utilizadas.

Del maciso de fundacion de la torre parte una cañería de fundicion de 0, m 762 de diámetro interior, que conduce el agua a los filtros de arena colocados en la cercanía del trenque.

Esta cañería atraviesa el trenque casi perpendicularmente a su eje longitudinal, por dentro de un túnel de albañilería de ladrillos, rodeado esteriormente por hormigon de cemento. En el extremo opuesto a la torre se ha construido una cámara que permite visitar la cañería para ver si se ha movido o si hai escapes.

Cuando lleno, el lago contendrá 95 millones de m³ de agua, cubriendo una superficie de 2 000 hectáreas. Para evitar que las

aguas rebalsen el trenque, se ha abierto un desagüe de manera que el nivel superior del lago quede siempre 2 m mas abajo que el coronamiento del terraplen. Este desagüe es un canal de 280 m de largo con una pendiente media de 0, m 06 por metro i un ancho en el fondo de 60 metros, en su punto de partida, para terminar en un ancho de 10 metros.

Se compone el desagüe de un zampeado i dos muros laterales cuyos paramentos interiores están inclinados de $\frac{1}{10}$. La base del zampeado i las caras exteriores de los muros laterales son de hormigon; los paramentos visibles, tanto del zampeado como de los muros se han hecho con grandes mampostes empotrados, por decirlo así, en el hormigon. La mezcla contiene 510 kilogramos de cemento portland ingles por 9 hectólitros de arena.

La pendiente formidable de 6% dada a este desagüe, que dejará pasar hasta 200 m³ por segundo, concluirá por destruir la obra. Habria sido mas racional no pasar de una pendiente máxima de 0, m 03 por metro.

Los 5 filtros de arena son rectangulares, de 50×60 m cada uno lo que da para todos una superficie filtrante de 1 500 m² mas que suficiente para asegurar los 34 000 m³ que cada 24 horas dejará pasar el acueducto.

Los filtros se componen de un zampeado de hormigon rodeados por muros de mampostería revestidos exteriormente por una capa de hormigon de 0, m 20, e interiormente por una capa de ladrillo de 0, m 20, enlucida con mezcla de cemento. No se explica este revestimiento interior de ladrillos en un pais donde hasta hoi solo se hacen ladrillos de calidad mediocre. Este mismo sistema ha sido adoptado por el autor del proyecto en la construccion del depósito de distribucion.

Otra observacion que merece anotarse es que como el acueducto que conduce las aguas del lago al depósito de distribucion, tiene 20 kilómetros de largo, habria sido mas conveniente construir los filtros en su extremo inferior i no en el punto de partida.

La capa filtradora se compone, desde el fondo, de 2 hiladas de la-

drillos, colocados en seco, cubiertos primero por una capa de cascajo de 0, m 20 i encima una capa de arena perfectamente lavada, de 0, m 50 de espesor. Las aguas filtradas se recojen, a la salida de los filtros, en un acueducto de 2 m de abertura que corre a lo largo de los filtros i que lleva las aguas al acueducto jeneral.

De los 20 kilómetros del acueducto jeneral hai 2 600 metros en túneles, de los cuales el mas largo tiene 500 metros.

En su trayecto hai diez sifones, teniendo el mas profundo 55 metros.

La pendiente media de este acueducto es de un milímetro por metro; su seccion rectangular tiene 0, m 80 de ancho por 0, m 90 de altura de piés derechos. Está cubierto por una bóveda semicircular.

El acueducto puede conducir a lo sumo 65 000 m³ cada 24 horas; pero los sifones solo tienen 0, m 762 de diámetro interior i no pueden suministrar mas que 34 000 m³ en el mismo tiempo.

Se ve que ni el acueducto ni los sifones satisfacen la condicion de dar cabida a 102 379 m³ cada 24 horas, cantidad correspondiente a los 37 500 000 m³ que como mínimo se almacenan anualmente en el lago.

El proyecto consultaba la construccion del acueducto con ladrillos; pero en vista de la imposibilidad de conseguir buenos ladrillos en el pais, se cambió, durante la ejecucion, el ladrillo por hormigon.

De los diez sifones los principales son:

	Largo desarrollado		Profundidad
Sifon de la Fábrica.....	375 metros.....		39,50
Id. Matancilla.....	267	id.....	55,00
Id. Manzano.....	417	id.....	49,60
Id. La Cadena.....	272	id.....	41,00

En el punto mas bajo de cada uno hai una válvula de limpia que permite vaciarlos completamente. Es de sentir que para llenar estos importantes sifones i para evitar las entradas de aire i por consiguiente los golpes de ariete, no se haya establecido una cañería

de 0, m 15 a 0, m 20 de diámetro interior, que se habria insertado en el punto mas bajo del sifon i habria permitido llenarlos de abajo a arriba.

A la entrada i salida de cada sifon se ha construido una cámara de albañilería con vertedero al costado para el exceso de agua.

Ya hemos visto que el trazado del acueducto tiene 20 kilómetros de largo desde los filtros hasta el estanque de distribucion i que la cañería matriz que está a continuacion, tiene 6 kilómetros de largo. Este trazado describe una gran vuelta, en plano, vuelta que un estudio mas detenido del terreno habria permitido evitar, pues, segun el señor Marquand, existe otro trazado mas corto i mas ventajoso, que habria hecho ahorrar 8 kilómetros de desarrollo. Es verdad que el nuevo trazado obliga a abrir un solo túnel de 1 500 metros de largo; pero el trazado actual tiene por todo 2 700 metros en túnel i ademas 1 200 metros de sifones.

Por otra parte, en el trazado adoptado, hai 14 kilómetros del acueducto contruidos en terreno de pendiente fuerte, surcado por numerosas quebradas, lo que, cada invierno, obligará a hacer grandes gastos de conservacion.

En su extremo próximo a la ciudad de Valparaiso el acueducto termina en un depósito de albañilería situado a 300 metros sobre el nivel de la ciudad i que tiene una capacidad de 20 000 metros cúbicos, volúmen insuficiente comparado con el gasto diario de 34 000 metros cúbicos i con las probabilidades de averías en los 20 kilómetros de desarrollo del acueducto. Mas tarde será necesario aumentar la capacidad del depósito o construir otros nuevos.

Tiene el depósito 125 metros de largo por 65 metros de ancho i está dividido en dos compartimentos por un muro trasversal de ladrillos. Los muros exteriores son de mampostería con mezcla de cimento, forrados esteriormente por una capa de hormigon de 0, m 20 e interiormente por un revestimiento de ladrillo de 0, m 20. Está cubierto por una doble série de bóvedas de 5 metros de luz, que se cortan en ángulo recto i que reposan sobre pilares, que son, como tambien las bóvedas, de ladrillo con mezcla de cimento.

Forma el zampeado una capa de hormigon de cimento cubierta por dos hiladas de ladrillos. El interior del depósito está enlucido con mezcla de cimento i arena.

Sobre las bóvedas hai una capa de tierra de 0, m 50 de espesor encima de las claves.

Las aguas salen del depósito de distribucion por una cañería matriz de fundicion, de gran diámetro, i que está situada a una altura de 300 metros sobre la ciudad, paralelamente a su contorno. El diámetro de esta cañería va disminuyendo a medida que se aleja del depósito: tiene 0, m 91 a la salida i pasa despues por los diámetros de 0, m 83, 0, m 75, 0, m 68 para terminar en 0, m 60. Forman su perfil lonjitudinal una série de profundos sifones, el mas importante de los cuales tiene 70 metros de hondura.

De la cañería matriz salen once ramales secundarios, siguiendo las crestas de las lomas para soldarse en la canalizacion preexistente en la ciudad.

Como el autor del proyecto no ha tomado en cuenta la utilidad que puede sacarse de semejante volúmen de agua que salva un desnivel de 300 metros, se ha contentado, para evitar la ruptura de los cañones, con colocar, de distancia en distancia, depósitos compensadores de presion, automáticos. Ya se ha estudiado la manera de aprovechar la fuerza motriz, que servirá poderosamente para el desarrollo de las pequeñas industrias, para la traccion eléctrica de los carros urbanos, para facilitar el establecimiento de numerosas ascensores de subida a los cerros, para alumbrar la ciudad con electricidad, etc.

Termina el señor Marquand su artículo, criticando la falta de estudios bacteriológicos de las aguas i la falta de los cálculos indispensables para el estudio de una obra tan séria, que segun dice, solo se estableció por comparacion con otros trabajos análogos del extranjero.

Le Génie Civil, Marzo 12 de 1898.

D. C. O.