

JUICIO CRÍTICO

SOBRE LAS OBRAS DE AGUA POTABLE DE SANTIAGO

(Conclusion)

CAPÍTULO VI

AGUAS DE VITACURA I OBRAS DE CAPTACION

Su origen.—Calidad del agua deducida de la Historia i experiencia, de su origen, de su análisis químico e hidrotrímétrico.—Causas de contaminacion que ellos indican.—Otros peligros de contaminacion.—Obras de captacion.—Defectos inherentes a ellas mismas.

El agua de Vitacura proviene de una napa poco profunda (mas adelante queda esto probado suficientemente), la cual no es otra que *la corriente subterránea* del rio Mapocho.

Este rio, como todos los de Chile, tiene una parte superficial i otra subterránea; la parte superficial es su caudal visible, la parte profunda acompaña a la primera en su corriente. Esta parte profunda queda visible cuando en la ribera el nivel del suelo se abaja, ya naturalmente, por la topografía misma del terreno o por una escavacion artificial, i entónces se hace visible en forma de laguna, arroyo o pozo.

Al poniente de Santiago, por ejemplo, la corriente superficial del Mapocho desaparece, solo existe el caudal subterráneo i en el Resbalon (lugar situado a 8 kilómetros al poniente de Santiago, camino de la calle de San Pablo afuera) la corriente subterránea se eleva hasta la superficie i comienza a notarse lagunas que crecen, se unen i forman de nuevo la corriente superficial.

Lo que sucede en el Resbalon con la corriente subterránea, es lo mismo que se nota en Vitacura en menor escala.

La causa primordial de este fenómeno en Vitacura, es, sin duda, el cambio brusco de direccion que el rio experimenta en esta localidad; viene corriendo directamente hácia el poniente i se encuentra con los cerros del Salto de Conchalí, los que lo obligan a tomar rumbo al sur.

El obstáculo que encuentran las aguas i que naturalmente mas pronto se hará sentir en las capas profundas, por haberse estrechado el cauce que las contiene, con la prolongacion subterránea de las faldas de los cerros, produce una especie de estancamiento que eleva el nivel de las aguas hasta hacerlas aparecer en la superficie.

Para comprender mejor la posibilidad de la anterior hipótesis, bástenos notar que las vegas (o vertientes como se les ha llamado) de Vitacura se producen en la *puerta de desagüe* (así podemos llamar a esa rejion) de la gran hoya que manda sus aguas al Mapocho. Para deducir esto, basta mirar una carta jeográfica de Chile, como la de Pissis por ejemplo, i eso mismo se ve a la simple vista, como tuve ocasion de comprobarlo en una escursion hecha ex-profeso.

Así, se notan por el poniente los cerros de San Cristóbal i el Salto, que con los de la Dehesa, encierran esa hoya por el poniente i norte; por el oriente delimita esa hoya el primer cordón de los Andes. El cerro de Lo Castillo como a 200 m. al oriente de la *Cajita de Vitacura*, es nada mas que la terminacion de un contrafuerte de la cordillera que partiendo de los cerros de Apoquindo se ve aparecer en suaves lomajes, que limitan por el sur esa estensa cuenca, cuyas aguas tienen su escape en Vitacura.

De lo que dejamos dicho i del conocimiento que se tiene de la constitucion del suelo del valle del Mapocho, *terreno de acarreo cascajoso i mui permeable*, de todo ello se desprende el orijen de las aguas de Vitacura.

El no es otro que las filtraciones del rio, de las aguas de riego, de lluvia i deshielo de esa hoya; las que impregnando el subsuelo se escurren por los intersticios del terreno, cuya naturaleza ya enunciarnos, siguen las *thalwegs* i corren hácia el punto mas bajo, i por fin al llegar a Vitacura son estrechadas por la conformacion del valle en esta parte, pues es racional suponer la union subterránea de los cerros de San Cristóbal i Lo Castillo. De lo cual se concluye que las aguas de Vitacura provienen de infiltracion de aguas superficiales i estan contenidas en una capa permeable (cascajo).

Si al estrechamiento del rio en la rejion de Vitacura se agrega la vejetacion abundante que se mantiene allí, se comprenderia fácilmente la formacion de estas vertientes lo que es mui frecuente en nuestros rios, con la diferencia que, tales aguas no se les llama de *vertientes*, sino de *vega o revenimiento*.

Al hablar de la calidad i cantidad, encontramos fenómenos que ponen de manifiesto el ya citado orijen.

Calidad del agua de Vitacura.—Estas aguas por su orijen, *aguas subterráneas de la primera napa, que reciben infiltraciones de riegos i corrientes superficiales* i que en realidad no son sino estas mismas *clarificadas pero no depuradas*, al pasar al traves del filtro natural que constituye el terreno de acarreo que forma el subsuelo, las clasificaremos en la categoría de *peligrosas* o por lo ménos *sospechosas*.

Calidad del agua de Vitacura deducida de la historia i esperiencia.—Cuando en 1892 i 1893 se pensó abastecer a Santiago con las aguas de Vitacura, hubo voces que condenaron esas aguas fundándose en los datos suministrados por la tradicion; pues segun ellos el *agua del Mapocho* que bebían los habitantes en tiempo de la colonia i que *hacia mal a la jente*, segun dejamos espuesto en el cap. I, páj. 212 de los ANALES, de la *Reseña Histórica*, que forma la primera parte de este estudio, era la misma agua cono-

cida hoy con el nombre de Vitacura i que se traía a la ciudad por un cauce *acequia de la ciudad*, como se la llamaba, la cual tenía su oríjen en la vega de Vitacura.

Pero de los datos recojidos i libros consultados, no encuentro suficientemente comprobado que ese fuera el oríjen de la acequia i creo no estar léjos de la verdad al afirmar que la *acequia de la ciudad* tomaba sus aguas del rio Mapocho, mas arriba de la actual Vitacura i pasaba por esta rejion bordeando la barranca que por el oriente limita la vega.

De la historia i la esperiencia no se puede, pues, sacar argumento para condenar directamente esas aguas; las que quedan condenadas, segun esa fuente de informacion, son las del Mapocho, pero indirectamente cae ese fallo sobre las de Vitacura, pues hemos dicho que éstas son consecuencias de aquéllas.

Indicaciones sobre la calidad del agua de Vitacura deducida de su oríjen.—Al recorrer la vega de Vitacura basta la mas lijera observacion para deducir su oríjen, i en consecuencia, sus malas cualidades i la variabilidad de ellas.

Nos referimos a las indicaciones que la naturaleza de la vejetacion próxima a un manantial pueden darnos sobre la calidad del agua, sobre todo si ella es superficial como la de Vitacura.

Así el doctor Federico Puga Borne en su obra *Elementos de Hijiene*, tomo I, páj. 368, dice: «Los berros (*Nastartium of medicinale*) i el cardo (*Cardamine nasturtioides Baru*), mas abundante en Chile caracterizan las que son excelentes.»

«Crecen los Verónicas i los *Potamogetar* en las que son de buena calidad; las romazas (*Rumex*), mentas, cicutas, cañas (*Arundo*), las ciperaceas (*Carex arenaria*), cortadera, *Mulacochaete riparia*, totora, tagua-tagua, scirpus i cyperus, etc., en los mediocres. La *Tipha angustifolia*, cula, paja de estera i la *Phragmites communis* (*arundo phragmites*) cañavera, carrizo, viven en las aguas mas impuras.»

Es un hecho conocido que la diferencia en la calidad de vejetacion de una agua está ligada a la cantidad de materia orgánica que contiene.

En Vitacura la variedad de vejetacion nos indica las diferentes cualidades del agua, así, se notan berros en una acequia al pié de una barranca (véase plano) lo que nos haria considerarlas como buenas; en otras se encuentra el *carrizo*, indicio de mayor impureza, i es de notar la gran cantidad de carrizo que existe en esa rejion.

La variedad de vejetacion nos hace ver que el agua de Vitacura no tiene una composicion uniforme, cualidad mala en una agua potable.

Rendimiento de las vertientes, sus variaciones i consecuencias.—A las causas de infeccion que el agua de Vitacura puede experimentar por infiltracion de aguas superficiales cargadas de materias orgánicas, tenemos que agregar otras provenientes tambien de su oríjen.

Nos referimos a las variaciones de su caudal. Dichas variaciones quedan manifestadas en el cuadro que encontramos en la Memoria de la Empresa de Agua Potable, correspondiente a 1896.

En ese cuadro se ve de un modo imperfecto, durante los años 1894 i 1895, pero ya claro en 1896, la lei que siguen las variaciones del caudal de las vertientes de Vitacura.

Ese cuadro nos indica que a principios de Enero de 1896 teníamos un máximo que apreciábamos en 41,100 m. cc. i el caudal disminuye hasta Junio, en que alcanza a 34,500

m. cc. por día; para aumentar en seguida hasta Diciembre, en que tenemos 48,600 m. cc.; como lo vemos, hai cierta lei: *caudal máximo en los meses de verano, Diciembre, Enero i Febrero; caudal mínimo en el invierno, meses de Mayo, Junio i Julio.*

Los anteriores hechos nos inducirian a pensar que el orfjen de las aguas de Vitacura es una corriente profunda, subterránea, proveniente del derretimiento de las nieves en la cordillera, que naturalmente coincide con la época de los mayores calores.

Pero no es necesario ir tan léjos para encontrar la esplicacion de ese aumento de caudal en verano, basta fijarse en la constitucion del suelo i lo que pasa en esa época en los terrenos colindantes de Vitacura para comprender el cómo i por qué de esas variaciones en el caudal.

El suelo del valle de la hoya, que manda sus aguas a Vitacura, como dijimos ya, es formado por terreno sedimentario de acarreo, cascajoso i luego permeable; a proximidad de Vitacura existen chácaras, planteles i potreros de empastadas, que necesitan riegos constantes, i tan abundantes como nuestros campesinos acostumbran hacerlo en el verano es de notar que esos riegos son verdaderas inundaciones. En vista de lo espuesto, se comprende cómo esa agua se infiltra, corre por entre los intersticios del terreno i llega así a aumentar el caudal de los drénes de captacion de Vitacura.

En el invierno, el caudal disminuye, pues los riegos no se efectúan, i las lluvias, que no son mui abundantes en la latitud de Santiago, humedecen el suelo; pero no con tanta fuerza (permítaseme la espresion) como las de riego. Así los riegos cubren en pocas horas los potreros con una capa de agua de 8 i mas centímetros, miéntas que las lluvias, intermitentes por lo jeneral, arrojan sobre el suelo una cantidad de agua de 2" a 3" (5 a 7 cm.) en 20 o mas horas, perdiéndose, en consecuencia, parte de ella por evaporacion; la lluvia que no alcanza a formar una gruesa capa de agua sobre la superficie del suelo, no funciona del mismo modo en cuanto a la filtracion, que la del riego, la cual estendida en gruesa capa (8 cm.) favorece la filtracion por la carga que ella ejerce por los intersticios del terreno, sobre el agua consumida.

Así queda explicado las variaciones en la produccion de las vertientes de Vitacura.

Antes de examinar los defectos, en cuanto a la calidad del agua, que acarrean esas variaciones en la produccion, veamos lo que de ello mismo se puede deducir:

El aumento en el verano, la disminucion en el invierno nos dicen que el agua de Vitacura proviene de la primera napa o napa de los pozos.

Para probar esto me basta citar lo siguiente; de los pozos que yo conozco; pozo en el fundo «Lo Mackenna» (Pasos de Huechuraba) al norte de Santiago; «Lo Prado» en el Carrascal; pozo en la propiedad de don Francisco Zelada, cerca de la Escuela de Artes i Oficios; pozos de Gubler i Cousiño, cerca de Vitacura; de la Lavandería Hijiénica i de varios otros que tengo noticias, etc., en todos ellos se nota lo que en Vitacura: *caudal máximo en el verano i mínimo en el invierno.*

Lo antes dicho pone de manifiesto la verdad de la hipótesis sentada: *que las aguas de Vitacura provienen de infiltraciones superficiales de una grande estension de terreno i principalmente de los cercanos a sus obras de captacion i que ellas estan contenidas en una napa poco profunda, que no es otra que la napa de los pozos. A estas aguas se las clasifica como PELIGROSAS. «Curso de Hidráulica, C. Koning, Año 1895, páj. 30.»*

Veamos ahora los inconvenientes que, en cuanto a la calidad del agua, acarrearán estas oscilaciones de nivel.

El agua en el descenso del nivel, abandona materia orgánica, microbios, etc., en el espesor del suelo que deja libre i que vuelve a inundar al elevarse, i es un hecho averiguado que estas alternativas favorecen las fermentaciones pútridas i la procreacion de jérmenes microbianos.

Ahora, si se nota que en la vega de Vitacura la capa superficial es de orijen orgánico, vegetal i animal, mezclado con el lodo depositado por las creces del rio, se verá los peligros de infeccion que esas oscilaciones acarrearán, pues las aguas que brotan en muchos puntos al nivel del suelo revelan que el agua subterránea alcanza a llegar a la superficie.

Por otra parte, en los puntos en que el agua aparece i queda estancada, como se ve con frecuencia en Vitacura, la vida vegetal, como está a la vista, i la vida animal, se ejercen activamente; bajando el nivel, esos organismos mueren, se descomponen i sus restos se mezclarán al agua cuando ella suba.

Por fin, es un hecho reconocido en las aguas subterráneas, que la capa de nivel movable no tiene una composicion fija, i es así que la variabilidad, comprobada por diferentes análisis, en la composicion química de las aguas de Vitacura, trae su orijen en aquella causa.

A las causas de alteracion de esa agua ya citadas, hay que agregar *los peligros de contaminacion en el trayecto que recorre antes de ser captada.*

Ellos pueden ser de orijen orgánico, vegetal o animal o sales *venenosas metálicas.*

Las aguas de Vitacura captadas en la parte mas baja de una gran estension de terreno en que viven miles de seres humanos i considerable número de animales, reciben forzosamente, de un modo directo, los jérmenes de los habitantes de las márgenes del rio, e indirectamente por las aguas de lluvia i regadío los jérmenes del resto de los habitantes que se encuentran en esa hoya.

Es cierto que las materias orgánicas que cubren el suelo a distancia del rio, experimentan transformaciones, antes de llegar a él i en la corriente misma, que desvirtúan sus malos efectos.

Pero esta depuracion, debida principalmente a la oxidacion de la materia orgánica en contacto del aire, no es completa.

Aun teniendo en cuenta esa depuracion propia de toda corriente superficial, nadie pondrá en duda la posibilidad de que los jérmenes del tífus, tisis, etc., puedan ser conducidos hasta Vitacura, siempre que existan aguas arriba individuos atacados de esas enfermedades, principalmente si se tiene en cuenta que las obras de captacion (drenajes) no prestan proteccion a esas aguas contra causas probables de infeccion.

A las causas citadas de contaminacion orgánica animal o vegetal, tenemos que agregar la contaminacion por sales minerales nocivas; las que pueden ser orijinadas por disolucion de minerales que encuentran los afluentes o el Mapocho mismo en su trayecto, lo que no es de extrañar, pues es sabido que abundan los minerales de cobre i hierro en los confines del Mapocho; pero esta es solo hipótesis poco probable.

Pero lo que pasa, en realidad, es que las aguas del Mapocho contienen sales de plomo i cobre, como lo probamos a continuacion copiando el siguiente certificado encontrado en el Instituto de Hijiene:

«El Director del Instituto de Higiene certifica que la muestra de agua, tomada en la boca-toma de la acequia de Apoquindo de los Padres Dominicos, núm. 82-A, presentada por el doctor don Absalon Prado el día 11 de Agosto de 1893, contiene por cada 1,000 gramos:

	Grs.
Plomo.....	3,180
Cobre.....	0,732

No se se ha encontrado mercurio, estaño, arsénico ni antimonio. — *F. Puga Borne.*»

Las aguas del Mapocho fueron por aquella época tan venenosas (al ménos a la proximidad de los establecimientos mineros de las Condes, de donde se arrojaba al rio las sales metálicas que envenenaban su agua), que murieron en la hacienda de «Apoquindo» considerable número de vacunos.

En la chacra de «Lo Herrera» me dicen que era manifiesto el mal que hacia el agua, alcanzando a morir algunos animales i la causa no era otra que el agua del Mapocho; pues el mal cesó por completo haciendo beber al ganado agua del Maipo.

Actualmente no existe el peligro directo de contaminacion de las aguas del rio por sales minerales, pues desde que acontecieron los hechos ántes citados se prohibió vaciar las aguas cargadas de sales metálicas, de los citados establecimientos mineros, en la corriente del rio i ello se hace actualmente en un islote del mismo rio, islote que está espuesto a ser inundado en craces; cargándose entónces los aguas de sales metálicas, las que pronto tendríamos en Vitacura.

Examinados ya el oríjen i los peligros de contaminacion de esas aguas, pasemos a ver:

Sus cualidades como potables.—Ellas son enunciadas de la siguiente manera por el señor C. Koning: «Curso de Hidráulica», año 1895, páj. 19 . . . «Para que una agua sea potable puede decirse, en resumen, que debe ser saludable i agradable al gusto, esto es, clara, fresca, sin sabor i sin olor» i continúa: «*El Anuaire des Eaux* de Francia dice: una agua puede considerarse buena i potable cuando es fresca, trasparente, sin olor; cuando su sabor es casi nulo, sobre todo cuando no es desagradable, ni salada, ni dulce; cuando contiene pocas materias estrañas; cuando lleva bastante aire en disolucion; cuando disuelve el jabon i cuando cuece bien las legumbres.»

Todas estas condiciones son satisfechas por el agua de Vitacura, a escepcion del aire en disolucion, que es en pequeña cantidad, como tendremos ocasion de explicarlo al tratar del análisis químico.

Sigue el señor Koning, páj. 20: «Deberia agregarse a estas condiciones, dice M. Delhotel, que no haya sido contaminada por micro-organismos patójenos, pues su presencia hace que el agua sea dañina.»

Respecto a este punto encontramos datos importantes en el *Boletin de Higiene i Demografía*, en el número correspondiente a Enero de 1900, i que trae los términos medios mensual i anual correspondientes a análisis hechos durante el año 1899, como se ve en el cuadro siguiente:

MESES DEL AÑO 1899	AGUA DE VITACURA	
	Número de colonias por c/m ³	Bact-Coli
Enero.....	19	1 vez
Febrero.....	32	1 vez
Marzo.....	227	1 vez
Abril.....	51	nó
Mayo.....	1,883	1 vez
Junio.....	2,076	nó
Julio.....	4,507	nó
Agosto.....	5,372	nó
Setiembre.....	3,160	nó
Octubre.....	56	nó
Noviembre.....	28	nó
Diciembre.....	107	nó

El mismo *Boletín de Higiene* agrega: «Recorriendo las cifras medias mensuales del número de jérmenes encontrados en Vitacura, es decir, en el agua tan pronto como sale de los tubos de drenaje, se nota que durante los meses de invierno i aun en Setiembre, la riqueza en bacterios es excesiva i que en Julio alcanza a mas de cuatro mil quinientos por centímetro cúbico»; i agrega: «Ahora, si consideramos los análisis semanales encontramos cifras estraordinariamente altas, así, por ejemplo, el 31 de Mayo 6,765, el 25 de Junio 11,016, el 8 de Agosto 8,580, el 6 de Setiembre 9,856 i el 29 de Noviembre 14,299!!» i sigue diciendo: «Estos aumentos deben ser atribuidos en su mayor parte a las abundantes lluvias caídas durante el invierno pasado i en parte quizas a las frecuentes creces del Mapocho.»

Como vemos, el mismo *Boletín de Higiene* se encarga de darnos un nuevo dato sobre el orijen de las aguas de Vitacura que hemos calificado como proveniente de infiltraciones de corrientes superficiales mas o ménos próximas; pues segun el mismo *Boletín* la gran cantidad de microbios encontrados en ella proviene «en parte quizas de las frecuentes creces del Mapocho.»

Los análisis bacteriolójicos que estamos examinando nos conducirian a condenar bajo este punto de vista a las aguas de Vitacura, pero no queremos llegar a conclusiones,

bástenos dejar la palabra al Instituto de Higiene que en el *Boletín* citado concluye diciendo:

«En resumen, podemos decir que en atención a la abundancia del término medio de jérmenes i a las altas cifras de algunos análisis, los resultados del exámen bacteriológico han sido *bastante desfavorables para el agua de Vitacura*», i agrega: «Aguas que tan fácilmente reciben contaminaciones bacterianas pueden sin dificultad ser portadoras de de jérmenes patójenos.»

I en efecto, el Bact-Coli se encontró en las aguas de Vitacura i en el Estanque de «La Providencia» (segun datos del *Boletín de Higiene i Demografía*, número correspondiente de Junio a Diciembre de 1900) en las siguientes fechas del año 1900: Los días 12, 19 i 26 de Julio; el 2, 16, 23 i 30 de Agosto; el 5, 13 i 21 de Setiembre; el 3, 11, 25 i 31 de Octubre i 7 de Noviembre; estos análisis se hacen semanalmente de modo que ha habido meses como Agosto en que el agua ha estado todo el mes infestada.

De lo espuesto se desprende que el agua no cumple con las condiciones indicadas por M. Delhotel, pues que ella se encuentra contaminada por el Bact-Coli, micro-organismo patójeno.

El señor Koning continúa diciendo: «Por fin, segun Delseaux, es de desear que una agua destinada al consumo tenga una temperatura sensiblemente constante i una composición química uniforme.»

En cuanto a la temperatura del agua de Vitacura, no sé que existan esperiencias concluyentes al respecto, solo tengo conocimiento de que en los meses de Junio, Julio i Agosto de 1894 se hizo observaciones, encontrándose que su temperatara fluctuó entre 13 i 15 grados; esto es un buen indicio; pero lo limitado de esas esperiencias no nos permite deducir conclusiones al respecto.

Respecto a la «composición química uniforme» indicada por Delseaux, se puede afirmar que no la tienen las aguas de Vitacura; pues en los diversos análisis se encuentran variaciones en las cantidades de sus componentes i aun se encuentran sustancias en algunos análisis que no aparecen en otros.

Para comprobar esto último comparemos los análisis hechos por los doctores don F. Puga Borne, don O. Maira i don A. Oyarzun de muestras de agua de Vitacura tomadas el 26 de Diciembre de 1893, el 8 de Enero i el 6 de Marzo de 1894 i que se registran en el informe pasado al Consejo de Higiene, con fecha 17 de Marzo de 1894; comparemos digo, estos análisis con los que da el *Boletín de Higiene*, número de Enero de 1900 i que da el resumen de los practicados en 1899.

Para mayor claridad formamos el siguiente cuadro:

Análisis del año 99.....	Residuo seco a 180°	Anhidrido nítrico	Cloro	Oxígeno consumido por la materia or- gánica.	Amoníaco libre	Silice	Alúmina fierro	Cal	Magnesia	Acido sulfúrico	GASES		Hidrójeno protocarbonado	Grado hidrotimé- trico total (frances)	Grado hidrotimé- trico permanente
	gr.										Oxígeno	Acido carbónico			
	0,257	0,0027	0,0152	0,00068	0,030052	-	-	-	-	-	-	-	-	11,83	5,60
Análisis de los años 99 i 04.....	0,223 a 0,234	0,001 a 0,005	0,010 a 0,017	0,004 a 0,008	indicios	0,036 a 0,024	0,0012 a 0,0024	0,055 a 0,060	0,001 a 0,014	0,052 a 0,058	3cm ³ a 8cm ³	4cm ³ a 11cm ³	Se notó des- prendimiento.	7,362 a 6,200	7,104 a 5,969

Este cuadro pone de manifiesto que la composición química de las aguas que estamos tratando es muy variable. Pero como entre estos análisis hai una diferencia de cinco años, veamos las conclusiones a que llega el Instituto de Higiene deducidas de análisis practicados durante todo el año 1899.

I al respecto dice: en cuanto al residuo seco se notan dos máximos en el promedio mensual; el primero en Junio i el segundo en Noviembre; la pérdida por calcinación tiene dos máximos correspondientes a los mismos meses i hace notar que en Junio de 1899 cayó 235 mm. 45 de agua i que en Noviembre, el segundo máximo *«parece coincidir con los riegos abundantes de los terrenos vecinos que se efectúan en el verano»*.

En cuanto al ácido nítrico *«se nota la mayor cantidad en Enero en tiempo de sequedad i de riego de los terrenos vecinos»*.

I al hablar del cloro dice el Boletín de Higiene: *«Este cuerpo tiene mucha importancia porque su proporción suministra datos importantes sobre la contaminación de las aguas por deyecciones animales»* i hace notar que los máximos de este cuerpo se han observado en Febrero, Agosto i Diciembre i dice: *«Otra vez haremos notar que en Agosto hemos tenido las lluvias mas abundantes del año, —312, mm. 60, — i que en Diciembre se hacen riegos abundantes»*.

I concluye el Boletín de Higiene diciendo: *«En resúmen, la composición de las aguas de Vitacura varía semanalmente, mensualmente i anualmente. Estas variaciones parecen tener relación directa con los accidentes climáticos, lluvias, sequedad, etc.»*, i agrega: *«Efectivamente el aumento de ciertos cuerpos coincide o con las grandes lluvias del invierno o con los riegos abundantes del verano»*.

Lo antes espuesto a mas de traernos nuevos datos en favor del ya indicado orijen de las aguas de Vitacura, nos hace ver que no cumple con la condición que debe reunir una agua potable, de tener una composición química uniforme.

Pasemos a examinar si las cantidades de los componentes que se encuentran en el agua de Vitacura son en proporciones perjudiciales.

Del informe de los doctores Puga Borne, Maira i Oyartzun, sacamos las deducciones siguientes, que en su mayor parte se encuentran consignadas en el citado informe:

Residuo de evaporacion por litro... { gr. 0,257. Análisis del año 99.
 { 0,223 a 0,234. Análisis Puga, Maira i Oyarzún.

Segun Reichardt los límites que establecen las exigencias a que una agua debe satisfacer en cuanto a residuo seco de evaporacion, por 1 litro son:

0,100 a 0,500 en gramos

el agua de Vitacura da como residuo máximo 0,257 luego bajo este punto de vista es aceptable.

Anhidrido nítrico... { 0,0027. Análisis del año 99.
 { 0,001 a 0,005. Análisis Puga, Maira i Oyarzun.

Segun Reichardt hasta 4 miligramos por litro es aceptable en una agua potable; esta cifra la hace subir Fischer a 27 miligramos.

El agua de Vitacura en cuanto a anhidrido nítrico queda, pues, comprendida en los límites fijados para una agua potable.

Cloro... { 0,0152. Análisis del año 99.
 { 0,010 a 0,017. Análisis Puga, Maira i Oyarzun.

El Comité Consultativo de Higiene Pública de Francia fija en 50 miligramos por litro la cantidad de cloro que hace a una agua sospechosa.

La de Vitacura queda inferior a esa cifra; pero si se compara con el agua analizada del Mapocho que en un litro ha dado gr. 0,0069 de cloro, el aumento en la proporcion de cloro, en el agua de Vitacura sobre la del Mapocho, nos hace sospechar de esa agua; pues en las aguas naturales (esceptuando las próximas al mar) el orijen de los cloruros se encuentra en las deyecciones animales i en la putrefaccion de sus cadáveres.

Concluimos que la proporcion de cloro (aunque no perjudicial) por ser mayor que la del Mapocho, nos hace ver que el agua de Vitacura está espuesta a contaminacion orgánica animal.

Oxígeno consumido por la materia orgánica... { 0,00066. Análisis del año 99.
 { 0,004 a 0,008. Análisis Puga, Maira i Oyarzun.

En realidad, de verdad una agua potable no debiera contener materia orgánica.

El Comité ya citado indica como *sospechosa* el agua que contenga mas de 3 miligramos por litro i *mala* la que contiene mas de 4.

El doctor P. Lemétayer en sesion del Consejo de Higiene de 23 de Agosto de 1880 lo fija así:

«La cantidad de materias orgánicas no deberá consumir mas de 3 miligramos de oxígeno por litro i no se deberá aceptar una agua que consuma mas».

Respecto a este punto, el agua de Vitacura, segun los análisis del Instituto de Higiene, año 99, seria aceptable. Pero segun los análisis de los doctores Puga, Maira i Oyarzun sobrepasa al límite de 3 miligramos ántes indicado; luego segun estos análisis esa agua es mala por contener mucha materia orgánica.

Amoníaco libre... { 0,000052. Análisis del año 99.
 { indicios. Análisis Puga, Maira i Oyarzun.

La cantidad de este cuerpo es tan pequeña que no merece observacion especial.

Silice... { no hace mencion. Análisis del año 99.
 { 0,038 a 0,024. Análisis Puga, Maira i Oyarzun.

La proporcion de sílice encontrada segun los análisis de los doctores Puga, Maira i Oyarzun es excesiva, pues es mayor que la de la fuente del Hotel de Ville de Noyon que contiene gr. 0,026 por litro i que por eso fué desechada.

Los señores Newman i Salazar *«Eximen de las aguas potables»* páj. 41, fijan en gr. 0,010 los compuestos admisibles en una agua potable.

El inconveniente de una agua demasiado silicosa son las picaduras frecuentes de los dientes, segun se ha tenido ocasion de comprobar en rejiones montañosas de Suiza i los Pirineos en que los habitantes beben aguas mui silicosas i ello es producido porque las aguas ricas en sílice dan *«en contacto de las sales de cal de la saliva compuestos inso- lubles que recubren los dientes de un producto que los descarna; destruye la enca; « los hace vacilantes; se opone a su nutricion perfecta i puede convertirse en causa « de cáries»* (1).

Las aguas de Santiago, aun las de Ramon, son todas silicosas; vemos aquí, pues, la causa de la mala dentadura tan comun en Santiago.

En vista de los análisis que estamos examinando, concluimos que las aguas de Vitacura resultan desechables por demasiado silicosas.

Alúmina i Fierro .. { no se hace mencion. Análisis del año 99.
 { 0,0012 a 0,0024. Análisis Puga, Maira i Oyarzun.

La pequeña cantidad de estos compuestos no influye en la calidad del agua.

Cal... { no se hace mencion. Análisis del año 99.
 { 0,055 a 0,060. Análisis Puga, Maira i Oyarzun.

En sí misma nada indica esta cantidad, pues ello depende del ácido que forma la sal, si es carbónico *bueno*; si es sulfúrico *malo*. Al hablar del grado hidrotimétrico examinaremos este punto.

Magnesia... { no se hace mencion. Análisis del año 99.
 { 0,001 a 0,014. Análisis Puga, Maira i Oyarzun.

La variabilidad en la proporcion de magnesia, encontrada segun análisis de los doctores Puga, etc., que contiene el agua, supone la introduccion de despojos orgánicos animales o vejetales i en consecuencia puede llegar a ser excesiva la proporcion de magnesia que contenga el agua.

Ademas, es de notar que la cifra 14 miligramos, encontrada en una de las muestras, es mayor que la cantidad 7 miligramos encontrada en el agua del Mapocho, segun muestra presentada al Instituto de Higiene por el doctor Puga Borne en 10 de Enero de 1894, signada con el número 337.

El agua de Vitacura conteniendo mayor cantidad de magnesia que la del Mapocho,

(1) ARMAND GAUTIER, *«Encyclopedie de Higiene et de Medecine»* Art, Eaux Potables, páj. 428.
 12 AGOSTO

debido a despojos orgánicos, nos suministra un nuevo dato en favor de su ya indicado origen, al mismo tiempo que nos hace ver los inconvenientes que ello acarrea con la probabilidad de convertir esas aguas en *demasiado magnesianas*,

M. Armand Gautier dice en su obra «Encyclopedie de Hygiene», etc., tomo II, páj. 427 a 428: «*Pero mas que las sales de cal las de magnesia, particularmente el cloruro, son purgantes i pueden en verano sobre todo no carecer de inconvenientes*», i continúa, hablando del efecto de las sales magnesianas introducidas en el organismo «*tienen a precipitarse al estado de fosfato amoníaco-magnesiano i a formar depósitos en diversos órganos, los riñones, la vejiga, etc.*».

A lo anterior hai que agregar que la presencia de la magnesia en el agua cuando es de origen mineral (rocas dolomíticas) es la causa, probada por la esperiencia, de la producción del coto. Así, esta enfermedad es endémica en algunos lugares de Suiza donde los habitantes beben agua magnesiana de origen mineral; lo que manifiesta que el micro-organismo del coto encuentra en las aguas magnesianas dolomíticas el medio apropiado a su subsistencia.

Concluimos, en vista de lo anterior, que el agua de Vitacura está espuesta a convertirse en demasiado magnesiana (por despojos orgánicos) i acarrear, en consecuencia, los inconvenientes apuntados.

Acido sulfúrico... { no se hace mencion. Análisis del año 99.
0,052 a 0,085. Análisis Puga, Maira i Oyarzun.

El Comité Consultativo de Higiene de Francia clasifica como *sospechosas* las aguas que contienen mas de 30 miligramos por litro i malas las que tienen mas de 50,

Las de Vitacura entran, pues, segun dicho Comité i segun los análisis de los doctores citados, en la categoría de malas.

Gases... { Oxígeno..... { no se hace mencion. Análisis del año 99.
3 a 8 cm. cúbicos. Análisis Puga, Maira i Oyarzun.
Acido carbónico { no se hace mencion. Análisis del año 99.
4 a 11 cm. cúbicos. Análisis Puga, Maira i Oyarzun.

La cantidad de oxígeno se ve que es escasa, luego el agua de Vitacura no cumple con la condicion de una agua potable, de llevar bastante aire en disolucion.

En una muestra el oxígeno fué de 3 cm. cc. i esta disminucion de oxígeno fué acompañada de un aumento en el ácido carbónico que llegó a 11 cm. cc.; estos hechos hacen presumir la presencia de microbios.

Por otra parte, M. Gautier en su obra citada, páj. 425, tratando de las aguas privadas de oxígeno dice: «*Pero hemos dicho que las aguas que contienen materias orgánicas sospechosas estan privadas de oxígeno i no se debe atribuir, como a veces ha sucedido, a la falta de este gas aéreo, sino a la presencia de las materias orgánicas sospechosas, acompañadas de numerosos bacterios i de fermentos anaerobios los fenómenos de sosería, de pesadez, de indigestibilidad de las aguas no aereadas.*».

De lo anterior deducimos que el agua de Vitacura contiene materias orgánicas sospechosas o *micro-organismos*, i esto último ha quedado comprobado, como es efectivo, con los análisis bacteriológicos cuyo resumen dimos ántes.

Hidrógeno protocarbonado. { No se hace mencion. Análisis del año 1899.
Se notó desprendimiento dice Análisis Puga, Maira
Oyarzun.

La presencia de este gas fué comprobada por el Director del Instituto de Higiene en Marzo de 1894 de la manera siguiente:

Notando en las fuentes de Vitacura burbujas de gas que suben a la superficie, el citado Director, en una muestra de dos litros, tomada en una fosa recién abierta en 19 de Marzo de 1894, sometida al análisis cualitativo reveló la presencia del gas hidrógeno protocarbonado o *gas de los pantanos*.

Esto haría clasificar a las aguas de Vitacura como AGUA DE PANTANO; pero ese hecho que no sé si se haya repetido puede haber sido debido a causas ocasionales i no estimamos justificado deducir conclusiones por un hecho aislado.

Grados hidrotimétricos (1) (Frances)..	}	Total.....	{ 11,83 Análisis año 1899. 7,362 a 6,200 Análisis Puga, Maira i Oyarzun.
		Permanente	{ 5,60 Análisis año 1899. 7,104 a 5,969 Análisis Puga, Maira i Oyarzun.

El Comité Consultativo de Higiene de Francia indica { 15° a 30° dureza total.
para las aguas potables..... } 5 a 12° dureza permanente.

Esto es, exige de 10 a 18° de carbonato de cal.

Examinando los análisis de las aguas de Vitacura, vemos que una muestra con 6°,200 de dureza total, da 5°,969 como dureza permanente i para otra con 7°,362 de dureza total tenemos 7°,104 para la dureza permanente.

El grado hidrotimétrico total es el obtenido por el procedimiento indicado en la nota (1).

El permanente es el que se obtiene sometiendo al agua a un ensayo semejante al primero despues de la ebullicion.

(1) Creemos que no estará demas recordar aquí en qué consiste la Hidrotimetría: Este es el medio para averiguar si una agua es dura o cruda; se dice que es cruda cuando endurece las legumbres i forma gránulos con el jabon.

La crudeza es debida a las sales de cal i magnesia. La Hidrotimetría se funda en la propiedad de las sales terrosas de dar jabones insolubles. El procedimiento consiste en echar gota a gota una disolucion alcohólica de jabon hasta que la agregacion de una sola gota produzca espuma consistente cuando se sacuda el frasco que contiene el agua. Dicha espuma no puede aparecer hasta que las sales terrosas de cal i magnesia hayan sido neutralizadas por una porcion equivalente de jabon.

Ahora, la dureza o crudeza es proporcional a las sales terrosas, luego la cantidad de tintura de jabon necesaria para producir la espuma sirve de medida para conocer la cantidad de esas sales que contiene el agua.

El licor de prueba se prepara con:

100 gramos de jabon de Marsella bien seco
1,000 » de alcohol a 90 cent.

Se caldea hasta la ebullicion i se filtra para separar el residuo sólido que podria encontrarse en el jabon i se agrega 1,000 gramos de agua destilada.

Un grado hidrotimétrico frances corresponde a 0,00001 de carbonato de cal.

La pequeña diferencia entre los grados hidrotimétricos total i permanente, que hemos hecho notar, nos hace ver lo insignificante de la cantidad de carbonato de cal que existe en esa agua i que se ha precipitado despues de la ebullicion; existiendo, pues, la cal en ella, principalmente en estado de sulfato.

Es un hecho reconocido que la cal al estado de carbonato es necesaria en las aguas de bebida; no pasa lo mismo con el sulfato de cal, pues existe la opinion entre los médicos de atribuir la formacion de cálculos vesicales, al uso de aguas calcáreas selenitosas.

De lo anterior deducimos que cada cual bebe diariamente, en el agua de Vitacura, una buena dosis de yeso, lo que a la larga nos hará sentir sus consecuencias.

Concluimos que el agua de Vitacura por su composicion hidrotimétrica no nos ofrece buenas garantías.

Drenajes de Vitacura.—Antes de dar un fallo sobre estas aguas, examinemos si las obras de captacion les ofrecen abrigo contra causas de contaminacion por corrientes superficiales inmediatas.

Las aguas que humedecen el subsuelo de Vitacura son captadas por tubos de drenaje cuya disposicion i dimensiones se indica en los planos.

La adopcion de drenes para captar estas aguas nos parece defectuosa, racional me pareceria sustituirlas por posos filtrantes. Ademas en el extremo norte los ramales secundarios que parten de los drenes principales parecen haber sido establecidos, por su direccion trasversal a la corriente del rio, especialmente para recojer las aguas filtradas de éste. Se comprenderá mejor lo que decimos si se nota que esos avenamientos estan colocados en una zanja de 2.50 m. de profundidad i que el terreno es plano en esa parte como lo indican las curvas de nivel (véase planos), de modo que el fondo de la zanja queda a un nivel inferior no solo del ordinario de las aguas del rio, sino *mas bajo que el lecho del mismo rio.*

Por otra parte, la distancia mínima entre los drenes i la corriente del rio es 70 m.

Todo esto hace presumir si es que no sucede en realidad (lo que no sé si ha sido comprobado por análisis comparativos de las aguas del rio i de la de los drenes) la introduccion del agua del rio, próxima a los drenes, en ellos.

A estos defectos hai que agregar otro mas peligroso aun, *la contaminacion del agua por corriente superficial dentro de la zona espropiada por el Municipio.* Esto será causado por el riego de las arboledas i jardines con que se ha adornado esa rejion.

Sin necesidad de detenerme mucho en este punto, voi a dar a conocer un hecho:

En visita a esa rejion me llenó de admiracion ver la plantacion que se habia hecho de una alameda de encinas en las cunetas de una avenida de 30 m. de ancho, cuyo eje coincide con la línea de los drenes principales, regando esos árboles segun me dijeron con las aguas de las acequias que pasan por los potreros i habitaciones adyacentes. Tenemos así una causa directa, inmediata de mezcla de la no mui buena agua de Vitacura con LA DE RIEGO.

Al grave hecho anterior tengo que agregar la presencia de caballos sueltos; dos que encontré pastando a proximidad de los drenes.

A lo ántes espuesto tenemos que agregar que la naturaleza del suelo de Vitacura i su ubicacion pueden ser otras causas de infeccion del agua captada por los drenes.

En efecto, se sabe que cuando se trata de aprovechar aguas subterráneas para abas-

tecer a una ciudad, es un punto capital fijarse en la naturaleza del terreno en que se van a establecer esas obras; el cual debe ser árido, léjos de todo centro habitado i de una corriente superficial mas elevada.

En Vitacura nada de esto se ha consultado, el suelo es pantanoso, cubierto de veje-tacion que no solo no se ha destruido sino que se ha *respetado* i *cultivado*; la capa de terreno vegetal es formada por el cieno que ha depositado el rio en sus inundaciones mezclado con los depósitos orgánicos vegetales de los árboles i materias orgánicas anima-les provenientes de las manadas que hasta hace poco pastaban en esa rejion; mas abajo tenemos cascajo de acarreo del rio i poco arenoso, de modo que el agua superficial de lluvia o riego atraviesa *rápidamente* ese terreno arrastrando las sustancias que ella lleva i las que encuentra a su paso, las que son arrastradas hasta los drenes.

Por otra parte, en las cercanías i aguas arriba de Vitacura i próximo a este terreno hai habitantes i es de notar que cada dia la poblacion se condensa mas en esa zona; así pues, en pocos años mas tendremos las aguas de Vitacura estrechadas por una poblacion que le mandará en las aguas corrientes todo jénero de inmundicias.

Nos queda, por fin, que dar a conocer un peligro inminente de que se encuentran, amagadas las obras de Vitacura.

Me refiero a la inundacion que una crece del rio puede hacer por el norte, donde está indicada la defensa proyectada i por el poniente en la estension a b.

Tal es el peligro que existe en esas partes, que del establecimiento de cerveceria de Gubler i Cousiño situado aguas abajo de Vitacura, que sufriria las consecuencias de una inundacion, se han mandado construir i construido ya defensas en esos puntos; pero estas defensas son mui imperfectas construidas de jervas de botellas rellenas de piedras. Me di-jeron existia un presupuesto de \$ 8,000 para ejecutar una obra definitiva, pero no tengo conocimiento de que haya sido ejecutada.

Conclusiones respecto al agua de Vitacura i sus obras de captacion.—El agua de Vitacura por ser:

1.º *Agua de una napa poco profunda que no es otra que la napa de los fosos la que trae su orjén de infiltraciones de aguas superficiales mas o ménos próximas al punto donde se captan.*

2.º *Por su mui variable composicion química i porque dados los resultados de los mui completos análisis, ya citados, practicados por los doctores Puga Borne, Maira i Oyurzun, contiene exceso de sulfato de cal, magnesia, sílice, poco carbonato de cal, escasez de oxígeno, presencia de cloro, ácido nítrico e hidrójeno protocarbonado.*

3.º *Por la naturaleza del terreno en que se han construido las obras de captacion.*

4.º *Por las obras de captacion mismas; pues las aguas procedentes de drenaje han sido siempre consideradas como sospechosas; así M. Armand Gautier dice: «habrá que abstenerse en cuanto sea posible de la bebida de las aguas provenientes de un drenaje» i el señor Carlos Koning «Curso Hidráulica» páj. 83. «El Drenaje es una mala solucion del problema de abastecimiento de agua potable a una poblacion».*

5.º *Porque a las aguas superficiales se las hace llegar hasta encima de los tubos de drenaje i filtrándose a traves del terreno penetrarán en ellos.*

6.º *Porque el agua de Vitacura proveniente de filtraciones de corrientes super-*

ficiales, nos da una agua clara pero no pura, puesto que la filtracion clarifica pero no purifica. Ademas el aprovechamiento de estas aguas no está justificado por la circunstancia de no existir otras mejores en cantidad suficiente, pues es sabido que tanto en el cajon del Mapocho como en el del Maipo se encuentran abundantes aguas potables i aguas DEL LLANO FILTRADAS como las de Vitacura son condenadas por los higienistas siempre que existan otras en mejores condiciones, lo que es el caso actual.

7.º Por la ignorancia de los encargados de vijilar esa agua segun se desprende de lo dicho poco ántes.

Todas estas causas i las fáciles de deducir de lo ántes espuesto, nos inducen a condenar las aguas de Vitacura, por no encontrar mas argumento en su favor que ser claras i frescas (aunque la constancia de su temperatura no se esté bien comprobada).

I condenamos las aguas de Vitacura a pesar de que no han causado aun los males que era de presajiar de su exámen.

Así, Santiago se abastece solo de esa agua desde mediados del año 1896, época en que con la aparicion del bact-coli en las aguas de Ramon, se prohibió surtir con ella a la ciudad, quedando únicamente abastecida con la de Vitacura, i nada hai en el estado hijiénico de la poblacion que nos dé base para un nuevo argumento en su contra. Pero el peligro existe i de un día a otro estamos espuestos a sentir sus efectos.

CAPÍTULO VII

CAJITA DE VITACURA.—CAÑERÍA SURTIDORA DEL ESTANQUE DE LA PROVIDENCIA.—ESTE ESTANQUE.—CAÑERÍA MATRIZ

La disposicion, dimensiones i funcionamiento de la cajita colectora de Vitacura se comprende fácilmente fijándose en los planos.

El agua de los drénes llega a ella por una abertura de 1. m. 50 × 1. m. 00 i de allí por intermedio del colador pasa a la cañería surtidora del Estanque Providencia, la válvula de cierre de esta cajita está situada dentro de la cajita. Una compuerta de 1. m. 50 × 1. m. 00, que en el fondo deja superiormente una abertura de 0. m. 25 para el rebalse, permite en un momento dado vaciar toda el agua al desagüe que va al rio.

Cañería surtidora $D=0.60$.—En el Capítulo II hemos fijado como dotacion para Santiago 75,000 m. cc. diarios.

El ingeniero don Valentin Martínez, autor de los proyectos de drénes en Vitacura i Estanque de la Providencia, estima que el agua de Ramon suministra a la ciudad o se puede hacerla suministrar como mínimo 20,000, m. cc. diarios, i para buscar los 55,000 restantes fué que se proyectó i llevó a cabo las obras de Vitacura i se calculó la cañería surtidora del Estanque con un gasto permanente de 55,000 m. cc. diarios, o sea 636 litros por segundo, segun nota pasada por el ingeniero señor Martínez al Municipio con fecha 2 de Abril de 1893.

Verifiquemos el diámetro de la cañería por medio de las tablas de Flamant.

Busquemos $\frac{V}{l}$ para 636 litros; este valor se encuentra comprendido entre 600 i 650

que se encuentran en las tablas i a los que corresponden 2.44 i 2.12 para $\frac{V}{l}$

Luego por 50 litros tenemos 0.32 de diferencia entre los valores de $\frac{\gamma}{I}$ para una diferencia de 650—636 = 14 litros la diferencia será de:

$$\frac{0.32 \times 14}{50} = 0.089$$

Luego $\frac{\gamma}{I}$ para 636 litros valdrá:

$$2.12 \times 0.89 = 2.209$$

Para tener la pendiente I, en vista de obtener γ , notemos que la cota del terreno en la cajita es 626, el fondo de la cajita está 3 m. mas abajo que ese nivel i el agua puede subir dentro de ella de 1. m. 50 luego la cota que debemos tomar respecto al Estanque es 624.50. La altura de agua en el Estanque es 5 m., luego la cota de ese nivel líquido será:

$$\text{Cota del fondo } 591 + 5 = 596$$

Luego la carga disponible entre los niveles líquidos de la cajita i el Estanque es de

$$624.50 - 596 = 28.50$$

El desarrollo de la cañería avaluado en el plano es de 3,500 m.

$$\text{Luego: } I = \frac{28.50}{3,500}$$

$$\text{i } \gamma \text{ valdrá } \gamma = 2.209 \times \frac{28.50}{3,500} = 0.0177$$

Este valor se encuentra comprendido entre 0.0240 para $D=0.55$ i 0.0158 para $D=0.60$.

Por interpolacion sacaremos fácilmente el valor de D correspondiente a $\gamma=0.0177$ i encontramos para este valor

$$D=0.59$$

Se tomó $D=0.60$ para tener una dimension comercial.

Estabilidad de la cañería. Velocidad del agua.—Tenemos la fórmula:

$$v = 20\sqrt{DI} = 20\sqrt{0.60 \times \frac{28.50}{3,500}} = 1.40 \text{ m.}$$

Como límite máximo podemos aceptar esa velocidad.

Estanque de la Providencia.—Su disposicion i dimensiones se indican en los planos.

Está dispuesto como estanque regulador, siendo una misma la boca de entrada i salida del agua. El agua de Ramon puede entrar en él; pero fué construido especialmente para almacenar el sobrante del agua de Vitacura en las horas en que el consumo es casi nulo en la ciudad, avalúa ese tiempo el ingeniero don Valentin Martínez en 8 horas i en él debe reunir el volúmen que corresponde con una dotacion de 55,000 m. cc. diario.

Luego su capacidad debiera ser:

$$\frac{55,000 \times 8}{24} = 18,333 \text{ m. cc.}$$

Se fijó en 20,000 m. cc.

Se adoptó la forma circular por economía en la albañilería i obra de mano.

La cubierta es metálica i muy próxima al nivel líquido, lo que tiene el inconveniente de no proteger el agua contra los cambios de la temperatura exterior.

Para la aereacion se ha proyectado un suspiradero central i rejillas clavadas al cabezo de las vigas de cubierta, que van apoyadas en el muro del recinto; las que permiten el paso al aire, deteniendo las hojas de los árboles i cuerpos livianos que el aire arrastra.

La cubierta es sostenida por columnas cuya disposicion i dimensiones se indica en los planos.

Verificacion de las dimensiones de las cantoneras i vigas de cubierta—La cubierta tiene una pendiente de 2" sobre el horizonte.

Adoptando para el viento una velocidad de 30 m. por segundo i el viento con una inclinacion de 15° sobre el horizonte, llegamos a una presion del viento por metro cuadrado de cubierta de 10 kg.

Para el peso del zinc de la cubierta tomamos término medio 10 kg. por metro cuadrado.

Para calcular las costaneras hemos tomado 800 kg. como densidad de la madera.

Con todos estos datos hemos encontrado que las costaneras mas largas, las de 8. m 80 trabajan a 134 kg. por centímetro cuadrado; doble del que se recomienda para trabajo a la flexion que es 60 kg. por centímetro cuadrado.

Las costaneras de 7 m. de largo trabajan a 83 kg. siempre excesivo, i las de 6 m. a 58 kg.

En cuanto a las vigas de la cubierta, de la dimension indicada en los planos, estan sometidas a la accion que le transmiten las cantoneras, i verificando su tasa de trabajo hemos encontrado 54 kg. por centímetro cuadrado a las que se apoyan en el muro de recinto, estas tienen como dimension trasversal 0. m. 20 x 0. m. 30; hai otras con dimensiones de 0. m. 20 x 0. m. 15 (véase planos), éstas trabajan a 104 kg. por centímetro cuadrado, lo que es excesivo.

Verificacion de las columnas intermedias—Para el peso que soportan las columnas, hemos encontrado 1,274 kg; el peso propio de ella con una altura media de 5.70 m. es 223 kg.

Para verificar la dimension de esta columna hemos partido de la fórmula

$$P = \frac{K \pi^2 E I}{n L^2}$$

En la cual

$$\begin{aligned} K &= 4 & E &= 10,000 \text{ kg. m/m}^2 \\ n &= 10 & I &= \frac{3.14 (100^4 - 80^4)}{64} \\ \pi &= 3.14 \end{aligned}$$

i obtenemos $P=5185$ kg., luego las columnas resisten sin peligro a la carga que estan destinadas a soportar.

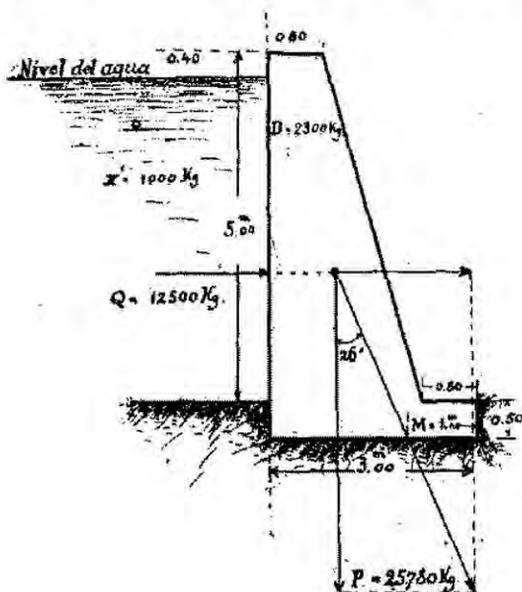
En cuanto a la presion en la base de la columna sobre el concreto del fondo, ella se ejerce en una superficie de $40 \times 40 = 1,600$ centímetros cuadrados i obtenemos como presion por centímetros cuadrados solo 0.9 kg.

Para la columna central, cuyas dimensiones se indican en el plano, hemos encontrado como peso que está destinada a resistir 6.730 kg. i haciendo la verificacion para ver si puede resistir esa carga hemos encontrado que puede soportar una carga ocho veces mayor.

En cuanto a la presion que trasmite al concreto del fondo por su plancha de apoyo de $120 \times 120 = 14.400$ centímetros cuadrados, es solo de 0.5 kg. por centímetro cuadrado.

Verificacion del muro de recinto.—Su disposicion i dimensiones se ven en los planos.

Estabilidad en la seccion correspondiente a un contrafuerte.—La composicion de las fuerzas P i Q nos da la resultante que corta en o , a la base del muro i tenemos



$o A = u = 1$ m., es decir estamos al límite de la lei trapecial, no alcanzando la albañilería a trabajar a la traccion; i en cuanto a la presion A valdrá:

$$p_a = \frac{2P}{3u} = \frac{2 \times 25780}{3 \times 100 \times 100}$$

$$p_a = 1.7 \text{ kg. por } \text{cm}^2$$

El equilibrio de deslizamiento (muy importante en este caso, pues se supone que la

parte entre contrafuertes es empotrada en ellos i por eso resiste) queda asegurado, pues el ángulo de la resultante con la normal es $26^\circ < 35^\circ$.

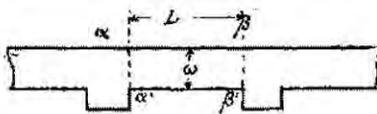
Cálculo de la parte entre contrafuertes.—El cálculo de estos muros no obedece a reglas fijas i jeneralmente se adoptan sus dimensiones por comparacion con otras existentes.

Sin embargo, verifiquemos sus dimensiones siguiendo para ello el procedimiento indicado por M. Boudin i que damos detalladamente por creer que pueda tener algun interes.

Consideremos el equilibrio estático del trazo aa' , $\beta\beta'$. Las fuerzas resistentes son: el peso P del muro i las fuerzas transversales θ desarrolladas en las secciones aa' i $\beta\beta'$.

Como fuerzas solicitantes tenemos el empuje Q del agua.

La expresion del momento resistente respecto a o será:



$$M_{res_o} = P\sigma + 2 \int \theta z d\omega z$$

en que

$$P = \omega L \pi$$

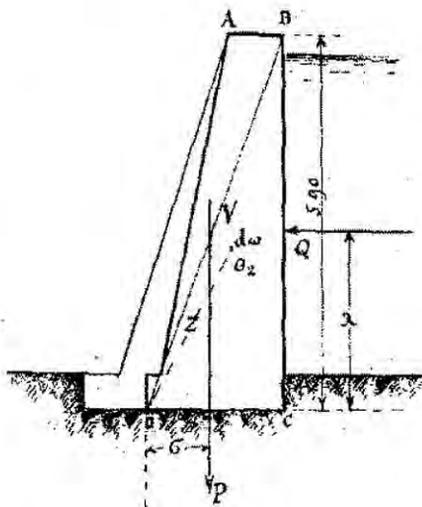
i como:

$$\frac{\theta_z}{z} = \frac{\theta_{m\acute{a}x}}{V}$$

se tendrá:

$$M_{res_o} = P\sigma + \frac{2\theta_{m\acute{a}x}}{V} \int z^2 d\omega$$

$$M_{res_o} = P\sigma + \frac{2\theta_{m\acute{a}x}}{V} I_o''$$



En esta expresion I_o'' es el momento polar de la seccion ω del muro, $\theta_{m\acute{a}x}$ la tension transversal que se desarrolla en el punto mas apartado B a la distancia V del eje o de momentos.

El momento solicitante será:

$$M_{solic} = Q\lambda$$

En resumen, tenemos como ecuacion del equilibrio estático:

$$\pi \omega L \sigma + 2 \theta \frac{I_o''}{V} = m Q \lambda \dots (1)$$

Apliquemos esta ecuación al muro en cuestión con los siguientes datos:

$$\pi = 2300 \text{ kg.}$$

$$L = 3,50 \text{ m. (distancia entre contrafuertes)}$$

$$\lambda = 2,16 \text{ m.}$$

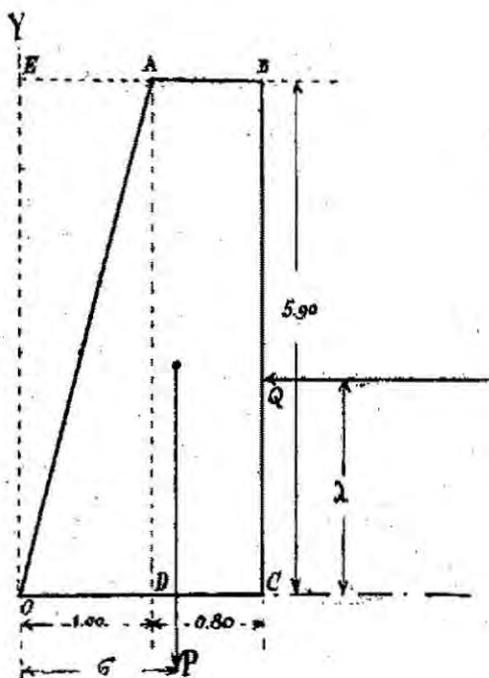
$$Q = 12.500 \text{ kg.}$$

$$\omega = \frac{1,80 + 0,80}{2} \times 5,9 = 7,67 \text{ m}^2$$

$$\sigma = 1,10$$

$$V = 6,20$$

$$m = 3 \text{ (este es un coeficiente de seguridad).}$$



Calculemos el momento de inercia polar I_o'' .

$$I_o'' = \int z^2 d\omega = \int x^2 d\omega + \int y^2 d\omega = I_x + I_y$$

o sea la suma de los momentos de inercia de la sección ω respecto a los ejes X e Y .

Para el I_x descompondremos ω en un rectángulo $ABCD$ i un triángulo OAD .

$$I_x = \frac{1}{3} 0,81 \times 5,9^3 + \frac{1}{12} 1 \times 5,9^3$$

$$I_x = 71,883 \text{ m}^4$$

Para I_y descompongamos ω como sigue

$$\omega = EBCO - EAO$$

$$I_y = \frac{1}{3} \times 5,9 \times 1,8^3 - \frac{1}{12} 5,9 \times 1^3$$

$$I_y = 10,9780 \text{ m}^4$$

Por consiguiente

$$I_o'' = I_x + I_y = 82,861 \text{ m}^4$$

Ahora sustituyendo en la fórmula (1) nos queda:

$$2300 \times 7.67 \times 3,5 \times 1,10 + 2 \theta \frac{82,861}{6,20} = 3 \times 12500 \times 2,16$$

i de aquí

$$\theta_{\text{máx}} = 489 \text{ kg. p. m.}^2$$

ó sea

$$0,049 \text{ kg. por } \frac{\text{cm}^2}{\text{m}^2}$$

M. Boudin fija para θ como máximo 0.4 kg. p. $\frac{\text{cm}^2}{\text{m}^2}$, luego, según esa teoría, el muro es por demás resistente.

En cuanto a la longitud L la experiencia indica 3.50 m. como máximo.

Cálculo de la cañería matriz de $D=0.80$.—El ingeniero don Valentín Martínez calcula esta cañería en las siguientes condiciones, según nota pasada al Municipio con fecha 2 de Abril de 1893:

«La cañería matriz debe permitir el escurrimiento de los 55,000 m^3 (cantidad que se proyectaba tomar de Vitacura) solo en las horas de consumo i debe ser capaz de escurrir la mitad de ese volumen en 8 horas, o sea 954 litros por segundo». Además calcula esa cañería en la hipótesis de llegar a la Plaza de Armas con 22 m. de carga piezométrica.

La cota de la Plaza, esquina de Puente, es 558 m.

En el estanque de la Providencia la cota del fondo es 591 m., luego tenemos como desnivel 33 m.; siendo 2,720 el desarrollo de cañería de la Plaza al estanque i quitando los 22 m. para la carga piezométrica, tenemos como pendiente

$$I = \frac{11}{2,720}$$

Con esa pendiente i el gasto conocido $Q=954$ litros por segundo, se llega fácilmente, por el método antes indicado, a que el diámetro debe ser 0.79; se adoptó 0.80 para tener una dimensión comercial.

En cuanto a la velocidad del agua en esta cañería calculada por la fórmula $u=20\sqrt{DI}$ encontramos en este caso $u=1.20$ m., velocidad aceptable.

Hasta fines del año 1898 las obras destinadas a surtir de agua potable a Santiago se encontraban en el estado que dejamos descrito.

En la Memoria del Administrador de la Empresa de Agua Potable correspondiente al año 1900, encontramos datos en que se da a conocer el haberse ejecutado diversas mejoras como ser:

En Vitacura: Trabajos de defensa en el deslinde norte a fin de evitar que el río inunde esta rejion.

La antigua Cajita Colectora de Vitacura construida el año 94 era defectuosa, perdiéndose mucha agua por filtraciones, i no siendo posible proceder a la compostura de la Cajita sin suspender el servicio de agua de la ciudad, se resolvió la construccion de una nueva Cajita, la cual ya ha sido ejecutada, siendo su ubicacion hácia aguas abajo de la antigua i en situacion tal que se ha habilitado un nuevo avenamiento que, viniendo del oriente, se une al drenaje principal; este nuevo dren tiene 80 m. de largo i da un rendimiento medio de 2,400 m. cc. diarios.

En Ramon: Se ha colocado 2,865 m. de cañería de 400 mm. entre la Quebrada de Ramon i los Estanques de la Reina destinada a reemplazar la acequia o acueducto que conducia el agua, i se ha continuado con la colocacion de la cañeria de 450 mm. entre los Estanques de la Reina i el Estanque Regulador de «La Providencia.»

Tal es el estado en que se encuentran hoy las obras que abastecen de agua potable a Santiago.

CONCLUSION

Lijeras observaciones sobre el servicio de agua potable en la ciudad.—Medio de mejorarlo.—Cantidad de agua disponible por habitante.—Cómo se puede aumentar esa cantidad i su costo aproximado.

El aspecto de la red de cañerías en Santiago es el de una red ramificada; pero no existe disposicion aplicada a una regla fijada de antemano, teniendo defectos en el trazado, a lo que se agrega la pequeñez de los diámetros. Esto ha provenido de que, como dijimos ántes, las cañerías se han colocado sin obedecer a un plan meditado i sí solo para satisfacer servicios determinados sin tener en cuenta el desarrollo futuro.

En apoyo de lo anterior citaremos lo que al respecto la Memoria de la Empresa de Agua Potable correspondiente al año 1896 dice: «Lo mismo que en los años anteriores « el servicio ordinario de la Empresa se ha visto entorpecido por la estrechez de la red « de cañerías de distribucion que no permite a los habitantes de Santiago toda el agua « que necesitan i que producen las fuentes de Ramon i Vitacura.»

Con posterioridad al año 1896 se ha ido ensanchando la red i estendiéndola a los barrios apartados. No conozco el plan que se sigue en estos ensanches de la red; pero sé que ello se hace obedeciendo a un proyecto determinado que consistirá, a la vuelta de algunos años, en surtir a los habitantes de los diferentes barrios con una cantidad de agua proporcional al número de personas por abastecer; lo que no pasa en la actualidad, pues hai barrios populosos que estan abastecidos por una dotacion unitaria inferior a la de

otros barrios de menor poblacion, i ello solo proviene de defectos en la red de cañerías establecidas para surtir esos barrios.

Creemos que al modificarse, como se está haciendo, la red de cañerías de la ciudad, debe adoptarse la *red de mallas* si se tiene en cuenta que el agua, como he podido notarlo en ciertas épocas del año, arrastra un légamo mui fino. Esto lo observé en el invierno del año 99 durante días mui lluviosos, i ello ha provenido probablemente de que el agua de lluvia, atravesando el cascajo que cubre los drenes de Vitacura, llega a ellos arrastrando sustancias terrosas.

Estableciendo una *red de mallas*, como se indica en vista de lo anterior, los *depósitos* i obstrucciones en la parte baja de la ciudad, no se producirían con la frecuencia que en una red ramificada.

Decíamos mas arriba que el abastecimiento unitario en Santiago no es uniforme, i en corroboracion de lo anterior, copiamos a continuacion lo que la Empresa de Agua Potable en su última Memoria dice al respecto:

«Sin efectuar trabajos de mejora, Vitacura da un caudal medio de 28,000 m. cc. « diarios i Ramon 18,000 m. cc. diarios, lo que hace un total de 46,000 m. cc. diarios» i agrega: «La poblacion actual, calculada, de Santiago, sin contar las subdelegaciones « rurales de la comuna Recoleta i basada sobre el censo de 1895, es de 293,000 habitan- « tes. Si la cantidad de 46,000 m. cc. fuera *igualmente repartida* en toda la ciudad, « cada habitante dispondria de $\frac{46,000,000}{293,000} = 157$ litros por dia, cantidad del todo insu- « ficiente en la actualidad i con mayor razon despues de la construccion del alcantari- llado.»

I continúa diciendo: «Estudiando en sus detalles la distribucion actual de la red de « cañerías i el consumo de la ciudad, se deduce que 33,000 habitantes no gozan del uso « del agua, 174,000 disponen de 90 litros cada uno por dia, i 86,000 gozan de 267 litros « cada uno por dia.»

Como se ve, el abastecimiento en la ciudad es irregular i deficiente, lo que es alarmante para la higiene de la ciudad, pues el estado actual puede ser de funestas consecuencias en épocas de epidemia.

En vista de lo anterior, creemos que se impone como medida inmediata *provisoria*, la ejecucion de obras que permitan aumentar la cantidad de agua que se capta tanto en Vitacura como en Ramon.

Aunque no conocemos el proyecto en detalle, sabemos que el ingeniero don Valentín Martínez ha practicado estudios para mejorar las obras de toma del agua de Ramon, lo que permitiría disponer en años secos de 20,000 m³ diarios. Por otra parte, la dotacion media de Vitacura fué en 1900 de 30,000 m. cc.; esta cifra es susceptible de ser fácilmente aumentada ya sea prolongando los drenes hasta alcanzar nuevos avenamientos o construyendo pozos de paredes impermeables i fondo filtrantes, lo que permitirá captar las corrientes profundas que existen en esa rejion i aumentar así la cantidad disponible. Se supone que por estos medios se conseguirá, con costo relativamente pequeño, obtener en Vitacura una dotacion que no baje de 55,000 m³ diarios.

Con estas cantidades nos parece racional abastecer la ciudad en la forma siguiente: Dividir la ciudad en dos barrios:

Barrio Alto: $\frac{1}{4}$ de la Poblacion desde la Plaza al oriente; número de habitantes 75,000; dotacion 20,000 m³ diarios o sea $\frac{20,000,000}{75,000} = 266$ litros por día i habitante.

Esta dotacion se haria con el agua de Ramon transformando los Estanques de «La Reina», en Reguladores.

Barrio Bajo: los $\frac{3}{4}$ restantes desde la Plaza al poniente i norte del Mapocho; poblacion 225,000 habitantes, abastecidos con agua de Vitacura o sea $\frac{55,000,000}{225,000} = 244$ litros por día i habitante.

Esta solucion la indicamos como provisoria i no puede estimarse de otra manera si se tiene en cuenta que no somos partidarios del agua de Vitacura i aceptamos ésta miéntras tanto se ejecutan las obras destinadas a proporcionarnos otra agua mas pura.

Ademas, como lo hemos visto, aun mejorando el servicio actual, solo se consigue una dotacion unitaria para Santiago que no alcanza a 300 litros por día i habitante. Esta cifra la estimamos solo suficiente para satisfacer el servicio privado; cifra que debe ser aumentada a 500 litros, a fin de disponer de una cantidad suficiente para atender al servicio público, riegos, fuentes, lavado de cañerías i alcantarillas de desagüe i para incendios cuando esten concluidos aquéllos.

Este último punto es mui importante si se tiene en cuenta que las acequias quedarán suprimidas cuando se construyan los desagües i habrá que preocuparse seriamente de proporcionarse agua en cantidad suficiente para apagar los incendios.

Es sensible que próximo a Santiago no se encuentren fuentes que proporcionen en cantidad suficiente el agua necesaria; pero felizmente, aunque un poco léjos, existen abundantes i de mui buena calidad. Nos referimos a la de las lagunas «Negra», «Del Encañado», situadas en el extremo oriente del valle del «Manzanito», tributario del rio Yeso, afluente del Mapo i distantes 100 km. de Santiago.

Las aguas de estas lagunas que se forman por depósitos de derretimiento de las nieves de los cerros que las rodean, son potables segun opinion de la Comision nombrada por el Gobierno i que, en Noviembre del año próximo pasado, hizo estudios de su calidad i cantidad.

Segun el ingeniero don Jorje Neut, miembro de esa Comision, el caudal mínimo que pueden suministrar esas fuentes es de 150,000 m. cc. diarios i segun el mismo señor Neut: «El costo de las obras completas de aduccion fluctuará de 7 a 7 $\frac{1}{2}$ millones de « pesos.»

Supongamos que el costo sea un poco mayor puesto que el señor Neut no ha hecho estudio definitivo al respecto; tambien puede ser menor; pero para ponernos en las peores condiciones, supongamos que el costo que demande traer el agua a Santiago sea de 9 millones de pesos. Esta cifra representa un gasto de 30 pesos por habitante en Santiago i creemos no solo justificado sino obligatorio para un Gobierno invertir la suma de 30 pesos por habitante, a fin de procurar el agua, elemento esencial de la vida, en cantidad suficiente i libre de peligro de contaminacion; creemos mas todavía, pues nos parece que los habitantes de una poblacion tan importante como Santiago tienen *derecho a exigir*

ese gasto; pues así obtendrán agua pura i en cantidad suficiente para mejorar las condiciones hijiénicas del medio en que viven i quién sabe si para evitar los grandes males que la deficiencia del servicio actual puede acarrear.

Sin tiempo suficiente para estudiar el problema con detalle, nos contentamos con indicar la solución del problema del «Abastecimiento de agua para Santiago» solo a grandes rasgos, dejando a personas mas carecterizadas i con mayor preparacion la no despreciable tarea de resolver el problema completamente.

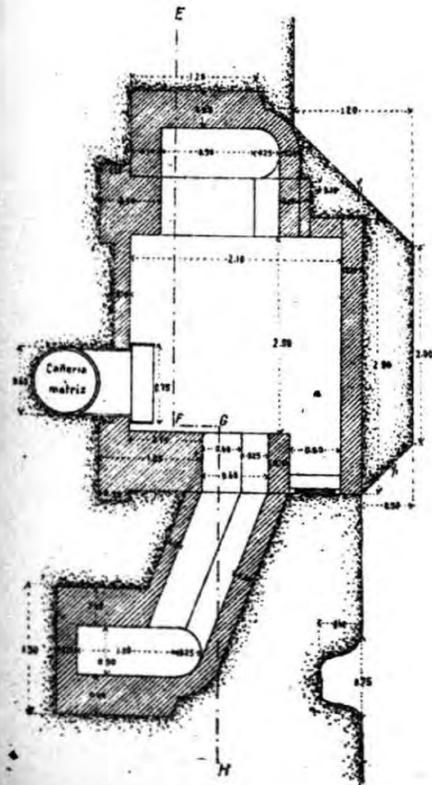
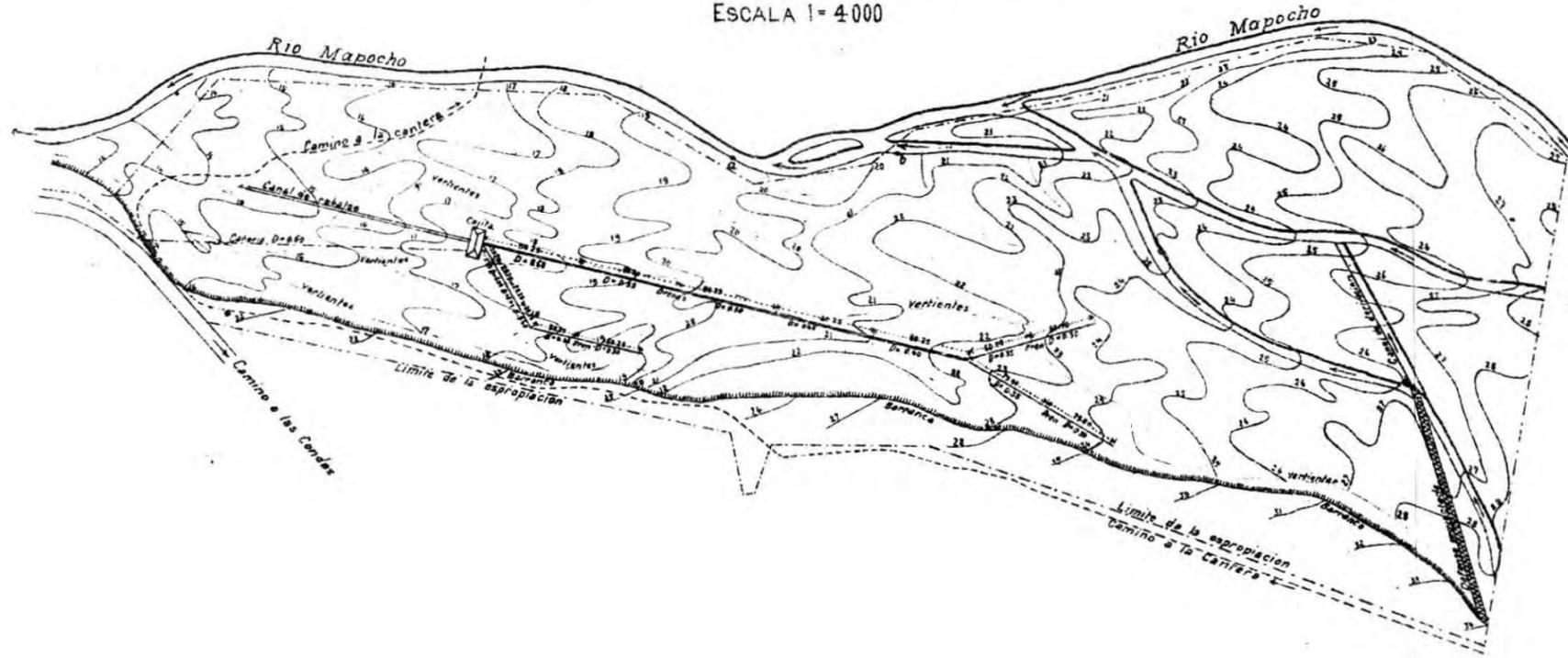
Santiago, Octubre de 1901.

JORJE CALVO MACKENNA



PLANO DE VITACURA
I DE LAS OBRAS DE CAPTACION

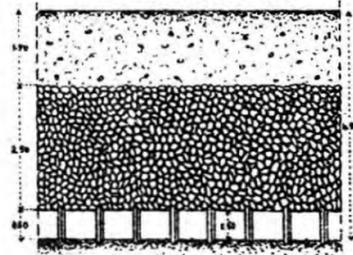
ESCALA 1=4000



Corte segun MM

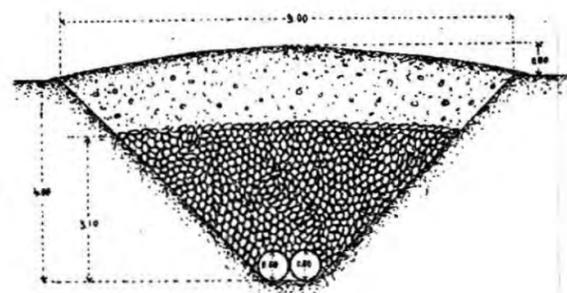
Corte longitudinal
de los drenes

Escala: 0,005=1 M

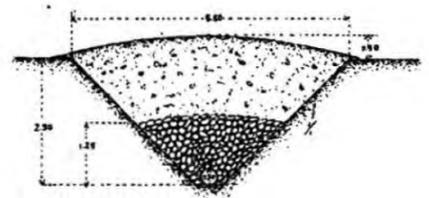


Corte trasversal

Escala: 0,005=1 M



Corte trasversal

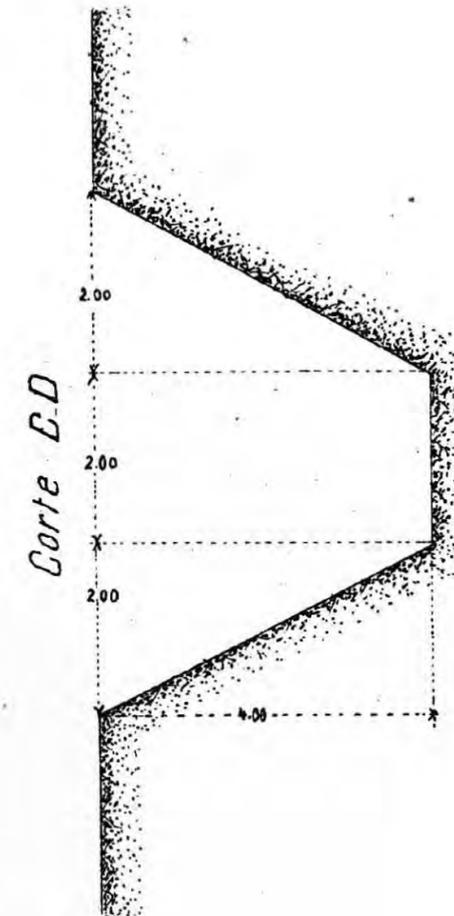
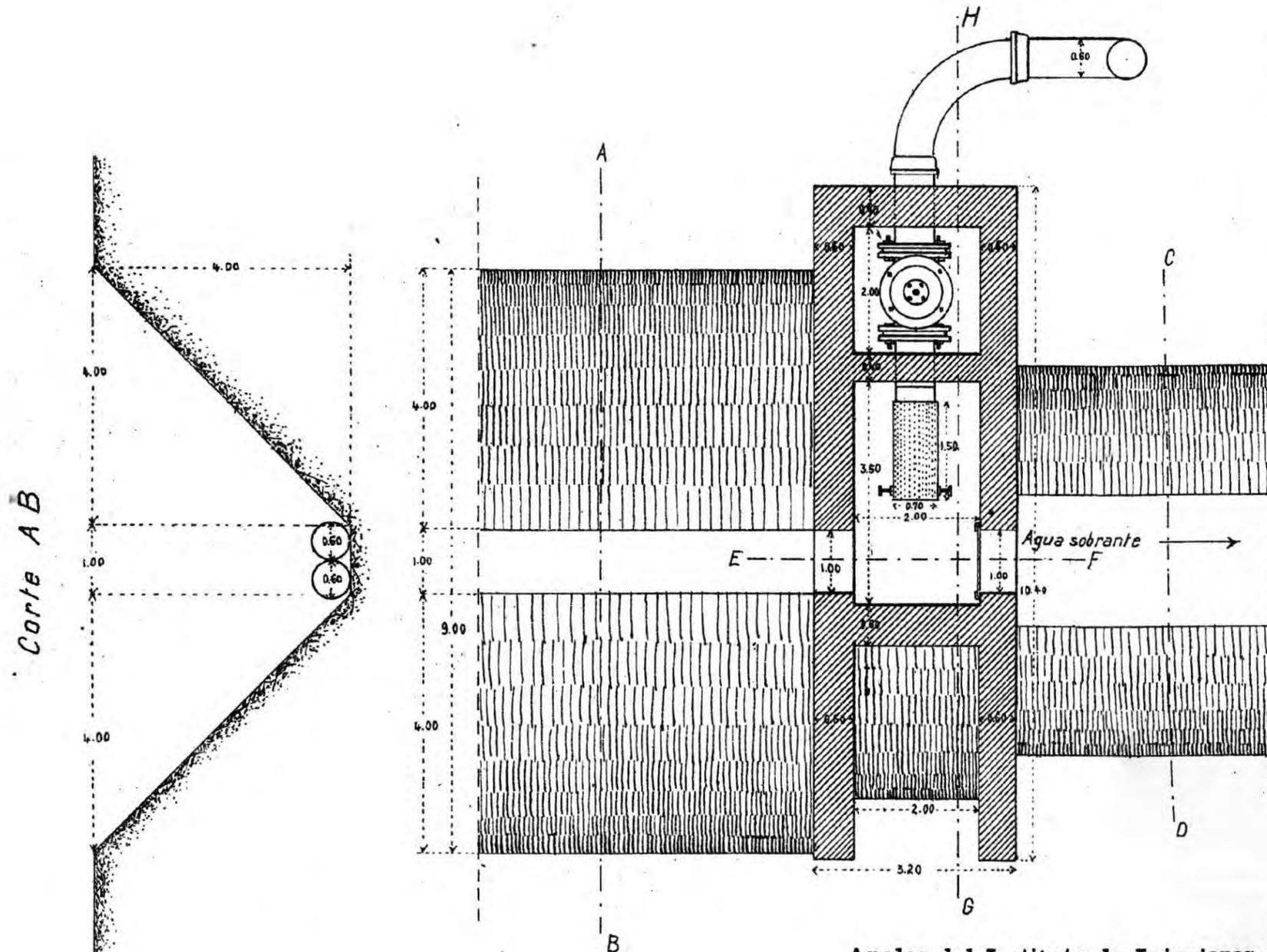
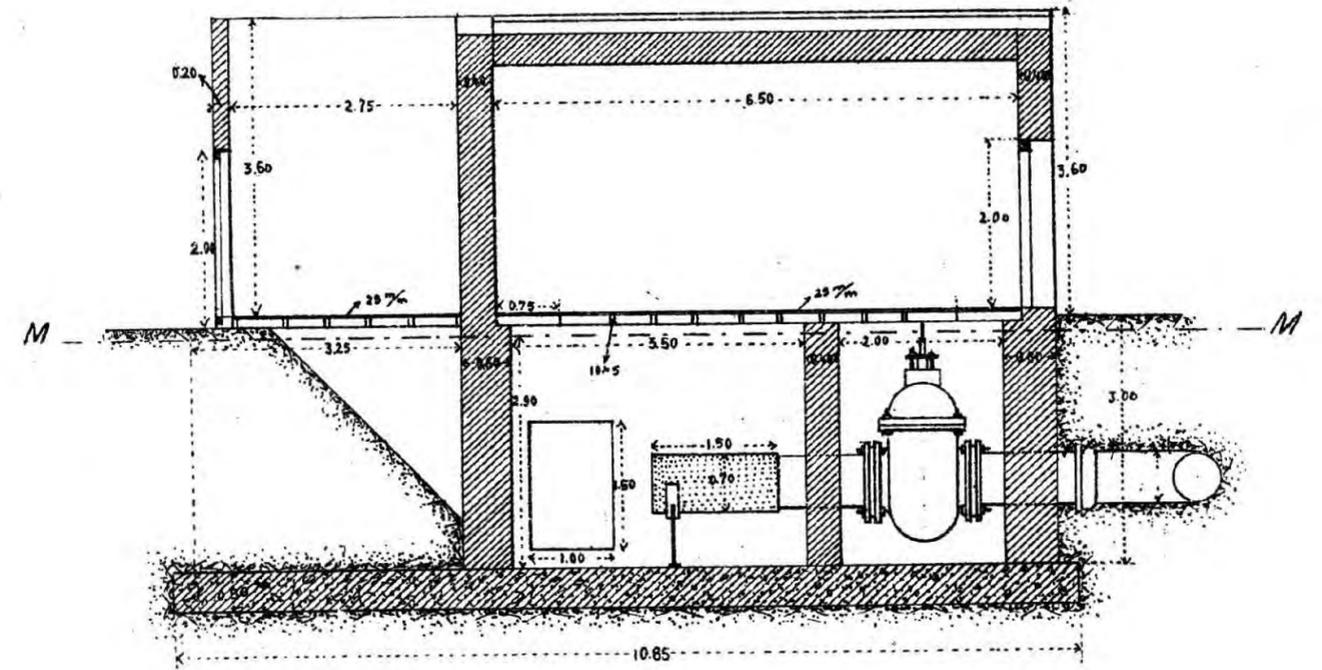


Corte H G

CAJITA DE VITACURA

Plano segun MM

ESCALA: 0.01 = 1^m



Corte E F

