

Abastecimiento de Agua Potable de los Andes, San Felipe y otras poblaciones con solución de acueducto de concreto

POR

FRANCISCO SOLAR N.

I.—Generalidades

Antecedentes:—Sección construida.—Solución para 40 000 habitantes.—Solución de acueducto.

ANTECEDENTES

Las poblaciones del Valle del Aconcagua hasta San Felipe carecen del servicio de agua potable, con excepción de las dos ciudades principales: Los Andes y San Felipe. Estas ciudades tienen instalados sus servicios desde hace algunos años y las fuentes de abastecimiento (Canales del río Aconcagua) son absolutamente impropias desde el punto de vista higiénico.

El problema de abastecer estas poblaciones se imponía pues, desde hace tiempo y ya en el año 1914 se había resuelto por la Inspección de Hidráulica con un proyecto de carácter definitivo, que consultaba traer el agua desde Los Riecillos, (afluentes del Aconcagua situados a 30 km. de Los Andes), por medio de cañería forzada de fundición.

En la época en que se elaboró este proyecto, la tonelada de fundición (cañería) tenía un precio medio de \$ 140 oro de 18 d.; más o menos la tercera parte del precio actual. Esta solución se imponía pues económicamente en aquel entonces, como se demostraba en la memoria respectiva; el proyecto consultaba un abastecimiento para una población futura total de 50 000 habitantes y tenía gran amplitud en la

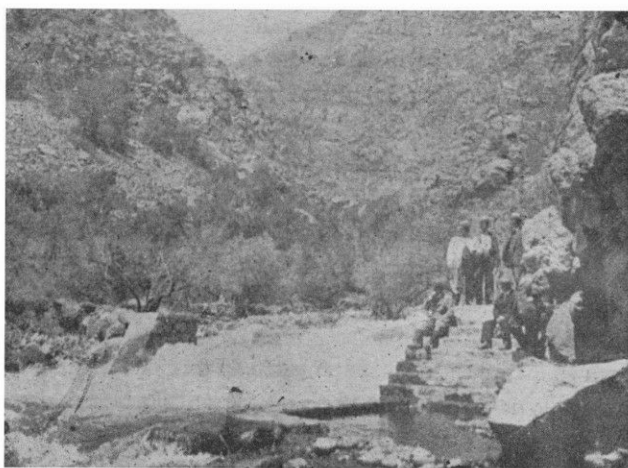
aceptación de la cifra del gasto necesario para la aducción tomando en cuenta las pérdidas en camino.

SECCION CONSTRUIDA

De acuerdo con el proyecto de que se ha hablado se han construído las obras de toma en el Riecillo de Matancillas (Riecillo Oriental), casa para el guarda - toma

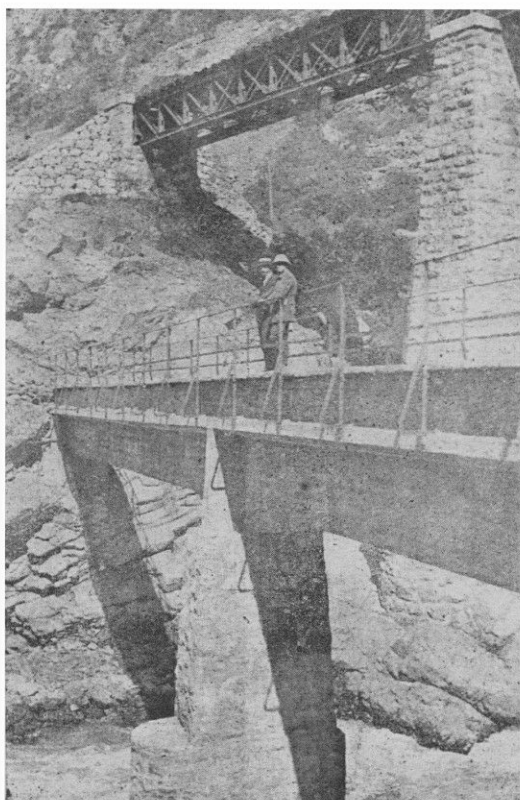


Casa para el guarda toma en Riecillos



Obras de toma. (Riecillo de Matancillas a 1350 m. sobre el mar)

y puente acueducto de concreto armado sobre el Aconcagua en el Salto del Soldado: en total 2 km. de trazado; la longitud total de éste hasta Los Andes es de 30 km.



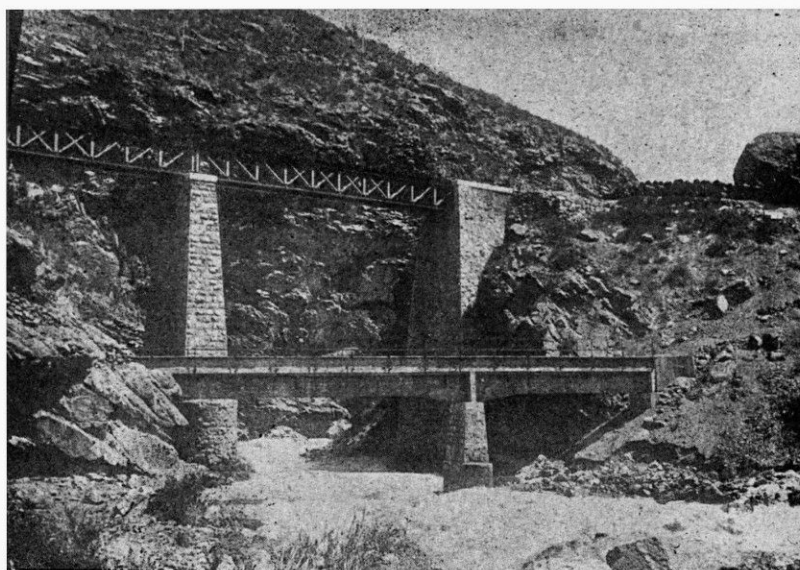
Otra vista del mismo puente

El costo de la parte construída fué de \$ 89 502,82 moneda corriente y \$ 131 334 oro de 18 d.

SOLUCION PARA 40 000 HABITANTES

En Enero del presente año, el infrascrito elaboró un nuevo proyecto en el que se consultaba también surtidora de fundición. En este proyecto se trató de llevar al mínimun el tonelaje del material de fundición en vista del alza extraordinaria

de dicho material. Para esto se restringió en lo posible el porcentaje del aumento de población y se repartió ésta, estrictamente de acuerdo con los datos estadísticos por fin, se circunscribieron las pérdidas en camino dentro de las cifras que dan los autores en experiencias más recientes. Así, este proyecto servía una población futura total de 40 000 habitantes. tenía velocidades máximas en las cañerías para



Puente acueducto de concreto armado sobre el río Aconcagua km. 2 del trazado
Arriba se ve el puente del F. C. Transandino.

disminuir los diámetros y aquellas estaban consultadas para resistir la presión de trabajo, más no la estática; esto se realizaba por medio de válvulas de seguridad

Este proyecto, a pesar del objetivo de la solución, era en todo caso bastante superior en costo al primitivo aun cuando se conseguía una reducción de 1 900 toneladas, y subsistía siempre aparte del precio, la dificultad de traer oportunamente y con entera seguridad el material de fundición. Nació así la idea de la solución de acueducto con cañería de cemento, solución que con éxito realizaba ya la Inspección de Hidráulica en la Serena.

SOLUCION DE ACUEDUCTO.

Esta solución tiene grandes ventajas sobre las anteriores: es enormemente

más económica como se verá mas adelante, y sirve a las poblaciones en condiciones más bastas que la última y en iguales que la primitiva. Aparte de esto puede realizarse, casi en su totalidad, con materiales que existen en el país y se producen en él.

A la primera vista se presentan dos soluciones para resolver el problema: llevar el trazado (en su mayor parte) por el camino de Uspallata y seguir el de la línea férrea del Trasandino, hasta el punto en que el camino la atraviesa frente a la Hacienda del Sauce. La última solución tendría sin duda un menor cubo de exca-



Salto del Soldado. La flecha indica el punto donde principia el acueducto.

vación por la uniformidad de las pendientes, pero las dificultades de llegar a un acuerdo esplicito con la Empresa de ese ferrocarril, hicieron abandonar esta idea.

Todavía, se puede realizar una tercera solución mixta: aprovechar el trazado de la línea férrea en la sección que enfrenta a la de gran pendiente en el camino, o sea, desde el km. 2 al 8 del trazado, donde se pasaría el río Aconcagua para juntar con el camino; la economía posible con esta solución resultaría también en las excavaciones.

La solución elegida fué la de llevar el acueducto en lo posible por el camino. Se continúa el trabajo ejecutado desde el puente de concreto armado (km. 2 del trazado) con cañería de fundición de $D=380$ m/ms. hasta frente al Salto del Soldado, km. 2 743, donde principia el acueducto de concreto.

II.—Solución de acueducto

Bases de cálculo:—Estudios del anteproyecto.—Estudios en el terreno para trazado definitivo.

BASES DE CALCULO

En el cuadro que sigue, figuran las características del proyecto.

Ciudades	Población			Dotación litros por habs	Gastos Lts. por sgo.	
	1907	1918	Prevista		medio	máx.
Los Andes	8 097	11 169	22 000	200	51	77
Calle Larga	1 613	1 800	3 500	100	4	6
Rinconada	1 649	1 800	2 500	100	3,3	4,5
San Esteban	1 382	1 500	3 000	100	3,5	5,5
San Rafael	661	700	1 000	100	1,2	2
Curimón	1 720	1 720	2 500	100	3	4,5
Santa María	1 147	1 147	1 500	100	1,7	2,5
San Felipe	10 426	10 426	15 000	200	35	53
Totales	25 046	28 452	51 000			155

Se consulta una población futura de 51 000 habitantes. El gasto resultante para la aducción es de 155 lts/sg. Se ha redondeado esta cifra a 160 lts/seg., comprendiendo así exageradamente las pérdidas en camino; con esta cifra se han fijado los diámetros para la cañería.

Las condiciones de escurrimiento han sido fijadas por la fórmula de Ganguillet y Kutter para un coeficiente $n = 0.0125$ que corresponde precisamente a las características del proyecto, (cañería de cemento comprimido, curvas suaves etc). Los diámetros resultantes han sido de 300, 350 y 400 mm. para las pendientes y alturas de aguas que se indican en seguida:

D	Pendientes		Altura de aguas		Velocidades	
	máx. 0 00	mín. 0 00	máx. cm.	mín. cm.	máx. m seg.	mín. m seg.
300	40	25	27	20	3,00	2,35
350	25	11	31	22	2,50	1,70
400	11	6	35	28	1,75	1,35

Como el cuadro lo muestra, sólo en la cañería de 300 m|ms. se ha llegado a una velocidad que puede considerarse grande: 3 m|seg. Se trata de la sección comprendida entre el km. 4 y el km. 6; son, como se vé, sólo 2 km. que están en esas condiciones debido a la gran pendiente del camino (50%). Creemos sin embargo que esa velocidad no ofrece peligros pues el agua es completamente cristalina, libre en absoluto de materias en suspensión. En todo caso, insistimos, se trata solo de una longitud de 2 km.

Con las pendientes mínimas las cañerías van con sección poco inferior a la de mejor escurrimiento, y esto sucede solo en trozos relativamente cortos: en las partes que el trazado se desvía del camino y que hemos denominado *variantes*.

ESTUDIO DEL ANTEPROYECTO.

El plano horizontal y perfil longitudinal existentes del proyecto primitivo sirvieron de grande ayuda, pues con ellos se elaboró en la oficina un anteproyecto del que se apartó muy poco el trazado definitivo hecho en el terreno. Con estos planos se calcularon los diámetros y pendientes y sobre todo se fijaron las secciones en que no era posible seguir el camino debido a las contrapendientes y las variantes.—Esto sobre todo facilitaba mucho el trazado definitivo pues se conocían las cotas inicial y final de estas variantes o sea, se fijaban las pendientes de ellas.

ESTUDIOS EN EL TERRENO PARA EL TRAZADO DEFINITIVO.

Los estudios en el terreno se circunscribieron a:

- 1.º Estacado del trazado cada 25 m. y cada 50 m.;
 - 2.º Nivelación del estacado y de los puntos de referencias;
 - 3.º Levantamiento taquimétrico de las variantes;
 - 4.º Perfiles transversales en las variantes, y
 - 5.º Reconocimiento del terreno.
- 1.º *Estacado del trazado*:—El estacado se hizo cada 25 m. en su mayor parte y

en aquellos trozos rectos de cierta longitud cada 50. Se ubicaban los vértices o cambios de dirección, con una estaca, puntos que no siempre coincidían con el plano horizontal debido a pequeñas discrepancias del plano, sin importancia por lo demás.

2.º *Nivelación del estacado y puntos de referencia*:—Esta nivelación se comenzó tomando como origen el estribo Norte del puente de concreto armado, con cota 1 256,994 m. donde se ubicó el punto de referencia N.º 1. La nivelación se cerró entre punto y punto de referencia y estos están ubicados en la primera parte a distancias no mayores de 400 m. y más alejados, del km. 20 adelante donde el terreno es mas plano; se colocaron en total hasta Los Andes 60 puntos de referencia. En uno de los planos del proyecto figura un cuadro detallado con la cota y ubicación de todos ellos. Los puntos de referencia están sobre piedras firmes y visibles.

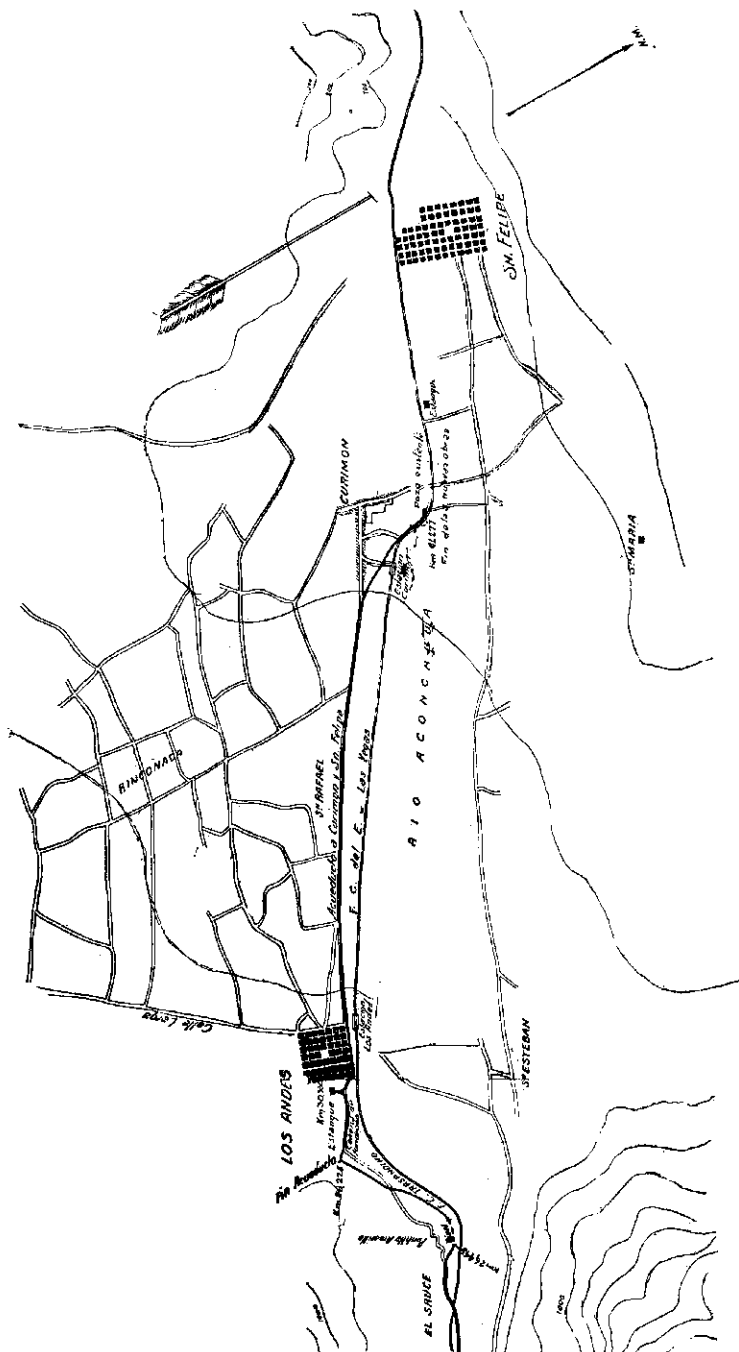
3.º y 4.º *Levantamiento taquimétrico de las variantes y perfil transversal*:—Estas secciones, donde se aparta el trazado del camino, se levantaron taquimétricamente. En cada estaca se tomaron perfiles transversales amplios a fin de dejar campo para posibles variaciones del trazado.

5.º *Reconocimiento del terreno*:—El camino en su mayor parte tiene un corte de 3 o mas metros lo que permite claramente clasificar la calidad de las tierras. Solo en las partes en que el trazado va por las laderas hubo necesidad de hacer pozos de reconocimiento.

En el cuadro que sigue se indican las cifras de movimiento de tierra hasta el estanque de Los Andes o sea desde el km. 2 al km. 30.330.

En cuanto a la sección Los Andes-Curimón, no se acompañan datos especiales por tratarse de excavaciones en el camino público, con terreno blando y ripio muy uniforme.

Clase de terreno	Designación	m3.	%
Acarreo con piedra grande	A	7 702	17,90
Acarreo con piedra chica	B	3 428	7,90
Roca	C	7 054	16,40
Roca descompuesta	D	4,26	1,90
Rodados azules y duros	E	649	1,50
Rodados movedizos	F	997	2,30
Terrenos duros y acarreo duro	G	10 085	23,50
Terreno blando y acarreo blando	H	12 798	29,50
Totales		43 136	100,00



[illegible]

* estanque de Los Andes, nivel de aguas 870 m.

- * Puente de Curimón, cámara 710 m.

III.—Detalles del proyecto realizado

Descripción General.—Obras de Arte.—Observaciones generales.

DESCRIPCION GENERAL.

El criterio general al hacer los estudios fué de llegar con el acueducto lo mas cerca posible de la ciudad de Los Andes. Este propósito se obtuvo satisfactoriamente, pues se llegó con el acueducto hasta solo 2 km. del estanque de dicha ciudad.

Como ya se ha dicho las nuevas obras empezarán en el km. 2 del trazado o sea en el estribo norte del puente de concreto armado sobre el Aconcagua en Salto del Soldado. En esta parte el camino público va bastante alto y tiene pendientes contrarias a la del Valle; para llegar hasta el punto en que comienza a descender, precisamente frente a la angostura denominada Salto del Soldado, sube con cañería de fundición. El acueducto de concreto comienza pues en el km. 2,743 y sigue por el camino, para apartarse sólo en las secciones que tienen contrapendientes y que, como hemos dicho, se han denominado variantes.

En el cuadro que sigue aparecen las características de todas ellas.

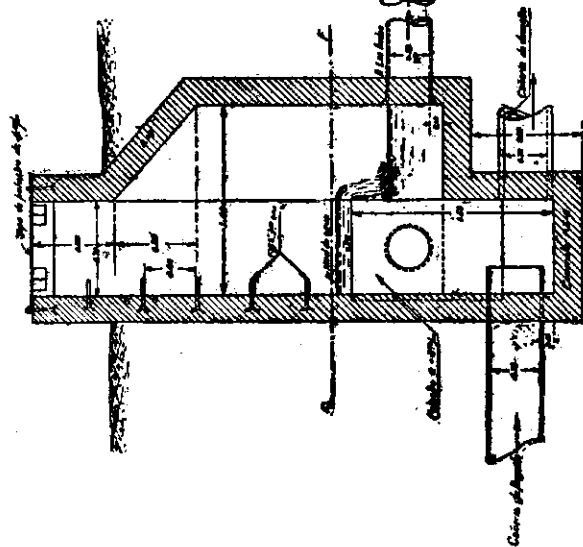
N.º	Kilometraje		L	D	i	Observaciones.
	princip.	fin	m.		° ₁₀₀	
1	9 933	11 806	1 873	400	6	"El Colorado"
2	13 290	14 037	747	400	7	"Chacayes"
3	15 857	17 073	1 216	350	12	Primer Quebrada
4	17 982	18 507	525	400	12 y 8	Variante N.º 4
5	19 007	21 844	2 837	400	6 a	
				350	22	Las Vizcachas
6	25 913	28 226	2 313	400	6	Puntilla Amarilla

En dos secciones del trazado se ha consultado cañería de fundición, no porque la solución de cañería de cemento no fuera posible sino que por tratarse de secciones en roca muy dura se disminuirían así las excavaciones. El acueducto termina en el km. 2 del camino, o sea, en el km. 28.226 del trazado, y como se ha dicho solo a 2 km. del estanque de Los Andes.

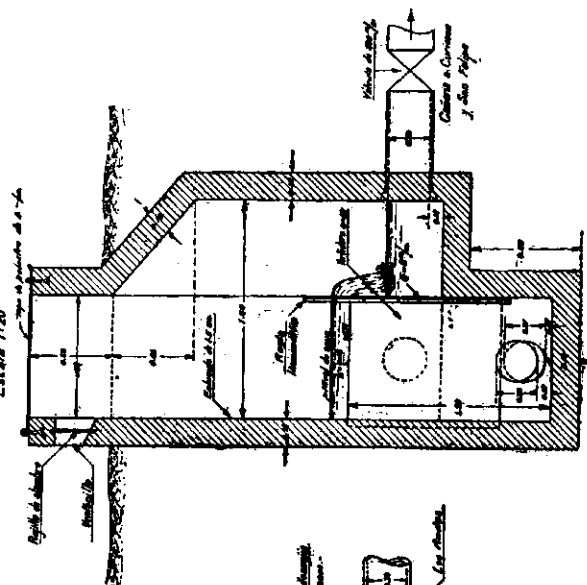
Desde este punto no era posible continuar con la solución de acueducto; los cerros se distancian enormemente hacia el O, formando una gran ensenada, con

Cámara de repartición en Los Andes

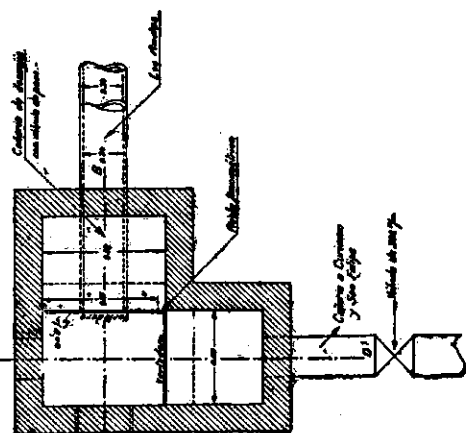
Corte A-B



Corte C-D
Escala 1:20



Plano y Corte E-F



una puntilla en que esta situado el estanque de Los Andes. Ambos puntos, el final del acueducto y el estanque se unieron con cañería de fundición, que proporciona el Fisco, de diámetro $D=380$ m|ms. Las condiciones de escurrimiento son las siguientes, según la fórmula de Lang.

$$J = 5,40/100$$

$$Q = 156 \text{ l|sg.}$$

$$V = 1,40 \text{ m|sg.}$$

El gasto se ha rebajado a 156 litros aceptando una pérdida en el trayecto de 4 l|sg. Partiendo de la cota 882,38 (fin del acueducto de cemento) se llega así a la cámara de repartición de Los Andes con cota 871. El nivel de aguas del estanque tiene cota 870 m.

De esta cámara se reparte el gasto correspondiente a Los Andes, Calle - Larga y Rinconada y a San Felipe, San Esteban y demás poblaciones.

El trazado a San Felipe desemboca por la Avenida Independencia de Los Andes al camino de Curimón. Sigue por este camino y se desvía poco antes del crucero que va a la estación de Curimón, por los potreros para empalmar con la línea férrea, 510 m. antes del puente de Curimón.

Aquí termina la aducción correspondiente a este estudio, embocando en la cámara de concreto existente que hoy día forma parte de las obras de toma de la ciudad de San Felipe.

En esta parte solo se ha colocado cañería de fundición, desde la salida de la cámara de repartición hasta el arranque a San Esteban, frente a la calle de Maipú en Los Andes con el objeto de tener carga suficiente para aquella población. El trozo final que va paralelo a la línea férrea se ha consultado también de fundición por el hecho de ir en el terraplén de la vía.

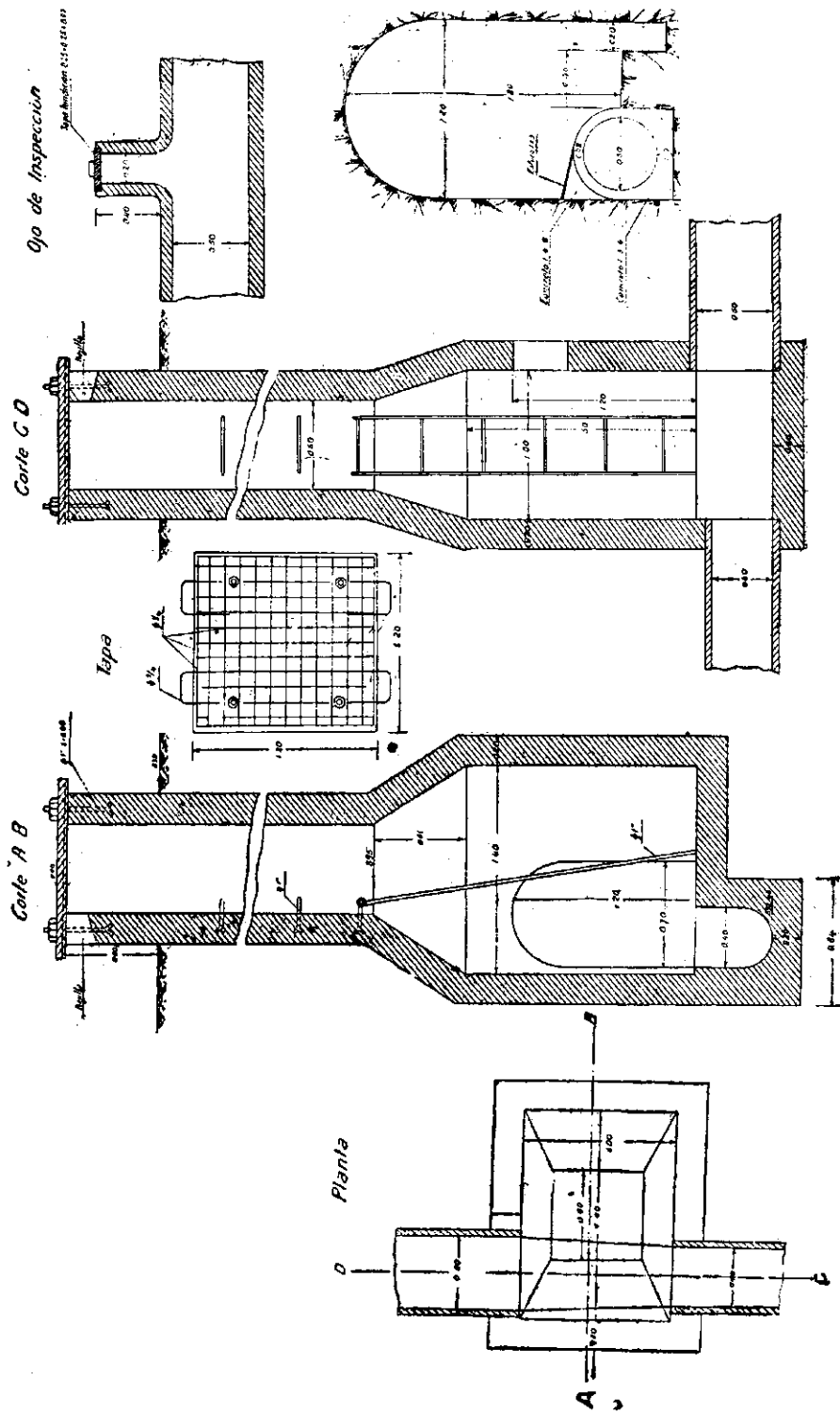
Los diámetros de las cañerías estan repartidas como sigue:

Primera Sección (Hasta Los Andes)

Cañería de cemento.

$D = 300$ m ms. x	4 134 m.
350 "	8 535 "
400 "	11 092 "

Túnel de Puntilla Amarilla.—Cámaras de entrada y salida



Cañería de fundición que proporciona el Fisco.

D = 380 m ms.	3 794 m
400 "	444 "

Segunda Sección (Los Andes - Puente Curimón)

Cañería de cemento D = 300 m ms.	9 751 m.
Cañería fundición D = 300m ms.	1 196 "

OBRAS DE ARTE.

Las obras de arte de mayor importancia son tan sólo dos: El puente sifón sobre el Aconcagua en Vizcachas y el túnel de Puntilla Amarilla. Fuera de éstas hay una serie de pequeños puentes formados por la cañería misma apoyada sobre pilas de albañilería; además hay algunas alcantarillas.

Sifón Vizcachas.

$$\begin{aligned} Q &= 160 \text{ lts|seg.} \\ D &= 400 \text{ m|ms.} \\ J &= 4.6 \text{ 0|00 (Lang)} \\ L &= 370 \text{ mts.} \\ JL &= 1,70 \text{ mts.} \end{aligned}$$

Cota cámara de entrada	974 mts.
JL	1,70
	972,30
Otras pérdidas	0,50
Cota cámara de salida	971,80

Así la caída en este sifón es de 2,20 m.

(Continuará).

