

*Este informe fue actualizado
posteriormente.*

[Enero de 1957]

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
DE SANTIAGO

R. Merino

Las fuentes de abastecimiento de la ciudad de Santiago, están estrechamente ligadas a la ubicación de la ciudad y a su posición topográfica. - Santiago se encuentra en pleno Valle del Río Maipo, formado éste frente a la ciudad por el Río Mapocho, que lo atraviesa de nor-oriente a sur-poniente y por el Río Maipo, propiamente dicho, distante 20 Km al Sur, más o menos. - Además, la relativa cercanía de Santiago con la cordillera ha hecho posible, considerar también fuentes de agua provenientes directamente de ella. A medida que la ciudad ha ido creciendo, se han aprovechado estas diferentes fuentes, como puede verse en la historia del desarrollo del servicio, que se da a conocer a continuación.

1º.- Reseña histórica del Servicio de Agua Potable de Santiago.

Desde la fundación de Santiago del Nuevo Extremo, en el año 1541 hasta el de 1578, los habitantes de ella sólo utilizaron las aguas provenientes del Río Mapocho. - En el mes de Febrero de 1577, en vista de la mala calidad de estas aguas, el Cabildo comenzó a preocuparse de obtener nuevas fuentes para la ciudad, recomendándose traer las aguas desde la Quebrada de Ramón, en vista de las buenas cualidades y abundancia de éstas. La construcción de la acequia de conducción que llegaba hasta la Ermita de San Saturnino, en los arrabales de la ciudad, fué terminada en el segundo semestre de 1578. - El acueducto cubierto, que debía conducir las aguas a través de la ciudad, desde San Saturnino hasta la pila que se levantaría en la plaza mayor de la ciudad, no pudo ser construido por falta de fondos del Cabildo. Desgraciadamente, este servicio sólo pudo ser mantenido con alternativas, en muy cortos períodos, a causa de que el río Mapocho, en sus avenidas, destruya con frecuencia la acequia de conducción y aún la propia pila donde él terminaba.

En 1763 la Real Junta de Balanza del Reino de Chile, abordó el estudio para obtener un suministro más permanente de agua potable para la ciudad. - Si bien, en aquel tiempo se consideró ya la posibilidad de captar el agua de las vertientes de Vitacura, debió abandonarse la idea, debido a lo costoso y difícil de su conducción. En estas circunstancias la Real Junta acordó traer a la ciudad el agua de la Quebrada Ramón, mediante un cauce de cal y ladrillo que llegaba hasta las Capitas de Agua (actualmente Plaza Baquedano), obra que demoró cerca de tres años en construirse. - Desde este punto, por medio de cañerías de greda el agua era repartida a las diferentes pilas ubicadas en diversos sitios de la ciudad. - El número de pilas fué aumentando con el tiempo, en forma de que a mediados del siglo XIX, existían 10: alto de Santiago, Plaza de Armas, Santa Ana, Plaza de Abastos de San Diego, las de San Isidro y San Lázaro, construidas en 1830, y tres pilas que se colocaron a lo largo de la Alameda en 1848. - El agua fué llevada a domicilio, desde estas pilas, por medio de aguadores, que la acarreasban en barriles cargados en un caballo o burro. - Demás está decir que en esta época, los habitantes no disponían de un líquido libre de contaminación, a pesar de las disposiciones encaminadas a la defensa de la pureza del agua; aún más, las personas de escasos recursos, se surtían de las acequias a tajo abierto, que traían agua del Mapocho, acequias que eran también aprovechadas como desagüe.

Sólo después de transcurridos más de tres siglos, desde su fundación, la ciudad de Santiago, pudo disponer de un servicio domiciliario de agua potable, distribuido por cañerías metálicas. En efecto, por Decreto Supremo de 24 de mayo de 1861, se aprobó un acuerdo de la Ilustre Municipalidad, en virtud del cual, se comenzó la conducción de agua potable por medio de una red de cañerías metálicas, que se extendió por las principales calles de la ciudad, y que se prolongó hasta el año 1868, cuando se completó la obra.

ciaron de inmediato y fueron terminadas a fines de 1865, reservándose previamente, los derechos del total de las aguas de la Quebrada de Ramón, para este servicio.

En el año 1892 se compró a la Beneficencia los terrenos del actual establecimiento Antonio Varas, iniciándose en 1894 la construcción de un estanque circular de 20.000 m³. de capacidad, obra que posteriormente fue completada con dos unidades más, de igual capacidad.

En Diciembre de 1893, se acordó expropiar las vertientes de Vitacura y a principio de 1894 se pidieron propuestas para la ejecución de las obras de captación de sus aguas subterráneas por medio de drenajes.

No obstante los trabajos ejecutados por la Empresa de Agua Potable para aumentar en lo posible, la cantidad de agua que podía captarse, las necesidades siempre crecientes de la población exigían el aprovechamiento de otras fuentes de producción. La Administración de la Empresa hizo presente al Gobierno, en reiteradas ocasiones, la urgencia en solucionar, cuanto antes, este importante problema, haciendo ver además, que se imponía, como medida de previsión, reservar las aguas de las vertientes del valle de Santiago, para el servicio de agua potable de la ciudad.- En mérito de estas razones, el 23 de Noviembre de 1900, se nombró una comisión encargada de estudiar en las cordilleras inmediatas a Santiago, las vertientes que, por su situación geográfica, calidad y cantidad de aguas, conviniese aprovechar para las obras de alcantarillado y ensanche del servicio de agua potable.- Esta comisión, después de un prolijo reconocimiento y estudio de la zona, manifestó, en Octubre de 1901, que las aguas de la Laguna Negra y del Encañado y de los esteros de sus hoyas hidrográficas, eran las más apropiadas para el servicio.- En vista de esto, el Ministerio de Industrias y Obras Públicas, por Decreto 3574 de 10 de Diciembre de 1901, reservó, para los servicios de agua potable y alcantarillado, las aguas de la Laguna Negra y el Encañado y demás aguadas y vertientes que pudieran servir para el mismo objeto.

Sólo, debido a la escasez de agua, verdaderamente alarmante que se produjo en 1908, por presentarse una serie de años secos, el Gobierno autorizó a la Empresa para proceder a practicar los estudios definitivos, con el objeto de aumentar la provisión de agua de Santiago.- Después de varios informes técnicos que recomendaban el aprovechamiento de la Laguna Negra, el 7 de Mayo de 1911, se contrataron los estudios definitivos para este proyecto, los que una vez terminados, permitieron por Ley N° 2750 de 28 de Enero de 1913, autorizar la contratación de las obras de captación y conducción de las aguas del Estero del Manzanito y Laguna Negra.- La construcción de las obras fueron contratadas el 26 de Septiembre de 1913, y consistían: a) en la construcción de dos estanques de 45.000 m³ de capacidad cada uno, en el establecimiento de Antonio Varas; b) de un colector de 4.667 m. de longitud, que tenía por objeto llevar al alcantarillado las aguas de rebalse de los estanques de Antonio Varas; c) en la colocación de una cañería de fundición de D = 1,10 m desde los Estanques hasta la Plaza Baquedano; d) de una doble cañería, también de fundición, desde los Estanques hasta el término del Acueducto, cerca de Santiago, actual caseta de los Leones, y e) el acueducto de Laguna Negra- Santiago hasta los Establecimientos de Antonio Varas, de una longitud de 87.560 m con una capacidad de transporte de 4 m³/seg. en la mayor parte de su trazado.

Las obras enunciadas se ejecutaron en poco más de tres años de trabajo, pese a las dificultades que hubo que vencer, para la adquisición de aquellos materiales de procedencia extranjera, por ser la época de la primera guerra mundial.

En resumen, la ciudad de Santiago, cuenta con las fuentes propias mencionadas y los derechos legales correspondientes, sobre Quebrada de Ramón, Vitacura y Laguna Negra, desde hace más de 35 años.

Desde el año 1913 al año 1956, la Empresa de Agua Potable ha construido algunos estanques de almacenamiento y ampliaciones locales de la red de distribución, correspondiendo al Fisco la ejecución de las principales obras de abastecimiento.

En el año 1931, el Fisco inició la construcción de las captaciones de El Canelo y El Manzano.- La expropiación de los terrenos, junto con las aguas necesarias para la ejecución de dichas obras, se efectuó por Decreto de 6 de Marzo de 1931, de la Dirección General de Obras Públicas, en conformidad a la Ley N° 4852 de 14 de Marzo de 1930.- Posteriormente, a principios del año 1942, en virtud de la dictación de la Ley 6986, que ha proveído de los fondos necesarios para obras de esta naturaleza a la Dirección de Obras Sanitarias (ex- Departamento de Hidráulica) del Ministerio de Obras Públicas, se ha construido la Planta de Filtros Rápidos Las Viscachas (4 m³/seg); el Nuevo Acueducto Viscachas- Santiago con un gasto de 5 m³/seg. (este acueducto está en la actualidad en construcción hasta la Av. Larraín); El Acueducto Viscachas - Puente Alto (0,59 m³/seg); la Nueva Cañería Alimentadora Camino El Departamento, construida hasta la Av. Vicuña Mackenna (2 m³/seg); la Planta de Filtros Rápidos El Arrayán (60 l/s); pozos de captación de la napa profunda en diferentes sectores de la ciudad, y el mejoramiento de las matrices y redes de distribución en todas las comunas de la ciudad.

Junto con estas obras ejecutadas por el Fisco, debe señalarse que la iniciativa particular ha ejecutado diversas obras de agua potable, que en ciertas comunas (Las Condes) constituyen un porcentaje elevado del abastecimiento total.

2°.- Descripción de las actuales fuentes.-

De acuerdo con lo que se ha dicho anteriormente, las principales fuentes que se aprovechan actualmente en el abastecimiento de agua potable de la ciudad son las siguientes:

Laguna Negra, Vitacura y La Reina.- Las hoyas en que están ubicadas, pertenecen a los regímenes del Maipo, Mapocho y Cordillera, respectivamente.- Los derechos legales están establecidos en forma clara y sin que existan reclamaciones o litigios pendientes.- Además de estas fuentes está la Planta de Filtros Las Viscachas, que trata aguas del río Maipo.

a) Laguna Negra: (Hoya del Maipo).

Forman esta fuente las aguas de la Laguna Negra, la Laguna El Encafado y Esteros Manzanito y San Nicolás.

El principal aporte lo constituye "Laguna Negra". Es un lago ubicado al Sur- Este de la ciudad y a una distancia aproximada de 90 Km.- La Laguna Negra recibe los deshielos de una hoya de 5.000 H^a.; tiene una capacidad de 600.000.000 m³., con una superficie de 550 H^a.; una profundidad máxima superior a 300 m y una profundidad media de 100 m.

Inmediatamente debajo, y adyacente a Laguna Negra, se encuentra la Laguna "El Encafado".- El desnivel entre las superficies de ambas lagunas, en el instante de rebalsar, es de 218 m. La capacidad de El Encafado es de 7.000.000 m³, con una superficie de 50 H^a. y una profundidad máxima de 30 m. Su alimentación principal lo constituye el Estero El Encafado y las filtraciones de la Laguna Negra.

Las alturas de ambas lagunas, respecto al nivel del mar, son 2.688 m. y 2.470 m., respectivamente.

La cantidad de agua que es capaz de proporcionar la Laguna Negra, como asimismo su importancia como regularización, está relacionada con su alimentación, sus variaciones durante el año y las variaciones de año a año; intervienen, finalmente, las filtraciones, evaporaciones y derrames. Todos estos factores son difíciles y casi imposible de precisar, por realizarse en lugares inaccesibles durante gran parte del año.- Además, la alimentación está repartida en el perímetro de la Laguna y es gran parte de origen subterráneo y las pérdidas son difíciles de clasificar, por ser algunas de origen dudoso y las filtraciones y reservas subterráneas, inaccesibles.

Estrechamente ligado a Laguna Negra se encuentra El Encañado y los esteros Manzanito y San Nicolás, que concurren a la alimentación del régimen Laguna Negra- Encañado- Esteros.- Las aguas de este régimen se conducen a Santiago por medio de un acueducto de aproximadamente 90 Km de longitud. Es de concreto armado y de una sección media de 1,3 m. de ancho por 1,6 m. de alto. Este acueducto contiene numerosas caídas verticales, con el objeto de disminuir la pendiente y por tanto, la velocidad que podría tomar el agua, ya que debe perder en 90 Km de longitud, una altura de 1970 m. más o menos. La ciudad de Santiago tiene una cota respecto al nivel del mar de 500 m. La capacidad del acueducto es de 4,0 m³/seg. en su mayor parte, excepto sectores entre Laguna Negra y Viacachas, en que la capacidad se reduce a 3,05 m³/seg., como asimismo, entre la Florida y Santiago se puede transportar un gasto de 5 m³/seg. El acueducto nace en Rincón Negro, parte alta del Valle del Encañado y capta las filtraciones producidas por la laguna Negra hacia el Encañado y hacia el río Yeso (Ojos del Yeso), como asimismo las aguas del Encañado y de los esteros propios de la hoya del Encañado.

La distribución de aportes de los diferentes elementos que constituyen esta fuente de abastecimiento, es la que se indica:

Laguna Negra.....	0,57	m ³ /seg.
Laguna El Encañado.....	0,33	"
Ojos del Yeso.....	0,37	"
Manzanito.....	0,60	"
Estero San Nicolás.....	0,20	"
		2,07 m ³ /seg.

El valor indicado es el gasto medio anual, o sea, 178.850 m³. diarios.

Además de los aportes indicados se tienen las disposiciones adecuadas, tomas de emergencia, para captar los esteros que van hacia el río Maipo y que atraviesan el acueducto, llamados: Estero San Gabriel, San José y Manzanito. Estas aguas pueden captarse solamente en cortos períodos, debido a que sus turbiedades son superiores a 15 p.p.m., durante la mayor parte del año. Por tanto, además, al caudal propio del Maipo y no existen derechos legales sobre ellos.- El principal estero es el de San Gabriel, con un gasto medio de 94 l/seg. (En los meses de Enero y Febrero permanece seco).

Atendiendo a que sólo son regulables Laguna Negra y Encañado, se puede considerar que el gasto almacenado en ambas lagunas se entregue solamente durante 6 meses en el año. Por lo tanto, el aporte mínimo es de 1,1 m³/seg.

(95.040 m³. diarios) y el máximo de 3,04 m³/seg. (252.656 m³. diarios) Este valor máximo lo determina la capacidad del acueducto, aguas arriba de Viscachas, que, como se ha expresado, tiene sectores de sección reducida.

b) Vitacura.-- (Hoya del Mapocho).

Las obras de Vitacura consisten en galerías subterráneas, perpendiculares al río Mapocho y situadas a una profundidad media de 5 m más o menos. Consisten en tres galerías: Providencia, de una longitud de 400 m.; galería central de 2.000 m y Drenes nuevos de 900 m. El agua se capta por medio de drenes y se entrega a la ciudad directamente, o a estanques especiales para su distribución (Lo Contador y Antonio Varas).

El caudal entregado está sujeto a variaciones estacionales, coincidiendo la captación máxima con los meses de mayor consumo (Verano).

Se puede considerar como aporte medio 0,8 m³/seg. (69.120 m³ diarios). El gasto máximo se entrega en Enero y alcanza a 1.15 m³/seg. (99.360 m³ / diarios).

c) La Reina.--(Fuente cordillerana).--

El estero La Reina constituye la fuente de agua potable más antigua de la ciudad. Estas obras derivan de las que usaron los españoles y aún existe y se utiliza parte del acueducto construido en la época colonial. La captación está ubicada a 10 Km. al Este del centro de la ciudad.

El agua se toma en la quebrada de San Ramón, que tiene una hoya de 3.300 H². y se conduce por un acueducto de concreto de 0,80 m de diámetro y de 3 Km de longitud, a la Reina, lugar donde existen estanques de una capacidad de 28.000 m³.

El aporte medio es de 0,24 m³/seg. (20.740 m³/diarios), alcanzando al gasto máximo a 0,32 m³/seg. (27.650 m³/diarios.)

d) Planta de filtros rápidos Las Viscachas.

La Planta Las Viscachas está ubicada al Sur-Este de la ciudad y a una distancia de 20 Km del centro de Santiago.

La finalidad inmediata de esta planta, cuya construcción se inició en 1943, quedó indicada anteriormente, es decir, aprovechar las fuentes de aguas turbias, susceptibles de introducirlas en el acueducto Laguna Negra-Viscachas y mejorar la calidad del agua de la principal fuente de abastecimiento de Santiago.

Como emergencia potabilizar las aguas del río Maipo, para abastecer a la capital, mientras las reparaciones del acueducto así lo exijan.

Como tercera finalidad y en época posterior, una vez adquiridos los derechos a parte del caudal del río, potabilizar en forma permanente las aguas del río Maipo.

La Planta se proyectó para 4 m³/seg., capacidad total del acueducto reparado, ya que los sectores de capacidad reducida, ubicados entre Laguna Negra y Viscachas, serían ampliados al ejecutarse la reparación total del acueducto.

El proyecto consta de dos instalaciones semejantes de 2 m³/seg. cada una, intercomunicada, lo que permite su trabajo en paralelo, es decir,

se puede filtrar entre las dos el total de agua y permitir además, hacer las combinaciones necesarias entre los diferentes elementos de cada una de ellas, con las ventajas que ello representa.

Como es natural, cuenta con todos los elementos necesarios para hacer potable el agua. Sus grandes dimensiones, atendiendo al volumen de agua por tratar, 345.600 m³. al día, hacen de Viscachas, la obra más grande en su género, en Sud-América.

Sus elementos constitutivos principales y sus características son:

Acondicionadores: Tipo "Around the end", estanques rectangulares de 46x61 m y T = 40 min. uno y el otro de 15x37,7 m y T = 24 min., este último con posibilidades de ampliación futura. Profundidad de agua de H = 2,22 m. velocidad de escurrimiento V = 0,3 m/seg.

Decantadores: Circulares de D = 90 m., volumen V = 21.600 m³, o/u; profundidad de agua variable, de manera de obtener una disminución constante de la velocidad desde el punto de llegada (centro del estanque) al punto de salida del agua (periferia): en el centro H = 12 m., V = 0,00662 m/seg. en la periferia H = 2,76 m, V = 0,00262 m/seg. Período de retención T = 3 horas.- El agua decantada se colecta en una de las unidades, por vertedero lateral y en la otra por orificios sumergidos que descargan hacia el canal colector.

Filtros rápidos: Cada planta consta de ocho unidades, dispuestas en forma circular de D = 52,8 m., con cámara central de maniobras y accionamiento hidráulico de válvula y compuerta. Fondo filtrante tipo Wheeler; superficie filtrante de cada planta 1.648 m²; tasa de filtración 120 m³/m²/día.

Población y generalidades: La población de la planta cuenta con casas de habitación para el personal técnico y obreros; pulpería, salón de actos, bibliotecas, jardines, etc.

e) Acueducto paralelo al acueducto de Laguna Negra entre Viscachas y Santiago.

La construcción de este acueducto tiene por objeto permanente, conducir entre Viscachas y Santiago, aguas del sistema de Laguna Negra y del río Maipo, o de ambos simultáneamente, previo tratamiento en Viscachas, de estas últimas.- Como finalidad de emergencia, esta nueva obra hará posible la reparación del antiguo acueducto de Laguna Negra en el sector comprendido entre Viscachas y Santiago.

La capacidad del acueducto paralelo es de 5 m³/seg. Para fijar este caudal, se tuvo presente que el acueducto de Laguna Negra-Santiago, tiene una capacidad de 5 m³/seg. entre La Florida y Santiago y que por lo tanto, el nuevo medio de transporte, al estar el antiguo en reparaciones, deberá tener a lo menos la misma capacidad.

Respecto a la capacidad de transporte entre Viscachas y Santiago, se tendrá con los dos acueductos, los siguientes valores: a) entre Viscachas y La Florida: 9 m³, ya que en ese sector el acueducto Laguna Negra-Santiago, tiene una capacidad de 4 m³/seg. y b) entre La Florida y Santiago: 10 m³/seg.

En la actualidad se tiene en ejecución el sector comprendido entre la planta de filtros y Av. Larraín. Los sectores construidos y en construcción tienen una capacidad de 5 m³/seg. con tres secciones de escurrimiento: una sección elíptica de semi-ejes, a = 0,85 m. b = 0,60 m y 0,006 de pendiente; otra en presión, de forma circular, de diámetro interior 1,4473 m.

y una última sección circular de 1,80 m de diámetro. Para salvar la gran pendiente del terreno, se han intercalado varias cámaras de caída en el sector cercano a Viscachas. Con el gasto de 5 m³/seg. la velocidad máxima será de 3,6 m/seg.

f) Acueducto entre Viscachas - Puente Alto. - Junto con el acueducto paralelo Viscachas - Santiago, se ha construido entre Viscachas y Puente Alto, un acueducto de 0,59 m³/seg. de capacidad y de 5,327 m. de longitud. Este acueducto está formado, en su mayor parte, por calería de concreto armado, hecha en sitio, de 0,72 m de diámetro e incluye, además, un sector en túnel y tiene por objeto llevar directamente desde Viscachas, agua potable a Puente Alto, San Bernardo y demás pueblos ubicados al sur de Santiago.

3°.- Obras fuentes actuales de agua potable.

a) Servicios fiscales. - Fuera de las fuentes descritas anteriormente, existen las obras de El Manzano y El Canelo, servicios fiscales que son administrados por la Empresa de Agua Potable de Santiago. El equivalente de éstas aguas, de acuerdo con los estudios realizados por la D.O.S. equivale al agua necesaria para el lavado de los filtros rápidos Las Viscachas.

En efecto, como se ha calculado que la demanda para agua de lavado será del orden de 4% del agua tratada, es decir, 160 l/seg. y las fuentes de El Manzano y El Canelo, dan en término medio 170 l/seg., de acuerdo con el detalle siguiente:

El Manzano	110 l/seg.
El Canelo	60 "
Total	170 l/seg.

Debe considerarse que las fuentes mencionadas, no representan aporte directo al agua potable, sino al necesario para asegurar un total efectivo de 4 m³/seg. en Viscachas.

Además de estas dos obras, el Fisco construyó la planta de filtros El Arrayán, que es administrada por la D.O.S. Esta planta tiene una capacidad de 60 l/s y abastece el sector de El Arrayán (Refugios y Week - End El Arrayán), Lo Barnechea y San Francisco de las Cumbres. La planta es del tipo de filtros rápidos y consta de boca-toma, aducción, sistema de medida y dosificación, acondicionadores, decantadores, filtros y cloración.

b) Servicios particulares. - Debido al deficiente suministro de agua y a la imposibilidad de una pronta solución, las poblaciones de cierta consideración ubicadas en lugares alejados de las redes de la Empresa o Fiscales, han tenido que crear plantas de agua potable propias, las que son controladas desde su indicación por la D.O.S.

El detalle de estos servicios es el siguiente:

Captaciones superficiales (plantas de filtros):	130 l/s
" subterráneas :	574 "
Gasto total :	1.304 l/s

c) Administración de Agua Potable de Santiago Norte y Oeste. - Esta es una Empresa Fiscal administrada por la D.O.S. que abastece parte de las comunas de Conchalí, Renca, Las Barrancas y Quinta Normal. Su origen son los pozos que diferentes particulares, incluso la Corpi, construyeron para abastecer nuevos lotes en esas comunas. Todas estas

obras, algunas inconclusas, fueron cedidas al Fisco, correspondiendo a la D.O.S. la terminación de parte de ellas y la ejecución de nuevas obras. El abastecimiento se hace captando la napa profunda y elevándola por grupos motor-bombas a estanques de regulación y presión. El proyecto contempla la ejecución de nuevos sondeos con su equipo de elevación, estanques de regulación y cañerías de interconexión entre las diferentes plantas y redes de distribución.

El consumo actual de la población es de 645 l/s y la capacidad inicial de las obras de 290 l/s, pero con los mejoramientos inmediatos proyectados por la D.O.S. se elevará al gasto de 580 l/s, existiendo siempre un déficit de 65 l/s que deberá ser absorbido por nuevas obras.

Las plantas con sus gastos actuales y de mejoramiento inmediato son:

Planta	Gasto actual	Gasto con los mejoramientos inmediatos
Quintaballa	70 l/s	140 l/s
J.A. Rios	105 "	166 "
Cerro Renca	30 "	52 "
Carrascal	30 "	54 "
Pozo Hincado	-	18 "
Cerro Navia	30 "	65 "
J.J. Pérez	-	20 "
Lo Prado	35 "	90 "
Totales	290 l/s	580 l/s

Para el año 1960 el consumo será de 870 l/s, el que deberá ser cubierto por nuevas plantas que están en proyecto, fuera de otras que se consideran para el futuro para enterar el gasto de 1,92 m3/s hasta el año 1980.

- 1) Pozos de captación de aguas subterráneas de la Empresa de A.P. de Santiago. La Empresa de Agua Potable de Santiago, ha consultado la captación de agua potable por medio de pozos profundos para abastecer así algunos sectores difíciles de alimentar con las instalaciones existentes. De los pozos profundos, sólo cinco dan un caudal apreciable, según se indica en la tabla siguiente:

Pozos	Gasto
Quilín- Macul	59 l/s
Los Lilenes	15,5 l/s
Vitacura	50 l/s
Vivaceta Sur	57 "
Besa	72 "
Gasto total:	253,5 l/s

4°.- Estanques y red de distribución de la ciudad de Santiago.

- a) Estanques. El acueducto de Laguna Negra, los drenes de Vitacura, el acueducto de San Ramón y el Nuevo Acueducto Viscachas- Santiago, entregan el agua a diferentes estanques ubicados en diversos puntos de la ciudad. Los estanques principales, con sus denominaciones y volúmenes respectivos, son los que se indican a continuación:

Capacidad en m3. de los estanques de la
Empresa de Agua Potable de Santiago.-

1.- Antonio Varas:

Estanque 1	20.000.- m3
Estanque 2	20.000.- "
Estanque 3	20.000.- "
Estanque 4	45.000.- "
Estanque 5	45.000.- "

Capacidad total..... 150.000 m3

2.- La Reina:

Rectangular	12.269.-m3
Circular	15.300.-"

Capacidad total..... 27.569 m3

3.- La Reina Alta:

Estanque V. Puelma	3.500.- m3
Estanque 1	2.000.- "
Estanque 2	500.- "
Estanque 3	500.- "

Capacidad total..... 6.500 m3

4.- Cerro Lo Bravo:

5.000.- m3 5.000 m3

5.- Lo Contador:

80.000.- m3 80.000 m3

6.- Lo Herrida:

20.000.- " 20.000 m3

7.- El Departamento:

Estanque 1	10.000.- m3
Estanque 2	10.000.- "

Capacidad total..... 20.000 m3

8.- Maipú:

200.-m3 200 m3

CAPACIDAD TOTAL..... 309.269 m3

b) Red de distribución.- Los estanques anteriormente indicados alimentan a una vasta red de distribución, que permanentemente ha debido ampliarse y reforzarse en forma apreciable para cubrir las necesidades siempre crecientes de la población.

Respecto a la forma en que se entrega el agua a la red, el sistema es gravitacional, excepto las siguientes plantas elevadoras que desempeñan las funciones que se indican:

a.- Vitacura.- Eleva aguas provenientes de Vitacura, a un estanque de 5.000 m3. de capacidad, situado en el cerro Lo Bravo.- Abastece a importantes sectores de las comas de Las Condes y Providencia.

b.- Principio de Calles.- Eleva aguas del acueducto Laguna Negra- Santiago, para suplir deficiencias de producción de la Planta La Reina.

4°.- Tratamiento del agua de las actuales fuentes.-

Los caudales de las fuentes anteriormente descritas no necesitan tratamientos especiales (excepto el agua del Maipo que se trata en la Planta de Filtros Las Vizcachas) ya que sus características físicas y químicas, se encuentran dentro de las tolerancias aceptadas por las normas vigentes y los requisitos bacteriológicos se cumplen en exceso.- No obstante toda agua se desinfecta mediante la aplicación de cloro con aparatos Wallace and Tiernan en los suministros de mayor importancia.

La desinfección se practica en los establecimientos Macul, La Reina, Planta Elevadora en Vitacura y Drenos de Vitacura.- Además, las plantas particulares tienen cada una, su equipo de cloración Wallace and Tiernan o hipoclorador, lo mismo que los pozos de la Empresa de Agua Potable de Santiago Norte y Oeste y de la Empresa de Santiago.- Esta última Empresa, en caso de emergencia hace desinfecciones en Las Acacias y Edificio Los Leones. Diariamente se determina la dosis de desinfectante necesaria del agua para satisfacer su demanda de cloro.

5°.- Fuentes actuales de abastecimiento.

Las fuentes de abastecimiento con que cuenta actualmente la ciudad de Santiago, son las que se indican en la tabla I.

Tabla I.

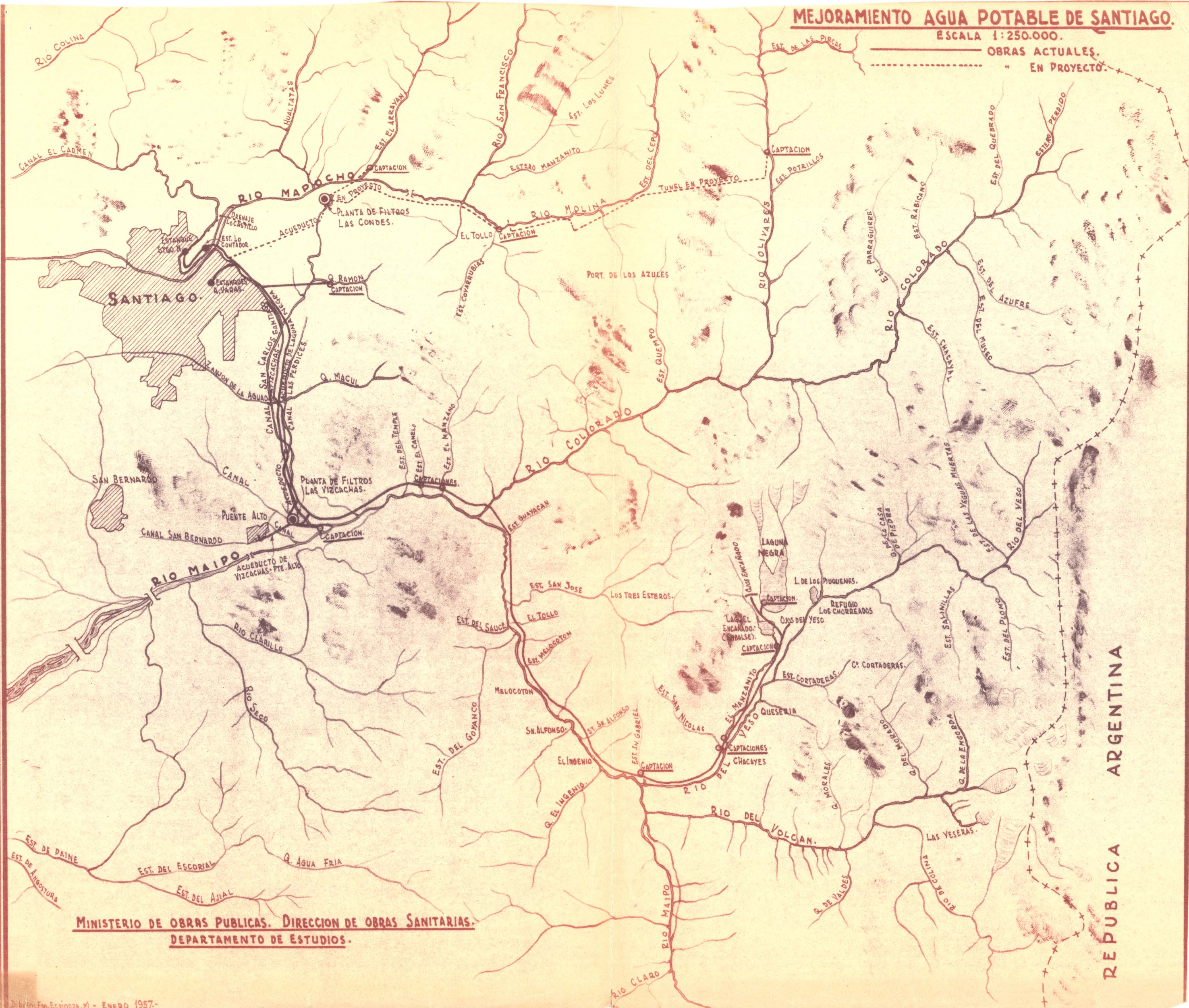
Actuales fuentes de abastecimiento.- Año 1957.-

Fuente	En.	Feb.	Mar	Abr.	Mayo	Junio	Julio
Vitacura	1,15	1,04	0,95	0,90	0,82	0,62	0,56
La Reina	0,25	0,23	0,19	0,18	0,22	0,26	0,31
Arroyán	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Servicios Particulares Q13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Pozos E.A.P.S	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Pozos S.H. y O	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Pozos Plantas Part.	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
Pozos Industriales	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
Laguna Negra	3,04	3,04	3,04	3,04	1,10	1,10	1,10
Las Vizcachas	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56
TOTAL	9,25	9,12	8,99	8,93	6,93	6,79	6,78

ESCALA 1:250.000.

OBRAS ACTUALES.

" EN PROYECTO.



ARGENTINA

REPUBLICA

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS. DIRECCION DE OBRAS SANITARIAS.
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS.

Fuente	Agosto	Sept.	Octub.	Nov.	Diciem.	Promedio
Vitaoura	0,57	0,57	0,61	0,82	1,05	0,80
La Reina	0,41	0,48	0,44	0,37	0,31	0,30
Arroyán	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Servicios Particulares	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Pozos E.A.P.S.	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Pozos S.N. y O	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Pozos Plantas Partic.	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
Pozos Industriales	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
Laguna Negra	1,10	1,10	1,10	3,04	3,04	2,07
Las Vizcachas	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56
Total	6,89	6,98	6,96	9,04	9,21	7,98

Los servicios de gasto constante están determinados principalmente por la capacidad de las plantas elevadoras o la capacidad de las plantas de tratamiento. Para la planta de filtros Las Vizcachas, se ha considerado el gasto de 2,56 m³/s, en vista que el nuevo acueducto Vizcachas- Santiago está en construcción y no puede conducir el caudal que es capaz de tratar la planta. Para el año 1958, que estará terminado el nuevo acueducto, el aporte para Santiago de la planta Las Vizcachas será de 4 m³/s.

Referente a la explotación por la Empresa de Agua Potable de Santiago de la planta de Filtros Las Vizcachas construida por la D.O.S., para el tratamiento de las aguas provenientes del río Maipo, debe dejarse constancia que ella no aporta legalmente mayor cantidad ya que no se posee derecho sobre esas aguas y sólo existe acuerdo transitorio con sus dueños (los canalistas) para poder utilizarlas. Los derechos correspondientes se obtendrán una vez ejecutado el Tranque del río Yeso, que permitirá regularizar parte del río Maipo y destinar estas aguas al suministro de agua potable de la población.

Se ha omitido en el detalle anterior el actual servicio de El Manzano y El Canelo ($Q_m = 0,17$ m³/s) en atención a que el equivalente de estas fuentes es el gasto necesario para el funcionamiento (lavado, servicios propios, etc) de la planta Las Vizcachas. En el arreglo definitivo con los canalistas habrá que recordar que el Fisco tiene derecho a un gasto de 3 m³/s del canal San Carlos para el lavado del alcantarillado de la ciudad, del cual se ocupa en la actualidad una proporción. En plano adjunto, se indican las principales fuentes de abastecimiento de la capital, incluso las fuentes futuras, de las cuales se habla más adelante.

6°.- Cantidad de agua requerida por la población.-

Atendiendo a la distribución y características propias de la ciudad de Santiago, el consumo medio y máximo requerido por la población, es el que se indica en la tabla II.- La población considerada abarca las comunas de Las Condes, Santiago, Providencia, Ñuñoa, La Florida, Puente Alto, San Bernardo, La Granja, La Cisterna, San Miguel, Quinta Normal, Berrancas, Renca y Conchalí, con la dotación media que se indica en la tabla, la que se obtuvo de un estudio completo de dotación para cada sector de la ciudad.

Tabla II.

Población y consumo de Santiago.

Año	Población	Dotación	Consumo medio	(m ³ /s) Máximo
1940	1.025.413	282	3,35	4,55
50	1.353.200	320	5,02	6,61
52	1.454.617	327	5,50	7,40
60	1.744.000	360	7,26	9,84
70	2.198.380	398	10,16	13,76
80	2.503.400	440	13,22	17,91
90	2.936.100	480	16,26	22,03

Si se analiza la cantidad de agua requerida por la población para el presente año 1957, $Q_{máx.} = 8,7 \text{ m}^3/\text{s}$ (ver gráfico de consumo) y con lo que se dispone ($Q = 9,2 \text{ m}^3/\text{s}$) se observa que el suministro es levemente mayor que la demanda.- Pero si a esta última cantidad se le resta parte del gasto que se filtra en las Viscachas, en vista que el Fienco no posee el total de los derechos sobre el agua que se toma en el canal del Maipo, se llega a un pequeño déficit, el cual aumentará a medida que transcurran los años.- La cesión de parte del agua que se toma en el Maipo, es sólo temporal y está acondicionada a la ejecución del embalse del río Yeso, problema que se analiza en seguida.

7°.- Embalse del río Yeso.

De los estudios practicados por la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas, se llega a la conclusión que el Embalse del río Yeso, de una capacidad útil de 250.000.000 m³ es capaz de satisfacer las necesidades de agua potable indicadas en la tabla II hasta el año de máxima previsión que se ha elegido y que es el año 1990, con una seguridad de 100%. Para el riego se obtiene un mejoramiento de su seguridad de 15,6%, valor actual, a 47,4% año 1960 y 36,8% año 1990.- Aún las necesidades de agua potable deberían satisfacerse hasta la igualdad de seguridad en riego, entre la situación actual, sin trunque valor 15,6% y el año en que el índice con trunque sea este mismo valor. En la tabla III, se copia el resumen del estudio efectuado por la Dirección de Riego.

Tabla III.-

Seguridades anuales en Embalse Río Yeso.

Año	Regulación actual		Regulación considerando independientemente las necesidades de A.P. y Riego (se mantiene una regulación constante para riego.)		Regulación combinada de las necesidades de A.P. y Riego	
	Seguridad %		Seguridad %		Seguridad %	
	A.P.	Riego	A.P.	Riego	A.P.	Riego
1960	100	13,2	100	15,8	100	47,4
70	100	13,2	97,4	15,8	100	42,1
80	100	7,9	63,2	15,8	100	42,1
90	100	7,9	47,4	15,8	100	36,8

En resumen, con la ejecución del embalse del río Yeso, se obtiene para el Agua Potable de Santiago, una fuente de recursos de agua, de una magnitud tal, que da una seguridad de 100% hasta después del año 1990.

El proyecto del tranque está en construcción y se espera esté terminado en unos 4 a 5 años más.

8.- Nuevas fuentes de abastecimiento de Santiago.

a) Situación actual.- De la tabla I, se obtiene que el consumo máximo en Enero de 1957 será de 9,25 m³/s.- Si a este gasto se le agrega el saldo de 1,44 m³/s hasta completar la capacidad total de la planta de filtros Las Viscachas ($2,56 + 1,44$ m³/s), más ciertos aportes de pozos profundos de Santiago Norte y Oeste que suman 0,40 m³/s que entrarían en explotación antes de 1962 y comparando estos valores con el cuadro de consumos, se obtiene lo siguiente:

Consumo máximo para 1962:	10,45 m ³ /s
Fuentes de abastecimiento hasta 1962:	11,09 "
Exceso de las fuentes en 1962:	0,64 m ³ /s.

De estas cifras, se deduce que la capital contará con abastecimiento normal de agua potable hasta el año 1962, ya que el exceso que aparece en el cálculo debe dejarse de seguridad.

b) Situación posterior al año 1962.

Como se ha expresado anteriormente el embalse del río Yeso suministrará el agua que necesita la ciudad de Santiago hasta el año de previsión máximo adoptado y que es el año 1990.- Obtenida la fuente de agua debe precisarse el lugar de captación y las plantas de tratamiento necesarias.- Se ha estudiado este problema y existen dos soluciones principales, que se indican a continuación:

- 1°.- Captación directa en el río Maipo y planta de tratamiento en La Cera;
- 2°.- Captación de un afluente del Maipo, río Olivares, conducción por túnel al valle del Cepo, y tratamiento en Las Condes.

En el anexo final a este trabajo, se estudiaron estas dos soluciones desde el punto de vista de la capacidad de ambas fuentes, la dureza de las aguas y su influencia en la economía de jabón, ropa blanca, etc. y la conveniencia del abastecimiento de energía eléctrica de la situación del río Olivares.- De este estudio que se acompaña, se llegó a la siguiente solución para el abastecimiento futuro de la ciudad de Santiago:

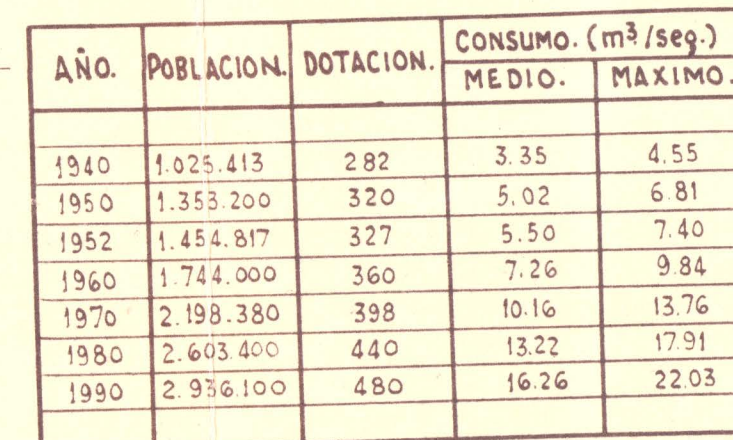
- 1°.- Construcción de una nueva planta de filtros en el Maipo, para un gasto de 2,56 m³/s, que deberá entrar en funcionamiento en el año 1962.
- 2°.- Construcción de la captación del río Olivares con planta de filtros para un gasto de 5,75 m³/s, que deberá entrar en funcionamiento en el año 1969.

Se acompaña a este estudio, un gráfico de los consumos máximos y fuentes de abastecimiento desde el año 1943 hasta el año 1960.- En el gráfico donde aparece indicado los acueductos "Vizcachas-Florida" y "Florida-Santiago", corresponde a aporte de agua de la planta de Filtros Las Vizcachas distribuida por los citados acueductos.

Fuera de las plantas futuras de agua potable del Maipo y del Olivares, existen otras de menor importancia, tales como la captación en La Castilla (0,30 m³/s); ampliaciones de las plantas particulares y nuevos pozos en Santiago Norte y Oeste.- En el gráfico adjunto, sólo se ha agregado los pozos profundos de Santiago Norte y Oeste, dejándose las otras fuentes de seguridad o emergencia.

SANTIAGO, Enero de 1957

CONSUMO MAXIMO Y FUENTES DE ABASTECIMIENTO.



LAS CONDES
SANTIAGO
PROVIDENCIA
ÑUÑO A
SAN MIGUEL
QUINTA NORMAL
BARRANCAS
RENCA Y
CONCHALI.
PTE. ALTO
SN. BERNARDO
CISTERNA
LA GRANJA Y
LA FLORIDA.

NOTA:
LA CURVA DE CONSUMO MAXIMO ES PROVISORIA,
Y SE ESTAN HACIENDO LOS ESTUDIOS PARA
ACTUALIZARLA.

FUENTES.	A P O R T E S D E L A S F U E N T E S .																			
VITACURA.	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
LA REINA.	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
ARRAYAN.																				
SERV. PARTICULARES.	0.10	0.12	0.12	0.12	0.12	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
POZOS. E.A.P.S.						0.07	0.23	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.87	1.00	1.10	1.35	1.70
POZOS. S.N.Y.O.							0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.29	0.60	0.70	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
POZOS PLANTAS PART.							0.05	0.10	0.15	0.30	0.45	0.60	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
POZOS INDUSTRIALES.							0.04	0.09	0.14	0.19	0.24	0.29	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	3.04	3.04	3.04
LAGUNA NEGRA.	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	3.04	3.04	3.04	3.04	3.04	3.04	3.04	3.04	3.04	4.00	4.00	4.00
LAS VIZCACHAS.		1.93	1.93	1.93	1.93	2.53	3.53	3.53	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	4.00	4.00	2.56	2.56	2.56	2.56
LA OBRA.																				
OLIVARES.																				
TOTAL	3.57	5.52	5.52	5.52	5.52	6.31	7.62	7.85	8.35	8.35	8.58	8.94	9.25	10.79	10.96	13.65	13.75	19.75	20.10	20.32

ANEXO

Comparación económica entre el abastecimiento de agua potable de Santiago con planta en el río Maipo e en el río Olivares.

El presente estudio económico fué elaborado por la D.O.S. en el año 1954, existiendo a esta fecha algunos cambios, como la captación de Lo Castillo que ha sido postergada y su posible capacidad disminuida de 0,89 a 0,30 m³/s. - También en este estudio no se consideraron las captaciones de Santiago Norte y Oeste, y por lo tanto, los datos de consumos son diferentes al estudio anterior, pero no obstante las conclusiones finales de este anexo en ambos casos son iguales, ya que el problema fundamental es elegir entre la solución "Maipo" u Olivares", que con los nuevos suministros se han desplazado en dos años, o sea, que en vez de ser necesaria la planta del Maipo en 1960, lo será en 1962, etc. En la misma forma los precios que aparecen en este anexo son los correspondientes a 1954.

Según los estudios efectuados por la Dirección de Riego, con la ejecución del embalse del río Yeso, se obtiene para el Agua Potable de Santiago, una fuente de recursos de agua, de una magnitud tal que da una seguridad de 100% hasta después del año 1990.

1°.- Solución río Olivares, respecto a cantidad de agua.

La cantidad de agua que puede suministrar el río Olivares, para los fines de Agua Potable, es prácticamente ilimitada en los meses de verano, pero su caudal es limitado e insuficiente en los meses de invierno.

En la tabla I se anotan algunos aforos.

Tabla I

Aforos río Olivares (m³/seg.)

	1942	1943	1946	1952	1953
Enero	---	---	---	---	---
Febrero	---	---	---	---	17,7
Marzo	14,6-7,9	---	9,4	---	---
Abril	---	3,5	3,6-3,5-3,4	7,3	---
Mayo	---	---	3,5-3,8	---	---
Junio	---	---	1,7-1,6	---	---
Julio	---	---	---	---	---
Agosto	---	---	---	---	---
Septiembre	---	---	---	---	---
Octubre	---	---	---	2,5-2,5-2	2,4
Noviembre	---	5,3	---	2,6-8	---
Diciembre	---	---	---	16,4-10-11	---

Los aforos anteriores se han efectuado en el lugar denominado Los Potrillos y que es justamente el sitio de la posible captación para su conducción, en seguida, al valle del Cepo. Las dificultades de acceso a este lugar han hecho aconsejable la instalación en el curso inferior del Olivares, antes de unirse con el río Colorado, de una estación limnométrica (instalación hecha por la Endesa) para la determinación de los caudales. A la vez, en el curso medio del río Olivares (Los Llanos) se instaló un limnómetro y se tiene suficiente número de aforos como para precisar la cantidad de agua que pasa por esa sección. Se ha buscado, además, una relación entre el gasto en Los Llanos y Los Potrillos. Se han deducido los caudales aprovechables del Olivares en Los Potrillos y que se anotan en la tabla II.

Tabla II

Gasto del río Olivares (m³/seg).

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
17,7	10,4	5,7	3,4	2,0	1,6	1,5	1,7	2,4	5,3	12,5	

Con el gasto que se indica en la tabla anterior y teniendo presente que al adoptarse la solución Olivares es conveniente aprovechar al máximo este río y solo agregar directamente al Maipo, a medida que la creciente demanda de la población así lo requiera, se observa que el río Olivares, al entrar en funciones el año 1960 soluciona el problema de fuentes de abastecimiento de Santiago hasta el año 1975, como se indica en la tabla II.

Tabla II

Demanda río Olivares y Viscachas.

Año 1960

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	F
Consumo	9,84	9,44	9,22	7,99	6,53	5,45	4,86	4,79	5,45	6,32	7,99	9,29	7,25
Fuentes	6,07	5,94	5,81	5,76	3,77	3,61	3,60	3,71	3,80	3,78	5,86	6,03	4,80
Diferencia	3,77	3,50	3,41	2,23	2,76	1,84	1,26	1,08	1,65	2,54	2,13	3,26	2,45
Olivares	3,77	3,50	3,41	2,23	2,76	1,84	1,26	1,08	1,65	2,54	2,13	3,25	2,45
Viscachas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Año 1965

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	F
Consumo	11,68	11,25	10,99	9,52	7,79	6,49	5,80	5,71	6,49	7,53	9,52	11,07	8,65
Fuentes	6,07	5,94	5,81	5,76	3,77	3,61	3,60	3,71	3,80	3,78	5,86	6,03	4,80
Diferencia	5,61	5,31	5,18	3,76	4,02	2,88	2,20	2,00	2,69	3,75	3,66	5,04	3,85
Olivares	5,61	5,31	5,18	3,76	3,40	2,00	1,60	1,50	1,70	2,45	3,66	5,04	3,13
Viscachas	-	-	-	-	0,62	0,88	0,60	0,50	0,99	1,30	-	-	0,72

Año 1970

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	F
Consumo	13,76	13,21	12,90	11,18	9,14	7,62	6,81	6,71	7,62	8,84	11,18	13,00	10,26
Fuentes	6,07	5,94	5,81	5,76	3,77	3,61	3,60	3,71	3,80	3,78	5,86	6,03	4,80
Diferencia	7,69	7,27	7,09	5,42	5,37	4,01	3,21	3,00	3,82	5,06	5,32	6,97	5,46
Olivares	5,75	5,75	5,75	5,42	3,40	2,00	1,60	1,50	1,70	2,45	5,30	5,75	3,86
Viscachas	1,94	1,52	1,34	-	1,97	2,01	1,61	1,50	2,12	2,61	0,02	1,22	1,50

Año 1975:

		F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	P
Consumo	15.82	15.24	14.88	12.89	10.55	8.79	7.85	7.74	8.79	10.20	12.89	15.00	11.72
Fuentes	6.07	5.94	5.81	5.76	3.77	3.61	3.60	3.71	3.80	3.78	5.86	6.03	4.80
Diferencia	9.75	9.30	9.07	7.13	6.78	5.18	4.25	4.03	4.99	6.42	7.03	8.97	6.92
Olivares	5.75	5.75	5.75	5.75	3.40	2.80	1.60	1.50	1.70	2.45	5.30	5.75	3.89
Vizcachas	4.00	3.55	3.32	1.38	3.38	3.18	2.65	2.53	3.29	3.97	1.73	3.22	3.03

Por otra parte, en atención a que el aumento de consumo es prácticamente lineal la utilización del Olivares puede desplazarse un tiempo, sin que ello signifique variar las consideraciones que más adelante se enuncian. Lo definitivo es que la solución Olivares soluciona el aumento de consumo de la población de Santiago en un período de 15 años.

De la tabla anterior se observa que el río Olivares conjuntamente con aguas del río Maipo, tratadas en Viscachas, soluciona el problema del agua potable de Santiago, en lo que respecta a fuentes de abastecimiento hasta el año 1975.- Posteriormente a esta fecha debe captarse directamente el Maipo y tratar sus aguas en la Obra, con planta de tratamiento.

Si la calidad del agua fuera la misma en el río Olivares y en el Maipo no habría duda que sería conveniente adoptar desde el principio la solución de la captación directa, pero en atención a sus características distintas y fundamentalmente la baja dureza del Olivares en comparación con la excesiva del Maipo, se ha evaluado este factor llegándose a las conclusiones que se indican más adelante.

2.- Dureza.-

Las actuales fuentes de abastecimiento de la ciudad de Santiago tienen las durezas medias que se indican en la tabla III.

Tabla III

Fuentes de áreas vecindario (ppm)	Dureza media actuales.
Sistema Laguna Negra	86
Vitacura	148
La Reina	100
Servicios particulares	186
Arrayán	119
Pozos profundos	330

De Lo Castillo no se tienen análisis completos, por tanto para los fines de este estudio se supondrá una dureza media igual a la de los pozos profundos (330 ppm)

Finalmente El Olivares y El Maipo tienen las durezas medias actuales que se indican:

Olivares	141 ppm
Maipo	374 "

3.- Influencia de las durezas parciales en el costo total.

Para evaluar la influencia de la dureza de cada fuente de agua, dentro de la dureza media total, es necesario tener los productos gasto x dureza. En la tabla IV se tienen los valores correspondientes a las fuentes propias de abastecimiento, para el año 1955, multiplicados por sus durezas (Tabla III)

Tabla IV

Gasto x dureza. Fuentes propias.

	Q (m ³ /seg)	Dureza	Q x dureza (ppm)
Sistema Laguna Negra	2.07	86	178.02
Vitacura	0.80	148	118.40
La Reina	0.30	100	30.00
Servicios particulares	0.15	186	27.90
Arrayán	0.06	119	7.14
Pozos profundas	0.53	330	174.90
La Castillo	0.89	330	293.70
Total gasto y Promedio dureza	4.80	172	829.77

A continuación, teniendo presente las demandas indicadas en la tabla II se estudian las soluciones Olivares y Maipo respecto a las durezas medias totales.

En la tabla V se analiza la dureza media que resulta de los aportes variables del Olivares (tabla II) en atención a que la dureza también es variable.

Tabla V.

Gasto x dureza Olivares

Mes	Dureza			1960		1965		1970		1975	
	C	NC	D _T	Q	Q x D _T	Q	Q x D _T	Q	Q x D _T	Q	Q x D _T
Enero	60	32	92	3.77	347	5.61	516	5.75	529	5.75	529
Febrero	28	36	64	3.50	224	5.51	340	5.75	368	5.75	368
Marzo	51	58	109	3.41	372	5.18	565	5.75	627	5.75	627
Abril	76	80	156	2.23	348	3.76	587	5.12	846	5.75	897
Mayo	93	92	185	2.76	511	3.40	629	3.40	629	3.40	629
Junio	92	114	208	1.84	379	2.00	412	2.00	412	2.00	412
Julio	93	121	214	1.26	270	1.60	342	1.60	342	1.60	342
Agosto	94	128	222	1.08	240	1.50	333	1.50	333	1.50	333
Septiemb.	96	135	231	1.65	381	1.70	393	1.70	393	1.70	393
Octb.	92	143	235	2.54	597	2.45	576	2.45	576	2.45	576
Noviem.	67	68	135	2.13	288	3.66	494	5.30	716	5.30	716
Diciemb.	80	40	120	3.26	391	5.04	605	5.75	690	5.75	690
Promedio	70	71	141	2.46	347	3.43	484	3.86	544	3.89	548
Promedio Q x D _T					362		483		538		543

Se observa, como es lógico, que los promedios anuales son diferentes según se considere el simple promedio anual o que éste provenga del término medio de los promedios mensuales.

En la tabla VI se analiza la dureza media que resulta de los aportes variables del Maipo en atención a que la dureza también es variable.

Tabla VI

Gasto x Dureza. Maipo (complementario)

Mes	Dureza		1960		1965		1970		1975	
	G	H e.	D _T Q	Q Qx D _T Q	Qx D _T Q	Qx D _T Q	Q x D _T Q	Q	Qx D _T Q	Qx D _T Q
Enero	75	245	320				1,94	621	4,00	1.280
Febrero	95	239	334				1,52	508	3,55	1.186
Marzo	79	316	395				1,34	529	3,32	1.311
Abril	92	362	454						1,38	627
Mayo	103	372	475		0,62	294	1,97	936	3,38	1.605
Junio	101	330	431		0,88	379	2,01	866	3,18	1.370
Julio	103	314	417		0,60	250	1,61	671	2,65	1.105
Agosto	98	296	394		0,50	197	1,50	591	2,53	997
Septiemb.	89	233	322		0,99	319	2,12	683	3,29	1.059
Oct.	100	318	418		1,30	543	2,61	1.091	3,97	1.659
Nov.	80	184	264				0,02	5	1,73	457
Diciemb.	85	251	336				1,22	430	3,22	1.082
Prom.	91	283	374		0,42	157	1,50	561	3,03	1.133
Prom Qx D _T				0		165		576		1.145

Finalmente en la tabla VII se indica la dureza media que se obtiene al adoptarse la solución Olivares, empleando al máximo esta fuente y complementando con el Maipo para obtener el gasto necesario.

Se han agregado los valores de las durezas carbonatadas y no carbonatadas, calculadas en la misma forma que para la dureza total.

Tabla VII

Solución con máximo de Olivares y complementado con Maipo

Año	Fuentes Tabla IV F. prop.	(Q x D _T) Tabla V Olivares	Tabla VI Maipo	Dureza		D. Total
				Carbonatada	No carbonatada	
1960	830	362	-	63	101	164
1965	830	483	165	64	107	171
1970	830	538	576	67	124	191
1975	830	543	1.145	70	145	215

4.- Dureza solución río Maipo.

Para comparar estas soluciones, Olivares y Maipo, es necesario determinar en la misma forma que se ha hecho para Olivares, la dureza media que se obtiene con esta solución.

En la tabla VIII se ha indicado la dureza media que resulta de los aparatos variables del Maipo, en atención a que la dureza, como se ha expresado, también es variable.

Tabla VIII

Mes	Dureza			Gasto x dureza 1960			Maipo 1965			1970			1975		
	C	NoC	D _T	C	Q x D _T	Q	Q x D _T	Q	Q x D _T	Q	Q x D _T	Q	Q x D _T	Q	Q x D _T
Enero	25	245	320	5.77	1.206	5.61	1.795	7.69	2.461	9.75	5.120				
Febrero	95	239	334	3.50	1.169	5.31	1.774	7.27	2.428	9.30	3.106				
Marzo	79	316	395	3.41	1.347	5.18	2.046	7.09	2.800	9.07	3.583				
Abril	92	362	454	2.23	1.012	3.76	1.707	5.42	2.461	7.13	3.237				
Mayo	103	372	475	2.76	1.311	4.02	1.909	5.37	2.551	6.78	3.220				
Junio	101	330	431	1.84	793	2.88	1.241	4.01	1.728	5.18	2.233				
Julio	101	314	417	1.26	525	2.20	917	3.21	1.339	4.25	1.772				
Agosto	98	296	394	1.08	426	2.00	788	3.00	1.182	4.03	1.568				
Septiemb.	89	233	322	1.65	531	2.69	866	3.82	1.230	4.99	1.607				
Octubr.	100	318	418	2.54	1.061	3.75	1.567	5.06	2.151	6.42	2.684				
Noviemb.	80	184	264	2.13	562	3.66	966	5.32	1.404	7.03	1.856				
Diciemb.	85	251	336	3.26	1.095	5.04	1.693	6.97	2.362	8.97	3.014				
Prom	91	283	374	2.46	920	3.85	1.440	5.36	2.005	6.92	2.588				
Promedio Q x D _T					918		1.439		2.006		2.585				

En la tabla IX se indica la dureza media que se obtiene al adoptarse la solución Maipo, complementado, como en el caso del Olivares con las fuentes propias. - Se agregan, además, las durezas carbonatadas y no carbonatadas calculadas en la misma forma que para la dureza total.

Tabla IX

Año	Puentes Tabla IV F. Prop.	Dureza		Solución Maipo		D. Total
		Tabla VIII Maipo		Carbonatada	No carbonatada	
1960	830	918		6.9	172	241
1965	830	1.439		71	191	262
1970	830	2.006		74	205	279
1975	830	2.585		76	215	291

5.- Comparación dureza soluciones Olivares y Maipo.

En la tabla X se colocan los valores de las durezas de los dos sistemas Olivares y Maipo, tabla VII y IX y se indica la diferencia.

Tabla X

Comparación dureza Olivares y Maipo

Año	Q	D U R E Z A		
		Olivares	Maipo	Diferencia
1960	7,26	164	241	77
1965	8,65	171	262	91
1970	10,16	191	279	88
1975	11,72	215	291	76

Determinadas las durezas de ambas soluciones es preciso evaluar económicamente lo que esta diferencia representa. Los factores principales que se deben considerar son:

- Economía que significa utilizar un agua más blanda que otra;
- Gosto del ablandamiento de un agua.
- Mayor valor de Olivares en captación y aducción respecto al Maipo.

6.- Economía, en relación con la dureza, de Olivares respecto a Maipo.

Quando las aguas contienen más de 200 ppm de dureza total, expresada en Ca CO_3 , en la mayoría de los casos, se rebaja el contenido de sus sales productoras, no como una necesidad sanitaria, sino como cuestión económica.

Es opinión generalizada que el consumo de un agua dura representa derroche de jabón, mal sabor del té, etc; pero es importante de remarcar que la opinión de médicos expertos es que el agua dura no tiene inconvenientes para la salud.

No se hará inmediatamente, el estudio de ablandamiento de un agua, solamente se analizará la economía que representa la diferencia de dureza, entre Olivares y Maipo, indicada en la tabla X.

Los principales aspectos económicos, directamente efectuados por la mayor o menor dureza de un agua son:

- Consumo de jabón
- ropa blanca
- combustible, leña, carbón, gas etc.
- necesidad de agua blanda en diferentes industrias.

a) Consumo de jabón.

En atención a que la capacidad destructora del jabón, en contacto con el agua es función de la dureza de ésta, se han confeccionado fórmulas empíricas que relacionan ambos factores. La más conocida es la relación de Foulk, que valoriza la cantidad de jabón necesario para eliminar H ppm. de dureza de 1 m³ de agua.

$$J = 0,24 \times 0,024 H \quad (\text{Kg})$$

El Ingeniero señor Clavarría, en su memoria de título, llega a la siguiente expresión, deducida de experiencias con agua de diferente origen pero en su mayoría del Maipo.

$$J = 0,03 + 0,0165 H \quad (\text{Kg})$$

En la tabla XI se aplican estas fórmulas a la diferencia de dureza anotada en la tabla.

Tabla XII

Jabón para eliminar H ppa de dureza.

Año	Dif. dureza	Fouk	Olavarría
1960	77	2,09	0,85
65	91	2,42	0,99
70	88	2,35	0,96
75	76	2,06	0,83

El consumo diario por persona de agua ablandada es de 5,6 lt según experiencias directas. Los norteamericanos establecen 4,5 lts considerando valores fluctuantes entre 3,4 lt (0,9 galones, Fouk) hasta 6,4 (1,7 galones, Comité de Madison). Se adoptará el valor 4,5 litros.

Respecto al precio medio del jabón, tomando en cuenta el de lavar (incluso detergentes) y el de tocador, puede estimarse en \$ 60 el kilo.

En la tabla XII, considerando lo anterior, se ha valorizado la economía que representa la solución Olivares, por su menor dureza y por lo tanto menor consumo de jabón respecto al Maipo.

$$E = J \times \text{cons. ag. por hab.} \times \text{días} \times \text{precio jabón} \times \text{habitante}$$

$$= J \times 0,0045 \times 365 \times 60 \times h$$

Tabla XIII

Economía en jabón (Fouk - Olavarría)

Economía por habitante (al año)

Año	J	Jabón Kg	Valor \$	h	Economía
1960	0,85	1,37	82,2	1.744.000	143.356.800
65	0,99	1,61	96,6	1.970.000	190.302.000
70	0,96	1,56	93,6	2.198.380	205.768.300
75	0,83	1,35	81	2.900.000	234.900.000

Se observa en la expresión de " E " (economía) que cualquier aumento que se considere en la cantidad de agua ablandada, por habitante, como así mismo en el precio del jabón influyen linealmente en la determinación de la economía de la solución Olivares.

El libro " Ingeniería Sanitaria" de J.A. Coscolluela, trae gráficos, cortesía de la Co. Solvay, que relacionan directamente el consumo por habitante, al año, según la dureza del agua, como asimismo, la economía anual por persona, según la reducción de dureza. Aplicando los gráficos mencionados se obtienen los valores que se indican en la tabla XIII. Se ha adoptado el mismo precio para el kilo de jabón (\$ 60).

Tabla XIII

Economía en jabón (Coscolluela)

Año	Olivares Dureza	Consumo K/h/año	Maipo Dureza	Consumo K/h/año	E. por h(año) jabón Kg	Valor \$	Economía total anual
1960	164	16,42	241	17,42	1	60	1.744.000
65	171	16,51	262	17,64	1,13	67,8	1.970.000
70	191	16,78	279	17,87	1,09	65,4	2.198.380
75	215	17,06	291	17,96	0,9	54	2.900.000

Se solicitó al Ministerio de Economía el consumo de jabón, detergentes etc., que tiene actualmente la ciudad de Santiago. En atención a que estos valores no se han obtenido todavía se tomarán los de 1951.

Jabón de lavar	9.257.250 Kgr.
Ferilina y Magistina	5.075.250 "
Jaboneta, gominito, etc	108.750 "
Total	14.541.150 Kgr.

Valor, a \$ 60 el kilo \$ 872.469.000.-

El año 1951, la población de Santiago puede estimarse en 1.404.000 h por tanto, le correspondería un consumo medio anual de jabón por persona de 10,36 Kg. Se observa que este valor es inferior al indicado en la tabla XIII.-

La reducción media en % de consumo de jabón indicada en la misma tabla XIII es de 5,6%.

En el año 1951 la dureza media del agua consumida por la población de Santiago, deba haber tenido el siguiente valor:

Facetas propias	$C = 3,91$	$D = 300$	(de tabla IV)
Maipo	$Q = 1,53$	$d = 350$	

$$D_m = \frac{500 + 580}{5,44} = \frac{1080}{5,44} = 200 \text{ ppm.}$$

se observa que para este valor el consumo de jabón, según Cosculluela, sería de 17 K/h/año, como, en la realidad sólo fué de 10,36 Kg. para calcular la economía de jabón que significaría reducir la dureza del agua, no es un error adoptar el mismo valor de reducción obtenido de la tabla XIII y que es 5,8 %.

En la tabla XIV se indica la economía anual del jabón que representaría una disminución en el consumo de jabón de 5,6 % al adoptarse la solución Olivares ($e = 10,36 \times 0,058 = 0,6 \text{ K}$).

Tabla XIV

Economía en jabón, Reducción de 5,8%

Año	Economía por habitante Jabón K	Valor \$	Habitante	Economía
1960	0,6	36	1.744.000	62.784.000
65	0,6	36	1.970.000	70.920.000
70	0,6	36	2.198.000	79.128.000
75	0,6	36	2.900.000	104.400.000

Comparación entre los valores obtenidos. Se observa que según sea el procedimiento de cálculo adoptado se obtienen diferentes valores en la estimación de la economía de jabón según se trate de agua del Olivares o del Maipo. La diferencia entre Fonik (corregido por Olivares) y el procedimiento indicado en la tabla XIV a base de la reducción en % indicada de la tabla XIII (Cosculluela) es sobre el 100%. La prudencia parece aconsejar los valores mínimos y que son los obtenidos en la tabla XIV. Probablemente un mayor hábito de limpieza en la población aumentaría el consumo por habitante de jabón, pero por ahora no se observa un mejoramiento del standard de vida que permita adoptar tal determinación.

b) ropa blanca.

No existen en Chile experiencias que den la economía producida en el consumo de ropa blanca, por una mayor duración de ésta al lavársela con agua

sin sales de Ca y Mg. precipitantes que dañan los tejidos. Se debe, por tanto, evaluar este factor tomando como base las experiencias norteamericanas, Olson, Hoover y otros experimentadores que da un promedio de 30 a 35% de menor gasto.

Para determinar, en dinero, lo que la población invierte en gasto de ropa blanca, debe estudiarse en las estadísticas, la forma en que distribuye un salario, tanto al obrero como al empleado, considerando solamente estos núcleos de población, ya que las demás actividades, para este fin, pueden asimilarse a alguno de ellos.

En el obrero, la parte de su jornal destinada a ropa blanca alcanza al 8% y en el empleado al 5%. El salario medio del obrero puede estimarse en \$ 50.000 anuales. El sueldo medio anual del empleado debe alcanzar a \$ 150.000.- (año 1954).

El número de obreros, en actividad, en Santiago, para el año 1951, es 208.000 y el de empleados de 110.000 (318.000 trabajadores en 1.404.000 h = 1 en 4,4). De donde lo invertido en ropa blanca es:

Obreros	50.000 . 208.000 . 0,08 =	832.000.000
Empleado	150.000 . 110.000 . 0,05 =	825.000.000

TOTAL	1.657.000.000
-------	---------------

La economía de 30 a 35% a que se refieren los autores americanos la relacionan entre aguas blandas, aún moderadamente blandas y duras. No es una función directa del grado de dureza. Por tanto, se indica solamente en estas páginas la cantidad de dinero que se invierte en ropa blanca con el objeto de visualizar y de observar que cualquier % de economía que se considere represente un alto valor en pesos.

En el presente caso, comparación entre solución Olivares y Mapo las aguas no cambian fundamentalmente de categoría. En la tabla XV se indica la clasificación del agua, según sea el grado de dureza y se ha agregado como un información útil, el % de población de Inglaterra que consume las categorías respectivas.

Tabla XV.-

Clasificación del Agua y consumo de ella (en Inglaterra)

Clasificación	Dureza ppm.	% de la población
Blanda	0 - 50	20,5
Moderadamente blanda	50 - 100	14,1
Suavemente dura	100 - 150	11,9
Moderadamente dura	150 - 200	8,5
Dura	200 - 300	39,7
Muy dura	Sobre 300	5,3

c) Combustible.

No existen experiencias, en Chile, que den la armonía producida en el consumo de combustible al disminuir la dureza de la agua. Experiencias realizadas en plantas norteamericanas, con un ahorro de combustible de 13% y aun 41% pero, en igual forma que para la economía en ropa blanca el ahorro no es función directa del grado de dureza. A semejanza de lo efectuado para ropa blanca se indica a continuación, lo invertido en combustible con el fin de dar una idea de la importancia de este factor. Se toma número de obreros empleados como asimismo jornales iguales a los anotados anteriormente.

Se tomará solamente leña y carbón espino ya que el gas tiene relacionado su consumo por ineficiencia de producción y distribución.

En el obrero la parte de su jornal destinada a leña y carbón espino es de 4% y en el empleado de 0,5 %. De donde lo invertido en esta clase de combustible es de:

Obreros	$50.000 \times 208.000 \times 0.04 =$	416.000.000
Empleados	$150.000 \times 110.000 \times 0.005 =$	82.500.000
TOTAL		498.500.000.-

7.- Economía Olivares en el sector de la población correspondiente.

En las páginas anteriores se ha estudiado la economía en relación con la dureza de Olivares respecto a Maipo, considerando el total de consumo y de población. Se ha supuesto que las aguas de las distintas fuentes se mezclan entre sí y la población se abastece de esa mezcla. En la realidad el problema es diferente; existirán sectores que sólo consumirán agua de una fuente y otros de otra, por tanto diferentes durezas. Para evaluar la importancia, que entre Olivares y Maipo, presenta este factor se hará un breve análisis a base de los gastos y durezas anteriormente calculados. Se supondrá como extremo, o sea, que un sector se abastece del Olivares o del Maipo. (En realidad las aguas del Maipo debe considerarse que se combinan normalmente con las del sistema de la Laguna Negra).

En la tabla XVI se indica el gasto que debe compararse entre Olivares y Maipo, la población que le corresponde, supuesta dotación uniforme en toda la ciudad, y las durezas correspondientes.

Tabla XVI

Población y dureza. Sector Olivares o Maipo

Año	Q m ³ /seg	Habitantes	Dureza Olivares	Dureza Q. D	(Maipo) D
1960	2.46	591.000	147	1.439-165	373
65	3.43	781.000	141	1.439-165	372
70	3.86	835.000	140	2.006-576	371
75	3.89	985.000	140	2.585-145	370

a) Consumo de jabones.

En la tabla XVII en la misma forma que se hizo en la tabla XIII, se solucionó directamente el consumo por habitante al año, según la dureza del agua, como así mismo la economía anual por persona. Se aplican los gráficos de Cosculluela.

Tabla XVII

Economía en jabón. Sector Olivares o Maipo

Año	Olivares Dureza	consumo k/h/año	Maipo Dureza	Consumo k/h/año	E. por año h jabón	Valor \$	Habitantes	Economía t al año
1960	147	16,1	373	18,9	2,8	168	591.000	99.268.800
65	141	16	372	18,9	2,9	174	781.000	135.894.000
70	140	16	371	18,9	2,9	174	835.000	145.290.000
75	140	16	370	18,9	2,9	174	985.000	171.390.000

Se observa que las economías indicadas al considerar dureza media en el total de la población, o tomar en consideración solamente los sectores que abastecerían con fuentes distintas, es comparable. Por tanto, es válida la economía respecto al consumo de jabón indicada en la tabla XIV, ya que es conveniente adoptar el valor menor.

b) Ropa blanca y combustible. En atención a que la dureza del Olivares, sólo permite clasificar a estas aguas como fuertemente duras, no es posible aplicar porcentaje de reducción basado en las experiencias norteamericanas.

8.- Economía, en relación con captación, aducción etc. de Maipo respecto a Olivares.

La solución Olivares, en atención a la ubicación de la posible captación presenta sobre la solución Maipo, costos y factores adicionales que es preciso considerar.

La solución Olivares comprende: captación y desarenador en el río Olivares, en el lugar denominado Los Mineros; un túnel de 9,4 Km de longitud, que atravesaría el cordón del Quempo, para vaciar las aguas en el estero del Cepo, afluente del Mapocho. Se haría una nueva captación en el Mapocho, cerca de la confluencia con el Arrayán, desde donde se llevarían las aguas a la ciudad por un acueducto de una longitud de 15 Km (m/m) pasando, previamente, por una planta de filtros rápidos en Las Condes.

Las obras, primeramente enunciadas, son las que constituyen la diferencia.

Un costo aproximado de estas obras, es el siguiente:

Captación en río Olivares	5.000.000
Desarenador en Los Mineros	8.000.000
Túnel del Quempo (9.400:24.000)	<u>225.000.000</u>
Total	238.000.000

El ítem principal lo constituye el túnel y el valor de \$ 225.000.000 se ha deducido en la siguiente forma:

La sección del túnel está determinada por la sección mínima de trabajo y que es de 5 m² (El costo, m³/seg, sería ~ 6). Considerando un precio de \$ 1.500 por m³ de excavación, los 5 m² de sección valdrán \$ 7.500.- La maquinaria en atención a la rigurosidad de condiciones en que debe funcionar, representará un valor estimable en 2.500 por m.l.

Los caminos de acceso a las dos bocas de ataque tienen una longitud aproximada de 30 Km en Olivares y 15 Km en el Cepo. Si se considera un valor de \$ 1.000 por m.l. se tiene un recargo por m.l. de túnel de 45.000.000 que en la longitud de 9,4 Km representa un valor cercano a \$ 5.000 al m.l.

Los gastos generales, leyes sociales etc. deben ser altos, no sólo por la naturaleza de la obra, sino que, debe tenerse presente que el túnel se encuentra sobre 3.000 m de altura lo que significa no sólo buenos campeonatos sino que precauciones especiales en atención a que los caminos de acceso estarán cortados durante gran parte del año. Se tomará 60%.

En resumen:

Perforación (incluido revestimiento)	10.000 p.m.l.
Caminos	5.000
Gastos generales 60% de 15.000	<u>9.000</u>
Total	24.000.-

Se omite el cálculo de la planta de Filtros en Las Condes, ya que su valor es semejante a la planta que se haría en La Obra.- Los gastos de explotación serán diferentes, pero en todo caso, mayores en el Maipo.

9.- Plazo de ejecución del túnel del Quempo.

La duración de la ejecución del túnel, para la captación de las aguas del Olivares, tiene importancia, ya que sus aguas se necesitan a un

plazo determinado.

Se estima como rendimiento óptimo un valor de 70 m.l. de avance por boca mensual. Este rendimiento se ha obtenido en buenas condiciones de trabajo. Como se expresó anteriormente sólo podrán existir, en Olivares dos fuentes de ataque, por lo que el avance sería de 140 m.l. Desgraciadamente la ubicación del tunel su cota, la rigurosidad de las condiciones climatéricas, hacen considerar como valor óptimo para este caso el de 50 m.l. mensuales por boca, o sea, 100 m.l. en total. Por tanto, el plazo de ejecución considerando trabajo continuo, durante todo el año, es de 1.200 m.l. año, o sea, 9.400:1.200 = 8 años. Debe agregarse 1 año para revestimiento, lo que en total representa 9 años. En todo caso su valor prudente no puede ser inferior a 10 años.

10.- Sobrante Planta Los Maitenes.

La realización de la solución Olivares significa disminución de agua para la actual planta hidro-eléctrica de Los Maitenes, pero ya que el Olivares, es sólo un afluente del río Colorado y la planta capta las aguas del Colorado si el exceso que no se aprovecha en Maitenes es superior a las aguas que se captarían del Olivares, no existiría ninguna alteración en el funcionamiento normal de la planta.

En Maitenes se tienen, según informaciones proporcionadas privadamente por el Ingeniero de la Compañía de Electricidad, señor Alfaro, los siguientes sobrantes medios o mínimos que se indican en la tabla XVIII

Tabla XVIII.

Sobrante del Colorado, en Maitenes.

Enero	40 m3/seg	Julio	3,7 m3/seg
Febrero	34 "	Agosto	2,4 "
Marzo	12 "	Sept.	13 "
Abril	11 "	Oct.	15 "
Mayo	9 "	Nov.	sobre 30 m3/seg.
Junio	4,4 "	Dic.	" " "

Al comparar estos valores, con los caudales que deben extraerse del Olivares, se observa que siempre son superiores, por lo que, solución Olivares no representa disminución en el caudal aprovechable de Maitenes.

11.- Energía eléctrica obtenida por solución Olivares.

En atención a la alta cota de salida del tunel del Quempo, siempre se ha tenido presente el posible aprovechamiento de estas aguas como fuente de energía eléctrica.

La energía mínima que podría obtenerse en las caídas de " El Risco" y " El Tello" de alturas de 830 y 245 m., respectivamente, sería durante el año la indicada en la tabla XIX.-

Table XIX

Energía eléctrica, solución Olivares.

Mes	Q	h	Q.h	HF
Enero	5.75	1.075	6.180	62.000
Febrero	5.75	"	6.180	62.000
Marzo	5.75	"	6.180	62.000
Abril	5.75	"	6.180	62.000
Mayo	3.40	"	3.650	37.000
Junio	2.00	"	2.150	22.000
Julio	1.60	"	1.720	17.000
Agosto	1.50	"	1.600	16.000
Septiemb.	1.70	"	1.830	18.000
Octubre	2.45	"	2.630	26.000
Noviemb.	5.30	"	5.700	57.000
Diciemb.	5.75	"	4.180	42.000
Term. medio	3.89	"	4.180	42.000

12. Ablandamiento.

Por ablandar un agua se entiende la eliminación total o parcial, de los compuestos minerales disueltos que constituyen la "dureza" es decir, las sales de calcio y magnesio en especial los bicarbonatos, sulfatos y cloruros de dichos metales.

Innecesario es entenderse sobre el aspecto químico del problema, con
además, sobre los diferentes métodos de tratamiento. Los procedimientos más co-
nocidos son el de la cal y la soda que se basa en la alta solubilidad del
la CO_2 y el Mg. (OH)_2 y el de la amoníaco, fundado en el intercambio de bases
entre amoníaco y las sales del agua.

Se aplicarán los dos métodos para comparar la solución Oliveros con la del Maipo, es decir, se calculará el costo de tratamiento para un gasto del Maipo igual al que sería costado del Oliveros.

a) Procedimiento cal - soda

Se indicará el costo anual en reactivos.

Un valor medio de los análisis de las aguas del Maipo y del Chiveros indican las siguientes durezas.

		Maipo	Oliveros	Reduccion
Dureza Total		380	140	240
B no carbonatos	calcio 330	290	70	calcio 170
	62			Mg. 50 220

	Naipo	Olivares	Reducción
D. carbonatos (alcalinidad)	90	70	20
CO ₂ libre	9		

El agua al ser tratada por el procedimiento en frío con cal y soda Solvay, necesita, teóricamente la siguiente cantidad de cal hidratada al 90% en kg. por m³ de agua:

$$\text{Cal} = \frac{\text{alcalinidad} + \text{dureza Mg} + (2,3 \times \text{CO}_2)}{1,217}$$

$$= \frac{20 + 50 + 2,3 \cdot 9}{1,217} = 0,0715 \text{ Kg/m}^3$$

La cantidad en Kg de soda Solvay comercial a 58% en Na₂O, por m³ de agua es la siguiente:

$$\text{Soda} = \frac{\text{Dureza total} - \text{alcalinidad}}{942,3}$$

$$= \frac{240 - 20}{942,3} = 0,232 \text{ Kg/m}^3.$$

Para ablandar 1 m³/seg de agua durante todo el año se invertiría en cal y soda, a los precios de 3 y 6 pesos por kilo respectivamente las siguientes cantidades:

$$\begin{array}{ll} \text{Cal} & \$ 3 \text{ kilo } 0,0715 \cdot 3,66400 \cdot 365 = 7,050,000 \\ \text{Soda} & 6 = 0,232 \cdot 6,85400 \cdot 365 = 43,900,000 \end{array}$$

En la tabla XI, se indican los costos anuales en reactivos.

Tabla XI

Ablandamiento. Cal - Soda (Mg = 60)

Año	Q	Costo anual por m ³ Cal	Soda	Costo total
1960	2,46	17,243.000	137,994.000	125,337.000
65	3,43	24,181.000	150,577.000	174,758.000
70	3,86	27,213.000	159,454.000	196,667.000
75	3,89	27,424.000	170,771.000	198,195.000

En atención a que la dureza no carbonatada de Mg es poco precisa se hará un nuevo cálculo considerándola igual a cero, como asimismo no tomando en cuenta el CO₂ libre.

$$\text{Cal} = \frac{\text{alcalinidad}}{1,217} = \frac{20}{1,217} = 0,0164$$

$$\text{Soda} = \frac{\text{dureza total} - \text{alcalinidad}}{942,3} = \frac{240 - 20}{942,3} = 0,232 \text{ Kg/m}^3.$$

Se observa que el gasto en soda permanece igual, no así el del cal que se reduce considerablemente. El costo de la cal para ablandar 1 m³/seg durante todo el año sería:

$$\text{Cal } \$ 3 \text{ kilo } 0,0164 \cdot 3,66400 \cdot 365 = 1,550,000.$$



En la tabla XXI se indican, en igual forma que en la tabla X, los costos anuales en reactivos:

Tabla XXI

Ablandamiento, Cal. - Soda (Mg = 0)

Año	Q	Costo anual por m ³ Cal.	Soda	Costo total
1960	2,46	3.813.000	107.994.000	111.807.000
65	3,43	5.316.000	150.577.000	155.893.000
70	3,86	5.983.000	169.454.000	175.437.000
75	3,89	6.029.000	170.771.000	176.800.000

b) Zeolita.

Se necesitan de 2,5 a 3,75 gr. de sal por l p.p.m. de dureza eliminada por m³ de agua. Se adoptará el valor de 2,5 gr.

Para reducir 240 p.p.m. de dureza en 1 m³/seg. durante todo el año se requiere la siguiente cantidad de sal:

$$0,0025 \cdot 240 \cdot 365 \cdot 24.000 = 18.521.600 \text{ Kg/a}$$

En la tabla XXII se indican los costos anuales en reactivos, considerando como precio de la sal \$ 3,00 el kilo.

Tabla XXII

Ablandamiento, Zeolita

Año	Q	Consumo de sal (Kg)	Costo
1960	2,46	16.500.000	139.500.000
65	3,43	61.900.000	194.700.000
70	3,86	73.000.000	219.000.000
75	3,89	73.600.000	220.800.000

13.- RESUMEN

Estudiados los diferentes principales factores que intervienen en la solución del problema del agua potable de Santiago se colocarán comparativamente las diferentes tablas señaladas en las páginas anteriores, para observar las conclusiones que se derivan.

Se tienen los siguientes resultados:

a) solución Maipo respecto a Olivares. En la tabla XXIII se copian los resultados que interesan directamente.

Tabla XXIII
Olivares - Maipo

Economía Olivares Jabon Tabla XIV		Captación Olivares Intereses y amortizaciones (de \$238.000.000		Ablandamiento sólo costo de explotación Tabla XV	
Año					
1960	62.724.000	23.000.000		124.297.000	
65	70.920.000	23.000.000		174.758.000	
70	79.128.000	23.000.000		196.667.000	
75	104.400.000	23.000.000		198.155.000	

Se observa de la tabla anterior que pese a no considerar economía en ropa blanca, combustibles, reparaciones de cañerías, etc., la solución Olivares representa menor gasto para la población y con un amplio margen que cubra cualquier mayor costo.

Se omite, además, la energía eléctrica que de esta solución puede originarse.

La economía aparente varía entre 40 y 80 millones, siendo verdadero este último valor ya que el Olivares se emplearía al máximo suprimiendo o reduciendo determinadas fuentes actuales.

b) Afloramiento Maipo respecto a Olivares. Basta observar los valores de la tabla IXIII para optar por solución Olivares.

c) Plazo de ejecución del Olivares. Acueductos.

Se expresó anteriormente que la ejecución del túnel del Olivares requiere un plazo no inferior a 10 años. También anteriormente se demostró que Santiago tiene en sus fuentes agua hasta el año 1960, por tanto, si las obras del Olivares comenzaran el año 1955 se tendría desde el año 1960 hasta el 1965 un déficit que llegaría para este último año a 3 m³/seg. El valor anterior de 3 m³/seg es susceptible de aumentar si oportunamente no se efectúa la captación subterránea de La Castille u otra obra de análoga capacidad.

Por otra parte la solución Olivares, como se indica en la tabla II, es de gasto limitado, por tanto soluciona el problema del abastecimiento de Santiago sólo en un período determinado de años.

Finalmente otro factor que debe tenerse presente es la capacidad de transporte. Actualmente para el Sistema de la Laguna Negra- Viscachas se tienen las siguientes características de los acueductos.

1) Acueducto viejo.- Si bien su estado no es óptimo, las reparaciones que periódicamente se han efectuado en él, permiten considerarlo con un coeficiente de seguridad semejante al de su iniciación. Un mejoramiento integral de él significa construirlo prácticamente de nuevo.- La capacidad de este acueducto es de 4 m³/seg. entre Laguna Negra y Viscachas, excepto sectores de corta longitudinal en que su valor máximo es de 3,05 m³/seg. Entre Viscachas y La Florida aumenta y entre La Florida y Santiago es de 4,8 m³/seg. De todos modos sólo se considerará una capacidad de 4 m³/seg.

2) Acueducto Viscachas - Santiago.- La construcción se proyectó en 3 etapas. El sector Viscachas- Florida está en servicio. El sector Florida- Santiago está actualmente en construcción.- Capacidad 5 m³/seg.

3) Acueducto Viscachas- Fuente Alto.- Su capacidad es de 0,6 m³/seg.

En resumen, la capacidad de transporte desde Viscachas hasta Santiago se puede estimar en:

Acueducto Viejo:	4 m ³ /seg
" nuevo:	5 "
" Viscachas-Fuente Alto	0,6
Total	9,6 m ³ /seg.

Para el caso de máximo consumo se tendrían las siguientes cantidades de agua al emplear los acueductos al mismo tiempo que se agotan en la tabla XIV.

Tabla XIV.

Fuentes de abastecimientos. Acueductos al máxime.

Actuales fuentes de abastecimiento	5,18 m3/seg.
Del Maipo: 9,6 - 3,04 (Laguna Negra)	<u>6,56</u> "
Total	11,74 "
Lo Castillo	<u>0,89</u>
TOTAL	12,63 m3/seg.

De la tabla anterior se deduce lo siguiente:

- 1) Al emplear la capacidad total de transporte de los acueductos, la ciudad de Santiago tiene un abastecimiento asegurado (previa la ejecución de una nueva planta de tratamiento), de 12,63 m3/seg, volumen de agua que asegura el consumo hasta el año 1967, fecha en que debería entrar en funciones la planta Las Condes, para tratar las aguas del Olivares.
- 2) Se deduce, también de la tabla XIII que la no ejecución de Lo Castillo, significaría disponer sólo de 11,74 m3/seg que aseguraría el normal abastecimiento de Santiago hasta el año 1965.
- d) Planta de filtros en el Maipo.

El volumen de la planta de filtros para tratar las aguas del Maipo está determinada por el saldo de capacidad de los acueductos. Así se tiene:

Sistema de La Laguna Negra	3,04 m3/seg.
Planta de Filtros Las Viscachas	<u>4</u> "
Nueva Planta de filtros en el Maipo	<u>2,56</u> "
	9,60 m3/seg.

Esta planta de 2,56 m3/seg. que podría hacerse en La Gbra., podría también contemplar el ablandamiento del agua. En forma similar al estudio hecho para comparar Olivares - Maipo se tiene lo siguiente:

	Consumo
	Jabón por h
Dureza del agua 380 ppm.	19 Kg
Población abastecida	615.000 h
Dotación 360 l/h/d)	
Dureza adoptada	140 ppm.
% de reducción de jabón	15 Kgs.
	15%

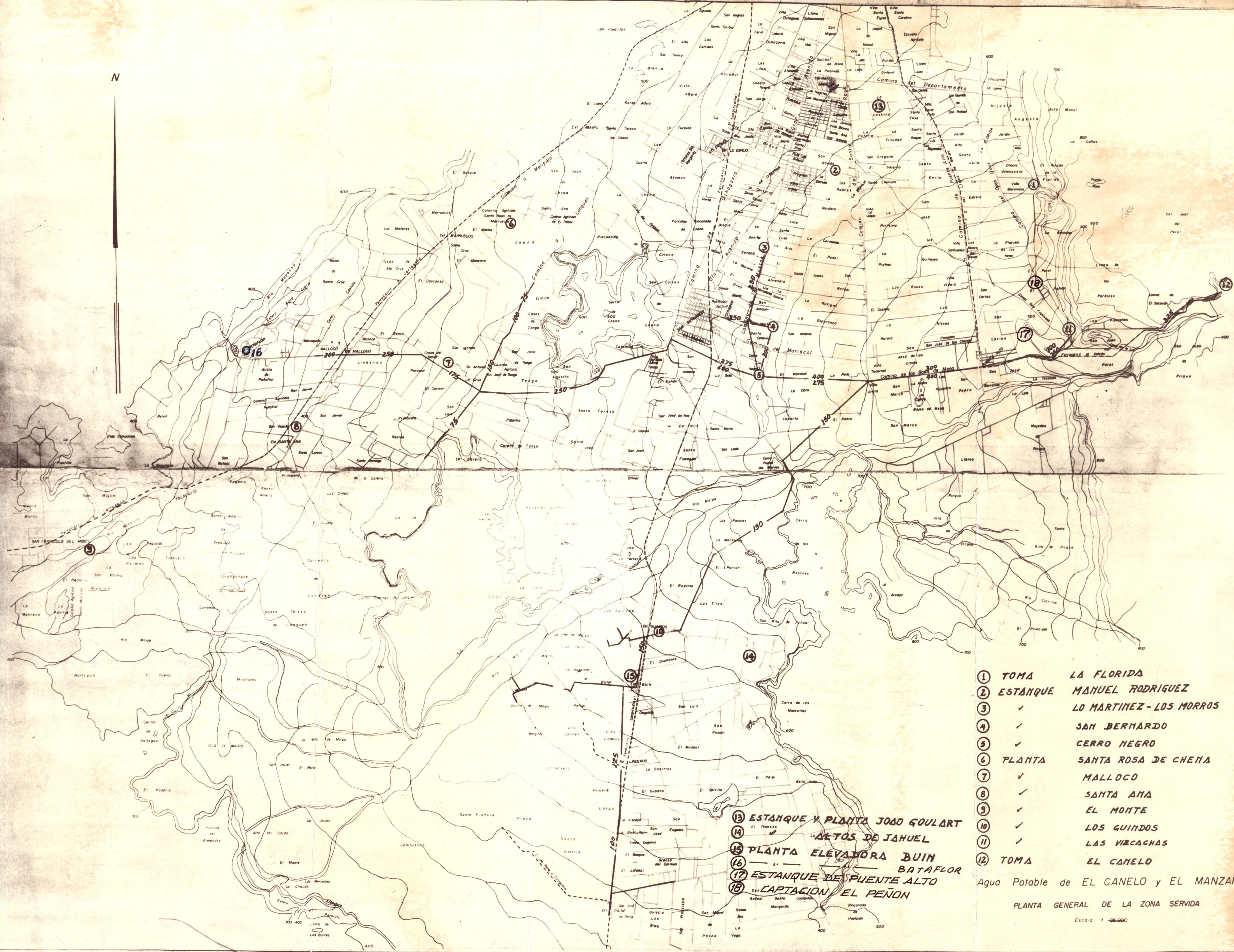
De los valores anteriores se deduce:

Economía en jabón (tabla XIV)	
$1 = 10,36 \cdot 0,19 = 1,97 \text{ Kgr}$	
$1,97 \cdot 60 \cdot 615.000 =$	72.693.000

Costo de ablandamiento (tabla IX)

Q.	Cal	Soda	
2,56	3.970.000	112.000.000	Total 116.000.000

Se observa que económicamente no se justifica el ablandamiento. De todos modos es conveniente proyectar la planta de filtros con una disposición adecuada que permita introducir el ablandamiento en ella.



- | | | |
|----|----------|--------------------------|
| 1 | TOMA | LA FLORIDA |
| 2 | ESTANQUE | MANUEL RODRIGUEZ |
| 3 | ✓ | LO MARTINEZ - LOS MORROS |
| 4 | ✓ | SAN BERNARDO |
| 5 | ✓ | CERRO NEGRO |
| 6 | PLANTA | SANTA ROSA DE CHENA |
| 7 | ✓ | MALLOCO |
| 8 | ✓ | SANTA ANA |
| 9 | ✓ | EL MONTE |
| 10 | ✓ | LOS GUINDOS |
| 11 | ✓ | LAS VIZCACHAS |
| 12 | TOMA | EL CANELO |

- | | | |
|----|-------------------|--------------------|
| 13 | ESTANQUE Y PLANTA | JOAO GOULART |
| 14 | ✓ | ALTOS DE JANUEL |
| 15 | PLANTA | ELEVADORA BUIN |
| 16 | ✓ | BATAFLOR |
| 17 | ESTANQUE | DE PUENTE ALTO |
| 18 | ✓ | CAPTACION EL PEÑON |

Agua Potable de EL CANELO y EL MANZANO.

PLANTA GENERAL DE LA ZONA SERVIDA.



EMPRESA DE AGUA POTABLE DE SANTIAGO

ZONA DE LA EMPRESA DE AGUA POTABLE DE SANTIAGO

SECCION PRESUPUESTOS PARA PARTICULARES

LEYENDA

- LIMITE ZONA DE LA EAPS
- LIMITE ZONA DE FIERRFOFO

ESC 1:20.000 MAYO 1968

ELABORADO POR: *[Signature]* REVISADO: *[Signature]*

JUAN CASERES UNIVERSIDAD DE CHILE