

E56 d

4273

c1

A N E X O I.-

DETERMINACION DE UN PLAN DE OBRAS

PARA EL NORTE GRANDE DE CHILE

4273

Oficina de Planificación

de Obras

E N D E S A

1 2 6 7

OFICINA DE PLANIFICACION DE OBRAS

DETERMINACION DE UN PLAN DE OBRAS PARA EL NORTE GRANDE DE CHILE

1. INTRODUCCION

Para el abastecimiento de los consumos eléctricos futuros del Norte Grande de Chile se ha considerado la posibilidad de desarrollar un programa que incluya centrales nucleares. Por tal motivo se ha hecho este estudio económico, en el cual se ha determinado el costo de comparación entre varias alternativas tanto desde el punto de vista del interés nacional, medido a través del costo social, como desde el punto de vista del valor real de los programas a precios de mercado. Sin embargo, este estudio cubre sólo una parte de una evaluación global de un programa nuclear en el norte de Chile, pues para ello sería preciso además el asignar valor a otros factores que no se han tomado en cuenta en este estudio, pero que tienen interés nacional, como por ejemplo, la introducción de la tecnología nuclear en el país y el desarrollo de un Sistema Interconectado en el Norte Grande de Chile.

2. CONSIDERACIONES GENERALES

La adopción de un programa de abastecimiento eléctrico que incluya centrales nucleares en el norte de Chile hace necesario estudiar el panorama del suministro eléctrico global de todo el Norte Grande (Arica a Antofagasta). En efecto, las centrales nucleares presentan un fuerte efecto de economías de escala que les permite competir ventajosamente con las centrales de tipo convencional cuando se trata de potencias relativamente altas. Ello indica entonces, que la posibilidad de instalar una central nuclear en el norte de Chile se vería favorecida en el caso de considerar un mercado eléctrico lo más amplio posible. Por lo tanto, se ha abordado este estudio pensando en términos de un mercado eléctrico am -

pliado, en el cual habría que incluir a todos los consumidores regionales de alguna importancia, especialmente a los establecimientos mineros de la Gran Minería del Cobre (CHILEX) y Salitre (Anglo-Lautaro), que actualmente abastecen sus consumos eléctricos mediante plantas generadoras propias y, que sería preciso transformar en clientes de la red de Servicio Público mediante una política adecuada. Esta integración de clientes posibles exigiría la construcción de un extenso Sistema Eléctrico Regional que permita transmitir importantes bloques de energía a los centros mineros ya mencionados y, en ese caso la demanda máxima total de todo el Norte Grande en 1974 alcanzaría una magnitud similar a los 328 MW.

3. ESQUEMAS ESTUDIADOS

Establecida la necesidad de considerar un mercado eléctrico ampliado, se ha estimado razonable abordar el estudio considerando dos áreas principales, que podrían representar dos escalonamientos posibles dentro de un desarrollo natural de un Sistema Electrico Regional. Estas áreas o sistemas son los siguientes:

- I.- Sistema Antofagasta, y
- II.- Sistema Norte Grande.

El Sistema Antofagasta incluye los consumos de Servicio Público de las ciudades de Antofagasta, Tocopilla y Calama, y los consumos eléctricos de los autoproductores mineros CHILEX (Chuquicamata y Exótica), Mantos Blancos y Anglo-Lautaro.

Para integrar estos consumos en un sistema eléctrico es preciso construir en 1974 una línea de transmisión en 154 kV de 195 km de longitud entre Antofagasta y un punto intermedio entre Tocopilla y Chuquimata, para empalmar con las líneas de 110kV que posee la CHILEX para transmitir a Chuquicamata la energía que genera en Tocopilla. Esta línea debe ampliarse a doble circuito entre 1977 y 1978. Además, es preciso construir subestaciones transformadoras e instalar equipo cambiador de frecuencia para

.....

alimentar los consumos de la Anglo-Lautaro, que opera en 60 cps.

El Sistema Norte Grande incluye al Sistem Antofagasta ya definido, los consumos de Servicio Público de las ciudades de Arica e Iquique, poblados de Pica y Matilla, consumos de la DOS en Iquique y las compras de ESAVI (Victoria) a la ENDESA. Se han incluido además los consumos auto-generados por ESAVI (Victoria) y los consumos futuros del mineral de Sagasca.

Para integrar estos consumos es preciso construir, además de las obras necesarias al Sistema Antofagasta una línea de transmisión de 110 kV y 240 km de longitud para unir el Sistema Antofagasta con el Sistema Arica-Iquique.

Las demandas eléctricas de estos sistemas previstas para 1974 son de 328 MW para el Sistema Norte Grande y de 283 MW para el Sistema Antofagasta, con tasas de crecimiento acumulativo anual del orden de 3%. En estas condiciones y, atendiendo a consideraciones relativas a la seguridad y estabilidad en el sistema eléctrico, sólo es posible pensar en unidades generadoras de un tamaño máximo de 75 MW para el Sistema Norte Grande y de 60 MW para el Sistema Antofagasta. Por lo tanto, se analizó el suministro eléctrico futuro de estos sistemas considerando programas de instalación de potencia con unidades de 75 MW y 60 MW respectivamente.

4. CRITERIOS ECONOMICOS PARA COMPARAR ALTERNATIVAS

En este estudio se han adoptado dos criterios de evaluación de costos de programas alternativos:

- I. Evaluación a costo social, y
- II. Evaluación a precios de mercado.

En la evaluación a costo social se supone una utilización eficiente de los recursos a nivel nacional, eliminando las distorsiones que se introducen en los precios de mercado por efecto de ciertos factores como impuestos,

.....

subsidios y otros.

En la evaluación a precios de mercado se determina el valor real de los programas desde el punto de vista de la ENDESA como Empresa.

4.1. Bases para la evaluación a costo social

- Tasa de interés. Se adoptó una tasa de interés de 12% considerando que ese es un valor eficiente probable del costo del capital para la economía chilena y es una tasa adecuada, para la selección de alternativas en el sector eléctrico.
- Tasa de cambio. Se ha adoptado una tasa de cambio de 11.5 P/US\$ que es aproximadamente un 25% superior a la tasa oficial estimada como promedio para 1969 y, representa la mínima sobrevaluación que permite corregir las distorsiones existentes en nuestro comercio exterior (política de draw back, protecciones aduaneras, derechos de internación, etc.)
- No se consideraron derechos de internación ni impuestos, pues no forman parte de los costos sociales.

En estas condiciones, el precio del petróleo Nº 6 puesto en estanques de la central se tomó igual a 18.74 US\$/ton, calculado a partir de un precio CIF de 14.80 US\$/ton.

- Valor de la mano de obra y efectos indirectos en la economía del país. Estos factores no se tomaron en cuenta pues las alternativas consideradas son de estructura prácticamente igual, con una elevada componente en moneda extranjera, de modo que el efecto de estos factores es reducido y pesa lo mismo en todas ellas.

4.2. Bases para la evaluación a precios de mercado

- Tasa de interés. Para la ENDESA se tomó la tasa de interés que le autoriza la Ley General de Servicios Eléctricos y que que es de un 10%. Al estudiar el costo de desarrollo de la CHILEX considerada como un sistema independiente y aislado,

.....

se supuso que el costo del dinero para esa empresa sería de 6%.

- Tasa de cambio. Se estimó que la tasa oficial promedio para 1969, sería de 9.2 E/US\$, incluyendo recargos por impuestos y comisiones.

- Derechos de internación e impuestos. Se adoptaron los que se aplican normalmente a la ENDESA.

Se tomó el petróleo Nº 6 al precio actual de 27.50 US\$/ton, que incluye un 75% de derechos de internación sobre el valor CIF sin derechos. Por otra parte, considerando que a largo plazo el precio del petróleo podría ser menor, se ha efectuado además otra comparación económica a precios de mercado, suponiendo que los derechos de internación se reducen a 40% lo que da un precio de 22.12 US\$/ton.

4.3. Bases comunes a todas las evaluaciones

En atención a consideraciones de tipo socio-político, se ha supuesto que la primera central nuclear del programa se instalaría en la ciudad de Antofagasta. Para las centrales siguientes se adoptó el criterio de ubicarlas en el lugar que resulte más económico.

Se estudió el abastecimiento eléctrico de cada sistema a lo largo de un período de 30 años consecutivos, (1974-2004).

La generación anual de cada central se determinó efectuando una operación simulada del sistema empleando curvas parabólicas.

En la operación normal del sistema se supuso que las centrales térmicas a vapor actualmente en operación pueden funcionar como centrales de base hasta una edad de 40 años, pasando a reserva o servicio de puntas en los 10 años siguientes.

.....

Período de depreciación:

- Centrales nucleares y térmicas a vapor-petróleo:40 años
- Centrales diesel a petróleo pesado :20 años
- Líneas de transmisión y subestaciones :20 años

5. ALTERNATIVAS CONSIDERADAS

Se estudió detalladamente el abastecimiento eléctrico futuro de los sistemas Antofagasta y Norte Grande a lo largo de 17 años consecutivos (1974-1990), determinándose el siguiente calendario de instalación de centrales:

Sistema Antofagasta

1974 : 60 MW
1978 : 60 MW
1981 : 60 MW
1985 : 60 MW
1990 : 60 MW

Sistema Norte Grande

1974 : 75 MW
1977 : 75 MW
1982 : 75 MW
1985 : 75 MW
1990 : 75 MW

Los 13 años restantes del período total de 30 años consideradps en el estudio, se estudiaron en forma simplificada pues no tienen importancia frente a los 17 primeros.

Definido el calendario de instalación de centrales se consideraron las siguientes alternativas para cada Sistema:

- I. Programa exclusivamente nuclear (Nu). Se instalan 5 centrales nucleares. Primera unidad en 1974. La interconexión se efectúa en 1974.
- II. Programa mixto (Nu-VP). Se instala una unidad nuclear en 1974 y 4 unidades térmicas a vapor-petróleo (VP) en el resto del período. La interconexión se efectúa en 1974.
- III. Programa exclusivamente térmico (VP). Se instalan sólo unidades a vapor-petróleo. La interconexión se efectúa en 1974.

.....

IV. Programa de abastecimiento independiente. El abastecimiento del sistema se efectúa como hasta ahora, en que cada centro es abastecido con unidades diesel locales de 1.5, 6.2 y 10 MW. Se supuso que la CHILEX continuaría desarrollando un sistema Tocopilla-Chuquicamata instalando unidades a vapor-petróleo de 40 MW, de acuerdo con el siguiente calendario, determinado según las mismas exigencias impuestas al servicio de los sistemas integrados:

Sistema CHILEX

1974 :	40 MW
1976 :	40 MW
1980 :	40 MW
1985 :	40 MW
1988 :	40 MW

Para hacer comparable esta alternativa con las demás se supuso que en 1990 se efectuaría la interconexión de todos los consumos.

La alternativa I. permite examinar la posibilidad de desarrollar un programa nuclear en el norte de Chile. La alternativa II. permite conocer el costo de instalar una central nuclear en Antofagasta. La alternativa III. permite estudiar la factibilidad económica global de una integración de consumos mediante interconexión y abastecimiento común. Finalmente, la alternativa IV. permite evaluar mediante comparación con las otras alternativas, el mayor o menor costo que significa el decidirse por cualquiera de esas alternativas. Se ha creído así barrer completamente toda la gama de posibilidades que pueden presentarse.

6. CUADROS COMPARATIVOS DE COSTO

Se ha resumido en el cuadro Nº 1 que se presenta a continuación, el resultado del estudio comparativo de las alter-

.....

nativas. Se indica como resultado final el costo de desarrollo es decir, el valor actualizado al 1º de enero de 1974 de todos los nuevos desembolsos que es preciso efectuar para desarrollar el programa sobre bases comunes a todas las alternativas. No se ha incluido entonces, una serie importante de otros costos tales como la amortización de las obras existentes (centrales y redes de distribución), desarrollo de las redes de distribución y costo del correspondiente personal de operación y mantenimiento, que son comunes a todas ellas y que deben tomarse en cuenta en un estudio de tarifas. El costo de desarrollo sin embargo, es significativo en este estudio de evaluación económica, pues el costo de la decisión por alguna de las alternativas propuestas, está dado por la diferencia entre el costo total actualizado de cada una y el costo total actualizado de la alternativa del abastecimiento independiente.

En el cuadro Nº 2 se presenta el costo de desarrollo de la CHILEX, calculado bajo diferentes bases.

.....

ABASTECIMIENTO DEL NORTE GRANDE DE CHILE

CENTRAL NUCLEAR EN ANTOFAGASTA

COSTO TOTAL DE DISTINTOS PROGRAMAS ALTERNATIVOS

	Evaluación a Costo Social				Evaluación a Precios de Mercado			
	Bases				Bases			
	1 = 12% Sin Derechos de Internación Precio Petróleo N° 6: 18.74 US\$/ton	1 = 10% Con Derechos de Internación Precio Petróleo N° 6: 22.12 US\$/ton (40% DI)	1 = 10% Con Derechos de Internación Precio Petróleo N° 6: 27.50 US\$/ton (7% DI)	1 = 10% Con Derechos de Internación Precio Petróleo N° 6: 27.50 US\$/ton (7% DI)	1 = 10% Con Derechos de Internación Precio Petróleo N° 6: 22.12 US\$/ton (40% DI)	1 = 10% Con Derechos de Internación Precio Petróleo N° 6: 27.50 US\$/ton (7% DI)	1 = 10% Con Derechos de Internación Precio Petróleo N° 6: 27.50 US\$/ton (7% DI)	1 = 10% Con Derechos de Internación Precio Petróleo N° 6: 27.50 US\$/ton (7% DI)
	Inversión total actualizada 6 10 US\$	Generación total actualizada 3 10 GWh	Costo de desarrollo de la energía mills/kWh	Inversión total actualizada 6 10 US\$	Generación total actualizada 3 10 GWh	Costo de desarrollo de la energía mills/kWh	Inversión total actualizada 6 10 US\$	Generación total actualizada 3 10 GWh
SISTEMA NORTE GRANDE (Tarapacá, Antofagasta)								
1. Programa exclusivamente nuclear: 5 x 75 MW (Nu). Primera unidad en 1974. Interconexión en 1974.	189.2	22.1	8.56	245.6	25.8	9.54	265.5	25.8
2. Programa mixto: 1 x 75 MW (Nu) en 1974 y 4 x 75 MW (VP) en el resto del período. Interconexión en 1974.	178.0	22.1	8.05	234.8	25.8	9.11	263.5	25.8
3. Programa exclusivamente térmico a petróleo: 5 x 75 MW (VP). Primera unidad en 1974. Interconexión en 1974.	164.4	22.1	7.44	221.6	25.8	8.61	255.7	25.8
4. Abastecimiento independiente de cada centro hasta 1990 con unidades Diesel de 1.5, 6.2 y 10.0 MW. Chilex: 5 x 40 MW (VP). Interconexión en 1990.	170.5	21.7 *	7.87	239.7	25.4 *	9.44	272.9	25.4 *
SISTEMA ANTOFAGASTA (Antofagasta)								
1. Programa exclusivamente nuclear: 5 x 60 MW (Nu). Primera unidad en 1974. Interconexión en 1974.	169.7	19.8	8.57	220.8	23.2	9.52	241.2	23.2
2. Programa mixto: 1 x 60 MW (Nu) en 1974 y 4 x 60 MW (VP) en el resto del período. Interconexión en 1974.	156.7	19.8	7.92	207.2	23.2	8.93	234.5	23.2
3. Programa exclusivamente térmico a petróleo: 5 x 60 MW (VP). Primera unidad en 1974. Interconexión en 1974.	144.9	19.8	7.32	195.5	23.2	8.43	227.2	23.2
4. Abastecimiento independiente de cada centro hasta 1990, con unidades Diesel de 1.5, 6.2 y 10.0 MW. Chilex: 5x40 MW (VP). Interconexión en 1990.	151.6	19.5 *	7.79	209.8	22.8 *	9.20	241.0	22.8 *

* La Generación total Actualizada en las alternativas de Abastecimiento Independiente resulta menor que en las restantes, pues incluye menores pérdidas de transmisión.

CUADRO N° 2

ABASTECIMIENTO INDEPENDIENTE DEL SISTEMA CHILEX

Costo total de un mismo programa de abastecimiento
calculado según diferentes bases

Programa: 5 x 40 MW (VP) Primera unidad en 1974	Inversión total actualizada	Generación total actualizada	Costo de desarrollo de la ener gía
	6 10 US\$	3 10 GWh	mills/kWh
BASES			
1. $i = 12\%$ 1 US\$ = E° 11.5 Sin Derechos de Internación ni impuestos Precio petróleo N° 6: 18.74 US\$/ton	108.6	15.1	7.19
2. $i = 10\%$ 1 US\$ = E° 9.2 Con Derechos de Internación e impuestos Precio petróleo N° 6: 22.12 US\$/ton (incluye 40% DI)	147.1	17.7	8.31
3. $i = 10\%$ 1 US\$ = E° 9.2 Con Derechos de Internación e impuestos Precio petróleo N° 6: 27.50 US\$/ton (incluye 75% DI)	172.7	17.7	9.73
4. $i = 6\%$ 1 US\$ = E° 9.2 Con Derechos de Internación e impuestos Precio petróleo N° 6: 22.12 US\$/ton (incluye 40% DI)	205.5	26.1	7.86
5. $i = 6\%$ 1 US\$ = E° 9.2 Con Derechos de Internación e impuestos Precio petróleo N° 6: 27.50 US\$/ton (incluye 75% DI)	243.9	26.1	9.34

7. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El examen de las cifras presentadas en los cuadros anteriores permite formular las siguientes conclusiones:

I.- La construcción de un Sistema Interconectado con un abastecimiento a través de centrales convencionales a vapor-petróleo (VP), es la forma más económica de abastecimiento del Sistema Antofagasta y del Sistema Norte Grande, tanto en una evaluación a costo social como a precios de mercado.

II.-En una evaluación a costo social, la integración e interconexión de todo el Norte Grande (Tarapacá y Antofagasta), adoptando un programa que considere centrales a vapor-petróleo, representa un mayor costo de 0.5 millones de dólares actualizados, frente a la alternativa de integrar e interconectar solamente el Sistema Antofagasta y mantener el abastecimiento independiente en Tarapacá. Sin embargo, este mayor costo no es significativo frente a las inversiones totales, y podría ser compensa por las ventajas que cabría esperar de un Sistema Interconectado frente a un sistema abastecido mediante centrales locales.

En una evaluación a precios de mercado esta situación se invierte, apareciendo una economía neta a favor de la integración total, comprendida entre 3.8 y 3.4 millones de dólares actualizados.

Por lo tanto, podría concluirse que el esquema más atractivo sería aquél que considera la integración e interconexión de todo el Norte Grande de Chile.

III.-El programa nuclear más económico es un programa mixto, que considera una central nuclear en 1974 y centrales convencionales en el resto del período. El mayor costo de este programa respecto del programa más económico de todos, que considera sólo centrales convencionales a vapor-petróleo, asciende a 13.7 millones de dólares actualizados según la

.....

evaluación a costo social. En la evaluación a precios de mercado, este costo queda comprendido entre 13.2 y 7.8 millones de dólares actualizados.

Es interesante mencionar aquí que la elección de un esquema mixto en este momento no impide que en el futuro se pase a un programa enteramente nuclear, pues los esquemas estudiados aquí son enteramente semejantes en su estructura y varían sólo en el tipo de central utilizado.

IV.- Tanto en una evaluación a costo social como a precios de mercado, el programa más atractivo es el que considera la integración total o parcial del Norte Grande utilizando centrales convencionales a vapor-petróleo. Por lo tanto, la elección de un programa que incluya centrales nucleares sólo podría justificarse si se asigna valor a otros factores que no se han tomado en cuenta en este estudio, pero que son de interés para el país, como por ejemplo, la introducción de la tecnología nuclear y la consiguiente formación de personal especializado.

El costo de desarrollo de la energía que obtendría la CHILEX con un programa de abastecimiento independiente, es siempre menor que el que resulta de cualquier programa de abastecimiento integrado.

Esta circunstancia es muy importante pues los consumos eléctricos de la CHILEX representan 2/3 del total correspondiente al Sistema Norte Grande, y deberá tomarse en cuenta en el estudio de tarifas que preceda a cualquier posible contrato de suministro que se celebre con la CHILEX.

A N E X O II.-

ALTERNATIVAS PARA ABASTECIMIENTO FUTURO DE

AGUA POTABLE DEL NORTE GRANDE

Guillermo Ruiz Troncoso
Ing. Civil U. de Chile
Departamento de Estudios
Dirección de Obras
Sanitarias

1 9 6 9

DIRECCION DE OBRAS SANITARIAS
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS

AGUA POTABLE ZONA NORTE

Estudio de alternativas para el abastecimiento
futuro de Agua Potable del Norte Grande.

Generalidades.-

Las fuentes que actualmente abastecen de agua potable a los principales centros poblados del Norte Grande, se hacen ya insuficientes para atender la demanda creciente del suministro.

Este problema, que se agrava por la disponibilidad de recursos hidrológicos limitados, ha impulsado a la Dirección de Obras Sanitarias a la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento y a la programación, a través del Departamento de Estudios, de la ampliación del suministro de agua potable a la zona Norte.

A su vez, ENDESA, esta programando actualmente la ampliación de su capacidad instalada en esta zona; ampliación que persigue como objetivo principal atender las necesidades crecientes y de su propia demanda.

Una ampliación del sistema eléctrico asociada a la producción de agua potable podría concebirse, mediante la construcción de plantas desalinizadoras de doble propósito y, que se beneficiaría de economías de escala y servicios comunes.

Dadas las diferentes características de los sistemas de abastecimiento de Agua Potable de las provincias de Tarapacá y Antofagasta, como se verá más adelante, la asociación de ambos servicios sólo sería posible en esta última, que ofrece, para tal objeto, las ventajas de un sistema gravitacional interconectado.

.....

Así, la instalación de una planta de doble propósito en la ciudad de Antofagasta permitiría disponer para ésta de una nueva fuente de recursos, el mar, y destinar la que actualmente ocupa al abastecimiento de otros centros del sistema, como Calama y Tocopilla. Sin perjuicio de que las aducciones existentes, continúen en servicio parcialmente.

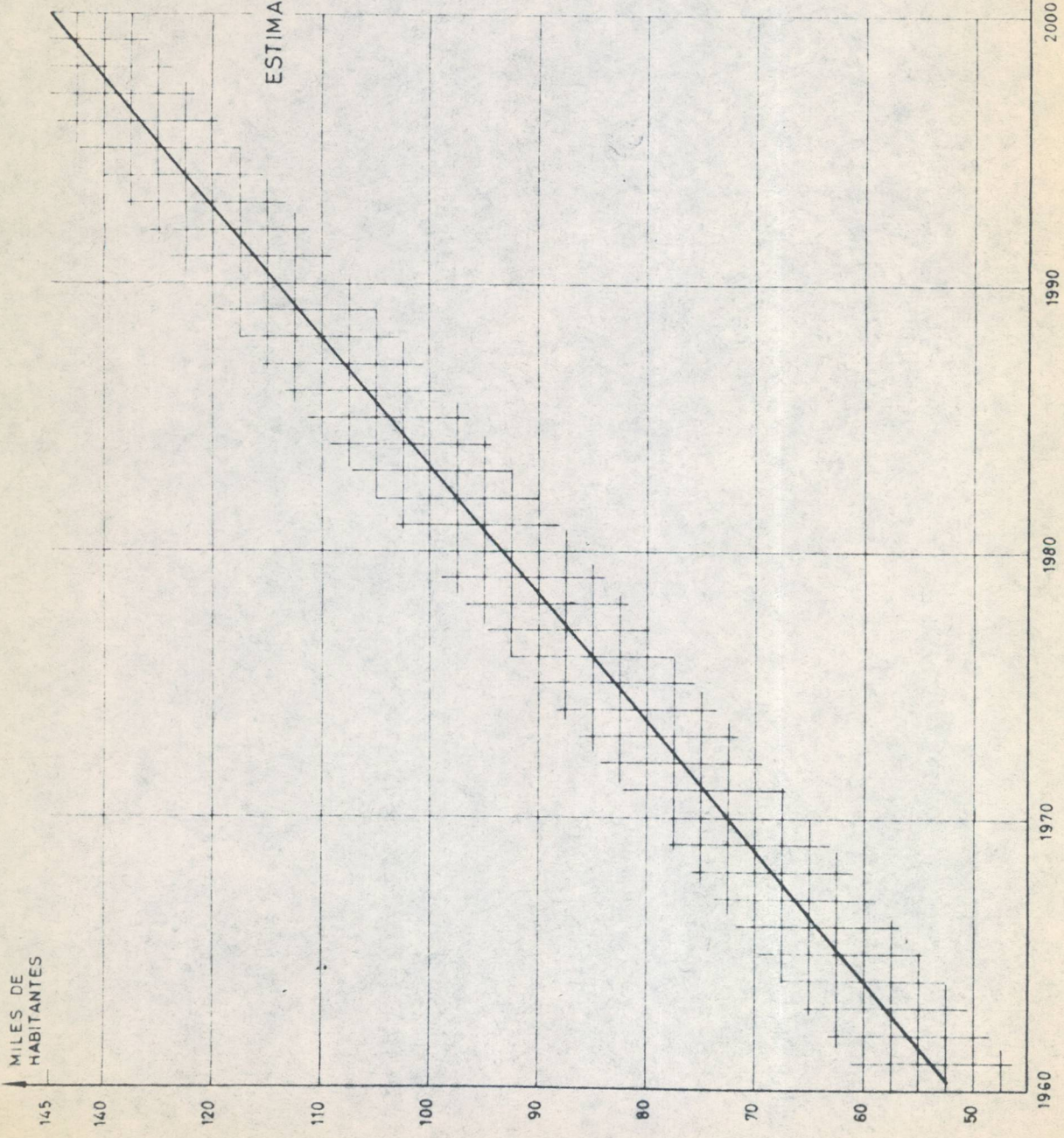
La solución al problema que deben resolver ambas empresas, ENDESA y Dirección de Obras Sanitarias, tiene además otra variante que es la instalación de una o varias unidades simples independientes: eléctricas y desalinizadoras.

El objeto del presente estudio es el de fijar una política de la D.O.S. en lo que se refiere a su acción futura y el de proporcionar los antecedentes necesarios que permitan su conocimiento para, de esta manera, facilitar una coordinación de programas y estudiar la posibilidad de un acuerdo.

El estudio consta de dos partes:

La primera, comprende una evaluación de las necesidades de Agua Potable en un horizonte de apreciación que alcanza hasta el año 2000 y, una exposición de alternativas de solución para satisfacer tales necesidades por igual período de previsión.

La segunda parte consiste en una estimación de costos de las obras que tales alternativas demandan y que permitirán apreciar, mediante una comparación económica, la posibilidad de una ampliación asociada de los servicios eléctrico y de agua potable.



IQUIQUE ESTIMACION DE LA POBLACION FUTURA

POBLACION PREVISTA	
AÑOS	Nº HABS
1970	73.000
1975	83.000
1980	93.000
1985	104.000
1990	114.000
1995	125.000
2000	145.000

D.O.S.
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS.

Vº Bº

Handwritten signature

STGO, ENERO DE 1969

MILES DE
HABITANTES

210

200

190

180

170

160

150

140

130

120

110

100

90

80

70

60

50

40

1960

1970

1980

1990

2000

AÑOS

ARICA

ESTIMACION DE LA POBLACION FUTURA

POBLACION PREVISTA	
AÑOS	Nº HAB.
1970	90 000
1975	112 000
1980	132 000
1985	154 000
1990	176 000
1995	207 000
2000	220 000

D.O.S.

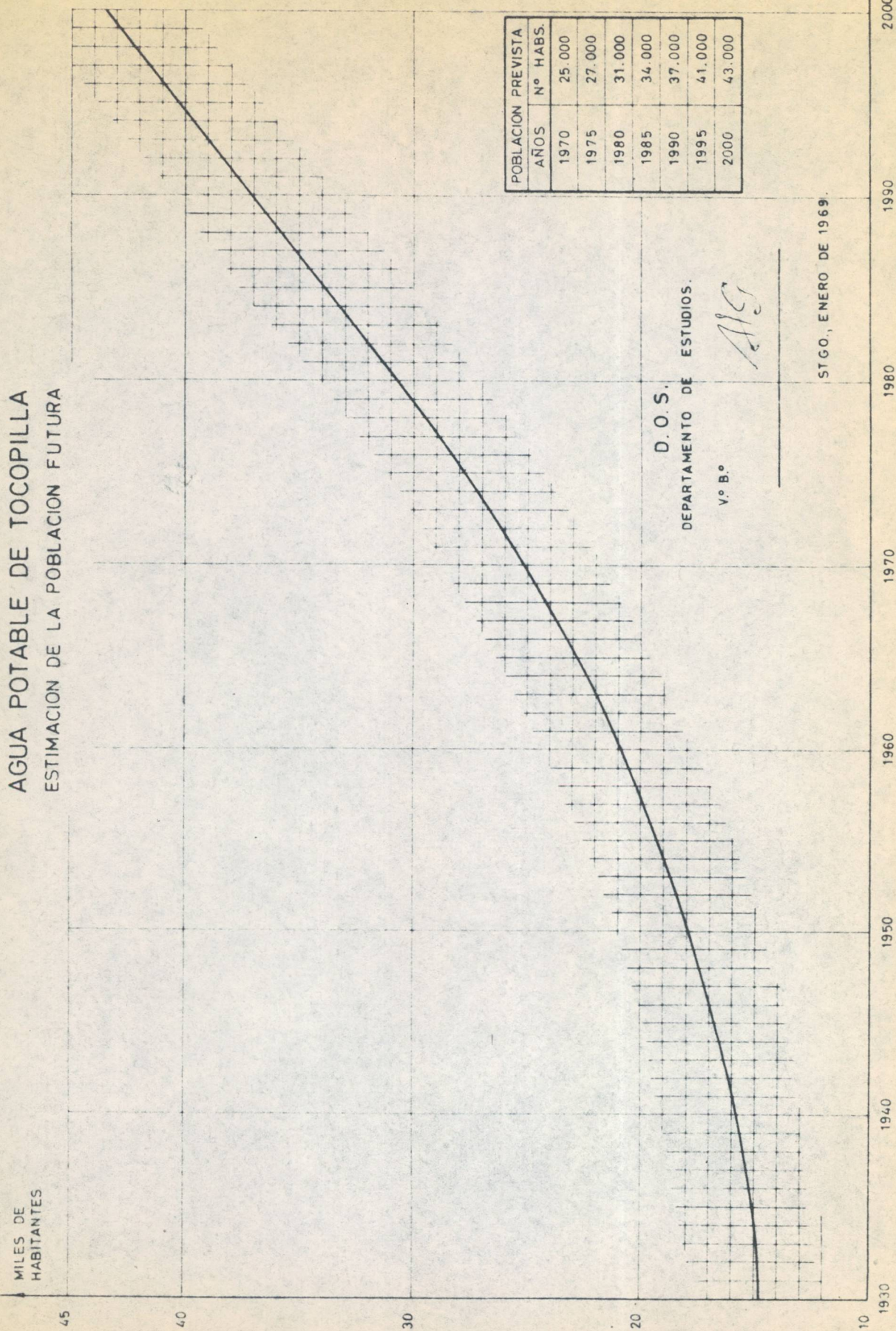
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS

VºBº

Fig

STGO, ENERO DE 1969.

AGUA POTABLE DE TOCOPILLA ESTIMACION DE LA POBLACION FUTURA



POBLACION PREVISTA	
AÑOS	Nº HABS.
1970	25.000
1975	27.000
1980	31.000
1985	34.000
1990	37.000
1995	41.000
2000	43.000

D. O. S.
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS.

V.º B.º

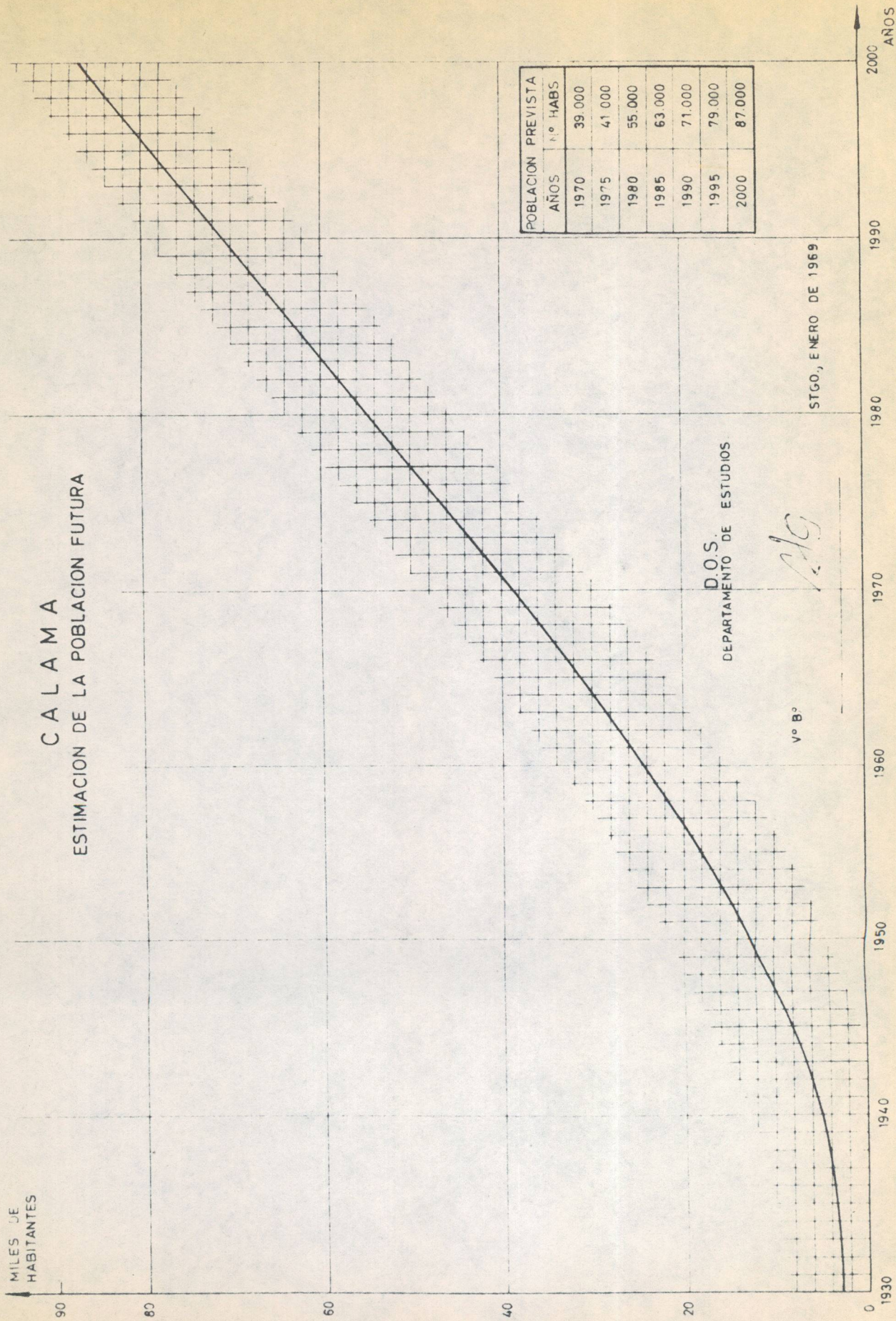
AS

STGO., ENERO DE 1969.

MILES DE
HABITANTES

CALAMA

ESTIMACION DE LA POBLACION FUTURA



POBLACION PREVISTA	
AÑOS	N.º HAB.
1970	39.000
1975	41.000
1980	55.000
1985	63.000
1990	71.000
1995	79.000
2000	87.000

D.O.S.
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS

Vº Bº

Handwritten signature

STGO., ENERO DE 1969.

1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000
AÑOS

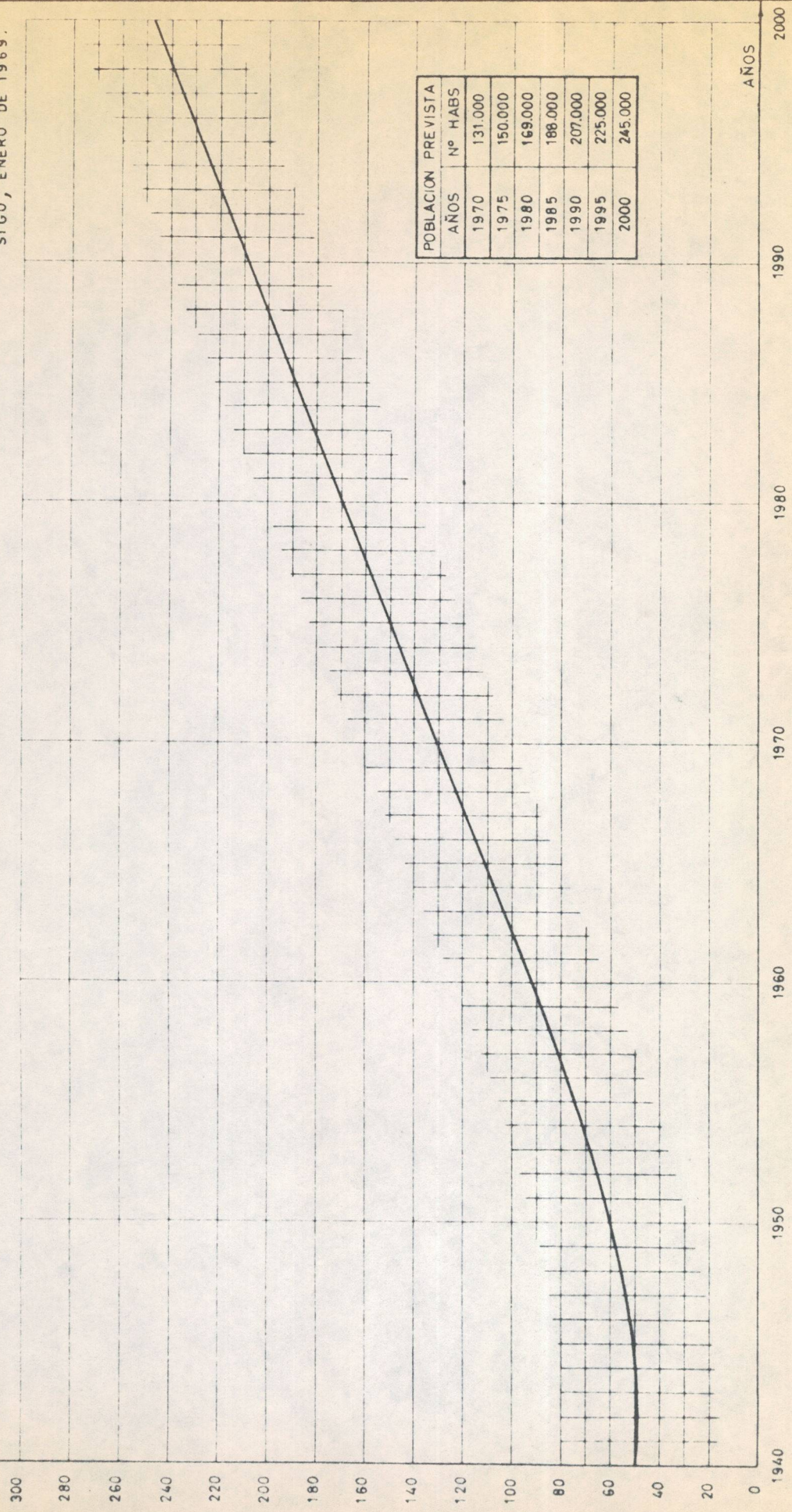
18/9

ANTOFAGASTA

ESTIMACION DE LA POBLACION FUTURA

STGO, ENERO DE 1969.

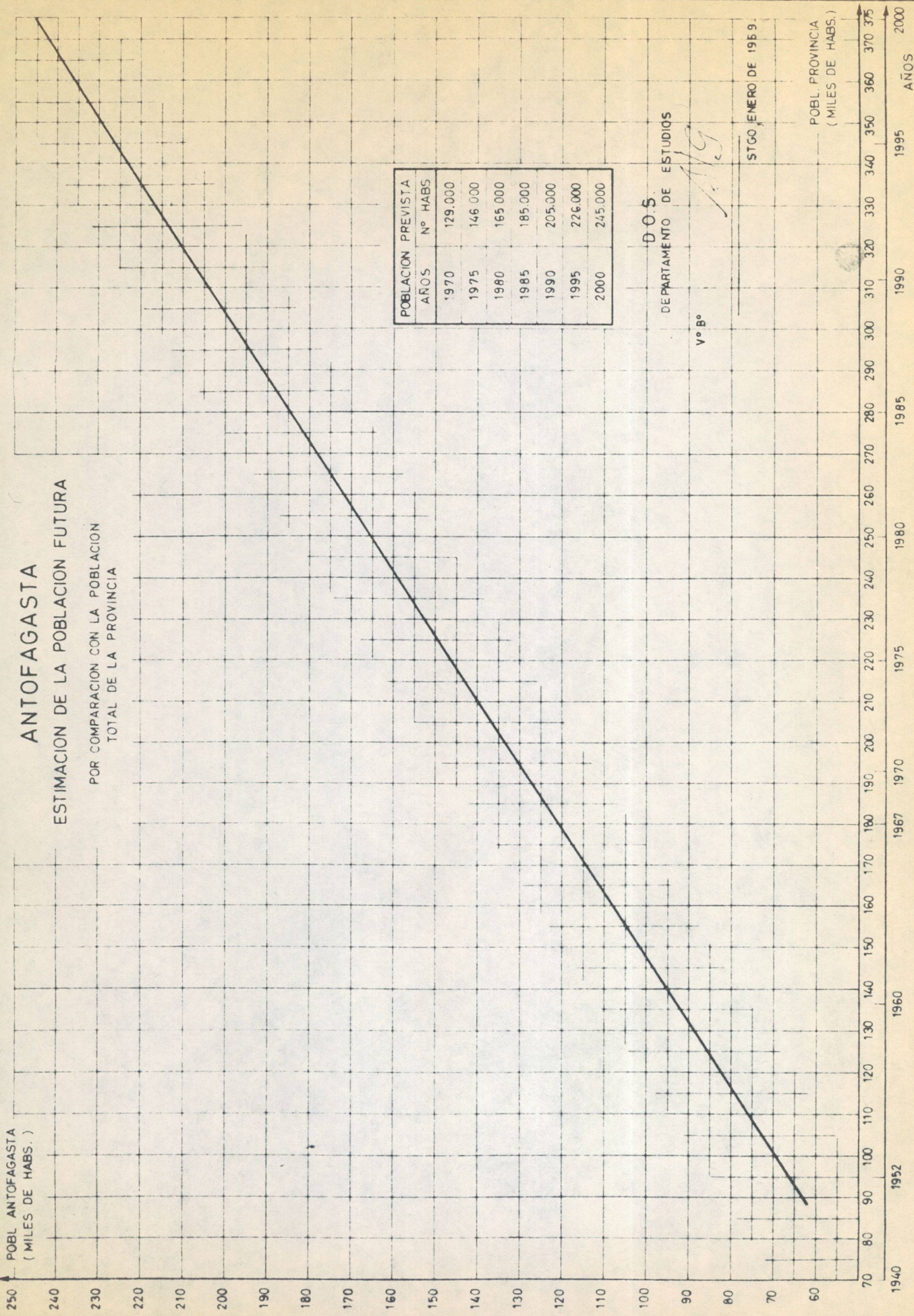
MILES DE
HABITANTES



POBLACION PREVISTA	
AÑOS	Nº HABS
1970	131.000
1975	150.000
1980	169.000
1985	188.000
1990	207.000
1995	225.000
2000	245.000

AÑOS

ANTOFAGASTA ESTIMACION DE LA POBLACION FUTURA POR COMPARACION CON LA POBLACION TOTAL DE LA PROVINCIA



POBLACION PREVISTA	
AÑOS	Nº HABS
1970	129.000
1975	146.000
1980	165.000
1985	185.000
1990	205.000
1995	226.000
2000	245.000

D.O.S.
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS

Vº Bº

STGO. ENERO DE 1989.

POBL. PROVINCIA
(MILES DE HABS.)

1940 1950 1960 1970 1980 1990 1995 2000

PROVINCIA DE ANTOFAGASTA
ESTIMACION DE LA POBLACION FUTURA
(SE INCLUYEN LAS CIUDADES DE ANTOFAGASTA, CALAMA
Y TOCOPILLA, UNICAMENTE)

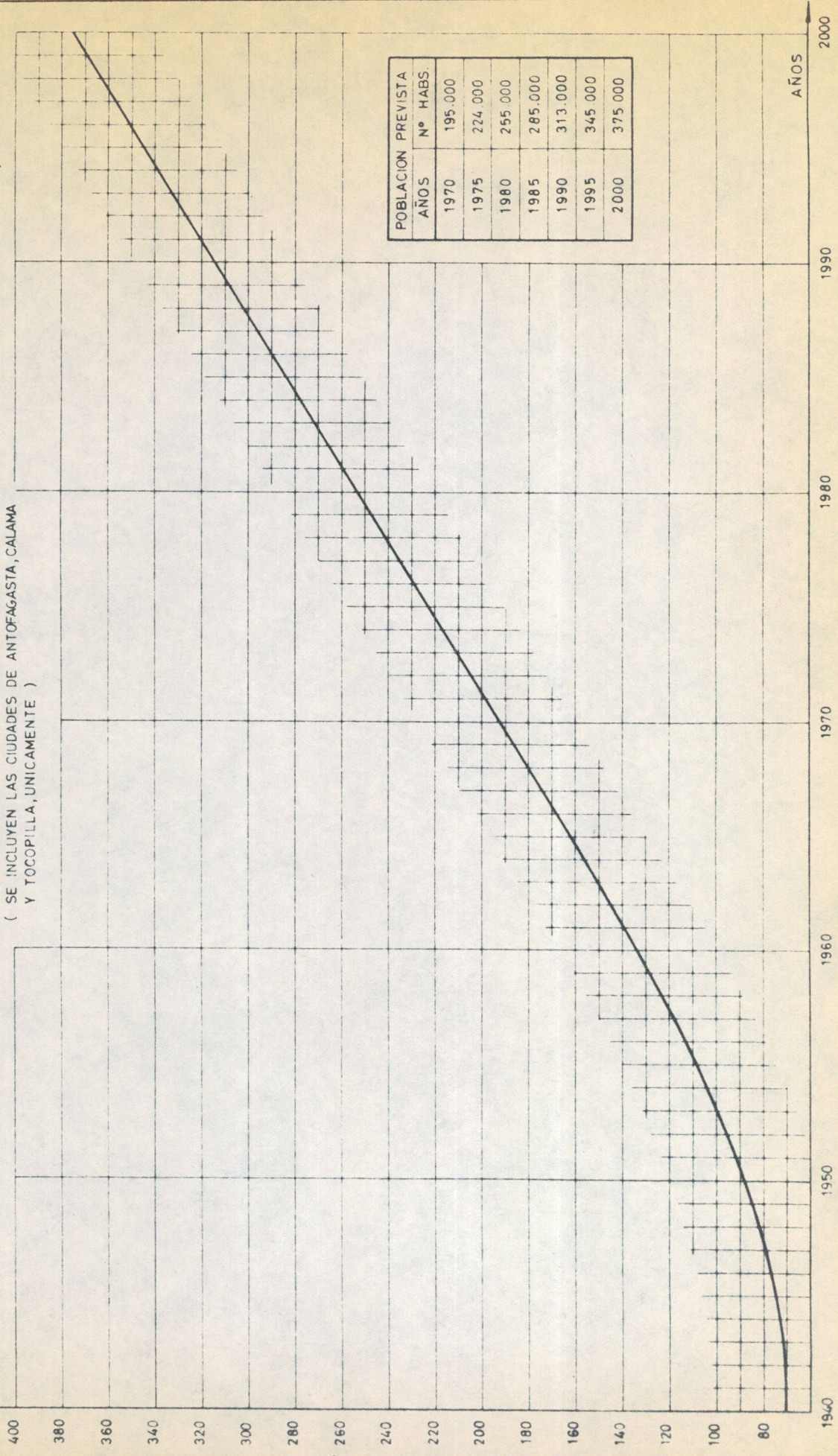
vº 8º

STGO, ENERO DE 1969.

Handwritten signature

POBLACION PREVISTA	
AÑOS	Nº HABS.
1970	195.000
1975	224.000
1980	255.000
1985	285.000
1990	313.000
1995	345.000
2000	375.000

MILES DE
HABITANTES



AÑOS

DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS.

CUADRO DE VARIACION CON LOS AÑOS DE LAS POBLACIONES, DOTACIONES Y CONSUMOS.

PROVINCIA DE TARAPACA

AÑO	1970				1975				1980				1985				1990				1995				2000			
	HAB	DOT	CONS MED M ³ /DÍA	MAX DIBUJO C/S	HAB	DOT	CONS MED M ³ /DÍA	MAX DIBUJO C/S	HAB	DOT	CONS MED M ³ /DÍA	MAX DIBUJO C/S	HAB	DOT	CONS MED M ³ /DÍA	MAX DIBUJO C/S	HAB	DOT	CONS MED M ³ /DÍA	MAX DIBUJO C/S	HAB	DOT	CONS MED M ³ /DÍA	MAX DIBUJO C/S	HAB	DOT	CONS MED M ³ /DÍA	MAX DIBUJO C/S
ARICA	50 000	230	20 700	310	112 000	245	27 440	410	132 000	265	34 980	530	154 000	280	43 120	650	176 000	300	58 800	790	207 000	315	65 205	980	220 300	330	72 600	1140
LIQUIQUE	73 000	200	14 600	220	83 000	220	18 260	275	93 000	240	23 320	340	104 000	260	27 040	410	114 000	275	31 350	470	125 000	290	36 250	545	115 000	310	44 950	676

PROVINCIA DE ANTOFAGASTA

AÑO	1970				1975				1980				1985				1990				1995				2000			
	HAB	DOT	CONS MED M ² /DIA L/S	MAX DIARIO L/S	HAB	DOT	CONS MED M ² /DIA L/S	MAX DIARIO L/S	HAB	DOT	CONS MED M ² /DIA L/S	MAX DIARIO L/S	HAB	DOT	CONS MED M ² /DIA L/S	MAX DIARIO L/S	HAB	DOT	CONS MED M ² /DIA L/S	MAX DIARIO L/S	HAB	DOT	CONS MED M ² /DIA L/S	MAX DIARIO L/S	HAB	DOT	CONS MED M ² /DIA L/S	MAX DIARIO L/S
CIUDAD																												
ANTOFAGAST	131 000	230	30 130	450	150 000	245	36 750	550	169 000	265	44 785	675	188 000	280	52 640	790	207 000	300	62 100	935	225 000	315	70 875	1070	245 000	330	80 833	1220
CALAMA	39 000	200	7 800	120	47 000	200	9 400	140	55 000	220	12 083	185	63 000	230	14 490	220	71 000	250	17 750	270	79 000	270	21 333	320	87 000	290	25 230	380
TOCOPILLA	25 000	200	5 000	75	27 000	200	5 400	80	31 000	220	6 819	105	34 000	230	7 820	120	37 000	250	9 250	140	41 000	270	11 088	170	43 000	290	12 470	190
PAMPA DE TOCOPILLA	25 000	170	4 300	64																					30 000	290	8 700	100

NOTA: EL COEFICIENTE DE GASTO MAXIMO ES 1,3

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES - DIRECCION DE OBRAS SANITARIAS

SANTIAGO, ENERO DE 1969.

1 a . P A R T E

- Evaluación de las necesidades futuras de Agua Potable (A.P.).
(Estudio de poblaciones, dotaciones y consumos).

- Estudio de alternativas para el abastecimiento futuro.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
DIRECCION DE OBRAS SANITARIAS

DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS
AGUA POTABLE ZONA NORTE
GRANDE

I.- ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO FUTURO DE
AGUA POTABLE DE LA PROVINCIA DE TARAPACA

A.- A R I C A

- ALT. 1.- Captación de los recursos aprovechables de la región Concor-
dia-Chacalluta.
- ALT. 2.- Aprovechamiento de las aguas de grandes creces del río San
José.
- ALT. 3.- Desalinización de agua de mar.
- ALT. 4.- Tratamiento y utilización plena de los recursos, actualmente
desaprovechados, del río Lauca y Laguna Chungará.

Consideraciones:

Todas las alternativas señaladas consideran la construcción de una
Planta de Tratamiento de Aguas Servidas para Arica. Su instalación
debe ser estimada como una necesidad ineludible, más bien que co-
mo una alternativa, si se pretende contar en forma permanente con
el aporte de 300 lts/seg proporcionados actualmente, al abasteci-
miento potable, por los recursos subterráneos del Valle de Azapa.

El total de recursos de este valle, para un año normal, se estima
en 840 lts/seg, incluida la infiltración asociada a la captación
del río Lauca. El total de la descarga de estos recursos fue es-
timada (1967) en 960 lts/seg, lo que indica un exceso en la ex -
tracción de 120 lts/seg, en forma permanente, sobre la recarga
normal de los acuíferos del valle; esto en perjuicio de las re-

.....

servas del sistema que disminuyen gradualmente posibilitando la intrusión del mar desde la costa hacia valle arriba.

La construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas se realizaría en dos etapas:

- a) Una primera etapa de construcción inmediata con capacidad para tratar 160 lts/seg.
- b) La segunda etapa consistiría en una ampliación de la capacidad hasta 350 lts/seg y su construcción se llevaría a efecto en 1980, aproximadamente.

La utilización del efluente de la planta en recarga de la napa del valle de Azapa y con fines industriales y agrícolas, permitiría seguir disponiendo en el futuro de los 300 lts/seg que, aproximadamente, proporcionan en la actualidad los sondajes en explotación.

Análisis de las Alternativas:

ALT. 1.- Para la zona comprendida entre la línea de la Concordia y Quebrada de Escritos, se dispone para un futuro inmediato de recursos aprovechables por un total de 150 lts/seg en forma permanente, que pueden alcanzar hasta 300 lts/seg según lo confirmen las observaciones que se realicen sobre intrusión del mar y rendimiento de los sondajes construidos por la D.O.S. y CORFO en la región.

La explotación de estos recursos junto con la utilización del efluente de la P.T.A.S., con los fines señalados, permitirían disponer de recursos que, sumados a los actuales, asegurarían el abastecimiento normal de la ciudad hasta el año 1985, aproximadamente.

Para un futuro posterior al año señalado esta alternativa considera el aprovechamiento de recursos de Cordillera.

....

ALT. 2.- Cada ciertos número de años, frecuentemente cada cinco, se presentan creces anormalmente grandes del río San José y tales que los sistemas de recarga de los agricultores no son suficientes perdiéndose, en estas ocasiones, caudales de 10 a 15 millones de metros cúbicos en el mar.

Es indudable la conveniencia de retener en alguna forma estas aguas favoreciendo su infiltración en el subsuelo y su extracción posterior mediante los sondajes en uso. Entre los sistemas recomendables por su relativamente bajo costo y efectividad deben mencionarse:

- a) Construcción de zanjas de esparcimiento de estas aguas en la parte alta del valle donde la granulometría del suelo es gruesa y de buena permeabilidad (sectores de Cabuza y Sobraya).
- b) Construcción en áreas previamente seleccionadas del valle, de tranques para la acumulación y retención de las creces.
- c) Construcción, a escala previamente experimental, de muros de tierra de pequeña altura y que permitan un retardo en el escurrimiento de la crece al mismo tiempo que favorecen la infiltración de las aguas en el subsuelo.

Se considera en ésta, como en todas las otras alternativas, la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas.

La previsión alcanza hasta el año 1985, fecha en que debería recurrirse a la desalinización del agua de mar.

ALT. 3.- Consulta la instalación de Plantas Desalinizadoras de agua de mar para absorber los déficits de suministro derivados de la demanda futura, es decir, la capacidad de las unidades desalinizadoras se ha estimado considerando los recursos subterráneos del Valle de Azapa, como fuente de explotación permanente.

.....

ALT. 4.- El aporte actual de la captación del Lauca al sistema del río San José se estima 600 lts/seg, aproximadamente, y es posible agregar a este caudal, en un futuro relativamente inmediato y para uso exclusivo del abastecimiento de agua potable, de Arica, otros 600 lts/seg adicionales mediante la construcción de las obras que permitan:

- a) Bombeo, hasta el acueducto, de 100 lts/seg de las aguas recuperadas por el río Lauca a unos 3 kms. río abajo de las obras de toma de la Dirección de Riego.
- b) Incremento, de 500 lts/seg adicionales de la captación del Lauca favoreciendo la actual filtración, subterránea, desde Chungará hacia Laguna Cotacotani. Esto mediante la profundización de los drenes en Cotocotani para la alimentación de la toma del río Lauca.
- c) Tratamiento de estas aguas en Cabuza (o en otro sector favorable) y aducción desde allí hasta Arica.

Esta alternativa proporciona recursos para el abastecimiento de Arica hasta el año 2000.

B.- I Q U I Q U E

- ALT. 1.-Planta de Tratamiento de Aguas Servidas.
- ALT. 2.-Desalinización de agua de mar.
- ALT. 3.-Nueva Aducción Pampa - Iquique.

Análisis:

- ALT. 1.-Los recursos en explotación actual aseguran el abastecimiento de la ciudad hasta el año 1975 aproximadamente, fecha en que

.....

debería entrar en funcionamiento una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas cuyo efluente se utilizaría con fines industriales y de riego.

La construcción de la Planta se realizaría en dos etapas:

- a) En la primera, la capacidad de las instalaciones debería ser suficiente para tratar un caudal de 260 lts/seg. Construcción en el año 1975.
- b) La segunda etapa consistiría en una ampliación a 350 lts/seg de la capacidad de la Planta. Su construcción debería iniciarse en 1983, aproximadamente.

La utilización del efluente de la Planta con fines industriales y de riesgo, permitiría destinar al consumo doméstico los recursos actuales que asegurarían el abastecimiento hasta 1990 aproximadamente. A partir de ese año debería recurrirse a nuevos sondeos en la Pampa del Tamarugal y a un refuerzo de la aducción actual ó, en su defecto, a una nueva aducción.

ALT. 2.- Consulta la instalación de unidades desalinizadoras de capacidad de 15.000 m³/día y 35.000 m³/día a construirse en los años 1975 y 1995, respectivamente. En la estimación de la capacidad de las unidades se ha considerado la explotación permanente de los sondeos y aducción actualmente en uso.

ALT. 3.- Implica una prospección hidrológica de la Pampa del Tamarugal, de amplios recursos, y la construcción (año 1975) de una nueva aducción con capacidad de porteo de 400 lts/seg para asegurar, conjuntamente con la aducción actual, el suministro de agua potable de Iquique hasta el año 2000.

.....

II.- ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO FUTURO DE AGUA POTABLE DE LA PROVINCIA DE ANTOFAGASTA

Contrariamente a lo que ocurre con la provincia de Tarapacá, el sistema de abastecimiento de la provincia de Antofagasta, puede decirse, es integrado.

Así, por ejemplo, el analizar el sistema actual de abastecimiento de agua potable del puerto de Antofagasta, es preciso considerar, además de los consumos de Calama y Tocopilla, los de otros pueblos y centros mineros que forman parte del complejo que tiene sus vértices en el triángulo Antofagasta-Calama-Tocopilla.

De la misma manera, cuando se pretende establecer las alternativas para el abastecimiento futuro no es posible escapar a esta vinculación tan estrecha que liga a los diferentes centros de consumo de la provincia.

Ha sido necesario, en consecuencia, recurrir a la selección de un grupo de alternativas generales, para toda la provincia, cada una de las cuales da lugar a una serie de sub-alternativas derivadas que serán analizadas para cada caso en particular.

Alternativas Generales para la Provincia

- ALT. 1.- Captación del río Loa en Lequena y construcción del tranque de Conchi.
- ALT. 2.- Plantas Desalinizadoras en Antofagasta.
- ALT. 3.- Plantas Desalinizadoras en Antofagasta y Tocopilla.
- ALT. 4.- Desalinización del Loa.

....

ANALISIS

La primera de estas alternativas considera la captación de 605 lts/seg del río Loa, en el punto denominado Lequena, y la construcción de una aducción de 110 Kms de longitud y diámetros variables entre 500 mm y 600 mm para portear las aguas hasta Calama, donde hay un nudo de distribución para los centros de consumo de la provincia; el caudal mencionado (605 lts/seg) considera las demandas de Calama y Tocopilla para el 200 y un suplemento de 80 lts/seg para colmatar la aducción de Antofagasta.

La construcción de un Tranque en Conchi, aguas abajo de la confluencia de los ríos Loa y San Pedro, permitiría compensar al sector agrícola de Calama y otros pueblos menores afectados por la captación de Lequena.

La alternativa 2.- se refiere a la instalación de grandes plantas desalinizadoras en Antofagasta, reservando el caudal de Toconce para satisfacer las necesidades futuras de Calama y Tocopilla; la entrega de estas dos últimas de los 460 lts/seg de Toconce sería gradual de acuerdo con la demanda.

La alternativa 3.- es muy similar a la anterior. Esta consulta la instalación de unidades desalinizadoras en Antofagasta y Tocopilla destinando al abastecimiento de Calama parte del caudal de Toconce; la entrega sería también gradual en la medida de las necesidades de Calama, llegando a un máximo de 380 lts/seg en el año 2000.

En fin, la cuarta alternativa para la Provincia se refiere a la desalinización de las aguas del río Loa en un punto, intermedio entre Calama y Tocopilla, que deberá determinarse.

La factibilidad de esta alternativa estaría estrechamente vinculada a la instalación de una planta de energía nuclear en la provincia si, como se piensa, la desalinización del Loa fuese propiciada por electrodiálisis.

.....

Cada una de estas alternativas generales, como se dijo, da lugar a una serie de sub-alternativas derivadas para cada ciudad, eligiéndose de entre ellas aquéllas que implican la elaboración de un plan de obras más acorde con la realidad.

La ubicación en el tiempo de estas obras por construir, determinadas por las alternativas generales para cada ciudad en particular, ha sido señalada en los Cuadros de Alternativas respectivos; sólo restaría formular, en los análisis que siguen, algunas consideraciones que deberían ser tenidas en cuenta en la programación de dichas obras.

A.- Ciudad de Antofagasta

ALT. 1.- La consideración de esta alternativa implicaría para Antofagasta: a) La construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas destinada a absorber el consumo industrial; b) Mejor aprovechamiento de las instalaciones existentes; estos significa:

-Construcción de obras terminales de distribución y estanques.

-Utilización plena de la aducción Toconce-Antofagasta.

-Reserva para el consumo de Antofagasta del caudal porteado por las cañerías del F.F.C.C.A.B. (aproximadamente 120 lts/seg descontando el gasto para atender el servicio del ferrocarril)

Y,

c) Para una fecha posterior a 1985 deberá considerarse la posibilidad de nuevas captaciones en la cordillera y la construcción de una 2a. Gran Aducción.

ALT. 2.- Consulta la instalación de plantas desalinizadoras en Antofagasta, reservando el caudal de Toconce para Calama y Tocopilla.

La construcción en etapas de las instalaciones y su capacidad se ha indicado en los cuadros de alternativas.

.....

Como todas las demás alternativas, ésta considera la construcción de una P.T.A.S. y las obras terminales correspondientes a la distribución y estanques de regulación.

ALT. 3.-La construcción en etapas de las instalaciones y su capacidad estan consignadas en los Cuadros de Alternativas.

ALT. 4.-El programa de obras es idéntico al que deriva de la consideración de la alternativa Nº 1. La diferencia radica en la fuente de suministro adoptada.

B.- Puerto de Tocopilla

ALT. 1.-Implica:

- a) Mejorar la aducción existente en el tramo Calama-Tocopilla, habilitándola para portear un caudal de 120 lts/seg.
- b) Construcción en 1985 de una Nueva Aducción Calama-Tocopilla con capacidad para 100 lts/seg.

ALT. 2.-Consulta:

- a) Un mejoramiento de la capacidad de la aducción existente hasta 120 lts/seg en la primera etapa.
- b) Construcción de una Nueva Aducción con capacidad para 100 lts/seg, que deberá conectarse a la aducción Toconce-Antofagasta en un punto a determinar.

ALT. 3.-La capacidad y construcción en etapas de las unidades desalinizadoras estan señaladas en los Cuadros de Alternativas.

ALT. 4.-Las obras son las mismas que ~~se derivan~~ de la consideración de la alternativa Nº 1.- sólo varían las longitudes de las aducciones y las fuentes de suministro.

.....

C.- Calama

ALT. 1.- , ALT. 2.- y

ALT. 3.- Consultan para Calama la construcción de obras terminales de distribución y estanques de regulación. La previsión alcanza hasta el año 2000.

ALT. 4.- Como en los tres **casos anteriores**: obras terminales de distribución y estanques.

Además, la instalación de una cañería de impulsión, de 380 lts/seg de capacidad, entre la planta desalinizadora de las aguas del Loa y la ciudad de Calama y la construcción de una planta elevadora para impulsar las aguas hasta la ciudad mencionada.

=====

RESUMEN DE ALTERNATIVAS

I.- PROVINCIA DE TARAPACA

ARICA

- ALT. 1.- Captación de los recursos aprovechables de la región Concordia-Chacalluta.
- ALT. 2.- Aprovechamiento de las aguas de grandes creces del río San José.
- ALT. 3.- Desalinización de Agua de Mar.
- ALT. 4.- Tratamiento y utilización plena de los recursos, actualmente desaprovechados, del río Lauca y Laguna de Chungará.

IQUIQUE

- ALT. 1.- Planta de Tratamiento de Aguas Servidas.
- ALT. 2.- Desalinización de Agua de Mar.
- ALT. 3.- Nueva Aducción Pampa-Iquique.

II.- PROVINCIA DE ANTOFAGASTA

(Alternativas Generales)

- ALT. 1.- Captación del río Loa en Lequena y construcción del tranque de Conchi.
- ALT. 2.- Plantas desalinizadoras del agua de mar en Antofagasta.
- ALT. 3.- Plantas desalinizadoras de agua de mar en Antofagasta y Tocopilla.
- ALT. 4.- Desalinización de las aguas del río Loa.

CUADRO DE ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO FUTURO DE AGUA POTABLE PARA EL NORTE GRANDE. -

AÑO	ANTOFAGASTA	TOCOPILLA	CALAMA	PAMPA	ARICA	IQUIQUE
CAPTACION RIO LOA EN LEQUENA Y TRANQUE CONCHI						
ALTERNATIVA Nº 1 : AÑO 1970. Q = 505 l/seg L = 110 Km D = 500 y 600 mm						
1970	- OBRAS TERMINALES DE DISTRIBUCION Y ESTANQUES. - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA SERVICIO INDUSTRIAL Y RIEGO (120 l/seg)	MEJORAR A 120 l/seg ADUCCION CALAMA - TOCOPILLA	OBRAS TERMINALES : ESTANQUES Y DISTRIBUCION	SE MANTIENE EL SISTEMA ACTUAL	- ADUCCION CONCORDIA-ARICA - PLANTA TRATAMIENTO AGUAS SERVIDAS 160 l/seg PARA RIEGO Y RECARGA DE LA NAPA SUBTERRANEA DEL VALLE DE AZAPA	
1975	- SUPLEMENTO A 60 l/seg DE LA GRAN ADUCCION - RESERVA 120 l/seg DE CANERIAS F.C.A.B. PARA EL CONSUMO DE ANTOFAGASTA					PLANTA TRATAMIENTO AGUAS SERVIDAS CAPACIDAD 160 l/seg (RIEGO E INDUSTRIAS)
1980	AMPLIACION CAPACIDAD PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS (360 l/seg)				AMPLIACION PLANTA TRATAMIENTO AGUAS SERVIDAS 180 l/seg ADICIONALES PARA USO INDUSTRIAL Y AGRICOLA	1283 AMPLIACION PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS A 350 l/seg
1985	NUEVAS CAPTACIONES EN LA CORDILLERA Y SEGUNDA GRAN ADUCCION APROVECHAMIENTO POSIBLE SOBREPORTE TRANQUE CONCHI	NUEVA ADUCCION CALAMA - TOCOPILLA Q = 100 l/seg L = 200 Km				
1990					CAPTACIONES EN LA CORDILLERA Y ADUCCION HASTA ARICA	REFUERZO ADUCCION ACTUAL O 2ª ADUCCION
1995						NUEVOS SONDAJES EN PAMPA DEL TAMARUGAL Y 2ª ADUCCION
2000						

ALTERNATIVA Nº 2 : PLANTAS DESALINIZADORAS EN ANTOFAGASTA, RESERVANDO TOCONCE PARA CALAMA Y TOCOPILLA

1970	- OBRAS TERMINALES. - PLANTA DE AGUAS SERVIDAS 120 l/seg	MEJORAMIENTO ADUCCION CALAMA - TOCOPILLA 120 l/seg	- OBRAS TERMINALES (ESTANQUE Y DISTRIBUCION)	SE MANTIENE EL SISTEMA ACTUAL	- PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS Y RECARGA DE LA NAPA. - APROVECHAMIENTO CRECES RIO SAN JOSE	
1975	DESALINIZACION 20.000 m³/DIA					DESALINIZACION 15.000 m³/DIA
1980	AMPLIACION PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS				AMPLIACION PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	
1985	DESALINIZACION 20.000 m³/DIA	NUEVA ADUCCION CONEXION A LA ADUCCION TOCONCE EN UN PUNTO A DETERMINAR (120 l/seg)				
1990					DESALINIZACION 50.000 m³/DIA	
1995	DESALINIZACION 60.000 m³/DIA					DESALINIZACION 35.000 m³/DIA
2000						

NOTA : LAS ALTERNATIVAS DE ARICA E IQUIQUE SON INDEPENDIENTES ENTRE SI E INDEPENDIENTES TAMBIEN DE LAS DE LA PROVINCIA DE ANTOFAGASTA

V.B.

12/06/2013

CUADROS DE ALTERNATIVAS PARA EL
ABASTECIMIENTO FUTURO DE AGUA
POTABLE PARA EL NORTE GRANDE

AÑO	ANTOFAGASTA	TOCOPILLA	CALAMA	PAMPA	ARICA	LIQUIQUE
-----	-------------	-----------	--------	-------	-------	----------

ALTERNATIVA N°3

PLANTAS DESALINIZADORAS EN ANTOFAGASTA Y TOCOPILLA RESERVANDO PARA CALAMA PARTE DEL CAUDAL DE TOCONCE						
1970	— OBRAS TERMINALES — PLANTA TRATAMIENTO A.S. 120 l/seg. — SUPLENTE = 80 l/seg. DE LA GRAN ADUCCIÓN	— DESALINIZACIÓN 9.000 m³/día	— OBRAS TERMINALES (ESTANQUES Y DISTRIBUCIÓN)	— SE MANTIENE EL SISTEMA ACTUAL	— PLANTA TRATAMIENTO A.S. Y RECARGA DE LA NAPA — DESALINIZACIÓN 15.000 m³/día	
1975	— DESALINIZACIÓN 20.000 m³/día					— DESALINIZACIÓN 15.000 m³/día
1980	— AMPLIACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO A.S.				— AMPLIACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO A.S.	
1985	— DESALINIZACIÓN 20.000 m³/día ADICIONALES	— DESALINIZACIÓN 12.500 m³/día			— DESALINIZACIÓN 15.000 m³/día ADICIONALES	
1990						
1995	— DESALINIZACIÓN 50.000 m³/día ADICIONALES (REEMPLAZAR PLANTA OB- SOLETA DE 1975 Y ABSOR- BER DEFICIT)				— DESALINIZACIÓN 45.000 m³/día ADICIONALES	— DESALINIZACIÓN 15.000 m³/día
2000						

ALTERNATIVA N°4

DESALINIZACIÓN DEL LOA EN UN PUNTO X INTERMEDIO ENTRE CALAMA Y TOCOPILLA: 600 l/seg. (PLANTA ATÓMICA)						
1970	— OBRAS TERMINALES — PLANTA TRATAMIENTO A.S. (RIEGO E INDUSTRIA 120 l/seg.) — CANERÍA ENTRE PUNTO X Y ADUCCIÓN TOCONCE Q = 80 l/seg.	— MEJORAMIENTO ADUCCIÓN ENTRE PUNTO X Y TOCO- PILLA	— OBRAS TERMINALES — CANERÍA ENTRE PUNTO X Y CALAMA (380 l/seg.) — PLANTA ELEVADORA EN PUNTO X	— SE MANTIENE EL SISTEMA ACTUAL	— PLANTA TRATAMIENTO A.S. Y RECARGA DE LA NAPA — 1972 DRENAJE 500 l/seg. DE LAGUNA CHUNGARA A LAGU- NA TOTACOTANI PARA INCRE- MENTAR CAUDAL DEL RIO LAUCA	
1975						— NUEVOS SONDAJES EN LA PAMPA DEL TAMARUGAL Y NUEVA ADUCCIÓN PAMPA LIQUIQUE (400 l/seg.)
1980	— AMPLIACIÓN PLANTA TRATA- MIENTO A.S. A 360 l/seg.				— PLANTA TRATAMIENTO DE LAS AGUAS DEL LAUCA EN CABRZA (O OTRO PUNTO) CAPACIDAD 500 l/seg. AMPLIABLE A 600 l/seg. Y CANERÍA DE ADUCCIÓN CABRZA-ARICA (500-600 l/s)	
1985	— NUEVOS RECURSOS DE COR- DILLERA Y 2ª GRAN ADUC- CIÓN	— NUEVA ADUCCIÓN ENTRE PUNTO X Y TOCOPILLA Q = 100 l/seg.				
1990					— BOMBEO DE 100 l/seg. DESDE 3 Kms. AGUAS ABAJO BOCA- TOMA DIRECCIÓN DE RIEGO.	
1995						
2000						

NOTA: LAS ALTERNATIVAS DE ARICA E LIQUIQUE SON
INDEPENDIENTES ENTRE SI E INDEPENDIENTES
TAMBIÉN DE LAS DE LA PROVINCIA DE ANTO-
FAGASTA.

Vº Bº

7/11/80

AGUA POTABLE DE TOCOPILLA

ESTUDIO DE COMPARACION ECONOMICA

ESCALA 1:



ING. PROYECTISTA

PLANO Nº 1

SANTIAGO, ABRIL DE 1968.

N.

PAMPA DEL TAMARUGAL

OCEANO PACIFICO

CORDILLERA DE DOMEIKO

ANTOFAGASTA

TOCOPILLA

CUADRO RESUMEN DE CAÑERIAS DE REFUERZO PROYECTADAS.

ENTRE KILOMETROS	REFUERZO ESTANQUE LOS CONDORES (K.M. 0.00)		
	MATERIAL	L	D
CERRO TOPATER-LOS CONDORES	ACERO	3.500	300
	Fe Fdo.	10.000	225
53.686 - 61.186	ACERO	7.500	300
61.186 - 88.505	"	27.309	400
105.189 - 110.189	"	5.000	400
110.189 - 124.875	"	14.686	300
124.875 - 132.345	"	7.470	200
TOTAL		75.465	

EMBALSE CONCHI (ESTUDIO)
V = 12.600.000 m³
Q MIN CONTINUO = 550 LTS/SEG
Q MAX = 1100 "
Q MEDIO = 890 "

ADUCCION F.C.A.B.
2 CAÑERIAS DE ACERO
D = 150 mm A 350 mm
CAP 140 LTS/SEG

2 CAÑERIAS DE ACERO
D = 175 A 275 mm
L = 55,8 KM. CADA UNA
CAP = 140 LTS/SEG.

ADUCCION TOCOPILLA
CAÑERIA ACERO D = 300 mm L = 17,3 km
CAP = 115 LTS/SEG

CAÑALITA TOCOPILLA
ACUEDUCTO SEMI-CIRCULAR CUBIERTO DE PALASTOS
D = 480 A 765 mm L = 108 km CAP 115 LTS/SEG

ADUCCION JAUNA
(EN ESTUDIO)
CAP 180 LTS/SEG.
ENTREGADOS A LA GRAN ADUCCION
EMPALMA EN KM. 24,732
DE LA GRAN ADUCCION

ADUCCION TOCONCE
CAP 570 LTS/SEG Q = 460 LTS/SEG L = 94.400 m

ADUCCION TOCONCE
CAP 570 LTS/SEG Q = 460 LTS/SEG L = 94.400 m

ADUCCION TOCONCE
CAP 570 LTS/SEG Q = 460 LTS/SEG L = 94.400 m

ADUCCIONES F.C.A.B.
Nº 1 D = 150 A 250 mm PIERRO FUNDIDO L = 234 km
2 CAÑERIAS
Nº 2 D = 225 A 350 mm F.FDO. Y ACERO L = 234 km
CAPACIDAD TOTAL = 88 LTS/SEG

EN LA RIBERA E DEL SALAR DE ATACAMA EXISTEN RECURSOS DE AGUA DULCE EN PARCIAL EXPLOTACION PARA RIEGO, DE 880 LTS/SEG. (QUEBRADAS SOCAPPE, TAPALUNE Y CALAQUI)

2 a. P A R T E

Estimación de costos de las alternativas

DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS
AGUA POTABLE ZONA NORTE
GRANDE

ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO FUTURO
DE AGUA POTABLE DEL NORTE GRANDE.

Estimación de costos de las alternativas

Bases de cálculo:

A) Plantas desalinizadoras con caldera a petróleo.- para capacidades menores de 2,5 MGPD se adoptó como base, en la estimación de los costos de capital, las cifras que se señalan:

US\$ 1,00 por cada GPD en plantas de un propósito

US\$ 1,88 " " " " " " duales

GPD = Gallon (US) por día)

Para plantas mayores, considerando que la variación de costos de capital no es proporcional a la capacidad, se hace la estimación ponderando el costo conocido de una planta dada, que se toma como referencia, por la razón elevada a exponente 0.8, entre la capacidad mayor y la de referencia.

Igualmente puede establecerse una dependencia similar entre costos de operación de plantas de un propósito de capacidades diferentes, siendo la ponderación equivalente a la razón capacidades elevada a exponente 0,6. El valor de este exponente se explica si se piensa que, si bien los costos directos de operación, como los derivados del consumo de combustibles y electricidad, varían directamente con la capacidad, también es cierto, que su monto representa sólo un 40%, aproximadamente, del costo total de operación, siendo pequeña la variación del 60% restante cuando se aumenta la capacidad de la planta.

En el cálculo de los costos de operación de plantas desalinizadoras de un propósito se han considerado las siguientes partidas:

- Energía (electricidad y combustibles)
- Aditivos
- Obra de mano y mantención
- Materiales varios (0,5% del costo de capital)
- Seguros e impuestos

No se ha incluido la amortización de las instalaciones ya que el costo de capital se agrega al final, como una sola inversión inicial, para obtener el costo total actualizado de las unidades.

En el caso de plantas duales los costos de capital se deducen de una manera idéntica al anterior. Los costos de operación se han estimado calculando separadamente aquellos rubros que dependen directamente de la capacidad, como combustibles por ejemplo y a los cuales se resta las economías introducidas por concepto de venta de energía eléctrica (a costo social) puesto que ésta varía en forma aproximadamente proporcional con los incrementos de capacidad.

A esta partida de los costos de operación, es decir costo del consumo de combustibles menos entradas por venta de energía eléctrica exportable, se ha aplicado un factor de amplificación, igual a la razón de capacidades, para deducir el monto correspondiente de unidades mayores. Finalmente, se agrega a este valor otras partidas como consumo de ácido sulfúrico, operación y mantención, etc., de leve variación con los incrementos de capacidad, afectados de cierto coeficiente que considera los mayores gastos introducidos por el aumento de la capacidad de las instalaciones.

En la actualización de los costos anuales de operación se ha adoptado una vida útil de 15 años para las instalaciones y una tasa de interés $i = 12\%$.

En las tablas que siguen se indican los costos de plantas desalinizadoras de diferentes capacidades deducidos en la forma señalada.

.....

1.- Plantas de Un Propósito

$$f.a = \frac{(1 + i)^n - 1}{i (1 + i)^n}$$

$$f.a = 6,81$$

CAPACIDAD m ³ / día	COSTO CAPITAL US\$	<u>COSTOS DE OPERACION</u>		COSTO TOTAL ACTUALIZADO US\$
		ANUAL US\$	TOTAL US\$	
8.640	2.300.000	460.000	3.130.000	5.430.000
12.500	3.000.000	550.000	3.750.000	6.750.000
15.000	3.650.000	650.000	4.430.000	8.080.000
20.000	4.590.000	780.000	5.300.000	9.890.000
35.000	7.170.000	1.070.000	7.300.000	14.470.000
45.000	8.770.000	1.250.000	8.500.000	17.270.000
50.000	9.540.000	1.350.000	9.200.000	18.740.000
60.000	11.040.000	1.500.000	10.200.000	21.540.000

.....

2.- Plantas Duales (caldera a petróleo) factor de carga : 45%

Electricidad: precio de venta US\$ 0.014/KWH

CAPACIDAD (m ³ /día)	ENERGIA EXPORTA BLE (MW)	COSTO DE CAPITAL (US\$)	COSTOS DE OPERACION (EN US\$)			COSTO TOTAL ACTUALIZADO (US\$)
			ANUALES (combust. V.energía)	FIJOS	TOTAL ANUAL DO	
8.640	6,0	4.340.000	150.000	80.000	230.000	1.570.000
12.500	8,0	5.500.000	230.000	100.000	330.000	2.250.000
15.000	11,0	6.560.000	270.000	120.000	390.000	2.700.000
20.000	14,0	8.260.000	360.000	130.000	490.000	3.350.000
35.000	25,0	12.910.000	620.000	150.000	770.000	5.250.000
45.000	30,0	15.800.000	800.000	170.000	970.000	6.600.000
50.000	33,0	17.170.000	900.000	175.000	1.075.000	7.400.000
60.000	38,0	19.860.000	1.100.000	180.000	1.280.000	8.700.000
						28.560.000

B.- Plantas de desalinización en base a electrodialisis.-

Capacidad requerida : 600 l/seg = 14 MGPD

Sólo se tiene antecedentes de plantas de este tipo con capacidades que varían entre 0,25 MGPD y 2,0 MGPD, siendo ésta última la mayor que se conoce.

De acuerdo a los datos que se tiene sobre costos de capital, operación y mantención y consumo de energía eléctrica, es posible deducir algunas relaciones útiles para la estimación de costos de una planta de esta naturaleza para una capacidad como la requerida. Hecho esto, se obtuvo los siguientes resultados:

-Capacidad : 14 MGPD

-Consumo de energía: 2,2 MW

-Costo considerado para energía eléctrica: 14,13 mills/KWH

-Vida útil : 15 años

i = 12 %

-Costo de operación y mantención(por año) US\$ 2.685.000

-Costo de capital US\$ 12.000.000

-Costo actualizado de operación
y mantención (total) 18.000.000

-Costo total actualizado US\$ 30.000.000

Sin embargo, por desconocerse la existencia de plantas de capacidad mayores de 2,0 MGPD, se optará por la instalación de 7 unidades de 2,0 MGPD c/u, desentendiéndonos de las economías de escala que pudiera introducirse por el hecho de considerar la posibilidad de instalación de una planta única de 14 MGPD.

De esta manera se tiene:

Capacidad MGPD	Costo de capital US\$	de capital US\$/GPD	Consumo de energía KWH anuales
2,0	2.800.000	1,40	3.700.000
7 x 2,0	19.600.000	1,40	25.900.000

Costo de energía(anual): 25.900.000 KWH x 14,13 mills/KWH=US\$ 370.000

Se sabe, además, que la energía representa aproximadamente el 10% del costo de operación

Costo de operación anual = US\$ 3.700.000

Costo de operación actuali-
zado (total) = US\$ 25.000.000

Resumiendo:

Capacidad 7 x 2,0 MGPD

--Costo de capital US\$ 19.600.000

--Costo operación actualizado US\$ 25.000.000

Costo total planta (actualiza-
do US\$ 44.600.000

C.- Planta nuclear de doble propósito:

ENDESA considera, en sus programas de ampliación del servicio eléctrico, la instalación en Antofagasta de una planta termonuclear de doble propósito.

Existe una oferta por una planta de este tipo con capacidad de producción de 2 x 86 MWe y 20.000 m³/día de agua de mar desalinizada.

La oferta por la unidad desalinizadora ha sido planteada en los siguientes términos:

1.- Costo de capital:

a) suministro	L	1.680.000	
b) obras civiles	L	80.000	
c) montaje	L	<u>310.000</u>	
costo capital	L	2.070.000	= US\$ 4.968.000

2.- Operación y mantención (por año) L 78.000 = US\$ 187.200

3.- Energía eléctrica y calor L 450.000 = US\$1.080.000
(cambio: 2,40 US\$/L)

4.- Otros antecedentes de la planta:

a) Horas de funcionamiento al año 7.000 horas
.....

- b) Vida útil 25 años
 c) Producción agua desalinizada al año $5,85 \times 10^6 \text{ m}^3$
 d) interés $i = 12 \%$
 e) Tiempo de montaje 21 meses

Costo total actualizado

Los intereses de la inversión inicial devengados durante el período de construcción se han computado como sigue :

$1/2$ (tiempo de construcción en años) $\times$ (tasa de interés)

Para calcular el valor actualizado total se reducirá los gastos anuales al equivalente de un solo pago, expresándolos en términos de inversión inicial.

$i = 12 \%$

$n = 25$ años factor de actualización : $f.a = 7,843$

-Costo de capital	US\$ 4.968.000
-Intereses durante la construcción	<u>522.000</u>
Sub-total	US\$ 5.490.000
-Costo actualizado de energía eléctrica y calor	8.470.440
- " " " operación y mantención	<u>1.468.210</u>
Costo total actualizado	<u><u>US\$ 15.428.650</u></u>

Costo del Agua

Se calculará el costo anual

$f. f. a = 0,12750$ (factor del fondo de amortización):

-Amortización anual	US\$ 700.000
-Energía eléctrica y calor (por año)	1.080.000
-Operación y mantención (por año)	<u>187.200</u>
Total costo anual	<u><u>US\$ 1.967.200</u></u>

Producción agua destilada: $5,85 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$

Costo del agua : 336,1 mills/m³

Comparación de Costos

Criterio de comparación:

Cada una de las cuatro alternativas generales, consignadas en los cuadros ya conocidos, aseguran la satisfacción de la demanda de agua potable de las provincias de Tapacá y Antofagasta, dentro de un período de previsión que cubre hasta el año 2000.

Estas alternativas generales, como ya se ha dicho, implican la construcción de una serie de obras tendientes a dar solución al problema del abasto de cada ciudad en particular.

Mirado ésto desde el punto de vista del interés nacional, que aconseja en este caso hacer abstracción de soluciones que localmente pudieran parecer ventajosas, es sin duda conveniente efectuar la comparación de las alternativas en base a una estimación de costos que incluya la totalidad de las obras determinadas por cada una de ellas, especialmente cuando se trata de sistemas integrados como el de la provincia de Antofagasta.

Considerando el hecho de que estas alternativas contemplan obras de construcción diferida en el tiempo, se calculará los costos actualizados a la fecha de iniciación de su construcción para luego convertir estas cifras en valores presentes del año 1970, expresándolos en términos de una sola inversión inicial.

La comparación de costos exige adoptar plazos de previsión iguales para cada alternativa correspondiendo, en consecuencia, descontar de los costos respectivos los valores residuales que resulten para aquellas obras que, por su vida útil y la oportunidad de su construcción, sobrepasen el horizonte de apreciación considerado, (año 2000).

A continuación se detalla el cálculo del costo de la alternativa Nº 1 para la provincia de Antofagasta, limitándonos, en los casos restantes, a señalar las cifras finales y algunos valores utilizados en su deducción; todo ello se encuentra resumido en los "cuadros de costos" de las alternativas.

.....

La alternativa N° 1 para Antofagasta contempla la ejecución de las siguientes obras:

- a) Aducción de Lequena
- b) Embalse de Conchi
- c) Planta de tratamiento de aguas servidas para la ciudad de Antofagasta
- d) Nueva aducción para la ciudad de Antofagasta
- e) Mejoramiento de la aducción de Tocopilla
- f) Nueva aducción para Tocopilla
- g) Obras terminales de distribución y estanques; éstas no se considerarán puesto que, por ser comunes a todas las alternativas, su exclusión no influye en la comparación.

Algunos valores y abreviaturas que se empleará:

tasa de interés $i = 12 \%$

cambio 11,50 $\text{P}/\text{US\$}$

factor de actualización $f.a = \frac{(1 + i)^n - 1}{i (1 + i)^n}$

factor de recuperación de capital $f.r.c = \frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$

factor del fondo de amortización $f.f.a = \frac{i}{(1 + i)^n - 1}$

factor de actualización $f.s.a = \frac{1}{(1 + i)^n}$

(o bien, factor de valor presente residual $f.v. pr = ./.)$

Planta de tratamiento de aguas servidas: P.T.A.S.

a) Aducción de Lequena

-Iniciación de la construcción año 1970

-Vida útil 30 años

-Costo de mantención anual US\$ 30.000

-f.a = 8,055

.....

°.°	-Costo de capital o instalación	US\$ 8.000.000
	-Costo de mantención actualizado	<u>250.000</u>
	Total valor presente	<u>US\$ 8.250.000</u>

b) Embalse de Conchi

Los costos que se estiman se refieren a aquella parte (proporcional al caudal extraído) de las obras que corresponde (cargar) al servicio de agua potable por la utilización parcial de la producción del embalse.

-Iniciación de la construcción	año 1970
-Vida útil	100 años
-Vabr residual	70%
-Costo de mantención anual	US\$ 15.000
-f. a = 8,055	f.v.p.r (f.s.a) = 0.0334
°.° Costo de capital (parte proporcional)	US\$ 1.300.000
menos: Valor residual presente	
(0,70 x 0.0334 x 1.300.000)	<u>30.000</u>
Costo de capital(neto)	US\$ 1.270.000
más: Costo mantención actualizado	<u>120.800</u>
Total Valor presente	<u>US\$ 1.390.800</u>

c) P.T.A.S. en Antofagasta

Vida útil

-Obras civiles	50 años
-Maquinarias	12 años
-Valor residual obras civiles:	40%

Costos de capital

Obras civiles:

1a. etapa	US\$ 700.000	
2a. etapa	400.000	US\$ 1.100.000

Maquinarias:

1a. etapa	400.000	
2a. etapa	500.000	<u>900.000</u>

Total costo instalación US\$ 2.000.000

La construcción de la 1a. etapa se iniciaría en 1970.

La 2a. etapa se efectuaría en 1980 y contempla la ampliación de las obras civiles y el reemplazo y ampliación de la maquinaria y sus instalaciones.

La maquinaria de la 2a. etapa tendría una vida útil que concluiría en 1992 fecha en que debe considerarse su reemplazo.

Se contempla también, en la estimación de costos, la evaluación del valor residual de las obras civiles, no así el de la maquinaria cuyo valor, por pequeño, puede desestimarse.

Hecho ésto se expresará los costos de operación y mantención en términos de una sola inversión inicial referida el año 1970.

f.s.a (10 años) = 0,322

f.s.a (30 años) = 0.0334

f.s.a (20 años) = 0,1037

f. a (30 años) = 8,055

Cálculo del costo total presente de la P.T.A.S.

Costos de capital

1) Obras civiles:

1a. etapa (1970) US\$ 700.000

2a. etapa (1980): US\$ 400.000;

valor presente: 128.000

Sub-total US\$ 828.000

menos: Valor residual presente de las obras

civiles: $0,40 \times 0.0334 (700.000 +$

$400.000) :$ - 14.700

Valor presente obras civiles US\$ 813.300

.....

2) Maquinaria:

1a. etapa (1970)	US\$ 400.000
2a. etapa (constr. 1980); valor presente	161.000

más: Valor presente maquinaria de reemplazo

(500.000 x 0,1037) 51.850

Valor presente maquinarias US\$ 612.850

%. costo capital obras civiles US\$ 813.300

" " maquinarias 612.850

Valor presente costo capital US\$ 1.426.150

Costo de operación y mantención

Gastos de reparación :

Obras civiles :	0,4 % del costo de las instalaciones
maquinaria :	0,6 % " " " "

Gastos de explotación:

Generales :	10,0 % " " " "
Energía :	<u>15,0 % " " " "</u>

Total : 26,0 %

Costo de operación y mantención anual

0,26 x 2.000.000 US\$ 520.000

Valor total presente de los costos de operación y mantención

US\$ 4.188.600

Resumen:

Valor presente del costo de capital US\$ 1.426.150

" " costos de operación y mant. 4.188.600

Valor presente P.T.A.S. de Antofagasta US\$ 5.614.750

Nota: Este mismo resultado es aplicable en el caso de la P.T.A.S. de Arica cuyas características y capacidad son similares a la de Antofagasta.

Igual cosa puede decirse de la P.T.A.S. contemplada para Iquique, en los que se refiere a su capacidad y características técnicas, debiéndose, sin embargo, efectuar las correcciones que resulten de considerar su ubicación en el tiempo, la que difiere de las anteriores.

d) Nueva aducción para Antofagasta

-Iniciación construcción: año 1985

-Vida útil 30 años

-Valor residual 50%

-Costo de mantención anual: US\$ 400.000

f.s.a = f.v.p.r = 0,1827 (para 15 años)

f.a = 6,81 " " "

Costo de capital actualizado (1985)	US\$ 16.000.000
menos : Valor residual actualizado "	<u>1.460.000</u>
Costo capital actualizado (1985)	US\$ 14.540.000
más: Costo mantención actualizado (1985)	<u>2.700.000</u>
Costo total referido a 1985	US\$ 17.240.000

Valor total presente aducción	<u><u>US\$ 3.150.000</u></u>
-------------------------------	------------------------------

e) Mejoramiento aducción de Tocopilla

Iniciación de la construcción: año 1970

Vida útil 30 años

Valor residual 0 %

Costo de mantención anual US\$ 18.000

f.a = 8,055

Valor presente del costo de capital	US\$ 3.900.000
" " " " " mantención	<u>145.000</u>
Total valor presente de la obra	US\$ 4.045.000

.....

f) Nueva aducción de Tocopilla

Iniciación de la construcción año 1985

Vida útil 30 años

Valor residual 50 %

Costo de mantención anual US\$ 30.000

f.s.a = 0,1827 f. a (15 años) = 6,81

Costo de capital actualizado (1985)	US\$ 7.800.000
menos: Valor residual	580.000
Costo de capital (1985)	US\$ 7.220.000
más: costo de mantención actualizado (1985)	200.000
Costo total actualizado	US\$ 7.420.000
Valor presente de la obra:	<u>US\$ 1.390.000</u>

Resumen

Valor total presente de las obras contempladas en la alternativa Nº 1, para la provincia de Antofagasta:

a) Aducción de Lequena	US\$ 8.250.000
b) Embalse de Conchi (pp)	1.390.800
c) P.T.A.S. de Antofagasta	5.614.750
d) Nueva aducción de Antofagasta	3.150.000
e) Mejoramiento de la aducción Tocopilla	4.045.000
f) Nueva aducción para Tocopilla	<u>1.390.000</u>
Total alternativa Nº 1	<u>US\$ 23.840.550</u>

.....

Nota: En el cuadro de costos de las alternativas para la provincia de Antofagasta no se ha incluido la alternativa N° 4 que contempla la desalinización del Loa, en base a un proceso de electrodiálisis, como nueva fuente de suministro de agua potable para la provincia.

Estos se debe a que el costo de las obras que la consideración de esta alternativa implican resulta demasiado elevado con respecto al resto de las alternativas.

Basta, para demostrarlo, señalar el programa de obras que la alternativa N° 4 determina; éstas son:

1.-Obras de ejecución inmediata (año 1970)

- a) P.T.A.S. para Antofagasta
- b) Cañería de conexión entre la planta desalinizadora y la aducción de Toconce.
- c) Mejoramiento de la aducción de Tocopilla
- d) Cañería de aducción entre la planta desalinizadora y Calama (impulsión)
- e) Planta elevadora para impulsar las aguas desalinizadas hasta Calama
- f) Instalación de 4 unidades de electrodiálisis de 2 MGPD c/u para satisfacer la demanda de A.P. de la provincia hasta el año 1985.

2.-Obras de ejecución futura (1985)

- g) Reemplazo de la maquinaria de la planta elevadora (pto. C) y ampliación de la capacidad de bombeo.
- h) Instalación de 3 nuevas unidades de electrodiálisis de 2,0 MGPD c/u y reemplazo de las 4 anteriores ya obsoletas.

.....

- i) Nueva aducción para Antofagasta
- j) Nueva aducción para Tocopilla

En su lugar se ha incluido una nueva alternativa, que hemos llamado 2a., derivada de considerar la instalación en Antofagasta de una planta termonuclear de doble propósito.

Los costos totales (valor presente) de las alternativas, deducidos en el cuadro de costos mencionado, son los que indican;

Provincia de Antofagasta

Alternativa Nº 1	US\$ 23.840.550
" " 2	19.279.750
" " 3	20.424.750
" " 2a.	22.154.750

124%
2.0
1.6

A N E X O II.-

ALTERNATIVAS PARA ABASTECIMIENTO FUTURO DE

AGUA POTABLE DEL NORTE GRANDE

1 9 6 9

Guillermo Ruiz Troncoso
Ing. Civil U. de Chile
Departamento de Estudios
Dirección de Obras
Sanitarias

DIRECCION DE OBRAS SANITARIAS
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS

AGUA POTABLE ZONA NORTE

Estudio de alternativas para el abastecimiento
futuro de Agua Potable del Norte Grande.

Generalidades.-

Las fuentes que actualmente abastecen de agua potable a los principales centros poblados del Norte Grande, se hacen ya insuficientes para atender la demanda creciente del suministro.

Este problema, que se agrava por la disponibilidad de recursos hidrológicos limitados, ha impulsado a la Dirección de Obras Sanitarias a la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento y a la programación, a través del Departamento de Estudios, de la ampliación del suministro de agua potable a la zona Norte.

A su vez, ENDESA, esta programando actualmente la ampliación de su capacidad instalada en esta zona; ampliación que persigue como objetivo principal atender las necesidades crecientes y de su propia demanda.

Una ampliación del sistema eléctrico asociada a la producción de agua potable podría concebirse, mediante la construcción de plantas desalinizadoras de doble propósito y, que se beneficiaría de economías de escala y servicios comunes.

Dadas las diferentes características de los sistemas de abastecimiento de Agua Potable de las provincias de Tarapacá y Antofagasta, como se verá más adelante, la asociación de ambos servicios sólo sería posible en esta última, que ofrece, para tal objeto, las ventajas de un sistema gravitacional interconectado.

.....

Así, la instalación de una planta de doble propósito en la ciudad de Antofagasta permitiría disponer para ésta de una nueva fuente de recursos, el mar, y destinar la que actualmente ocupa al abastecimiento de otros centros del sistema, como Calama y Tocopilla. Sin perjuicio de que las aducciones existentes, continúen en servicio parcialmente.

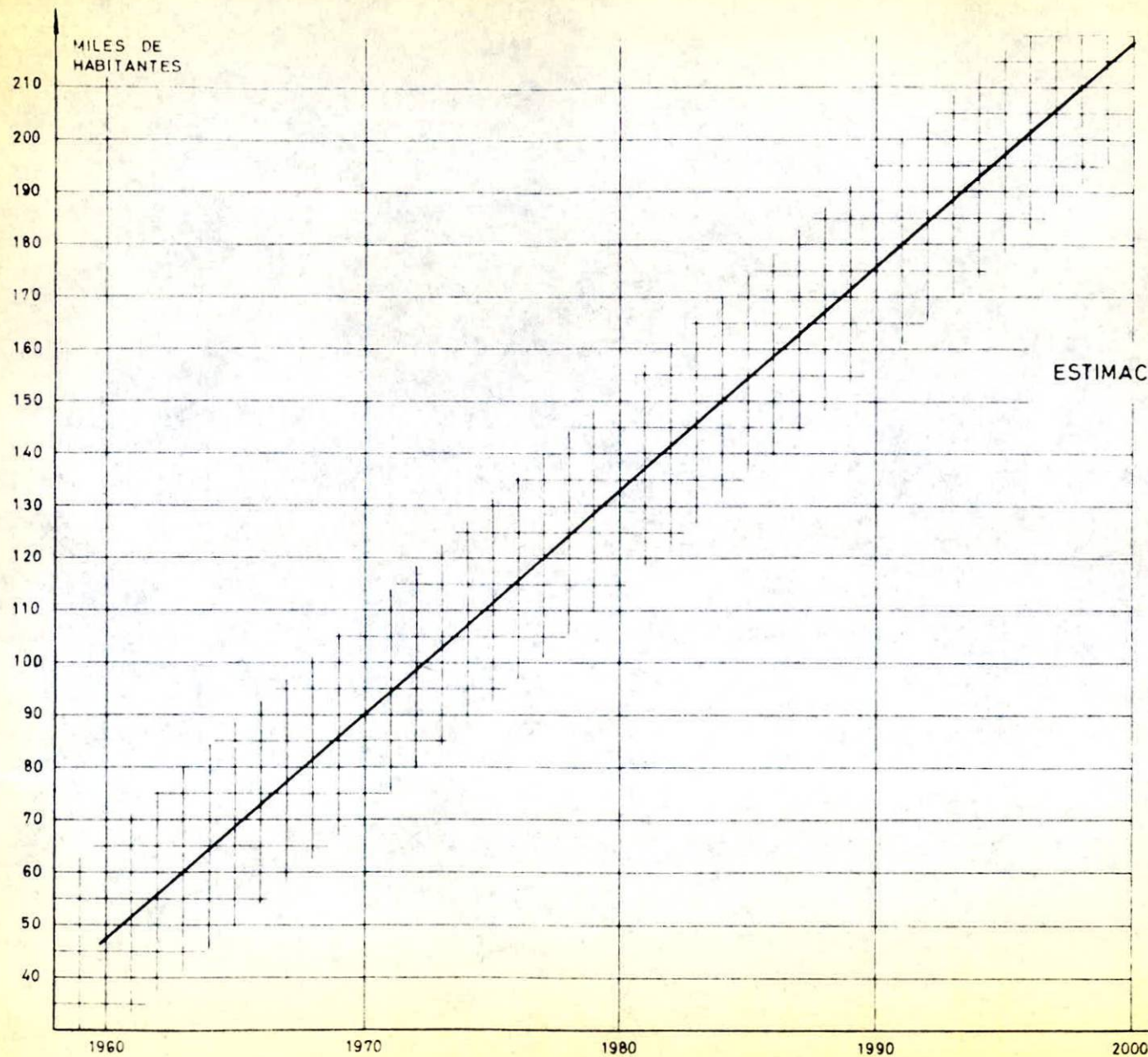
La solución al problema que deben resolver ambas empresas, ENDESA y Dirección de Obras Sanitarias, tiene además otra variante que es la instalación de una o varias unidades simples independientes: eléctricas y desalinizadoras.

El objeto del presente estudio es el de fijar una política de la D.O.S. en lo que se refiere a su acción futura y el de proporcionar los antecedentes necesarios que permitan su conocimiento para, de esta manera, facilitar una coordinación de programas y estudiar la posibilidad de un acuerdo.

El estudio consta de dos partes:

La primera, comprende una evaluación de las necesidades de Agua Potable en un horizonte de apreciación que alcanza hasta el año 2000 y, una exposición de alternativas de solución para satisfacer tales necesidades por igual período de previsión.

La segunda parte consiste en una estimación de costos de las obras que tales alternativas demandan y que permitirán apreciar, mediante una comparación económica, la posibilidad de una ampliación asociada de los servicios eléctrico y de agua potable.



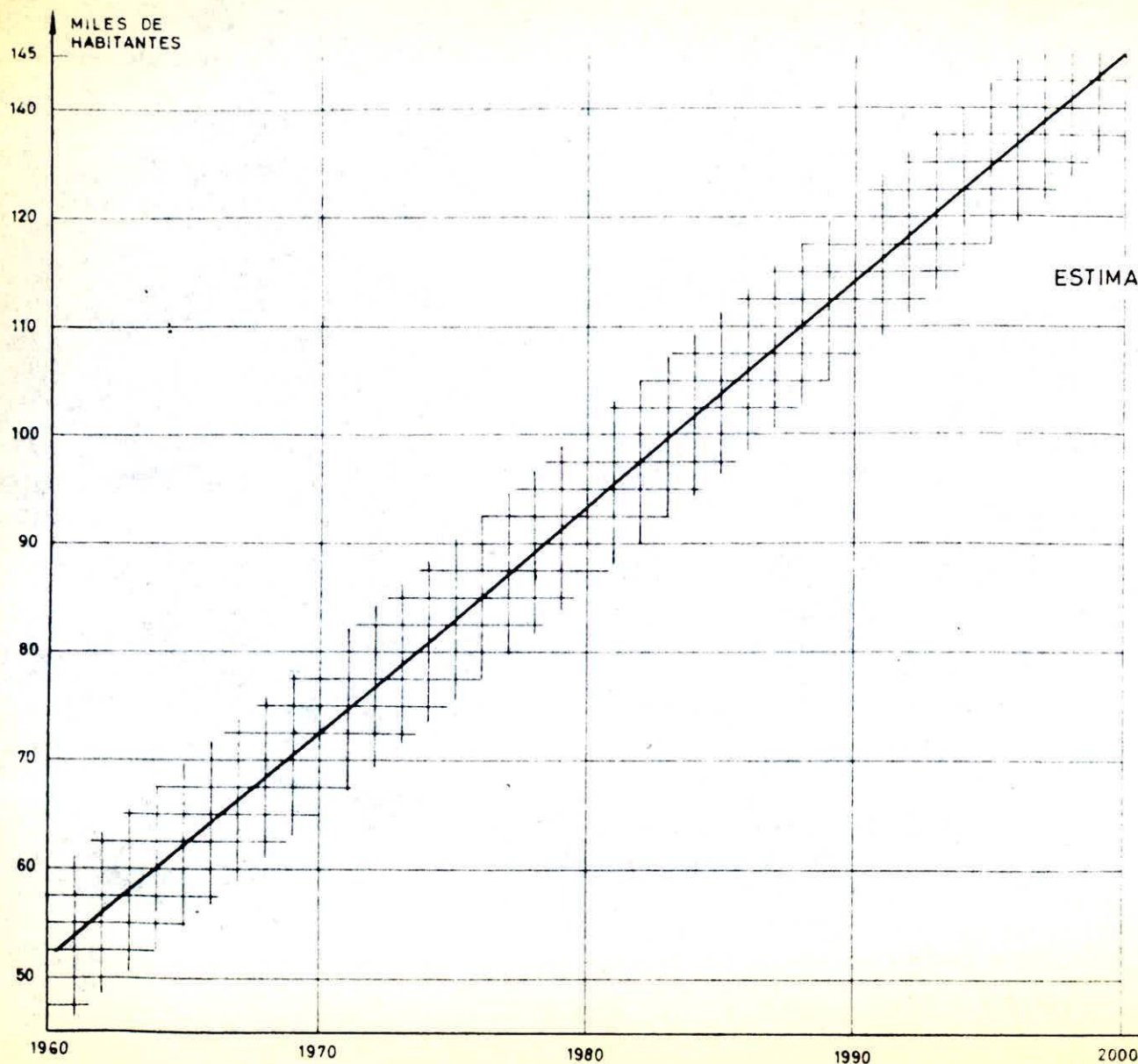
ARICA

ESTIMACION DE LA POBLACION FUTURA

POBLACION PREVISTA	
AÑOS	Nº HABS.
1970	90.000
1975	112.000
1980	132.000
1985	154.000
1990	176.000
1995	207.000
2000	220.000

D.O.S.
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS
V.B.

STGO, ENERO DE 1969.



IQUIQUE

ESTIMACION DE LA POBLACION FUTURA

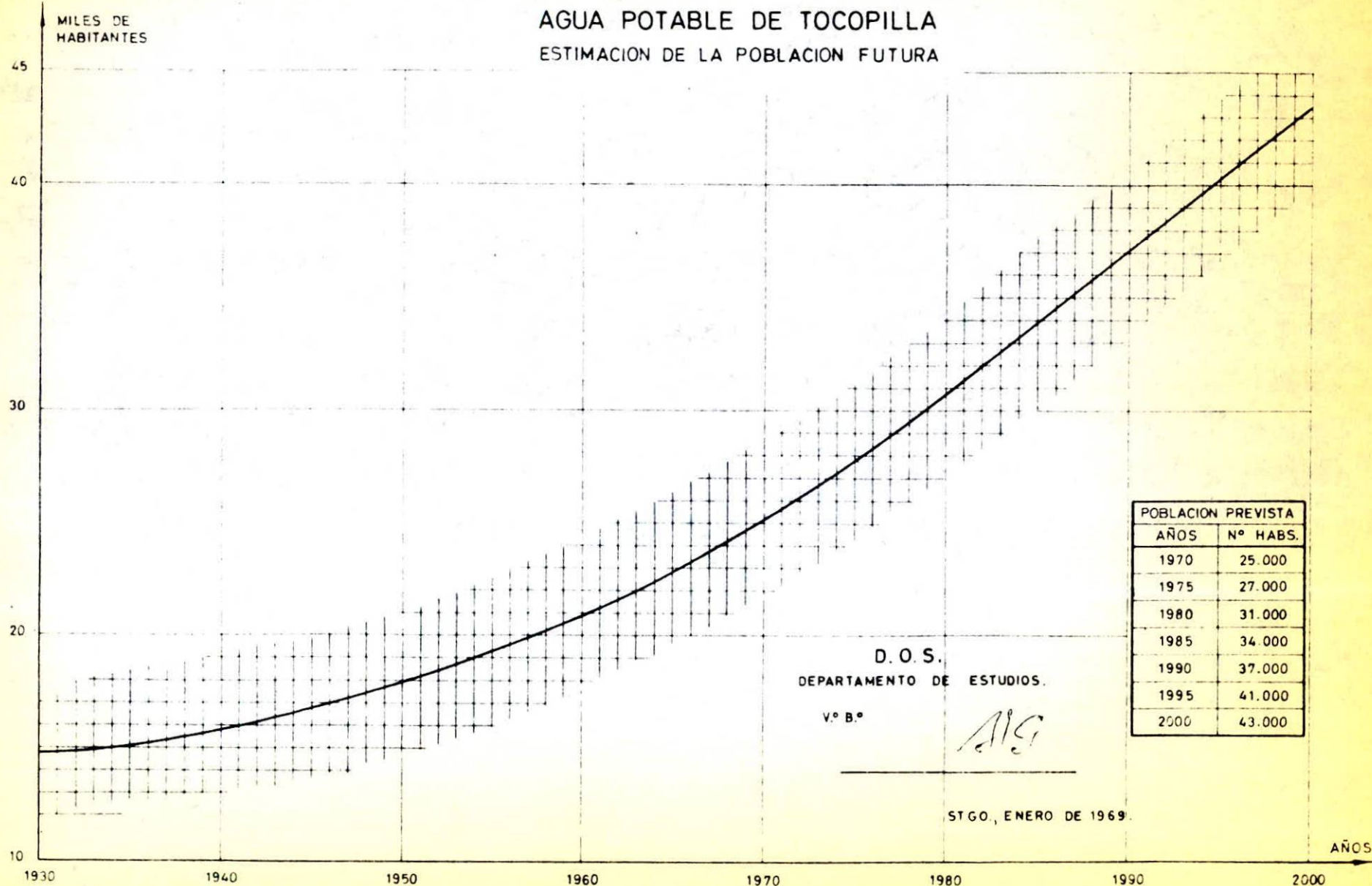
POBLACION PREVISTA	
AÑOS	Nº HABS
1970	73.000
1975	83.000
1980	93.000
1985	104.000
1990	114.000
1995	125.000
2000	145.000

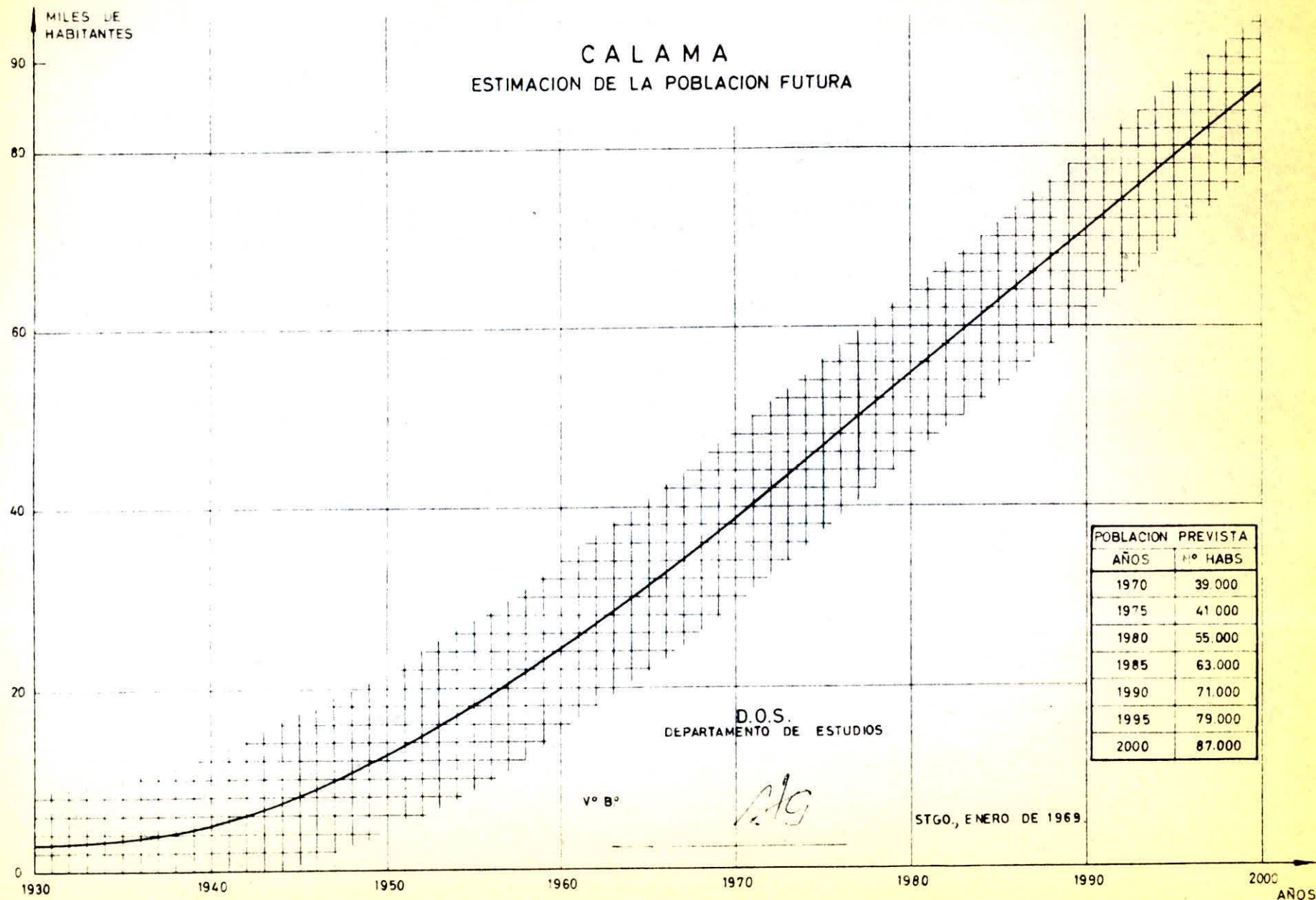
D. O. S.
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS.

V.º B.º

STGO., ENERO DE 1969

AGUA POTABLE DE TOCOPILLA ESTIMACION DE LA POBLACION FUTURA



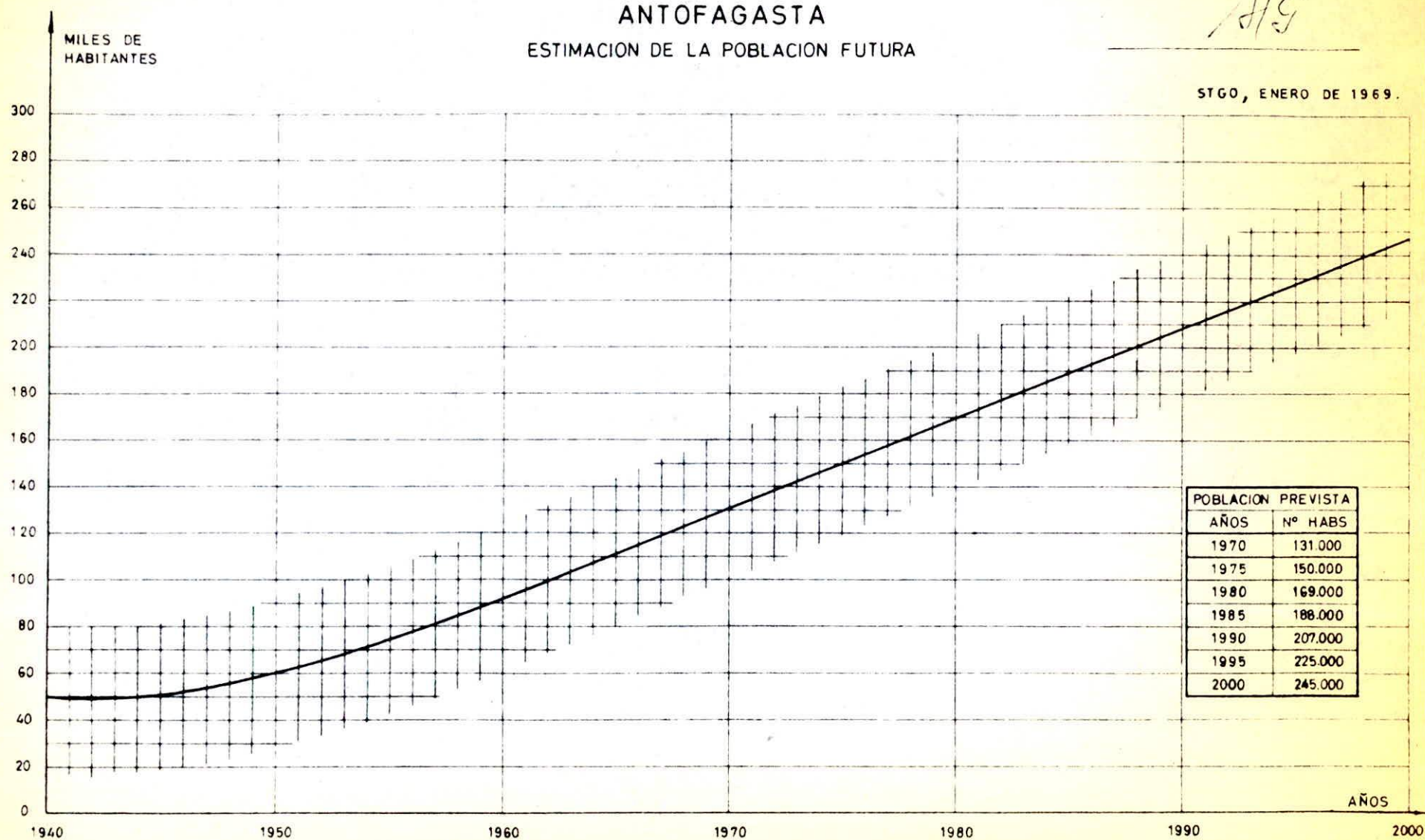


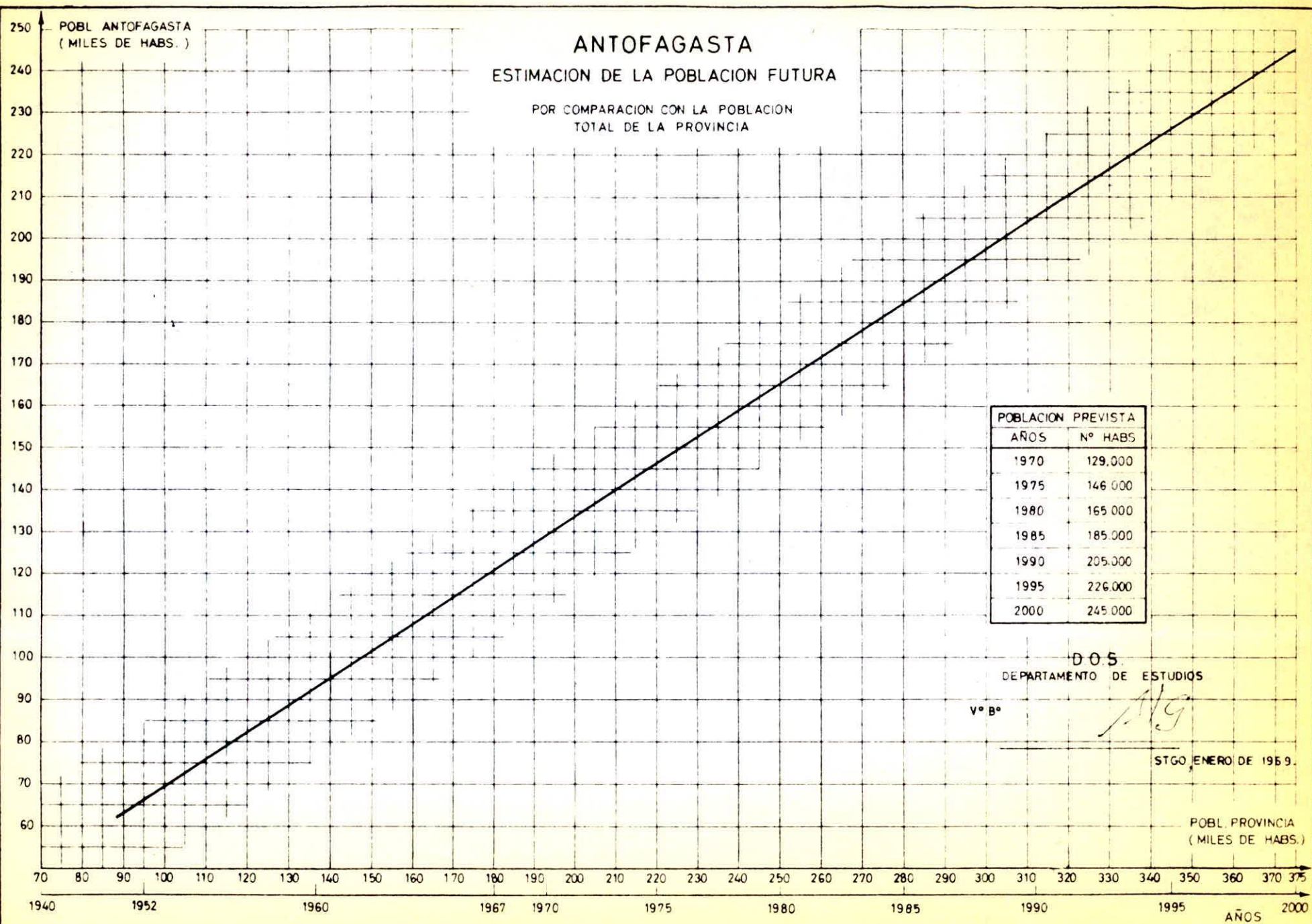
AG

ANTOFAGASTA

ESTIMACION DE LA POBLACION FUTURA

STGO, ENERO DE 1969.

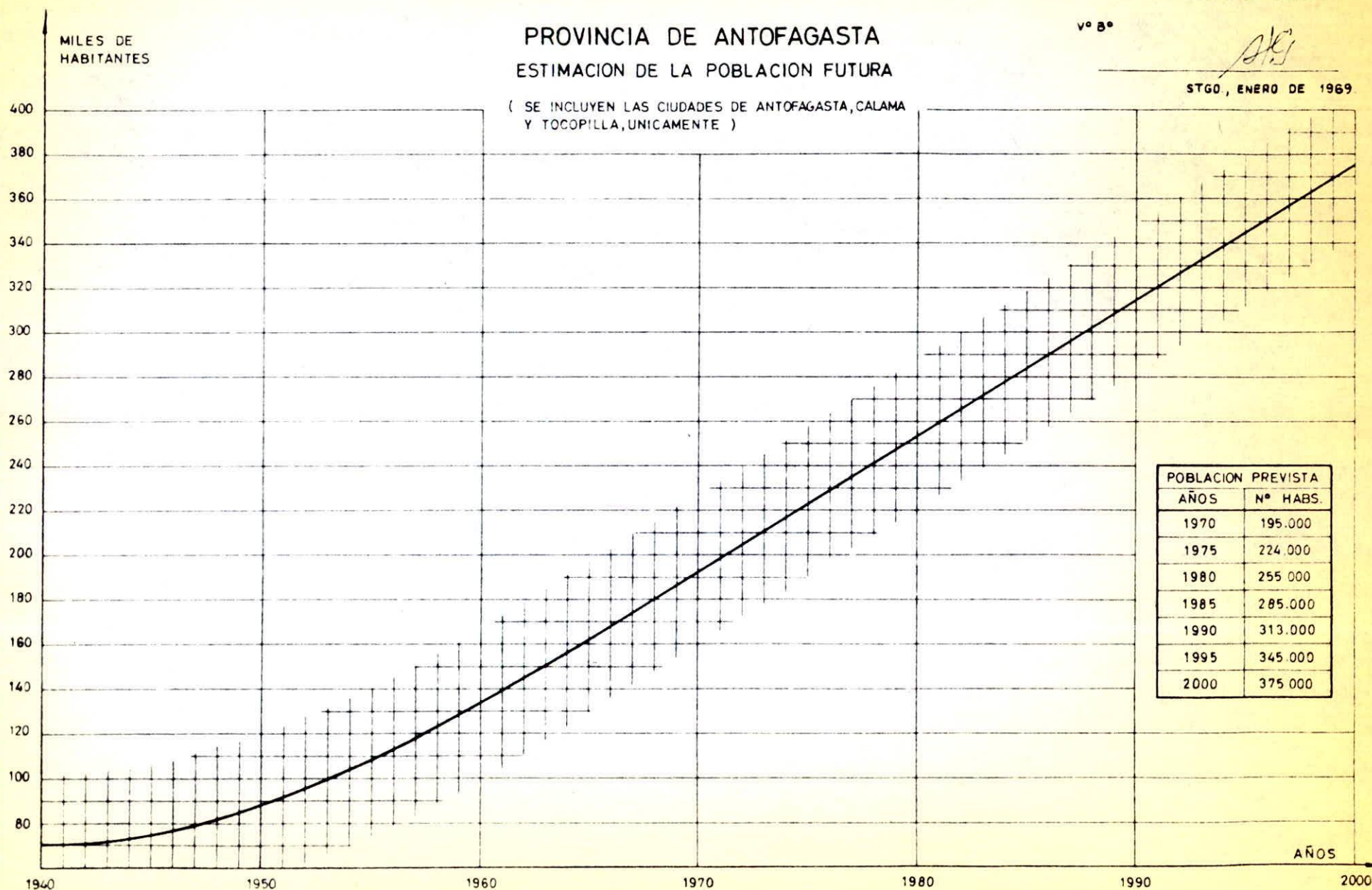




STGO, ENERO DE 1969

PROVINCIA DE ANTOFAGASTA ESTIMACION DE LA POBLACION FUTURA

(SE INCLUYEN LAS CIUDADES DE ANTOFAGASTA, CALAMA
Y TOCOPILLA, UNICAMENTE)



D.O.S.

DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS.

CUADRO DE VARIACION CON LOS AÑOS DE LAS POBLACIONES, DOTACIONES Y CONSUMOS.

PROVINCIA DE TARAPACA

AÑO	1970				1975				1980				1985				1990				1995				2000			
CIUDAD	HAB.	DOT.	CONS. MED. M ³ /DIA	MAX. DIARIO L/S	HAB.	DOT.	CONS. MED. M ³ /DIA	MAX. DIARIO L/S	HAB.	DOT.	CONS. MED. M ³ /DIA	MAX. DIARIO L/S	HAB.	DOT.	CONS. MED. M ³ /DIA	MAX. DIARIO L/S	HAB.	DOT.	CONS. MED. M ³ /DIA	MAX. DIARIO L/S	HAB.	DOT.	CONS. MED. M ³ /DIA	MAX. DIARIO L/S	HAB.	DOT.	CONS. MED. M ³ /DIA	MAX. DIARIO L/S
ARICA	90 000	230	20 700	310	112 000	245	27 440	410	132 000	265	34 980	530	154 000	280	43 120	650	176 000	300	58 800	790	207 000	315	65 205	980	220 000	330	72 600	1140
IQUIQUE	73 000	200	14 600	220	83 000	220	18 260	275	93 000	240	22 320	340	104 000	260	27 040	410	114 000	275	31 350	470	125 000	290	36 250	545	145 000	310	44 950	676

PROVINCIA DE ANTOFAGASTA

AÑO	1970				1975				1980				1985				1990				1995				2000			
CIUDAD	HAB.	DOT.	CONS. MED. M ³ /DIA	MAX. DIARIO L/S	HAB.	DOT.	CONS. MED. M ³ /DIA	MAX. DIARIO L/S	HAB.	DOT.	CONS. MED. M ³ /DIA	MAX. DIARIO L/S	HAB.	DOT.	CONS. MED. M ³ /DIA	MAX. DIARIO L/S	HAB.	DOT.	CONS. MED. M ³ /DIA	MAX. DIARIO L/S	HAB.	DOT.	CONS. MED. M ³ /DIA	MAX. DIARIO L/S	HAB.	DOT.	CONS. MED. M ³ /DIA	MAX. DIARIO L/S
ANTOFAGAST	131 000	230	30 130	450	150 000	245	36 750	550	169 000	265	44 785	675	188 000	280	52 640	790	207 000	300	62 100	935	225 000	315	70 875	1070	245 000	330	80 833	1220
CALAMA	39 000	200	7 800	120	47 000	200	9 400	140	55 000	220	12 083	185	63 000	230	14 490	220	71 000	250	17 750	270	79 000	270	21 333	320	87 000	290	25 230	380
TOCOPILLA	25 000	200	5 000	75	27 000	200	5 400	80	31 000	220	6 819	105	34 000	230	7 820	120	37 000	250	9 250	140	41 000	270	11 088	170	43 000	290	12 470	190
PAMPA DE TOCOPILLA	25 000	170	4 500	64																					30 000	290	8 700	100

NOTA: EL COEFICIENTE DE GASTO MAXIMO ES 1,3

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES - DIRECCION DE OBRAS SANITARIAS

AGUA POTABLE PROVINCIAS DE TARAPACA Y ANTOFAGASTA

SANTIAGO, ENERO DE 1969

CUADRO DE ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO FUTURO DE AGUA POTABLE PARA EL NORTE GRANDE. -

AÑO	ANTOFAGASTA	TOCOPILLA	CALAMA	PAMPA	ARICA	TIQUIQUE
-----	-------------	-----------	--------	-------	-------	----------

ALTERNATIVA Nº 1 : CAPTACION RIO LOA EN LEQUENA Y TRANQUE CONCHI
AÑO 1970 Q = 505 l/seg L = 110 Km D = 500 y 600 mm

1970	- OBRAS TERMINALES DE DISTRIBUCION Y ESTANQUES - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS PARA SERVICIO INDUSTRIAL Y RIEGO (100 l/seg)	MEJORAR A 120 l/seg ADUCCION CALAMA - TOCOPILLA	OBRAS TERMINALES (ESTANQUES Y DISTRIBUCION)	SE MANTIENE EL SISTEMA ACTUAL	- ADOCCION CONCORDIA - ARICA - PLANTA TRATAMIENTO AGUAS SERVIDAS 160 l/seg PARA RIEGO Y RECARGA DE LA NAPA SUBTERRANEA DEL VALLE DE AZAPA	
1975	- SUPLEMENTO R 50 l/seg DE LA GRAN ADOCCION - RESERVA 120 l/seg DE CAÑERIAS P.C.A. PARA EL CONSUMO DE ANTOFAGASTA					PLANTA TRATAMIENTO AGUAS SERVIDAS CAPACIDAD 160 l/seg (RIEGO E INDUSTRIAS)
1980	AMPLIACION CAPACIDAD PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS (350 l/seg)				AMPLIACION PLANTA TRATAMIENTO AGUAS SERVIDAS 180 l/seg ADOCCION PARA USO INDUSTRIAL Y AGRICOLA	100% AMPLIACION PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS A 350 l/seg
1985	NUEVAS CAPTACIONES EN LA CORDILLERA Y SEGUNDA GRAN ADOCCION PROVECHAMIENTO POSIBLE SOBREPORTE TRANQUE CONCHI	NUEVA ADOCCION CALAMA - TOCOPILLA Q = 100 l/seg L = 200 Km				
1990					CAPTACIONES EN LA CORDILLERA Y ADOCCION HASTA ARICA	REFUERZO ADOCCION ACTUAL O 2ª ADOCCION
1995						NUEVOS SONDAJES EN PAMPA DEL TAMARUGAL Y 2ª ADOCCION
2000						

ALTERNATIVA Nº 2 : PLANTAS DESALINIZADORAS EN ANTOFAGASTA, RESERVANDO TOCONCE PARA CALAMA Y TOCOPILLA

1970	- OBRAS TERMINALES - PLANTA DE AGUAS SERVIDAS 120 l/seg	MEJORAMIENTO ADOCCION CALAMA - TOCOPILLA 120 l/seg	- OBRAS TERMINALES (ESTANQUE Y DISTRIBUCION)	SE MANTIENE EL SISTEMA ACTUAL	- PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS Y RECARGA DE LA NAPA - APROVECHAMIENTO CHECES RIO SAN JOSE	
1975	DESALINIZACION 20 000 m ³ /DIA					DESALINIZACION 15 300 m ³ /DIA
1980	AMPLIACION PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS				AMPLIACION PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	
1985	DESALINIZACION 20 000 m ³ /DIA	NUEVA ADOCCION CONEXION A LA ADOCCION TOCONCE EN UN PUNTO A DETERMINAR (120 l/seg)				
1990					DESALINIZACION 50 000 m ³ /DIA	
1995	DESALINIZACION 60 000 m ³ /DIA					DESALINIZACION 35 300 m ³ /DIA
2000						

NOTA :

LAS ALTERNATIVAS DE ARICA Y TIQUIQUE SON INDEPENDIENTES ENTRE SI
E INDEPENDIENTES TAMBIEN DE LAS DE LA PROVINCIA DE ANTOFAGASTA

208

1974

CUADROS DE ALTERNATIVAS PARA EL
 ABASTECIMIENTO FUTURO DE AGUA
 POTABLE PARA EL NORTE GRANDE

AÑO	ANTOFAGASTA	TOCOPILLA	CALAMA	PAMPA	ARICA	IQUIQUE
-----	-------------	-----------	--------	-------	-------	---------

ALTERNATIVA Nº3

PLANTAS DESALINIZADORAS EN ANTOFAGASTA Y TOCOPILLA RESERVANDO PARA CALAMA PARTE DEL CAUDAL DE TOCÓNCE						
1970	— OBRAS TERMINALES — PLANTA TRATAMIENTO A.S. 120 l/seg. — SUPLEMENTO de 80 l/seg. DE LA GRAN ADUCCIÓN	— DESALINIZACIÓN 9.000 m ³ /día	— OBRAS TERMINALES (ESTANQUES Y DISTRIBUCIÓN)	— SE MANTIENE EL SISTEMA ACTUAL	— PLANTA TRATAMIENTO A.S. Y RECARGA DE LA NAPA DESALINIZACIÓN 15.000 m ³ /día	
1975	— DESALINIZACIÓN 21.000 m ³ /día					— DESALINIZACIÓN 15.000 m ³ /día
1980	— AMPLIACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO A.S.				— AMPLIACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO A.S.	
1985	— DESALINIZACIÓN 28.000 m ³ /día ADICIONALES	— DESALINIZACIÓN 12.500 m ³ /día			— DESALINIZACIÓN 15.000 m ³ /día ADICIONALES	
1990						
1995	— DESALINIZACIÓN 50.000 m ³ /día ADICIONALES (REEMPLAZAR PLANTA OB- SOLETA DE 1975 Y ABSOR- BER DEFICIT)				— DESALINIZACIÓN 45.000 m ³ /día ADICIONALES	— DESALINIZACIÓN 15.000 m ³ /día
2000						

ALTERNATIVA Nº4

DESALINIZACIÓN DEL LOA EN UN PUNTO X INTERMEDIO ENTRE CALAMA Y TOCOPILLA 600 l/seg. (PLANTA ATÓMICA)						
1970	— OBRAS TERMINALES — PLANTA TRATAMIENTO A.S. (REGIO Y NUESTRA 120 l/seg.) — CANALIZA ENTRE PUNTO X Y ADUCCIÓN TOCÓNCE 200 l/seg.	— MEJORAMIENTO ADUCCIÓN ENTRE PUNTO X Y TOCÓN- CE FILLA	— OBRAS TERMINALES — CANALIZA ENTRE PUNTO X Y CALAMA (300 l/seg.) — PLANTA ELEVADORA EN PUNTO X	— SE MANTIENE EL SISTEMA ACTUAL	— PLANTA TRATAMIENTO A.S. Y RECARGA DE LA NAPA — 1972 DRENAR 500 l/seg. DE LAGUNA CHONIGARA A LAGO- NA COCTACTANI PARA INCRE- MENTAR CAUDAL DEL RIO LAJCA	
1975						— NUEVAS SONDAJES EN LA PAMPA DEL TAPARUGAL Y NUEVA ADUCCIÓN PAMPA IQUIQUE (400 l/seg.)
1980	— AMPLIACIÓN PLANTA TRATA- MIENTO A.S. A 300 l/seg.				— PLANTA TRATAMIENTO DE LAS AGUAS DEL LAJCA EN CARLZA (OTRO PUNTO) CAPACIDAD 500 l/seg. AMPLIABLE A 600 l/seg. Y CANALIZA DE ALUXÓN CARLZA ARICA (500-600 l/s.)	
1985	— NUEVOS RECURSOS DE OBRAS DILERA Y 2ª GRAN ADUC- CIÓN	— NUEVA ADUCCIÓN ENTRE PUNTO X Y TOCOPILLA 200 l/seg.				
1990					— BOMBEO DE 100 l/seg. DESDE 3 kms. AGUAS ABAJO PARA TOMAR DIRECCIÓN DE REGO	
1995						
2000						

NOTA: LAS ALTERNATIVAS DE ARICA E IQUIQUE SON
 INDEPENDIENTES ENTRE SÍ E INDEPENDIENTES
 TAMBIÉN DE LAS DE LA PROVINCIA DE ANTO-
 FAGASTA.

Vº Bº

11/11/85

ENTRE KILOMETROS	REPUESTO ESTANQUE LOS CONDORES (K.M)		(CC)
	MATERIAL	L	
	ACERO	3 500	3.00
CERRO TOPATER-LOS CONDORES	FE FDD	10 000	2.25
53.686 - 61.186	ACERO	7 500	3.00
61.186 - 85.505	"	27 309	4.00
105.189 - 110.189	"	5 000	4.00
110.189 - 124.875	"	14.686	3.00
124.875 - 132.345	"	7.470	2.00
TOTAL		75.465	

1 a . P A R T E

- Evaluación de las necesidades futuras de Agua Potable (A.P.).
(Estudio de poblaciones, dotaciones y consumos).

- Estudio de alternativas para el abastecimiento futuro.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
DIRECCION DE OBRAS SANITARIAS

DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS
AGUA POTABLE ZONA NORTE
GRANDE

I.- ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO FUTURO DE
AGUA POTABLE DE LA PROVINCIA DE TARAPACA

A.- A R I C A

- ALT. 1.- Captación de los recursos aprovechables de la región Concor-
dia-Chacalluta.
- ALT. 2.- Aprovechamiento de las aguas de grandes creces del río San
José.
- ALT. 3.- Desalinización de agua de mar.
- ALT. 4.- Tratamiento y utilización plena de los recursos, actualmente
desaprovechados, del río Lauca y Laguna Chungará.

Consideraciones:

Todas las alternativas señaladas consideran la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas para Arica. Su instalación debe ser estimada como una necesidad ineludible, más bien que como una alternativa, si se pretende contar en forma permanente con el aporte de 300 lts/seg proporcionados actualmente, al abastecimiento potable, por los recursos subterráneos del Valle de Azapa. El total de recursos de este valle, para un año normal, se estima en 840 lts/seg, incluida la infiltración asociada a la captación del río Lauca. El total de la descarga de estos recursos fue estimada (1967) en 960 lts/seg, lo que indica un exceso en la extracción de 120 lts/seg, en forma permanente, sobre la recarga normal de los acuíferos del valle; esto en perjuicio de las re-

.....

servas del sistema que disminuyen gradualmente posibilitando la intrusión del mar desde la costa hacia valle arriba.

La construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas se realizaría en dos etapas:

- a) Una primera etapa de construcción inmediata con capacidad para tratar 160 lts/seg.
- b) La segunda etapa consistiría en una ampliación de la capacidad hasta 350 lts/seg y su construcción se llevaría a efecto en 1980, aproximadamente.

La utilización del efluente de la planta en recarga de la napa del valle de Azapa y con fines industriales y agrícolas, permitiría seguir disponiendo en el futuro de los 300 lts/seg que, aproximadamente, proporcionan en la actualidad los sondajes en explotación.

Análisis de las Alternativas: .

ALT. 1.- Para la zona comprendida entre la línea de la Concordia y Quebrada de Escritos, se dispone para un futuro inmediato de recursos aprovechables por un total de 150 lts/seg en forma permanente, que pueden alcanzar hasta 300 lts/seg según lo confirmen las observaciones que se realicen sobre intrusión del mar y rendimiento de los sondajes construidos por la D.O.S. y CORFO en la región.

La explotación de estos recursos junto con la utilización del efluente de la P.T.A.S., con los fines señalados, permitirían disponer de recursos que, sumados a los actuales, asegurarían el abastecimiento normal de la ciudad hasta el año 1985, aproximadamente.

Para un futuro posterior al año señalado esta alternativa considera el aprovechamiento de recursos de Cordillera.

....

ALT. 2.- Cada ciertos número de años, frecuentemente cada cinco, se presentan creces anormalmente grandes del río San José y tales que los sistemas de recarga de los agricultores no son suficientes perdiéndose, en estas ocasiones, caudales de 10 a 15 millones de metros cúbicos en el mar.

Es indudable la conveniencia de retener en alguna forma estas agua favoreciendo su infiltración en el subsuelo y su extracción posterior mediante los sondajes en uso. Entre los sistemas recomendables por su relativamente bajo costo y efectividad deben mencionarse:

- a) Construcción de zanjias de esparcimiento de estas aguas en la parte alta del valle donde la granulometría del suelo es gruesa y de buena permeabilidad (sectores de Cabuza y Sobraya).
- b) Construcción en áreas previamente seleccionadas del valle, de tranques para la acumulación y retención de las creces.
- c) Construcción, a escala previamente experimental, de muros de tierra de pequeña altura y que permitan un retardo en el escurrimiento de la crece al mismo tiempo que favorecen la infiltración de las aguas en el subsuelo.

Se considera en ésta, como en todas las otras alternativas, la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas.

La previsión alcanza hasta el año 1985, fecha en que debería recurrirse a la desalinización del agua de mar.

ALT. 3.- Consulta la instalación de Plantas Desalinizadoras de agua de mar para absorber los déficits de suministro derivados de la demanda futura, es decir, la capacidad de las unidades desalinizadoras se ha estimado considerando los recursos subterráneos del Valle de Azapa, como fuente de explotación permanente.

.....

ALT. 4.- El aporte actual de la captación del Lauca al sistema del río San José se estima 600 lts/seg, aproximadamente, y es posible agregar a este caudal, en un futuro relativamente inmediato y para uso exclusivo del abastecimiento de agua potable, de Arica, otros 600 lts/seg adicionales mediante la construcción de las obras que permitan:

- a) Bombeo, hasta el acueducto, de 100 lts/seg de las aguas recuperadas por el río Lauca a unos 3 kms. río abajo de las obras de toma de la Dirección de Riego.
- b) Incremento, de 500 lts/seg adicionales de la captación del Lauca favoreciendo la actual filtración, subterránea, desde Chungará hacia Laguna Cotacotani. Esto mediante la profundización de los drenes en Cotacotani para la alimentación de la toma del río Lauca.
- c) Tratamiento de estas aguas en Cabuza (o en otro sector favorable) y aducción desde allí hasta Arica.

Esta alternativa proporciona recursos para el abastecimiento de Arica hasta el año 2000.

B.- I Q U I Q U E

ALT. 1.-Planta de Tratamiento de Aguas Servidas.

ALT. 2.-Desalinización de agua de mar.

ALT. 3.-Nueva Aducción Pampa - Iquique.

Análisis:

ALT. 1.-Los recursos en explotación actual aseguran el abastecimiento de la ciudad hasta el año 1975 aproximadamente, fecha en que

.....

debería entrar en funcionamiento una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas cuyo efluente se utilizaría con fines industriales y de riego.

La construcción de la Planta se realizaría en dos etapas:

- a) En la primera, la capacidad de las instalaciones debería ser suficiente para tratar un caudal de 260 lts/seg. Construcción en el año 1975.
- b) La segunda etapa consistiría en una ampliación a 350 lts/seg de la capacidad de la Planta. Su construcción debería iniciarse en 1983, aproximadamente.

La utilización del efluente de la Planta con fines industriales y de riesgo, permitiría destinar al consumo doméstico los recursos actuales que asegurarían el abastecimiento hasta 1990 aproximadamente. A partir de ese año debería recurrirse a nuevos sondeos en la Pampa del Tamarugal y a un refuerzo de la aducción actual ó, en su defecto, a una nueva aducción.

ALT. 2.- Consulta la instalación de unidades desalinizadoras de capacidad de 15.000 m³/día y 35.000 m³/día a construirse en los años 1975 y 1995, respectivamente. En la estimación de la capacidad de las unidades se ha considerado la explotación permanente de los sondeos y aducción actualmente en uso.

ALT. 3.- Implica una prospección hidrológica de la Pampa del Tamarugal, de amplios recursos, y la construcción (año 1975) de una nueva aducción con capacidad de porteo de 400 lts/seg para asegurar, conjuntamente con la aducción actual, el suministro de agua potable de Iquique hasta el año 2000.

.....

II.- ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO FUTURO DE AGUA POTABLE DE LA PROVINCIA DE ANTOFAGASTA

Contrariamente a lo que ocurre con la provincia de Tarapacá, el sistema de abastecimiento de la provincia de Antofagasta, puede decirse, es integrado.

Así, por ejemplo, el analizar el sistema actual de abastecimiento de agua potable del puerto de Antofagasta, es preciso considerar, además de los consumos de Calama y Tocopilla, los de otros pueblos y centros mineros que forman parte del complejo que tiene sus vértices en el triángulo Antofagasta-Calama-Tocopilla.

De la misma manera, cuando se pretende establecer las alternativas para el abastecimiento futuro no es posible escapar a esta vinculación tan estrecha que liga a los diferentes centros de consumo de la provincia.

Ha sido necesario, en consecuencia, recurrir a la selección de un grupo de alternativas generales, para toda la provincia, cada una de las cuales da lugar a una serie de sub-alternativas derivadas que serán analizadas para cada caso en particular.

Alternativas Generales para la Provincia

ALT. 1.- Captación del río Loa en Lequena y construcción del tranque de Conchi.

ALT. 2.- Plantas Desalinizadoras en Antofagasta.

ALT. 3.- Plantas Desalinizadoras en Antofagasta y Tocopilla.

ALT. 4.- Desalinización del Loa.

....

ANALISIS

La primera de estas alternativas considera la captación de 605 lts/seg del río Loa, en el punto denominado Lequena, y la construcción de una aducción de 110 Kms de longitud y diámetros variables entre 500 mm y 600 mm para portear las aguas hasta Calama, donde hay un nudo de distribución para los centros de consumo de la provincia; el caudal mencionado (605 lts/seg) considera las demandas de Calama y Tocopilla para el 200 y un suplemento de 80 lts/seg para colmatar la aducción de Antofagasta.

La construcción de un Tranque en Conchi, aguas abajo de la confluencia de los ríos Loa y San Pedro, permitiría compensar al sector agrícola de Calama y otros pueblos menores afectados por la captación de Lequena.

La alternativa 2.- se refiere a la instalación de grandes plantas desalinizadoras en Antofagasta, reservando el caudal de Toconce para satisfacer las necesidades futuras de Calama y Tocopilla; la entrega de estas dos últimas de los 460 lts/seg de Toconce sería gradual de acuerdo con la demanda.

La alternativa 3.- es muy similar a la anterior. Esta consulta la instalación de unidades desalinizadoras en Antofagasta y Tocopilla destinando al abastecimiento de Calama parte del caudal de Toconce; la entrega sería también gradual en la medida de las necesidades de Calama, llegando a un máximo de 380 lts/seg en el año 2000.

En fin, la cuarta alternativa para la Provincia se refiere a la desalinización de las aguas del río Loa en un punto, intermedio entre Calama y Tocopilla, que deberá determinarse.

La factibilidad de esta alternativa estaría estrechamente vinculada a la instalación de una planta de energía nuclear en la provincia si, como se piensa, la desalinización del Loa fuese propiciada por electrodiálisis.

.....

Cada una de estas alternativas generales, como se dijo, da lugar a una serie de sub-alternativas derivadas para cada ciudad, eligiéndose de entre ellas aquéllas que implican la elaboración de un plan de obras más acorde con la realidad.

La ubicación en el tiempo de estas obras por construir, determinadas por las alternativas generales para cada ciudad en particular, ha sido señalada en los Cuadros de Alternativas respectivos; sólo restaría formular, en los análisis que siguen, algunas consideraciones que deberían ser tenidas en cuenta en la programación de dichas obras.

A.- Ciudad de Antofagasta

ALT. 1.- La consideración de esta alternativa implicaría para Antofagasta: a) La construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas destinada a absorber el consumo industrial; b) Mejor aprovechamiento de las instalaciones existentes; estos significan:

- Construcción de obras terminales de distribución y estanques.

- Utilización plena de la aducción Toconce-Antofagasta.

- Reserva para el consumo de Antofagasta del caudal porteado por las cañerías del F.F.C.C.A.B. (aproximadamente 120 lts/seg descontando el gasto para atender el servicio del ferrocarril)

Y,

- c) Para una fecha posterior a 1985 deberá considerarse la posibilidad de nuevas captaciones en la cordillera y la construcción de una 2a. Gran Aducción.

ALT. 2.- Consulta la instalación de plantas desalinizadoras en Antofagasta, reservando el caudal de Toconce para Calama y Tocopilla.

La construcción en etapas de las instalaciones y su capacidad se ha indicado en los cuadros de alternativas.

.....

Como todas las demás alternativas, ésta considera la construcción de una P.T.A.S. y las obras terminales correspondientes a la distribución y estanques de regulación.

ALT. 3.-La construcción en etapas de las instalaciones y su capacidad estan consignadas en los Cuadros de Alternativas.

ALT. 4.-El programa de obras es idéntico al que deriva de la consideración de la alternativa Nº 1. La diferencia radica en la fuente de suministro adoptada.

B.- Puerto de Tocopilla

ALT. 1.-Implica:

- a) Mejorar la aducción existente en el tramo Calama-Tocopilla, habilitándola para portear un caudal de 120 lts/seg.
- b) Construcción en 1985 de una Nueva Aducción Calama-Tocopilla con capacidad para 100 lts/seg.

ALT. 2.-Consulta:

- a) Un mejoramiento de la capacidad de la aducción existente hasta 120 lts/seg en la primera etapa.
- b) Construcción de una Nueva Aducción con capacidad para 100 lts/seg, que deberá conectarse a la aducción Toconce-Antofagasta en un punto a determinar.

ALT. 3.-La capacidad y construcción en etapas de las unidades desalinizadoras estan señaladas en los Cuadros de Alternativas.

ALT. 4.-Las obras son las mismas que **se derivan** de la consideración de la alternativa Nº 1.- sólo varían las longitudes de las aducciones y las fuentes de suministro.

.....

C.- Calama

ALT. 1.- , ALT. 2.- y

ALT. 3.- Consultan para Calama la construcción de obras terminales de distribución y estanques de regulación. La previsión alcanza hasta el año 2000.

ALT. 4.- Como en los tres **casos anteriores**: obras terminales de distribución y estanques.

Además, la instalación de una cañería de impulsión, de 380 lts/seg de capacidad, entre la planta desalinizadora de las aguas del Loa y la ciudad de Calama y la construcción de una planta elevadora para impulsar las aguas hasta la ciudad mencionada.

=====

RESUMEN DE ALTERNATIVAS

I.- PROVINCIA DE TARAPACA

ARICA

- ALT. 1.- Captación de los recursos aprovechables de la región Concordia-Chacalluta.
- ALT. 2.- Aprovechamiento de las aguas de grandes creces del río San José.
- ALT. 3.- Desalinización de Agua de Mar.
- ALT. 4.- Tratamiento y utilización plena de los recursos, actualmente desaprovechados, del río Lauca y Laguna de Chungará.

IQUIQUE

- ALT. 1.- Planta de Tratamiento de Aguas Servidas.
- ALT. 2.- Desalinización de Agua de Mar.
- ALT. 3.- Nueva Aducción Pampa-Iquique.

II.- PROVINCIA DE ANTOFAGASTA

(Alternativas Generales)

- ALT. 1.- Captación del río Loa en Lequena y construcción del tranque de Conchi.
- ALT. 2.- Plantas desalinizadoras del agua de mar en Antofagasta.
- ALT. 3.- Plantas desalinizadoras de agua de mar en Antofagasta y Tocopilla.
- ALT. 4.- Desalinización de las aguas del río Loa.

2 a. PARTE

Estimación de costos de las alternativas

DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS
AGUA POTABLE ZONA NORTE
GRANDE

ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO FUTURO DE AGUA POTABLE DEL NORTE GRANDE.

Estimación de costos de las alternativas

Bases de cálculo:

A) Plantas desalinizadoras con caldera a petróleo.- para capacidades menores de 2,5 MGPD se adoptó como base, en la estimación de los costos de capital, las cifras que se señalan:

US\$ 1,00 por cada GPD en plantas de un propósito

US\$ 1,88 ?? ?? ?? ?? ?? duales

GPD = Gallon (US) por día)

Para plantas mayores, considerando que la variación de costos de capital no es proporcional a la capacidad, se hace la estimación ponderando el costo conocido de una planta dada, que se toma como referencia, por la razón elevada a exponente 0.8, entre la capacidad mayor y la de referencia.

Igualmente puede establecerse una dependencia similar entre costos de operación de plantas de un propósito de capacidades diferentes, siendo la ponderación equivalente a la razón capacidades elevada a exponente 0,6. El valor de este exponente se explica si se piensa que, si bien los costos directos de operación, como los derivados del consumo de combustibles y electricidad, varían directamente con la capacidad, también es cierto, que su monto representa sólo un 40%, aproximadamente, del costo total de operación, siendo pequeña la variación del 60% restante cuando se aumenta la capacidad de la planta.

En el cálculo de los costos de operación de plantas desalinizadoras de un propósito se han considerado las siguientes partidas:

DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS
AGUA POTABLE ZONA NORTE
GRANDE

ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO FUTURO
DE AGUA POTABLE DEL NORTE GRANDE.

Estimación de costos de las alternativas

Bases de cálculo:

A) Plantas desalinizadoras con caldera a petróleo.-- para capacidades menores de 2,5 MGPD se adoptó como base, en la estimación de los costos de capital, las cifras que se señalan:

US\$ 1,00 por cada GPD en plantas de un propósito

US\$ 1,88 " " " " " " duales

GPD = Gallon (US) por día)

Para plantas mayores, considerando que la variación de costos de capital no es proporcional a la capacidad, se hace la estimación ponderando el costo conocido de una planta dada, que se toma como referencia, por la razón elevada a exponente 0.8, entre la capacidad mayor y la de referencia.

Igualmente puede establecerse una dependencia similar entre costos de operación de plantas de un propósito de capacidades diferentes, siendo la ponderación equivalente a la razón capacidades elevada a exponente 0,6. El valor de este exponente se explica si se piensa que, si bien los costos directos de operación, como los derivados del consumo de combustibles y electricidad, varían directamente con la capacidad, también es cierto, que su monto representa sólo un 40%, aproximadamente, del costo total de operación, siendo pequeña la variación del 60% restante cuando se aumenta la capacidad de la planta.

En el cálculo de los costos de operación de plantas desalinizadoras de un propósito se han considerado las siguientes partidas:

- Energía (electricidad y combustibles)
- Aditivos
- Obra de mano y mantención
- Materiales varios (0,5% del costo de capital)
- Seguros e impuestos

No se ha incluido la amortización de las instalaciones ya que el costo de capital se agrega al final, como una sola inversión inicial, para obtener el costo total actualizado de las unidades.

En el caso de plantas duales los costos de capital se deducen de una manera idéntica al anterior. Los costos de operación se han estimado calculando separadamente aquellos rubros que dependen directamente de la capacidad, como combustibles por ejemplo y a los cuales se resta las economías introducidas por concepto de venta de energía eléctrica (a costo social) puesto que ésta varía en forma aproximadamente proporcional con los incrementos de capacidad.

A esta partida de los costos de operación, es decir costo del consumo de combustibles menos entradas por venta de energía eléctrica exportable, se ha aplicado un factor de amplificación, igual a la razón de capacidades, para deducir el monto correspondiente de unidades mayores. Finalmente, se agrega a este valor otras partidas como consumo de ácido sulfúrico, operación y mantención, etc., de leve variación con los incrementos de capacidad, afectados de cierto coeficiente que considera los mayores gastos introducidos por el aumento de la capacidad de las instalaciones.

En la actualización de los costos anuales de operación se ha adoptado una vida útil de 15 años para las instalaciones y una tasa de interés $i = 12\%$.

En las tablas que siguen se indican los costos de plantas desalinizadoras de diferentes capacidades deducidos en la forma señalada.

.....

1.- Plantas de Un Propósito

$$f.a = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

$$f.a = 6,81$$

CAPACIDAD m ³ / día	COSTO CAPITAL US\$	<u>COSTOS DE OPERACION</u>		COSTO TOTAL ACTUALIZADO US\$
		ANUAL US\$	TOTAL US\$	
8.640	2.300.000	460.000	3.130.000	5.430.000
12.500	3.000.000	550.000	3.750.000	6.750.000
15.000	3.650.000	650.000	4.430.000	8.030.000
20.000	4.590.000	780.000	5.300.000	9.890.000
35.000	7.170.000	1.070.000	7.300.000	14.470.000
45.000	8.770.000	1.250.000	8.500.000	17.270.000
50.000	9.540.000	1.350.000	9.200.000	18.740.000
60.000	11.040.000	1.500.000	10.200.000	21.540.000

.....

2.- Plantas Duales (caldera a petróleo)

factor de carga : 45%

Electricidad:

precio de venta US\$ 0.014/KWH

CAPACI DAD (m ³ /día)	ENERGIA EXPORTA BLE (MW)	COSTO DE CAPITAL (US\$)	COSTOS DE OPERACION (EN US\$)			COSTO TOTAL ACTUALIZADO (US\$)
			ANUALES	FIJOS	TOTAL	
			(combust. V.energía)		ANUAL ACTUALIZA DO	
8.640	6,0	4.340.000	150.000	80.000	230.000	1.570.000
12.500	8,0	5.500.000	230.000	100.000	330.000	2.250.000
15.000	11,0	6.560.000	270.000	120.000	390.000	2.700.000
20.000	14,0	8.260.000	360.000	130.000	490.000	3.350.000
35.000	25,0	12.910.000	620.000	150.000	770.000	5.250.000
45.000	30,0	15.800.000	800.000	170.000	970.000	6.600.000
50.000	33,0	17.170.000	900.000	175.000	1.075.000	7.400.000
60.000	38,0	19.860.000	1.100.000	180.000	1.280.000	8.700.000
						28.560.000

B.- Plantas de desalinización en base a electrodialisis.-

Capacidad requerida : 600 l/seg = 14 MGPD

Sólo se tiene antecedentes de plantas de este tipo con capacidades que varían entre 0,25 MGPD y 2,0 MGPD, siendo ésta última la mayor que se conoce.

De acuerdo a los datos que se tiene sobre costos de capital, operación y mantención y consumo de energía eléctrica, es posible deducir algunas relaciones útiles para la estimación de costos de una planta de esta naturaleza para una capacidad como la requerida. Hecho esto, se obtuvo los siguientes resultados:

-Capacidad : 14 MGPD

-Consumo de energía: 2,2 MW

-Costo considerado para energía eléctrica: 14,13 mills/KWH

-Vida útil : 15 años

i = 12 %

-Costo de operación y mantención(por año) US\$ 2.685.000

-Costo de capital US\$ 12.000.000

-Costo actualizado de operación

y mantención (total) 18.000.000

-Costo total actualizado US\$ 30.000.000

Sin embargo, por desconocerse la existencia de plantas de capacidad mayores de 2,0 MGPD, se optará por la instalación de 7 unidades de 2,0 MGPD c/u, desentendiéndonos de las economías de escala que pudiera introducirse por el hecho de considerar la posibilidad de instalación de una planta única de 14 MGPD.

De esta manera se tiene:

Capacidad MGPD	Costo de capital US\$	de capital US\$/GPD	Consumo de energía KWH anuales
2,0	2.800.000	1,40	3.700.000
7 x 2,0	19.600.000	1,40	25.900.000

Costo de energía(anual): 25.900.000 KWH x 14,13 mills/KWH=US\$ 370.000

Se sabe, además, que la energía representa aproximadamente el 10% del costo de operación

Costo de operación anual = US\$ 3.700.000

Costo de operación actuali-
zado (total) = US\$ 25.000.000

Resumiendo:

Capacidad 7 x 2,0 MGPD

-Costo de capital US\$ 19.600.000

-Costo operación actualizado US\$ 25.000.000

Costo total planta (actualiza-
do US\$ 44.600.000

C.- Planta nuclear de doble propósito:

ENDESA considera, en sus programas de ampliación del servicio eléctrico, la instalación en Antofagasta de una planta termonuclear de doble propósito.

Existe una oferta por una planta de este tipo con capacidad de producción de 2 x 86 MWe y 20.000 m³/día de agua de mar desalinizada.

La oferta por la unidad desalinizadora ha sido planteada en los siguientes términos:

1.- Costo de capital:

a) suministro	L 1.680.000	
b) obras civiles	L 80.000	
c) montaje	<u>L 310.000</u>	
costo capital	L 2.070.000	= US\$ 4.968.000

2.- Operación y mantención (por año) L 78.000 = US\$ 187.200

3.- Energía eléctrica y calor L 450.000 = US\$1.080.000
(cambio: 2,40 US\$/L)

4.- Otros antecedentes de la planta:

a) Horas de funcionamiento al año 7.000 horas

.....

- b) Vida útil 25 años
 c) Producción agua desalinizada al año $5,85 \times 10^6 \text{ m}^3$
 d) interés $i = 12 \%$
 e) Tiempo de montaje 21 meses

Costo total actualizado

Los intereses de la inversión inicial devengados durante el período de construcción se han computado como sigue :

$$1/2 (\text{tiempo de construcción en años}) \times (\text{tasa de interés})$$

Para calcular el valor actualizado total se reducirá los gastos anuales al equivalente de un solo pago, expresándolos en términos de inversión inicial.

$$i = 12 \%$$

$$n = 25 \text{ años} \quad \text{factor de actualización : } f.a = 7,843$$

-Costo de capital	US\$ 4.968.000
-Intereses durante la construcción	<u>522.000</u>
Sub-total	US\$ 5.490.000
-Costo actualizado de energía eléctrica y calor	8.470.440
- " " " operación y mantención	<u>1.468.210</u>
Costo total actualizado	<u><u>US\$ 15.428.650</u></u>

Costo del Agua

Se calculará el costo anual

$$f. f. a = 0,12750 \quad (\text{factor del fondo de amortización}) :$$

-Amortización anual	US\$ 700.000
-Energía eléctrica y calor (por año)	1.080.000
-Operación y mantención (por año)	<u>187.200</u>
Total costo anual	<u><u>US\$ 1.967.200</u></u>

$$\text{Producción agua destilada: } 5,85 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$\text{Costo del agua : } \underline{\underline{336,1 \text{ mills/m}^3}}$$

Comparación de Costos

Criterio de comparación:

Cada una de las cuatro alternativas generales, consignadas en los cuadros ya conocidos, aseguran la satisfacción de la demanda de agua potable de las provincias de Tapacá y Antofagasta, dentro de un período de previsión que cubre hasta el año 2000.

Estas alternativas generales, como ya se ha dicho, implican la construcción de una serie de obras tendientes a dar solución al problema del abasto de cada ciudad en particular.

Mirado ésto desde el punto de vista del interés nacional, que aconseja en este caso hacer abstracción de soluciones que localmente pudieran parecer ventajosas, es sin duda conveniente efectuar la comparación de las alternativas en base a una estimación de costos que incluya la totalidad de las obras determinadas por cada una de ellas, especialmente cuando se trata de sistemas integrados como el de la provincia de Antofagasta.

Considerando el hecho de que estas alternativas contemplan obras de construcción diferida en el tiempo, se calculará los costos actualizados a la fecha de iniciación de su construcción para luego convertir estas cifras en valores presentes del año 1970, expresándolos en términos de una sola inversión inicial.

La comparación de costos exige adoptar plazos de previsión iguales para cada alternativa correspondiendo, en consecuencia, descontar de los costos respectivos los valores residuales que resulten para aquellas obras que, por su vida útil y la oportunidad de su construcción, sobrepasen el horizonte de apreciación considerado, (año 2000).

A continuación se detalla el cálculo del costo de la alternativa Nº 1 para la provincia de Antofagasta, limitándonos, en los casos restantes, a señalar las cifras finales y algunos valores utilizados en su deducción; todo ello se encuentra resumido en los "cuadros de costos" de las alternativas.

.....

La alternativa Nº 1 para Antofagasta contempla la ejecución de las siguientes obras:

- a) Aducción de Lequena
- b) Embalse de Conchi
- c) Planta de tratamiento de aguas servidas para la ciudad de Antofagasta
- d) Nueva aducción para la ciudad de Antofagasta
- e) Mejoramiento de la aducción de Tocopilla
- f) Nueva aducción para Tocopilla
- g) Obras terminales de distribución y estanques; éstas no se considerarán puesto que, por ser comunes a todas las alternativas, su exclusión no influye en la comparación.

Algunos valores y abreviaturas que se empleará:

tasa de interés $i = 12 \%$

cambio 11,50 Eº/US\$

factor de actualización $f.a = \frac{(1 + i)^n - 1}{i (1 + i)^n}$

factor de recuperación de capital $f.r.c = \frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$

factor del fondo de amortización $f.f.a = \frac{i}{(1 + i)^n - 1}$

factor de actualización $f.s.a = \frac{1}{(1 + i)^n}$

(o bien, factor de valor presente residual $f.v. pr = ./.)$

Planta de tratamiento de aguas servidas: P.T.A.S.

a) Aducción de Lequena

-Iniciación de la construcción año 1970

-Vida útil 30 años

-Costo de mantención anual US\$ 30.000

-f.a = 8,055

.....

°.°	-Costo de capital o instalación	US\$ 8.000.000
	-Costo de mantención actualizado	<u>250.000</u>
	Total valor presente	<u>US\$ 8.250.000</u>

b) Embalse de Conchi

Los costos que se estiman se refieren a aquella parte (proporcional al caudal extraído) de las obras que corresponde (cargar) al servicio de agua potable por la utilización parcial de la producción del embalse.

-Iniciación de la construcción	año 1970
-Vida útil	100 años
-Valor residual	70%
-Costo de mantención anual	US\$ 15.000
-f. a = 8,055	f.v.p.r (f.s.a) = 0.0334
°.° Costo de capital (parte proporcional)	US\$ 1.300.000
menos: Valor residual presente	
(0,70 x 0.0334 x 1.300.000)	<u>30.000</u>
Costo de capital (neto)	US\$ 1.270.000
más: Costo mantención actualizado	<u>120.800</u>
Total Valor presente	<u>US\$ 1.390.800</u>

c) P.T.A.S. en Antofagasta

Vida útil

-Obras civiles	50 años
-Maquinarias	12 años
-Valor residual obras civiles:	40%

Costos de capital

Obras civiles:

1a. etapa	US\$ 700.000	
2a. etapa	400.000	US\$ 1.100.000

Maquinarias:

1a. etapa	400.000	
2a. etapa	500.000	<u>900.000</u>

Total costo instalación US\$ 2.000.000

La construcción de la 1a. etapa se iniciaría en 1970.

La 2a. etapa se efectuaría en 1980 y contempla la ampliación de las obras civiles y el reemplazo y ampliación de la maquinaria y sus instalaciones.

La maquinaria de la 2a. etapa tendría una vida útil que concluiría en 1992 fecha en que debe considerarse su reemplazo.

Se contempla también, en la estimación de costos, la evaluación del valor residual de las obras civiles, no así el de la maquinaria cuyo valor, por pequeño, puede desestimarse.

Hecho ésto se expresará los costos de operación y mantención en términos de una sola inversión inicial referida el año 1970.

f.s.a (10 años) = 0,322

f.s.a (30 años) = 0.0334

f.s.a (20 años) = 0,1037

f. a (30 años) = 8,055

Cálculo del costo total presente de la P.T.A.S.

Costos de capital

1) Obras civiles:

1a. etapa (1970)	US\$ 700.000
2a. etapa (1980): US\$ 400.000;	
valor presente:	<u>128.000</u>
Sub-total	US\$ 828.000

menos: Valor residual presente de las obras

civiles: $0,40 \times 0.0334 (700.000 + 400.000)$:

	<u>- 14.700</u>
Valor presente obras civiles	<u>US\$ 813.300</u>

.....

2) Maquinaria:

1a. etapa (1970)	US\$ 400.000
2a. etapa (constr. 1980); valor presente	161.000

más: Valor presente maquinaria de reemplazo
(500.000 x 0,1037)

	<u>51.850</u>
Valor presente maquinarias	<u>US\$ 612.850</u>

%. costo capital obras civiles	US\$ 813.300
" " maquinarias	<u>612.850</u>
Valor presente costo capital	<u>US\$ 1.426.150</u>

Costo de operación y mantención

Gastos de reparación :

Obras civiles :	0,4 % del costo de las instalaciones
maquinaria :	0,6 % " " " "

Gastos de explotación:

Generales :	10,0 % " " " "
Energía :	<u>15,0 % " " " "</u>

Total : ==26,0 %==

Costo de operación y mantención anual

0,26 x 2.000.000	<u>US\$ 520.000</u>
------------------	---------------------

Valor total presente de los costos de operación
y mantención

US\$ 4.188.600

Resumen:

Valor presente del costo de capital	US\$ 1.426.150
" " costos de operación y mant.	<u>4.188.600</u>
Valor presente P.T.A.S. de Antofagasta	<u>US\$ 5.614.750</u>

Nota: Este mismo resultado es aplicable en el caso de la P.T.A.S. de Arica cuyas características y capacidad son similares a la de Antofagasta.

Igual cosa puede decirse de la P.T.A.S. contemplada para Iquique, en los que se refiere a su capacidad y características técnicas, debiéndose, sin embargo, efectuar las correcciones que resulten de considerar su ubicación en el tiempo, la que difiere de las anteriores.

d) Nueva aducción para Antofagasta

-Iniciación construcción: año 1985

-Vida útil 30 años

-Valor residual 50%

-Costo de mantención anual: US\$ 400.000

f.s.a = f.v.p.r = 0,1827 (para 15 años)

f.a = 6,81 " " "

°. Costo de capital actualizado (1985)	US\$ 16.000.000
--	-----------------

menos : Valor residual actualizado "	<u>1.460.000</u>
--------------------------------------	------------------

Costo capital actualizado (1985)	US\$ 14.540.000
----------------------------------	-----------------

más: Costo mantención actualizado (1985)	<u>2.700.000</u>
--	------------------

Costo total referido a 1985	US\$ 17.240.000
-----------------------------	-----------------

°. Valor total presente aducción	<u><u>US\$ 3.150.000</u></u>
----------------------------------	------------------------------

e) Mejoramiento aducción de Tocopilla

Iniciación de la construcción: año 1970

Vida útil 30 años

Valor residual 0 %

Costo de mantención anual US\$ 18.000

f.a = 8,055

°. Valor presente del costo de capital	US\$ 3.900.000
--	----------------

" " " " " mantención	<u>145.000</u>
----------------------	----------------

Total valor presente de la obra	US\$ 4.045.000
---------------------------------	----------------

.....

f) Nueva aducción de Tocopilla

Iniciación de la construcción año 1985

Vida útil 30 años

Valor residual 50 %

Costo de mantención anual US\$ 30.000

f.s.a = 0,1827 f. a (15 años) = 6,81

Costo de capital actualizado (1985)	US\$ 7.800.000
menos: Valor residual " "	<u>580.000</u>
Costo de capital (1985)	US\$ 7.220.000
más: costo de mantención actualizado (1985)	<u>200.000</u>
Costo total actualizado	US\$ 7.420.000
Valor presente de la obra:	<u><u>US\$ 1.390.000</u></u>

Resumen

Valor total presente de las obras contempladas en la alternativa
Nº 1, para la provincia de Antofagasta:

a) Aducción de Lequena	US\$ 8.250.000
b) Embalse de Conchi (pp)	1.390.800
c) P.T.A.S. de Antofagasta	5.614.750
d) Nueva aducción de Antofagasta	3.150.000
e) Mejoramiento de la aducción Tocopilla	4.045.000
f) Nueva aducción para Tocopilla	<u>1.390.000</u>
Total alternativa Nº 1	<u><u>US\$ 23.840.550</u></u>

.....

Nota: En el cuadro de costos de las alternativas para la provincia de Antofagasta no se ha incluido la alternativa N° 4 que contempla la desalinización del Loa, en base a un proceso de electrodiálisis, como nueva fuente de suministro de agua potable para la provincia.

Estos se debe a que el costo de las obras que la consideración de esta alternativa implican resulta demasiado elevado con respecto al resto de las alternativas.

Basta, para demostrarlo, señalar el programa de obras que la alternativa N° 4 determina; éstas son:

1.--Obras de ejecución inmediata (año 1970)

- a) P.T.A.S. para Antofagasta
- b) Cañería de conexión entre la planta desalinizadora y la aducción de Toconce.
- c) Mejoramiento de la aducción de Tocopilla
- d) Cañería de aducción entre la planta desalinizadora y Calama (impulsión)
- e) Planta elevadora para impulsar las aguas desalinizadas hasta Calama
- f) Instalación de 4 unidades de electrodiálisis de 2 MGPD c/u para satisfacer la demanda de A.P. de la provincia hasta el año 1985.

2.--Obras de ejecución futura (1985)

- g) Reemplazo de la maquinaria de la planta elevadora (pto. C) y ampliación de la capacidad de bombeo.
- h) Instalación de 3 nuevas unidades de electrodiálisis de 2,0 MGPD c/u y reemplazo de las 4 anteriores ya obsoletas.

.....

- i) Nueva aducción para Antofagasta
- j) Nueva aducción para Tocopilla

En su lugar se ha incluido una nueva alternativa, que hemos llamado 2a., derivada de considerar la instalación en Antofagasta de una planta termonuclear de doble propósito.

Los costos totales (valor presente) de las alternativas, deducidos en el cuadro de costos mencionado, son los que indican;

Provincia de Antofagasta

Alternativa Nº	1	US\$	23.840.550
"	" 2		19.279.750
"	" 3		20.424.750
"	" 2a.		22.154.750