



AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN(JICA)

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS  
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
REPÚBLICA DE CHILE

**EL ESTUDIO  
SOBRE  
EL DESARROLLO DE LOS RECURSOS DE AGUA  
EN  
LA PARTE NORTH DE CHILE**

**SUMARIO EJECUTIVO**



27436

MARZO 1995

PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL, TOKIO

En este Informe los costos del proyecto son estimados a precios de marzo de 1994 con una tasa de cambio de

US\$1.00 = Peso Chileno (\$) 435.00 = Yen Japonés ¥110.00

国際協力事業団

27436

## PREFACIO

En respuesta a una solicitud del Gobierno de la República de Chile, el Gobierno del Japón decidió realizar un plan maestro y estudio de factibilidad para el Desarrollo de los Recursos de Agua en la Parte Norte de Chile, y confió el estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

JICA envió a Chile un equipo de estudio encabezado por el señor Naohito Murata, de Pacific Consultants International, desde marzo de 1993 al marzo de 1995.

El equipo mantuvo discusiones con los oficiales involucrados del Gobierno de Chile, y condujo investigaciones de campo en el Area del Estudio. Después que el equipo retornó a Japón, estudios ulteriores fueron realizados y el presente informe fue preparado.

Espero que este informe contribuya a la promoción del proyecto y al realce de loa relaciones amistosas entre nuestros dos países.

Deseo expresar mi sincero aprecio a los oficiales involucrados del Gobierno de la República Chile por su estrecha cooperación con el equipo.

marzo de 1995

Kimio Fujita  
Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

(El presente prefacio en español es una traducción del original en inglés y es solo para referencia)



**EL ESTUDIO SOBRE EL DESARROLLO DE LOS RECURSOS DE  
AGUA EN LA PARTE NORTE DE CHILE**

marzo de 1995

Señor Kimio Fujita  
Presidente  
Agencia de Cooperación Internacional del Japón

CARTA DE TRANSFERENCIA

Estimado Señor,

Nos complace presentar el informe final titulado "EL ESTUDIO SOBRE EL DESARROLLO DE LOS RECURSOS DE AGUA EN LA PARTE NORTE DE CHILE". Este informe ha sido preparado por el Equipo de Estudio de acuerdo con el contrato firmado el 25 de marzo de 1993, 14 de setiembre de 1993, y 8 de junio de 1994 entre la Agencia de Cooperación Internacional del Japón y Pacific Consultants International.

El informe consiste en Sumario, Informe Principal, e Informe Suplementario. El Resumen resume los resultados de todos los estudios. El Informe Principal presenta los resultados del estudio completo incluyendo el análisis de las condiciones existentes, evaluación del potencial para el desarrollo de los recursos de agua y formulación del plan de desarrollo de los recursos de agua para el suministro de agua para las ciudades de Arica e Iquique. El Informe Suplementario describe en detalle los aspectos técnicos del estudio en su totalidad. Adicionalmente, un Libro de Datos ha sido preparado y presentado aquí.

Todos los miembros del Equipo de Estudio desean expresar su sentido reconocimiento al personal de su Agencia, al del Ministerio de Relaciones Exteriores, y al de la Embajada del Japón en Chile, y también a los oficiales e individuos del Gobierno de Chile por su asistencia extendida al Equipo de Estudio. El Equipo de Estudio sinceramente desea que los resultados del estudio contribuirán al mejoramiento de las condiciones para el suministro de agua y al desarrollo social y económico en la ciudades de Arica e Iquique.

Atentamente,

---

Naohito MURATA  
Líder del Equipo

(La presente Carta de Transferencia es una traducción del original en inglés y es solo para referencia)

EL ESTUDIO SOBRE EL DESARROLLO DE LOS RECURSOS DE AGUA EN LA  
PARTE NORTE DE CHILE

PUNTOS IMPORTANTES

I. Desarrollo de Recursos de Agua para la Ciudad de Arica

1. Año Meta : 2005

2. Area y Población Servida

(1) Area Servida : 1,680 ha

(2) Población Servida : 215,000

3. Fuentes de Agua

Agua subterránea en el valle del Bajo Lluta (Rosario - Chuilona)

4. Componentes de las Instalaciones para Suministro de Agua

(1) Instalaciones de Toma

Pozo Profundo :  $\phi 12''$  x (120 - 150 m) x 26 pozos

Bomba : 26 bombas sumergibles

(2) Tubería de Transmisión Principal

Tubería :  $\phi$  (150 - 500 mm) x 1 línea x 12,500 m

Tanque : 4 tanques de control de presión

(3) Planta de Tratamiento

Proceso de Osmosis Inversa : 12 unidades

Tanque : 2 tanques de recepción, 2 tanques de distribución, etc.

Tubería de Agua Servida :  $\phi 350$  mm x 1 línea x 8,750 m

(4) Adquisición de Tierras

Planta de Tratamiento : 3.8 ha

(5) Trabajos de Compensación (Sistema de Reconstrucción del Sistema de Irrigación)

Trabajos de Cabecera : 1 sitio

Canal de Irrigación : 77.6 km

## 5. Costo de Inversión

(unidad : millones de Pesos (\$))

Costo Directo de Construcción	25,027
Adquisición de tierras/Costo de Compensación	2,912
Costo de Ingeniería	1,502
Costo de Administración	751
<u>Contingencia Física</u>	<u>2,503</u>
Total	32,694

## 6. Evaluación Económica

La tasa interna de retorno económica es estimada como 11.36%. El proyecto es juzgado como económicamente factible.

## 7. Evaluación Financiera

La tasa interna de retorno financiera se calcula que es 13.06%. El proyecto es juzgado como financieramente viable.

## II. Desarrollo de Recursos de Agua para la Ciudad de Iquique

### 1. Año Meta : 2015

### 2. Area y Población Servida

(1) Area Servida : 2,162 ha

(2) Población Servida : 273,000

### 3. Fuentes de Agua

Agua subterránea en el área de La Tirana en la Pampa del Tamarugal

### 4. Componentes de las Instalaciones para Suministro de Agua

#### (1) Instalaciones de Toma

Pozo Profundo :  $\phi 12'' \times 200 \text{ m} \times 16$  pozos

Bomba : 16 bombas sumergibles

Tubería de Recolección :  $\phi(250 - 800 \text{ mm}) \times 9,750 \text{ m}$



(2) Bomba de Transmisión

Bomba : 5 unidades x 1 sitio

(3) Tubería de Transmisión Principal

Tubería :  $\phi$  (400 - 700 mm) x 2 líneas x 67,600 m

(4) Tanque

Tanque de Recolección : 2 unidades x 1 sitio

Tanque de Transmisión : 2 unidades x 2 sitios

Tanque de Control de Presión : 2 unidades x 3 sitios

Tanque de Distribución : 4 unidades x 1 sitio

(5) Adquisición de Tierras

Campo de pozos y Sitios de Tanques : 261 ha

5. Costo de Inversión

(unidad : millones de pesos (\$))

Costo Directo de Construcción	38,512
Adquisición de tierras	262
Costo de Ingeniería	2,311
Costo de Administración	1,155
<u>Contingencia Física</u>	<u>3,851</u>
Total	46,091

6. Primera Etapa del Proyecto

La primera etapa del Proyecto tiene como meta el año 2005 y servirá a una población de 213,000. Esta etapa completará la mitad de los trabajos totales del Proyecto.

(1) Instalaciones de Toma

Pozo Profundo :  $\phi$ 12" x 200m x 8 pozos

Bomba : 8 bombas sumergibles

Tubería de Recolección :  $\phi$ (250 - 800 mm) x 5,750 m

(2) Bomba de Transmisión

Bomba : 3 unidades x 1 sitio

(3) Tubería de Transmisión Principal

Tubería :  $\phi$  (400 - 700 mm) x 1 línea x 67,600 m

(4) Tanque

Tanque de Recolección : 1 unidad x 1 sitio  
Tanque de Transmisión : 1 unidades x 2 sitios  
Tanque de Control de Presión : 1 unidades x 3 sitios  
Tanque de Distribución : 2 unidades x 1 sitio

(5) Adquisición de Tierras

Campo de pozos y Sitios de Tanques : 261 ha

5. Costo de Inversión

(unidad : millones de pesos (\$))

Costo Directo de Construcción	20,096
Adquisición de tierras	262
Costo de Ingeniería	1,206
Costo de Administración	603
<u>Contingencia Física</u>	<u>2,010</u>
Total	24,177

6. Evaluación Económica (Primera Etapa del Proyecto)

La tasa interna de retorno económica es estimada como 17.33%. El proyecto es juzgado como económicamente factible.

7. Evaluación Financiera (Primera Etapa del Proyecto)

La tasa interna de retorno financiera se calcula que es 14.86%. El proyecto es juzgado como financieramente viable.

## TABLA DE CONTENIDO

Mapa de Localización

Tabla de Contenido

Lista de Tablas

Lista de Figuras

I.	Antecedentes .....	1
II.	Recursos de Agua, Usos de Agua y Medio Ambiente .....	2
	2.1 Cuenca del Río San José.....	2
	2.2 Cuenca del Río Lluta.....	4
	2.3 Cuenca de Pampa del Tamarugal .....	5
	2.4 Salar del Huasco.....	8
III.	Desarrollo del Abastecimiento de Agua Municipal para la Ciudad de Arica .....	10
	3.1 Demanda de Agua .....	10
	3.2 Plan de Desarrollo de Corto Plazo.....	11
	3.3 Evaluación del Proyecto .....	13
IV	Desarrollo de Abastecimiento de Agua Municipal para la Ciudad de Iquique .....	14
	4.1 Demanda de Agua .....	14
	4.2 Plan de Desarrollo de Largo Plazo.....	15
	4.3 Plan de Desarrollo de la Primera Etapa.....	17
	4.4 Evaluación del Proyecto .....	18
V.	Recomendaciones .....	19

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Investment Cost for Arica .....21 <Costo de Inversión para Arica>
Tabla 2	Investment Cost for Iquique.....21 <Costo de Inversión para Iquique>

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1	San José and Lluta River Basins .....22 <Cuencas de los Ríos San José y Lluta>
Fig. 2	Pampa del Tamarugal and Salar del Huasco Basins .....23 <Cuencas de los Pampa del Tamarugal y Salar del Huasco>
Fig. 3	Water Supply Supply Development for Arica .....24 <Desarrollo de Abastecimiento de Agua para Arica>
Fig. 4	Water Supply Supply Development for Iquique .....25 <Desarrollo de Abastecimiento de Agua para Iquique>

## SUMARIO

### I. Antecedentes

Las ciudades de Arica e Iquique, centros económicos de la Región I (Región Tarapacá), han estado teniendo un desarrollo económico remarcable en años recientes con el apoyo de la política nacional de "Zonas de Libre Comercio". La población de la ciudad de Arica se ha incrementado de 88,000 habitantes en 1970 a 169,000 habitantes en 1992 y se espera que llegue a 265,000 habitantes para el 2015. Similarmente, la población de la ciudad de Iquique ha aumentado de 64,000 habitantes en 1970 a 153,000 habitantes en 1992 y se espera que llegue a 273,000 habitantes para el 2015.

Sin embargo, ambas ciudades están sufriendo una severa escasez de agua. El aumento poblacional en el futuro empeorará las condiciones del abastecimiento de agua en ambas ciudades.

Por otro lado, los recursos de agua potenciales existentes en las proximidades de las dos (2) ciudades son sólo las cuencas de los ríos San José y Lluta para la ciudad de Arica, y las cuencas de Pampa del Tamarugal y Salar del Huasco para la ciudad de Iquique.

Por lo tanto, se espera que el desarrollo de los recursos de agua de las cuencas anteriores pueda satisfacer la creciente demanda de agua de las ciudades de Arica e Iquique.

Los objetivos del Estudio son los siguientes:

- (1) Evaluar los recursos de agua potenciales del Area de Estudio.
- (2) Formular el plan de desarrollo de los recursos de agua para el abastecimiento de agua de las ciudades de Arica e Iquique.

El Area de Estudio cubre las cuatro (4) cuencas antes mencionadas (Ver Mapa de Ubicación).

## II. Recursos de Agua, Usos de Agua y Medio Ambiente

### 2.1 Cuenca del Río San José

#### 1) Recursos de Agua

El río San José abarca una cuenca de drenaje de 3,187 km<sup>2</sup>. La precipitación de la cuenca se concentra en las áreas de la sección superior de la Cordillera de los Andes, con una elevación de 4,000 - 5,000 m. Una parte de las aguas del río Lauca son desviadas para complementar los recursos de agua naturales del río San José.

La razón de flujo promedio anual del río es estimada en 1,101 l/s, de los cuales 149 l/s se desbordan al mar durante el período de crecidas. Los 952 l/s restantes se consumen para agua potable, irrigación y otros propósitos o se infiltra en el suelo recargando las aguas subterráneas del valle de Azapa ubicado aguas abajo del río.

Existe un acuífero de agua subterránea grande de tipo no confinado con un almacenamiento de 302 millones de m<sup>3</sup> en el valle de Azapa. Este se extiende 22 km desde Cabuza hasta la costa. El acuífero está mayormente formado por Depósitos Aluviales, cuyo tamaño y constantes hidrológicas se resumen a continuación.

<u>Ancho (m)</u>	<u>Espesor (m)</u>	<u>Permeabilidad (cm/seg)</u>	<u>Rendimiento Específico (l/s/m)</u>
600 ~ 1,700	45 ~ 60	3.22 x 10 <sup>-2</sup>	4.92

El nivel freático se ha reducido gradualmente desde 1977 debido a la extracción excesiva de agua subterránea. Esta reducción en los últimos 15 años ha alcanzado los 30 m en la sección aguas abajo del valle de Azapa.

La calidad del agua subterránea ha estado también empeorando en años recientes. La calidad de agua existente en lo relativo a TDS está en el rango de 519 mg/l y 2,835 mg/l, excediendo los límites permisibles para el agua potable (1,000 mg/l) en muchos pozos de la sección aguas abajo del valle.

#### 2) Uso de Agua

La totalidad del agua municipal de la ciudad de Arica es provista mediante la extracción de agua subterránea del valle de Azapa incluyendo el área metropolitana. La capacidad de producción de las fuentes de agua era de 503

l/s hasta 1993. Sin embargo, aumentó a 730 l/s debido a los derechos de agua temporalmente concedidos a fines de 1993 en vista de la seria escasez de agua en la ciudad de Arica.

En el valle de Azapa, 3,213 ha de tierras agrícolas son irrigadas para el cultivo de frutas (1,694 ha), vegetales (1,393 ha) y pastos (126 ha). El agua de irrigación es tomada del río por medio del Canal Azapa siendo complementada por agua de vertiente y agua subterránea.

Además, una parte del agua subterránea es extraída para usos domésticos individuales, industriales y otros en el valle de Azapa.

Los usos de agua en el valle de Azapa incluyendo el área metropolitana no son todos para consumo. Una cantidad considerable del agua extraída recarga las aguas subterráneas para su reuso. La extracción existente de agua y el consumo real se resumen a continuación.

	<u>Extracción (l/s)</u>	<u>Consumo Real (l/s)</u>
Agua Municipal de la ciudad de Arica	730	639
Irrigación en el valle de Azapa	1,269	787
Otros usos en el valle de Azapa	53	21
Total	2,052	1,447

### 3) Potencial de Desarrollo de Recursos de Agua

El balance de agua del valle de Azapa tiene un déficit de 495 l/s como se muestra a continuación.

Afluencia al valle de Azapa	1,101 l/s
Efluente al mar	-149 l/s
<u>Cosumo Real de Agua en el valle de Azapa</u>	<u>-1,447 l/s</u>
Balance	-495 l/s

Por lo tanto, el almacenaje de agua subterránea del valle de Azapa disminuirá gradualmente en el futuro. Si los usos existentes de agua continúan, la vida restante de estas aguas se estima en aproximadamente 20 años.

No se esperan desarrollos de recursos de agua adicionales en la cuenca del río San José.

## 2.2 Cuenca del Río Lluta

### 1) Recursos de Agua

El río Lluta abarca una cuenca de drenaje de 3,378 km<sup>2</sup>. La precipitación de la cuenca se concentra en el área de la sección superior de la Cordillera de los Andes, con una altitud de 4,000 - 5,000 m. La razón de flujo del río en la estación Tocontasi/Chapisca (sección superior del valle del bajo Lluta) por estación se resumen a continuación.

(Unid.: l/s)

	Ene. - Mar.	Abr. - Jun.	Jul. - Sep.	Oct. - Dic.	Promedio
Promedio	3,950	1,790	1,742	1,382	2,216
80% Sequía	1,752	1,455	1,454	1,116	1,444
90% Sequía	1,357	1,261	1,370	1,050	1,260

Un acuífero de agua subterránea con un almacenamiento total de 107 millones de m<sup>3</sup> es identificado en los Depósitos Aluviales del valle del bajo Lluta. El acuífero se extiende 18 km desde Rosario hasta Panamericana. Este acuífero está compuesto por un acuífero de poca profundidad de tipo no confinado y un acuífero profundo de tipo confinado, de los cuales el último es considerado como prospecto para desarrollar. El tamaño y las constantes hidrológicas del acuífero profundo se resumen a continuación.

Ancho (m)	Espesor (m)	Permeabilidad (cm/seg)	Rendimiento Específico (l/s/m)
800 ~ 3,000	50 ~ 100	3.63 x 10 <sup>-3</sup>	1.72

Tanto el agua del río como el agua subterránea del valle del bajo Lluta están muy contaminadas por contaminantes que se originan en los tributarios superiores; los ríos Azufre y Colpitas. La contaminación del agua se resume a continuación.

	TDS (mg/l)	Cl (mg/l)	B (mg/l)	Fe (mg/l)	As (mg/l)
Agua de río	1,051	323	10.7	3.8	0.31
Agua subterránea profunda	3,289	949	21.9	1.5	0.029
Límite permisible para agua potable	1,000	250	(5.0)	0.3	0.05

Nota: ( ) : asumido



## 2) Uso de Agua

El uso de agua existente en el valle del bajo Lluta es sólo agrícola. Las 2,784 ha de tierras agrícolas son irrigadas mayormente con agua de río para el cultivo de maíz (1,698 ha), pastos (684 ha), y vegetales (402 ha). La extracción de agua subterránea es insignificante.

El agua del río es usada repetidamente en su flujo a la boca del río. La extracción promedio de agua de río y el consumo real para irrigación en la sección aguas abajo de Tocontasi/Chapisca son estimados en 1,925 l/s y 894 l/s respectivamente.

## 3) Potencial de Desarrollo de los Recursos de Agua

El agua de río es totalmente usada para irrigación en la época seca. Por lo tanto, el agua subterránea del valle del bajo Lluta es considerada como la única fuente de agua probable para el desarrollo del abastecimiento de agua de la ciudad de Arica.

El desarrollo del agua subterránea deberá hacerse dentro de los límites del volumen de recarga considerando que el almacenamiento de agua subterránea no es grande. El agua subterránea es recargada por el excedente de agua de río después de su uso en irrigación.

La recarga anual promedio de agua subterránea es estimada en 542 l/s. Sin embargo, el desarrollo potencial del agua subterránea es reducido a 450 l/s en consideración a las restricciones del uso de irrigación y la limitación de la densidad de instalación de los pozos.

## 2.3 Cuenca de Pampa del Tamarugal

### 1) Recursos de Agua

La cuenca de Pampa del Tamarugal cubre un área hidrológicamente cerrada de 18,005 km<sup>2</sup>. La elevación de la cuenca varía entre 1,000 m en Pampa del Tamarugal y los 4,000 - 5,000 m en la Cordillera de los Andes. La precipitación de la cuenca se concentra en la sección superior de la Cordillera de los Andes.

Varios ríos que se originan en la Cordillera de los Andes recargan el agua subterránea de Pampa del Tamarugal y no hay aguas que fluyan fuera de la cuenca. La razón de flujo anual promedio de los ríos es estimada en 976 l/s.

Aparte de la recarga por el agua de los ríos, el acuífero de Pampa del Tamarugal es recargado por el afluyente subterráneo proveniente de Salar del Huasco y otras cuencas vecinas. El afluyente subterráneo es estimado en 289 l/s. Por lo tanto, el total de recarga de agua subterránea por el agua de río y el afluyente subterráneo es de 1,265 l/s.

El acuífero subterráneo es de tipo no confinado y formado por la formación Altos de Pica. Se extiende 130 km en dirección norte-sur desde Zapiga hasta Bellavista y tiene un almacenamiento total de 26,908 millones de m<sup>3</sup>. El tamaño y las constantes hidrológicas se muestran a continuación.

Ancho (km)	Espesor (m)	Permeabilidad (cm/seg)	Rendimiento Específico (l/s/m)
13 ~ 46	60 ~ 225	$5 \times 10^{-3}$	2.37

El agua de la cuenca está desbalanceada en algún grado. El nivel freático ha estado reduciéndose a razón de 7 cm/año en promedio en años recientes.

El agua subterránea está contaminada en la parte oeste del acuífero, especialmente en las áreas aguas abajo de los ríos Aroma y Tarapacá, y en las áreas de Salar de Pintados y Salar de Bellavista. La calidad del agua subterránea en la parte centro-oriental del acuífero es apropiada para su uso como agua potable sin tratamiento (ver Fig. 2).

Para la cuenca de drenaje y área del acuífero, ver Fig. 2.

## 2) Uso de Agua

La totalidad del agua municipal de la ciudad de Iquique es provista desde Pampa del Tamarugal mediante la extracción de agua subterránea en el campo de pozos de Canchones, 70 km al este de la ciudad. La producción promedio de agua existente es estimada en 547 l/s. El requerimiento de recursos de agua de Pampa del Tamarugal aumentará de acuerdo con el aumento poblacional futuro en la ciudad.

El agua doméstica de siete (7) poblados es provista del agua subterránea de Pampa del Tamarugal. La demanda de agua futura también se incrementará de acuerdo con el crecimiento poblacional de los poblados.

580 ha de tierras agrícolas en la cuenca son irrigadas con agua de río y agua subterránea actualmente. Se espera que estas tierras se expandan a 1,040 ha en el año 2015.

Actualmente cuatro (4) minas son abastecidas de agua de río y de agua subterránea. Se estima que el número de minas aumentará a 28 en el año 2015.

Los usos de agua en Pampa del Tamarugal no son consumidos en su totalidad sino que una parte considerable del agua extraída es regresada al acuífero para su reuso.

La demanda de agua presente y futura y el consumo real de agua por categoría se estima como a continuación.

	Presente (1992)		Futura (2015)	
	Demanda (l/s)	Consumo Real (l/s)	Demanda (l/s)	Consumo Real (l/s)
Agua Municipal de Iquique	547	547	1,062	1,062
Uso de Agua en la Cuenca	645	340	1,684	1,034
Agua Doméstica	117	47	134	54
Agua de Irrigación	459	249	597	406
Agua de Minería	69	44	953	574
Total	1,192	887	2,746	2,096

### 3) Medio Ambiente

Tres (3) distritos en Pampa del Tamarugal, con un área de 101,000 ha están designadas como Area de Reserva Nacional. Los tamarugos, que cubren un área total de 24,000 ha, están distribuidos actualmente en el Area de Reserva Nacional. El área de tamarugos se expandirá a 25,000 ha en el 2015.

Los tamarugos consumen una gran cantidad de agua subterránea. La evapotranspiración existente de los tamarugos es estimada en 1,109 l/s. Está proyectado que aumentará a 1,523 l/s en el 2015.

### 4) Potencial de Desarrollo de Recursos de Agua

El total del consumo de agua real y la evapotranspiración de los tamarugos excede la recarga total del agua subterránea. Por lo tanto, el almacenamiento de agua subterránea del acuífero disminuirá gradualmente en el futuro.

La reducción total del almacenamiento de agua subterránea durante los 23 años hasta el 2015 es estimado en 986 millones de m<sup>3</sup> o 3.7% del almacenamiento de agua subterránea de 26,908 millones de m<sup>3</sup>.

El potencial de desarrollo del agua subterránea de Pampa del Tamarugal es considerado suficientemente grande como para satisfacer la demanda futura de agua. Su desarrollo está restringido por la calidad más que por la cantidad. Por lo tanto, el agua subterránea potencial apropiada para el desarrollo de abastecimiento de agua de la ciudad de Iquique es identificado en la parte centro-oriental del acuífero (ver Fig. 2).

## 2.4 Salar del Huasco

### 1) Recursos de Agua

La cuenca de Salar del Huasco cubre una cuenca de drenaje cerrada de 1,712 km<sup>2</sup> con una elevación que varía entre los 3,800 m en la laguna Huasco hasta 5,000 m en la Cordillera de los Andes. Toda el agua superficial se infiltra en el subsuelo para recargar el acuífero de agua subterránea en las planicies de Salar del Huasco. No hay aguas superficiales que fluyan fuera de la cuenca. Sin embargo, una porción del agua subterránea descarga en el acuífero de Pampa del Tamarugal a través de fisuras geológicas.

La laguna Huasco cubre un área total de 29 km<sup>2</sup> y está compuesta por un área de agua (2 km<sup>2</sup>) y tierras húmedas (27 km<sup>2</sup>). La profundidad del agua es de menos de 20 cm.

El balance de agua de la cuenca es como se muestra a continuación.

Promedio anual de agua superficial:	809 l/s
Evaporación del área de lagos:	575 l/s
Descarga de agua subterránea a Pampa del Tamarugal:	234 l/s

El acuífero de agua subterránea de tipo no confinado es identificado en la Formación Callacagua de las planicies de Salar del Huasco. Se extiende sobre un área de 126 km<sup>2</sup> y tiene un almacenamiento total de 465 millones de m<sup>3</sup>. El espesor varía entre 130 m y 210 m. Las constantes del acuífero son estimadas en  $2.60 \times 10^{-3}$  cm/seg en permeabilidad y 0.99 l/seg/m en rendimiento específico.

La calidad del agua subterránea es buena en general excepto por el Mn y Fe. Los contenidos de Mn y Fe se muestran a continuación.

	<u>Mn (mg/l)</u>	<u>Fe (mg/l)</u>
Calidad de Agua	0.61 ~ 1.40	4.30 ~ 18.0
Límite permisible para Agua Potable	0.1	0.3

El tratamiento del agua es necesario para su uso como agua potable.

Para la cuenca de drenaje y área del acuífero, ver Fig. 2.

2) **Uso de Agua**

No existe uso de agua en la región.

3) **Medio Ambiente**

El factor ambiental más importante en la cuenca es la ecología de los flamencos. Tres (3) especies de flamencos; Flamenco Chileno, Flamenco Andino y Flamenco de Puna, son identificados en las áreas de la laguna del Huasco. En este estudio se observó una población de flamencos de aproximadamente 3,300.

El Flamenco de Puna es la especie más rara y vive en la Cordillera de los Andes. La población observada en la laguna del Huasco fue de aproximadamente 1,500, equivalente a alrededor del 10% de la población total de la Cordillera de los Andes.

4) **Potencial de Desarrollo de Recursos de Agua**

El volumen de desarrollo de agua subterránea hidrológicamente sostenible es estimado en 575 l/s como máximo.

Sin embargo, cualquier extracción de agua subterránea reducirá o secará las áreas de la laguna para mantener el balance hidrológico de la cuenca. Esto puede causar efectos adversos en la ecología de los falmencos.

Por lo tanto, estudios de impacto ambiental adicionales son necesarios para determinar el potencial de desarrollo de los recursos de agua de la cuenca.

### III. Desarrollo del Abastecimiento de Agua Municipal para la Ciudad de Arica

#### 3.1 Demanda de Agua

##### 1) Servicio de Abastecimiento de Agua Existente

El agua municipal de la ciudad de Arica es abastecida por ESSAT, la corporación de servicio sanitario de la Región I. El sistema de abastecimiento de agua existente cubre alrededor de 1,680 ha del área urbanizada de la ciudad, sirviendo a la población completa de la ciudad de 169,000 habitantes.

La ciudad sufrió de una severa escasez de agua hasta fines de 1993, cuando el Proyecto de Abastecimiento de Agua de Emergencia fue completado. La capacidad de producción de agua aumentó de 503 l/s a 730 l/s mediante el proyecto anteriormente mencionado, basado en la concesión temporal de derechos de agua. Actualmente, los 730 l/s de agua son constantemente provistos de 39 pozos profundos ubicados en el valle de Azapa y el área metropolitana durante todo el año.

El servicio de abastecimiento de agua fue limitado a 10.5 - 15.0 horas por día antes de la culminación del Proyecto de Abastecimiento de Agua de Emergencia. Esta restricción está temporalmente levantada.

La tarifa de agua está compuesta de un cargo fijo y uno variable. El cargo variable normal existente es de 140.02 pesos/m<sup>3</sup> para 1992.

##### 2) Demanda de Agua Futura

La demanda de agua de la ciudad aumentará en el futuro de acuerdo con el crecimiento poblacional y el mejoramiento de las condiciones de vida. Por otra parte, la reducción de la pérdida de agua progresará basada en el programa de ESSAT. La población servida estimada futura, pérdida de agua y demanda de agua (producción promedio) se muestran a continuación.

	Población Servida	Pérdida de Agua (%)	Demanda de Agua (l/s)
1995	178,087	40	779
2005	214,524	30	840
2015	265,375	30	1,091

### 3.2 Plan de Desarrollo de Corto Plazo

#### 1) Capacidad de Desarrollo

El desarrollo del agua subterránea del bajo Lluta puede abastecer 425 l/s de agua cruda en promedio diario mediante la perforación de 26 pozos profundos. Sin embargo, un tratamiento especial del agua cruda por el método de Osmosis Inversa (OI) es necesario para eliminar el alto contenido de TDS y boro (B). La producción del agua tratada es estimada en 319 l/s en promedio diario, asumiendo una eficiencia de recuperación del tratamiento de 75%. El agua concentrada restante se desecha.

Por otra parte, la producción temporalmente incrementada de 227 l/s en el valle de Azapa será cancelada después de la culminación del desarrollo del agua subterránea del bajo Lluta para conservar el agua subterránea del valle de Azapa. Por lo tanto, la capacidad integrada de abastecimiento de agua (822 l/s) de los sistemas de Azapa y del bajo Lluta satisfarán la demanda de la ciudad sólo hasta el año 2003.

La capacidad de producción de agua (máximo diario) del plan de desarrollo de corto plazo (plan de desarrollo del bajo Lluta) se muestra a continuación.

Agua Cruda	553 l/s (48,000 m <sup>3</sup> /día)
Agua Tratada	414 l/s (36,000 m <sup>3</sup> /día)
Agua Residual	139 l/s (12,000 m <sup>3</sup> /día)

#### 2) Instalaciones de Desarrollo de Agua

El agua subterránea del valle del bajo Lluta es desarrollada mediante 26 pozos profundos instalados entre Rosario y Chuilona. Toda el agua de los pozos es transferida a través de una tubería de transmisión de 12.5 km a una planta de tratamiento, por gravedad.

La planta de tratamiento por el método de OI es construída en un terreno de 3.8 ha en Chuilona. El agua tratada es abastecida a la parte norte de la ciudad de Arica a través de los estanques de distribución adyacentes a la planta de tratamiento. Por otro lado, el agua residual es descargada directamente al mar a través de una tubería de drenaje de 8,750 m por gravedad.

Las principales trabajos de construcción propuestos se muestran a continuación.

- (1) Obras de Toma  
 Pozo Profundo :  $\phi 12''$  x (120~150 m) x 26 pozos  
 Bombas : 26 bombas sumergibles
  
- (2) Tubería de Transmisión Principal  
 Tubería :  $\phi(150\sim 500\text{ mm})$  x 1 línea x 12,500 m  
 Estanques : 4 estanques de control de presión
  
- (3) Planta de Tratamiento  
 OI : 12 unidades  
 Estanques : estanques receptores (2 unidades), estanques de distribución (2 unidades), etc.  
 Tubería de Aguas Residuales:  $\phi 350\text{ mm}$  x 1 línea x 8,750 m
  
- (4) Adquisición de Tierras  
 Planta de Tratamiento : 3.8 ha
  
- (5) Obras de compensación (Reconstrucción del Sistema de Irrigación)  
 Obras de Toma : 1 lugar  
 Canal de Irrigación : 77.6 km

La ubicación y la ruta de las instalaciones propuestas se muestran en la Fig. 3.

### 3) Costos del Proyecto y Programa de Implementación

El costo de inversión total, que consiste en el costo de construcción directo, el costo de adquisición de la tierra, costos de ingeniería, costos administrativos y contingencia física, totalizan 32,694 millones de pesos (\$) a precios de 1994 con una porción de 48,177 miles de US\$ en moneda extranjera y una porción de 11,737 millones de pesos (\$) en moneda local. La desagregación de costos se muestra en la Tabla 1.

El costo anual total de operación y mantenimiento (costo de O&M), que incluye costos de consumo de electricidad y químicos, costo de personal y costos de reparación en la etapa de operación plena es estimado en 1,257 millones de pesos (\$) a precios de 1994.

El Proyecto será completado en tres años, de 1996 a 1998. El diseño detallado y la adquisición de tierras serán completados en 1996. Los trabajos de construcción incluyendo los costos de construcción directa y las obras de compensación serán completadas en el período 1997 - 1998. Será puesto en servicio en 1999 y alcanzará la operación plena en el 2003.



### 3.3 Evaluación del Proyecto

#### 1) Evaluación Económica

Los valores presentes de los beneficios y costos del Proyecto son estimados en  $18,574 \times 10^3$  pesos (\$) y  $20,148 \times 10^3$  pesos (\$) respectivamente, asumiendo una tasa de descuento de 12% basado en recomendación de MIDEPLAN (Ministerio de Planificación). La rentabilidad económica es evaluada en términos de Valor Presente Neto (VPN), Razón Beneficio/Costo (B/C) y Tasa Interna de Retorno Económica (TIRE) como se muestra a continuación.

VPN:  $-1,574 \times 10^3$  Pesos (\$), B/C: 0.92, TIRE: 11.36%

El VPN es ligeramente negativo y la TIRE es un poco menor que el 12% solicitado por las normas del MIDEPLAN.

De acuerdo al análisis de sensibilidad, sería necesario reducir el costo de inversión propuesto en 10.35% o disminuir la tasa de descuento (12%) a 11.36% para volver al VPN no-negativo.

Sin embargo, el proyecto es considerado como rentable en caso que beneficios intangibles tales como mejoras en las condiciones sanitarias/higiénicas y standard de vida en la ciudad de Arica son tomados en cuenta.

#### 2) Evaluación Financiera

La rentabilidad financiera del proyecto es evaluada en términos del Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno Financiera (TIRF).

El VPN se calcula que es  $7,199 \times 10^6$  Pesos (\$) bajo las siguientes condiciones:

Tarifa de Agua Promedio: 154 pesos (\$)/m<sup>3</sup> para fines de 1994. Aumentará a una tasa de 16% anual

Tasa de Descuento: 12% (Basado en recomendación de MIDEPLAN)

Luego, el TIRF es estimado que es 13.06%.

### 3) Estudio de Impacto Ambiental

3.8 ha de tierras privadas deberán de ser adquiridas para la construcción de la planta de tratamiento. No se anticipa ningún impacto negativo en lo concerniente a la adquisición de tierras debido a que ésta se encuentra disponible.

Los trabajos de construcción no causarán molestias significativas en cuanto a vibración, ruido, polvo, perturbación del tránsito, etc. debido que los lugares de construcción están escasamente habitados y el volumen del tráfico de las carreteras relacionadas es pequeño.

El Proyecto planea extraer el agua subterránea dentro del límite de su recarga potencial. El nivel freático existente será mantenido en promedio en el largo plazo aunque podría fluctuar estacional o anualmente.

Sin embargo, la reducción del nivel freático en la época seca acelerará la recarga de agua subterránea con agua de río. Esto puede causar algunos impactos negativos en la extracción de agua de río para irrigación existente. Por lo tanto, el proyecto propuesto incluye la reconstrucción del sistema de irrigación existente para enfrentar este problema

No se anticipan efectos en los pozos existentes debido a que están lejos de los lugares de pozos propuestos.

## IV. Desarrollo de Abastecimiento de Agua Municipal para la Ciudad de Iquique

### 4.1 Demanda de Agua

#### 1) Servicio de Abastecimiento de Agua Existente

El agua municipal de la ciudad de Iquique es también abastecida por ESSAT. El sistema de abastecimiento existente cubre 2,162 ha de la ciudad, sirviendo a toda la población de 153,000 habitantes.

Toda el agua de la ciudad se extrae de 12 pozos profundos del campo de pozos de Canchones en Pampa del Tamarugal y transferida a través de dos (2) tuberías de transmisión de 75.3 km de longitud al estanque de distribución de Cavanha en la colina del este de la ciudad.

En 1992, se abasteció a la ciudad 547 l/s de agua en promedio diario. Por otro lado, la capacidad de producción de agua del sistema existente es estimada en 680 l/s. La demanda máxima diaria excederá la capacidad de producción existente.

La pérdida de agua existente del sistema de distribución es estimada en aproximadamente 40% de la producción.

La tarifa de agua está compuesta de un cargo fijo y uno variable. Los cargos variables normales existentes son de 233.44 pesos (\$)/m<sup>3</sup> fuera de estación y 230.82 pesos (\$)/m<sup>3</sup> para la estación pico para 1994.

## 2) Demanda de Agua Futura

La población servida, pérdida de agua, y demanda de agua futuras (producción promedio) son estimadas de la misma forma que para la ciudad de Arica como se muestra a continuación.

	Población Servida	Pérdida de Agua (%)	Demanda de Agua (l/s)
1995	165,236	40	708
2005	213,356	30	807
2015	272,605	30	1,062

## 4.2 Plan de Desarrollo de Largo Plazo

### 1) Capacidad de Desarrollo

El plan de desarrollo de largo plazo tiene como año objetivo al año 2015. La demanda de producción de agua de la ciudad para el año 2015 es estimada en 1,381 l/s diarios máximo. Por otro lado, la capacidad de producción existente es de 680 l/s. Por lo tanto, la capacidad de producción adicional de 701 l/s deberá ser desarrollada.

### 2) Instalaciones de Desarrollo de Abastecimiento de Agua

El desarrollo de la fuente de agua es el agua subterránea en la parte este, vecina a La Tirana en Pampa del Tamarugal. La calidad del agua es apropiada para su uso sin tratamiento como agua potable. El agua subterránea es extraída de 16 pozos profundos y colectada en los estanques colectores propuestos en el campo de pozos. El campo de pozos cubre un área de 260 ha.

El agua es transferida por dos (2) tuberías de transmisión de 67.6 km de longitud desde el estanque colector al estanque de distribución de Cavancha vía el estanque de Alto Hospicio. La mayor parte de las tuberías corre a lo largo de las carreteras existentes.

El agua es bombeada por la bomba de transmisión instalada en el campo de pozos para que pueda cruzar la zona montañosa de la costa.

Los principales trabajos de construcción propuestos son los siguientes.

- (1) Obras de Toma  
Pozo Profundo :  $\phi 12''$  x 200 m x 16 pozos  
Bomba : 16 bombas sumergibles  
Tubería de Colección:  $\phi$  (250~800 mm ) x 9,750 m
- (2) Bomba de Tansmisión  
Bomba : 5 unidades x 1 lugar
- (3) Tubería de Transmisión Principal  
Tubería :  $\phi$  (400~700 mm) x 2 líneas x 67,600 m
- (4) Estanque  
Estanque de Collección : 2 unidades x 1 lugar  
Estanque de Transmisión : 2 unidades x 2 lugares  
Estanque de Control de Presión : 2 unidades x 3 lugares  
Estanque de Distribución : 4 unidades x 1 lugar
- (5) Adquisición de Tierras  
Campo de pozos y lugares de estanques: 261 ha

La ubicación y ruta de las instalaciones propuestas se muestra en la Fig. 4.

### 3) Costo del Proyecto

El costo de inversión total, compuesto por el costo de construcción directo, costo de adquisición de tierras, costos de ingeniería, costos administrativos y contingencia física totaliza 46,091 millones de pesos (\$) a precios de 1994. Su descomposición se muestra en la Tabla 2.

#### 4.3 Plan de Desarrollo de la Primera Etapa

##### 1) Capacidad de Desarrollo

El plan de desarrollo de la primera etapa tiene como año objetivo al 2005. La demanda de producción de agua es estimada en 1,049 l/s diarios máximos. La capacidad de producción adicional de 369 l/s deberá ser desarrollada.

##### 2) Instalaciones de Desarrollo de Abastecimiento de Agua

El plan de desarrollo de la primera etapa cubre exactamente la mitad de las obras propuestas en el plan de largo plazo. Sin embargo, toda la adquisición de tierras será completada en la primera etapa.

Las principales obras propuestas son las siguientes.

###### (1) Obras de Toma

Pozo Profundo :  $\phi 12''$  x 200 m x 8 pozos

Bomba : 8 bombas sumergibles

Tubería de Colección:  $\phi$  (250~800 mm ) x 5,750 m

###### (2) Bomba de Transmisión

Bomba : 3 unidades x 1 lugar

###### (3) Tubería de Transmisión Principal

Tubería :  $\phi$  (400~700 mm) x 1 línea x 67,600 m

###### (4) Estanque

Estanque de Colección : 1 unidad x 1 lugar

Estanque de Transmisión : 1 unidad x 2 lugares

Estanque de Control de Presión : 1 unidad x 3 lugares

Estanque de Distribución : 2 unidades x 1 lugar

###### (5) Adquisición de Tierras

Campo de pozos y lugares de estanques: 261 ha

##### 3) Costo del Proyecto

El costo de inversión total, compuesto por los costos directos de construcción, costo de adquisición de tierras, costo de ingeniería, costos administrativos y contingencia física totalizan 24,177 millones de pesos (\$) a precios de 1994 con una porción en moneda extranjera de 41,024 miles de US\$ y una porción

en moneda local de 6,331 millones de pesos (\$). Su descomposición se muestra en la Tabla 2.

El costo anual total de O&M, incluyendo el costo del consumo de electricidad y químicos, costos de personal y costos de reparación en la etapa de operación plena, es estimado en 614 millones de pesos (\$) a precios de 1994.

El Proyecto será completado en tres (3) años, de 1996 a 1998. El diseño detallado y la adquisición de tierras serán completados en 1996. Los trabajos directos de construcción serán completados en los años 1997 y 1998. Será puesto en operación en 1999 y alcanzará la operación plena en el 2005.

#### 4.4 Evaluación del Proyecto

##### 1) Evaluación Económica

Los valores presentes de los beneficios y costos del Proyecto son estimados en  $20,868 \times 10^3$  pesos (\$) y  $14,138 \times 10^3$  pesos (\$) respectivamente, asumiendo una tasa de descuento de 12% basado en recomendación de MIDEPLAN (Ministerio de Planificación). La rentabilidad económica es evaluada en términos de VPN, B/C y TIRE de la siguiente manera.

VPN:  $6,730 \times 10^3$  pesos (\$),    B/C: 1.48,    TIRE: 17.33%

##### 2) Evaluación Financiera

La rentabilidad financiera del Proyecto es evaluada en términos de VPN y TIRF.

El VPN se calcula en  $11,456 \times 10^6$  Pesos (\$) bajo las siguientes condiciones:

Tarifa de Agua Promedio: 278 pesos(\$)/m<sup>3</sup> para fines de 1994. Aumentará a una tasa de 12% anual

Tasa de Descuento: 12% (Basado en recomendación de MIDEPLAN)

Luego, el TIRF es estimado en 14.86%.

##### 3) Estudio del Impacto Ambiental

La adquisición de 261 ha de tierras es necesaria para la construcción del campo de pozos y los estanques. No se anticipa ningún impacto negativo en

lo relativo a la adquisición de tierras debido a que está disponible y es en su mayor parte propiedad del gobierno.

Los trabajos de construcción no causarán molestias públicas, tales como vibración, ruido, polvo, perturbación del tránsito, etc., significativas debido a que la mayoría de los lugares de construcción están en el desierto y la densidad del tráfico en las carreteras relacionadas es pequeña.

El nivel freático existente será reducido en el futuro por varios desarrollos de agua tales como el agua municipal de la ciudad de Iquique, agua doméstica para los poblados, agua de irrigación y para minería. La reducción total causada por el proyecto propuesto y otros desarrollos de agua después de 100 años es estimada como a continuación.

- en 25 - 30 m en el área más seriamente afectada
- en menos de 15 m en la mayor parte del área del acuífero
- en menos de 15 m en el área de tamarugos existente.

Los seis (6) pozos de poca profundidad existentes serán afectados por la reducción del nivel freático. Estos deberán de ser profundizados y reconstruídos en el futuro.

Las raíces de los tamarugos generalmente alcanzan una profundidad de 25 - 30 m para absorber el agua subterránea. Por lo tanto, no se anticipan impactos significativos en los tamarugos.

## V. Recomendaciones

- 1) El proyecto de desarrollo propuesto para el abastecimiento de agua del bajo Lluta satisfará sólo la demanda de agua de corto plazo de la ciudad de Arica. Estudios adicionales sobre el desarrollo de recursos de agua para satisfacer la demanda de largo plazo son recomendados.
- 2) El agua subterránea del valle de Azapa será agotada en el futuro cercano si los usos de agua existentes continúan. La administración de los recursos de agua y los usos de agua en el valle de Azapa y la ciudad de Arica deberán ser fortalecidos.
- 3) Se deberá aplicar un proceso de tratamiento de agua adecuado al agua cruda existente en Canchones en el futuro.

- 4) Basados en los datos disponibles, la calidad del agua subterránea en el área de La Tirana en la Pampa del Tamarugal es adecuada para servir como agua potable sin tratamiento. Sin embargo, se recomienda reconfirmar la calidad del agua del campo de pozos propuesto en el área de La Tirana por medio de la perforación de un pozo de prueba, antes de determinar la localización detallada del campo de pozos.
- 5) El sistema de monitoreo de agua subterránea en el valle de Azapa, el valle del Bajo Lluta y Pampa del Tamarugal debe de ser fortalecido.



Tabla 1 Costos de Inversión para Arica

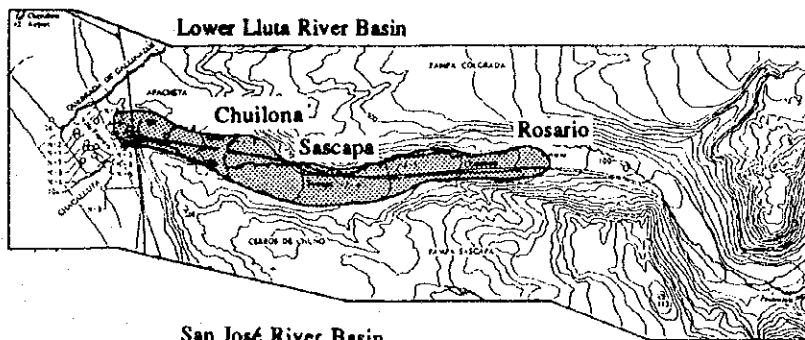
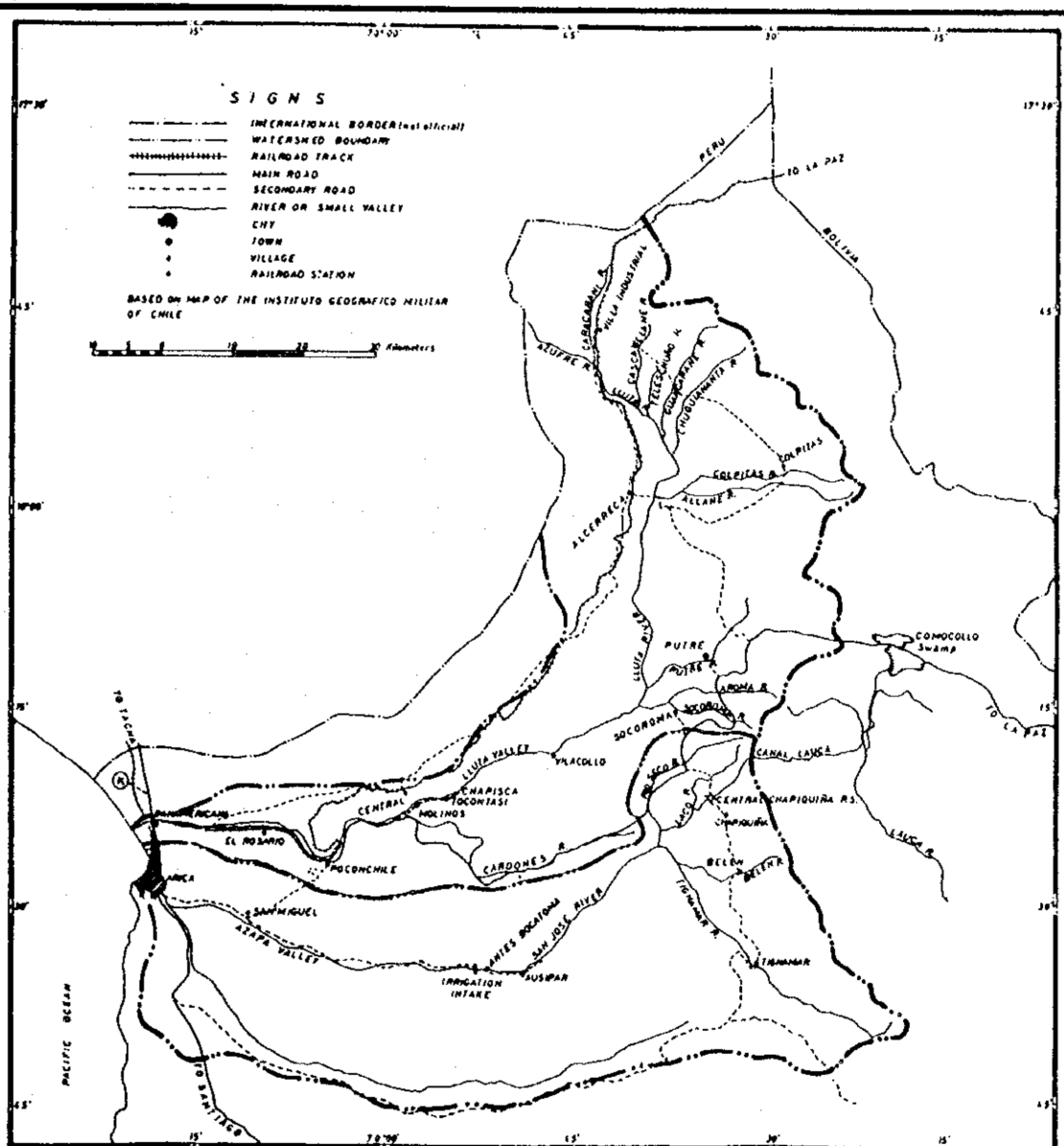
Rubro	M/E (10 <sup>3</sup> US\$)	M/L (10 <sup>3</sup> Pesos \$)	Total (10 <sup>3</sup> Pesos \$)
Costo de Construcción Directo	42,080	6,722,117	25,027,108
(1) Obras de Toma	7,153	1,700,006	4,811,728
(2) Instalaciones de Transmisión	1,470	118,258	757,702
(3) Planta de Tratamiento	29,597	4,112,572	16,987,214
(4) Redes de Distribución	3,850	633,281	2,312,464
(5) Línea de Transmisión Eléctrica	0	158,000	158,000
Costo de Adquisición de la Tierra	0	2,912,000	2,912,000
(1) Adquisición de la Tierra	0	12,000	12,000
(2) Obras de Compensación	0	2,900,000	2,900,000
Costos de Ingeniería	1,782	726,456	1,501,626
Costos de Administración	0	750,813	750,813
Contingencia Física	4,315	625,678	2,502,711
Total	48,177	11,737,064	32,694,258


Nota: Costos: a Marzo de 1994, excluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA)  
 Tipo de Cambio: US\$1.00 = Pesos Chilenos \$435.00 = Yenes Japoneses ¥110.00

Table 2 Costos de Inversión para Iquique

Rubro	Largo Plazo	Primera Etapa		
	Total (10 <sup>3</sup> Pesos \$)	M/E (10 <sup>3</sup> US\$)	M/L (10 <sup>3</sup> Pesos \$)	Total (10 <sup>3</sup> Pesos \$)
Costo de Construcción Directo	38,512,014	36,032	4,422,575	20,096,326
(1) Obras de Toma	4,075,846	2,532	1,193,663	2,295,144
(2) Instalaciones de Transmisión	32,327,643	33,499	2,305,366	16,877,636
i) Bombas de Transmisión	1,873,190	3,126	151,091	1,510,912
ii) Tubería de Transmisión	29,081,203	30,373	1,468,050	14,680,499
iii) Estanques	1,373,250	0	686,225	686,225
(3) Redes de Distribución	1,950,525	0	765,546	765,546
(4) Línea de Transmisión Eléctrica	158,000	0	158,000	158,000
Costo de Adquisición de la Tierra	262,000	0	262,000	262,000
Costos de Ingeniería	2,310,721	1,528	541,100	1,205,780
Costos de Administración	1,155,360	9	602,890	602,890
Contingencia Física	3,851,201	3,465	502,408	2,009,633
Total	46,091,296	41,024	6,330,973	24,176,629

Nota: Costos: a Marzo de 1994, excluye el Impuesto al Valor Agregado (IVA)  
 Tipo de Cambio: US\$1.00 = Pesos Chilenos \$435.00 = Yenes Japoneses ¥110.00



 Aquifer Area

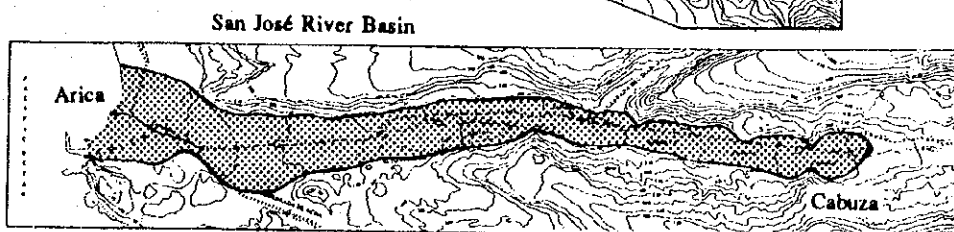


Fig. 1 San José and Lluta River Basins  
 <Cuencas de los Ríos San José y Lluta>

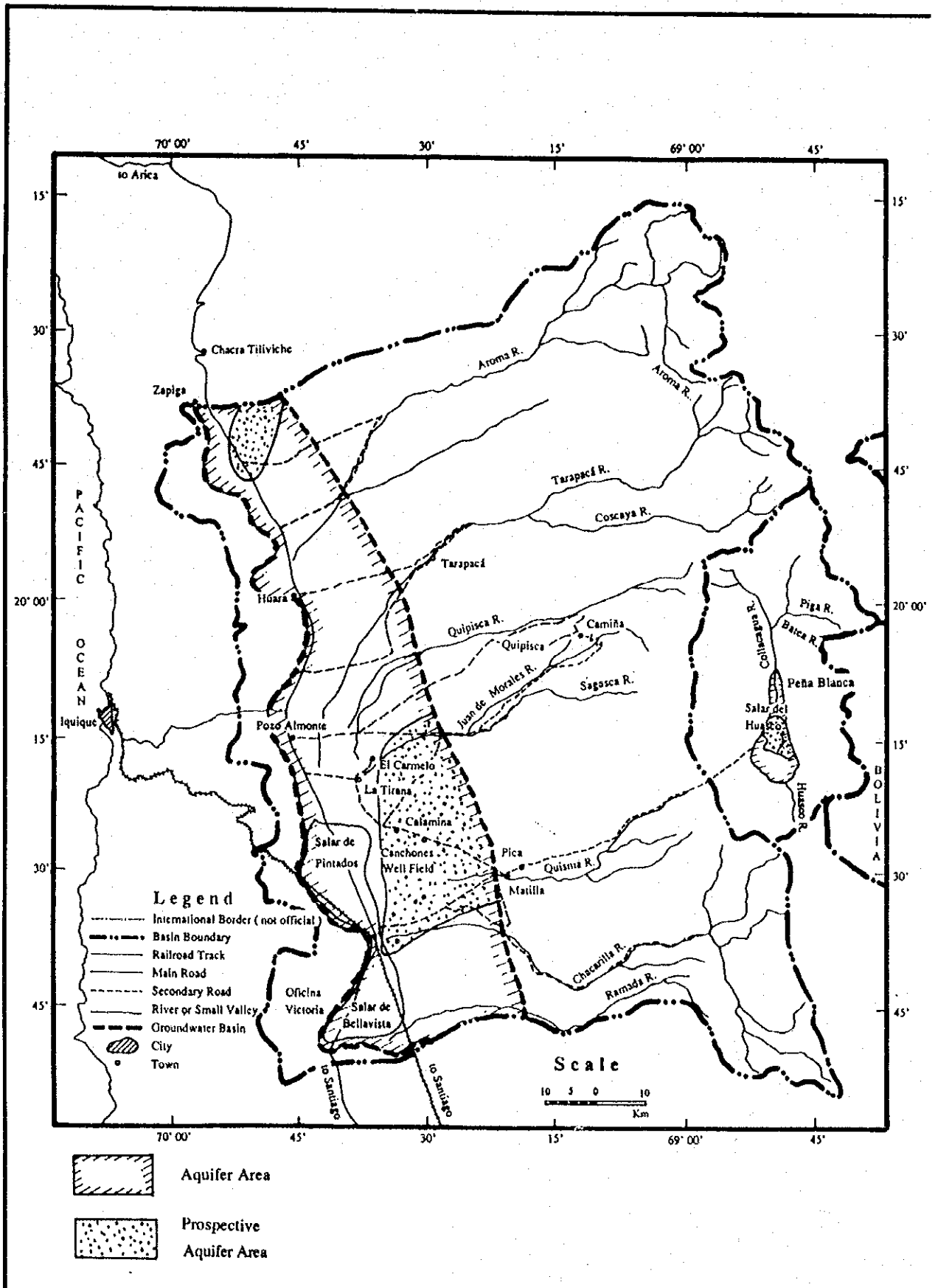


Fig. 2 Pampa del Tamarugal and Salar del Huasco Basins  
 <Cuencas de los Pampa del Tamarugal y Salar del Huasco>

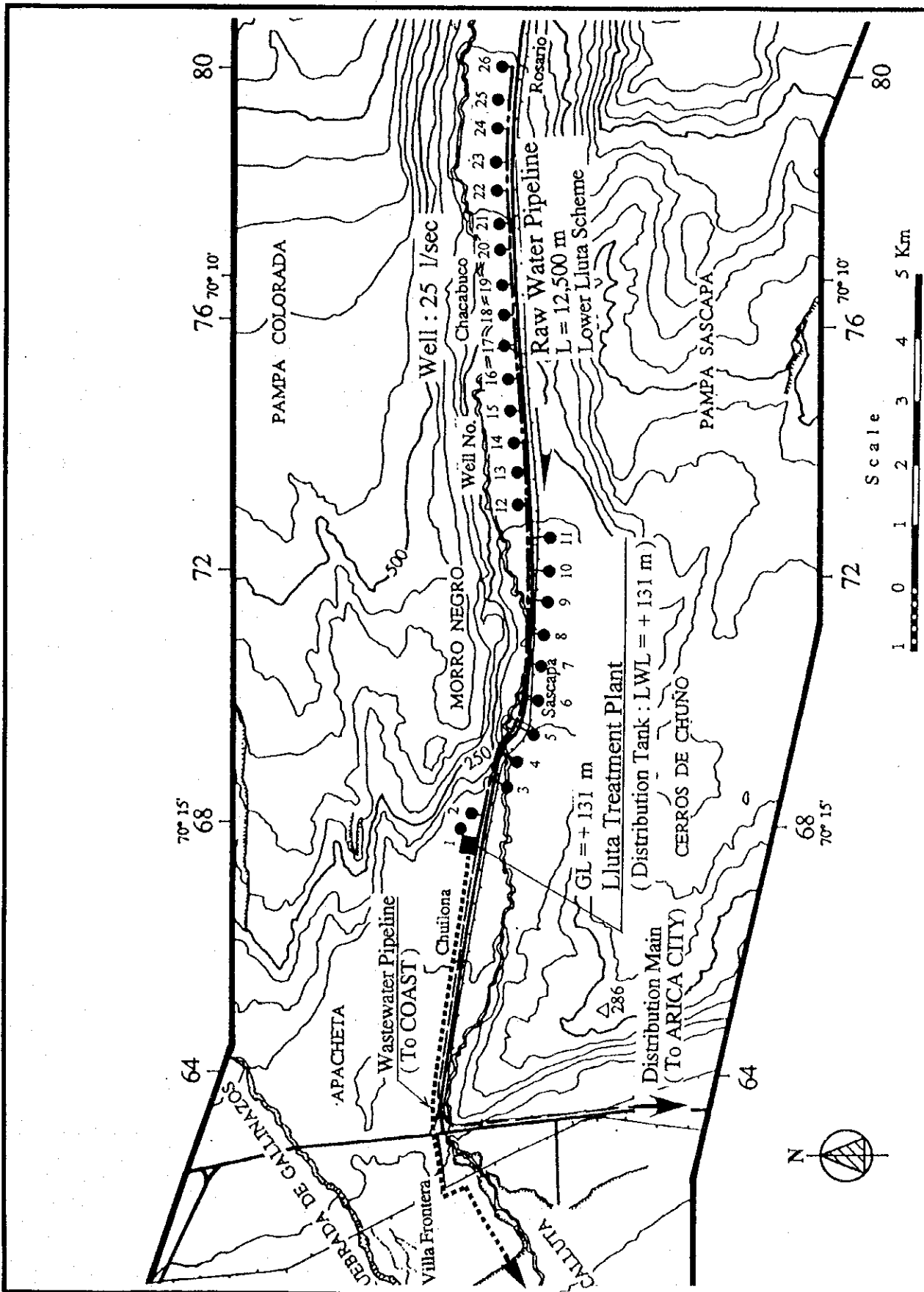


Fig. 3

Water Supply Development for Arica

<Desarrollo de Abastecimiento de Agua para Arica>

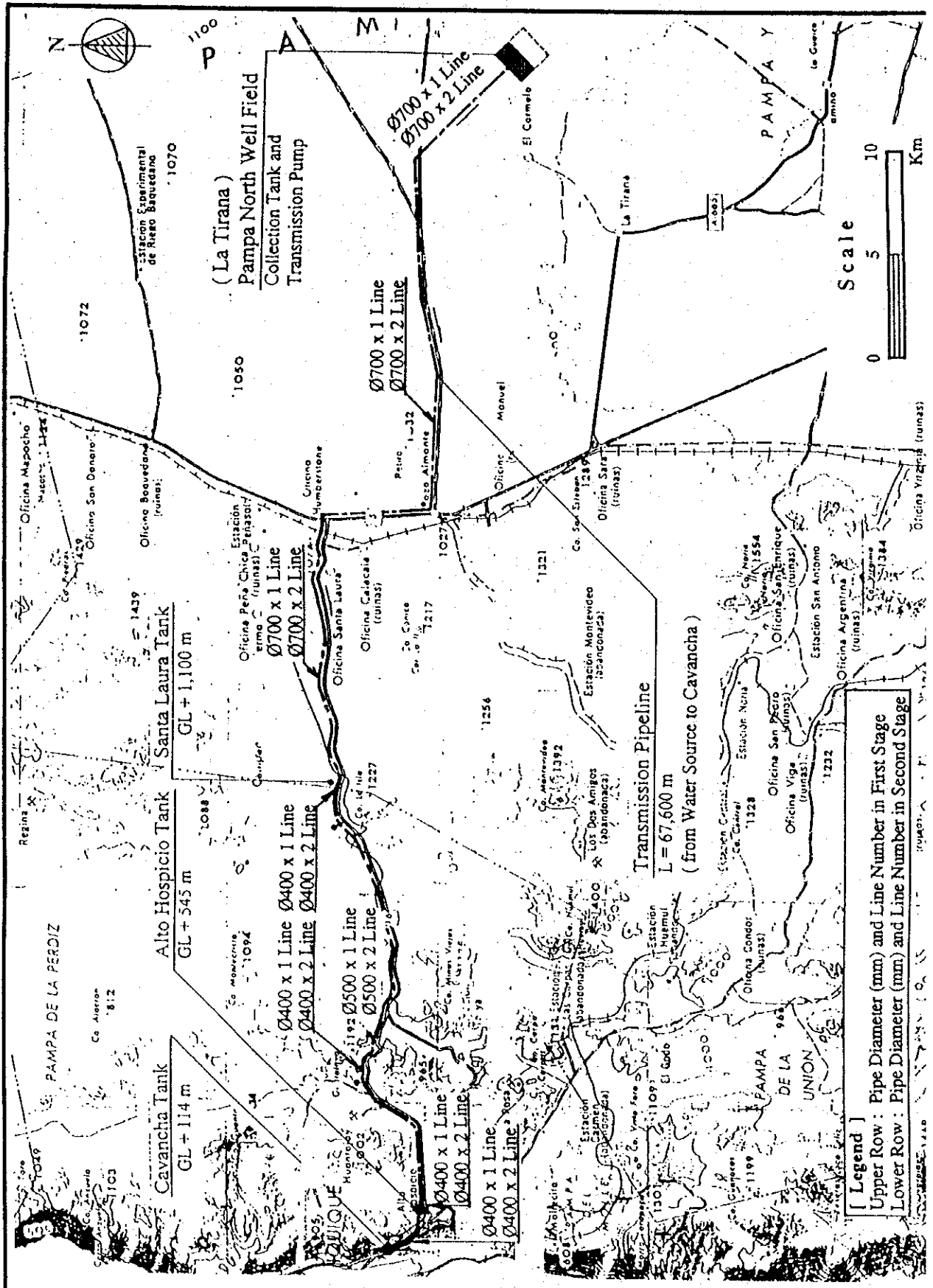


Fig. 4

Water Supply Development for Iquique

<Desarrollo de Abastecimiento de Agua para Iquique>





