

EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS DE TARAPACÁ

# **Estudio Uso Agrícola de las Aguas Servidas de Arica**

## **Pre-Factibilidad**



Catedral San Marcos - Arica

**Febrero 1999**

**Revisión 1**

**Separador 3 : ANEXOS.**

- Anexo 1 : Determinación de Diámetro Económico*
- Anexo 2 : Criterios de Diseño de las Estaciones de Bombeo.*
- Anexo 3 : Estudio Comparativo entre Alternativa B.1 y Alternativa B.2.*
- Anexo 4 : Comparación Económica entre Alternativa A y la Alternativa B*
- Anexo 5 : Prediseño y Estimativa de Costos de Tratamiento y Disposición de Lodos en Planta de Lodos Activados. Arica.*
- Anexo 6 : Estudio de Rentabilidad y Generación de Empleo en el Reuso Agrícola de las Aguas Servidas de la Ciudad de Arica.*
- Anexo 7 : Prediseño, Estimativa de Costos de Tratamiento y Disposición de Lodos. Planta con Osmosis Inversa y Ultrafiltración.*

**Separador 4 : PLANOS.**

**Planos de la Alternativa B.**

| <b>Plano</b> | <b>Nombre</b>                                  |
|--------------|--|
| RAAS-IM-10   | Planta y Perfil Impulsión # 1 Km 0,00 a 1,40   |
| RAAS-IM-11   | Planta y Perfil Impulsión # 1 Km 1,40 a 2,80   |
| RAAS-IM-12   | Planta y Perfil Impulsión # 1 Km 2,80 a 4,10   |
| RAAS-IM-13   | Planta y Perfil Impulsión # 1 Km 4,10 a 5,50   |
| RAAS-IM-14   | Planta y Perfil Impulsión # 1 Km 5,50 a 6,177  |
|              | Planta y Perfil Impulsión # 2 Km 6,177 a 6,90  |
| RAAS-IM-15   | Planta y Perfil Impulsión # 2 Km 6,90 a 8,30   |
| RAAS-IM-16   | Planta y Perfil Impulsión # 2 Km 8,30 a 8,755  |
| RAAS-IM-17   | Planta y Perfil Impulsión # 3 Km 0,00 a 0,493  |
| RAAS-IM-18   | Planta y Perfil Impulsión # 3 Km 0,493 a 1,493 |
| RAAS-IM-19   | Planta y Perfil Impulsión # 3 Km 1,493 a 2,488 |

**Planos de la Alternativa C.**

| <b>Plano</b> | <b>Nombre</b>  |
|--------------|--|
| RAAS-IM-23   | Lay-Out Planta Tratamiento de Aguas Servidas.              |
| RAAS-IM-24   | Flujograma de Proceso Planta de Tratamiento de A. Servias. |

# ESTUDIO REUSO AGRICOLA DE LAS AGUAS SERVIDAS DE ARICA

## TABLA DE CONTENIDO

|   | <i>Pág.</i> |
|---|-------------|
| <i>Separador 1 : RESUMEN EJECUTIVO.</i>                                       |             |
| <i>Resumen Ejecutivo.</i>   |             |
| <i>Separador 2 : EST. DE PREFACTIBILIDAD REUSO AGRÍCOLA AGUAS SERVIDAS.</i>   |             |
| 1. <i>Objetivos del Estudio</i> .....   | 1           |
| 2. <i>Antecedentes</i> .....  | 2           |
| 2.1 <i>Caudales Disponibles y Características de las Aguas Servidas</i> ..... | 2           |
| 2.2 <i>Terrenos que pueden ser utilizados</i> .....                           | 6           |
| 2.3 <i>Usos del Terreno</i> .....   | 6           |
| 3. <i>Estudio de Alternativas</i> .....                                       | 8           |
| 3.1 <i>Alternativa A.</i> .....   | 10          |
| 3.2 <i>Alternativa B.1</i> .....  | 11          |
| 3.3 <i>Alternativa B.2</i> .....  | 12          |
| 4. <i>Estudio de los Diámetros Económicos de las Impulsiones</i> .....        | 13          |
| 4.1 <i>Introducción</i> .....   | 13          |
| 4.2 <i>Selección de Material</i> .....  | 14          |
| 4.3 <i>Diámetros Seleccionados para las Impulsiones</i> .....                 | 15          |
| 5. <i>Tratamiento de Aguas Servidas</i> .....                                 | 15          |
| 5.1 <i>Introducción</i> .....   | 15          |
| 5.2 <i>Comentarios sobre las Alternativas de Tratamiento</i> .....            | 16          |
| 5.3 <i>Alternativa de Tratamiento Adoptada</i> .....                          | 17          |
| 6. <i>Alternativa Resultante</i> .....  | 18          |
| 6.1 <i>Introducción</i> .....   | 18          |
| 6.2 <i>Análisis de Resultados</i> .....                                       | 18          |
| 6.3 <i>Alternativa Recomendada</i> .....                                      | 19          |
| 6.4 <i>Costos Finales</i> .....   | 19          |

*Planos de Detalles*

| <i>Plano</i>      | <i>Nombre</i>  |
|-------------------|--|
| <i>RAAS-IM-20</i> | <i>Plantas Elevadoras.</i>   |
| <i>RAAS-IM-21</i> | <i>Lay-Out Planta Tratamiento A. Servidas en Base a Lodos Activados Sector Quebrada Gallinazo.</i> |
| <i>RAAS-IM-22</i> | <i>Esquema Planta de Tratamiento Aguas Servidas.</i>   |

# 1. Resumen Ejecutivo

# ESTUDIO "REUSO AGRICOLA DE LAS AGUAS SERVIDAS DE ARICA"

## *RESUMEN EJECUTIVO*

### 1. Introducción.

El objetivo del presente estudio es complementar la Factibilidad Técnico - Económica de reutilizar las aguas residuales de Arica, de tal modo de tratarlas y usarlas en el riego agrícola de más de 1.000 hás. de terrenos ubicados al norte de la ciudad, entre la Quebrada de Gallinazo, el Aeropuerto Chacalluta y la Línea de la Concordia.

Debemos resaltar que la nueva alternativa, llamada, en adelante, como alternativa "C", se diferencia con la alternativa "B" (Estudio de Pre-Factibilidad R.o), básicamente por la incorporación de las unidades de Osmosis Inversa y Ultrafiltración, posibilitándose de esta forma, una reducción importante de cloruros.

La reducción arriba mencionada, permitirá un rango de cultivos más amplio y por lo tanto, más compatible con el mercado internacional.

### 2. Antecedentes.

Se ha contado para el estudio con los antecedentes aportados por ESSAT, con respecto a los caudales y características del agua servida de la ciudad de Arica. Además se efectuaron visitas técnicas a las empresas Flores Holambra y Flortec Ltda., ambas de Brasil y consultas a productores de Israel y España, que están desarrollando proyectos agrícolas en regiones similares a la de Arica, principalmente, con relación a la producción de flores, hortalizas y frutas.

### 3. Obras Propuestas.

#### 3.1. Alternativa "B".

El estudio considera conveniente el desarrollo de las siguientes obras:

- ⇒ Dos sistemas de elevación de aguas servidas desde la planta Chinchorro Norte existente, hasta la futura planta de tratamiento emplazada en el costado sur poniente de la intersección entre la Ruta 5 Norte y la Quebrada de Gallinazo. Esto significa un total de 9.310 m. de tubería  $D = 800$  mm. y 2.810 m.  $D = 700$  mm. correspondientes a la impulsión 3, contemplando la elevación del agua tratada, todas ellas consideradas en Hierro Dúctil.

- ⇒ Planta de tratamiento para un  $Q_{medio} = 500$  l/s en base a Lodos Activados convencional, lo cual es tecnológicamente aceptable para el uso agrícola, permitiendo el tratamiento del agua servida con adecuados estándares de calidad en su efluente y con un mínimo impacto ambiental en su entorno, exceptuándose las restricciones derivadas de los sólidos inorgánicos disueltos.
- ⇒ Estanques de regulación para riego, los cuales se han proyectado en hormigón armado como una forma de darles alto grado de seguridad, a la vez de permitir una modulación del volumen de riego al considerar un total de  $40.000 \text{ m}^3$ , con 4 estanques de  $10.000 \text{ m}^3$  cada uno.

### 3.2. Alternativa "C".

El estudio considera conveniente el desarrollo de las siguientes obras:

- ⇒ Dos sistemas de elevación de aguas servidas desde la planta Chinchorro Norte existente, hasta la futura planta de tratamiento emplazada en el costado sur poniente de la intersección entre la Ruta 5 Norte y la Quebrada de Gallinazo. Esto significa un total de  $9.310 \text{ m}$ . de tubería  $D = 800 \text{ mm}$ . y  $2.810 \text{ m}$ .  $D = 700 \text{ mm}$ . correspondientes a la impulsión 3, contemplando la elevación del agua tratada, todas ellas consideradas en Hierro Dúctil.
- ⇒ Planta de tratamiento para un  $Q_{medio} = 500$  l/s en base a Lodos Activados, incorporándose unidades de ultrafiltración y osmosis inversa, lo cual hace tecnológicamente inobjetable, la calidad del agua para el uso agrícola, permitiendo el tratamiento del agua servida con altos estándares de calidad en su efluente y con un mínimo impacto ambiental en su entorno.
- ⇒ Estanques de regulación para riego, los cuales se han proyectado en hormigón armado como una forma de darles alto grado de seguridad, a la vez de permitir una modulación del volumen de riego, al considerar un total de  $40.000 \text{ m}^3$ , con 4 estanques de  $10.000 \text{ m}^3$  cada uno.

## 4. Costos de las Obras Propuestas.

### • Alternativa "B".

| Ítem                                | Costo (US\$)  |
|-------------------------------------|---------------|
| Inversión Inicial                   | 35,219,231.00 |
| Reposición Equipos (a los 15 años). | 9,869,681.00  |
| Costo Anual de Operación.           | 1,810,576.00  |

Obs.: Valores de Noviembre de 1998.

Los valores VAN para el proyecto, con un periodo de evaluación de 30 años, son los siguientes:

| Tasa (%) | VAN<br>(millones US\$) |
|----------|------------------------|
| 0        | 97,60                  |
| 8        | 58,78                  |
| 12       | 51,76                  |
| 16       | 47,62                  |

♦ Alternativa "C".

| Ítem                                | Costo (US\$)  |
|-------------------------------------|---------------|
| Inversión Inicial                   | 34,188,424.00 |
| Reposición Equipos (a los 15 años). | 9,869,681.00  |
| Costo Anual de Operación.           | 1,810,576.00  |

Obs.: Valores de Febrero de 1999.

Los valores VAN para el proyecto, con un periodo de evaluación de 30 años, son los siguientes:

| Tasa (%) | VAN<br>(millones US\$) |
|----------|------------------------|
| 0        | 96,56                  |
| 8        | 57,75                  |
| 12       | 50,73                  |
| 16       | 46,59                  |

Santiago, Febrero de 1999.

## **2. Estudio de Pre-factibilidad Reuso Agrícola Aguas Servidas**

# ESTUDIO

## REUSO AGRICOLA DE LAS AGUAS SERVIDAS DE ARICA

### PRE-FACTIBILIDAD

#### 1.- Objetivos del Estudio.

El objetivo de este estudio es posibilitar la comparación entre la Alternativa "B" y la Alternativa "C", teniendo presente todos los antecedentes de la Pre-Factibilidad Técnico - Económica R.o., de reutilizar las aguas servidas de la ciudad de Arica que actualmente descargan al mar, de tal modo de tratarlas y usarlas para riego agrícola en un sector ubicado al Norte de la ciudad de Arica, comprendido entre la Quebrada Gallinazo, el Aeropuerto Chacalluta y la Línea de la Concordia (ver Fig. 3 áreas E, I y J).

El diseño conceptual de las obras de conducción de las aguas servidas hasta la planta de tratamiento, es idéntico para las alternativas "B" y "C" y para el tratamiento propiamente tal, se estima que no es sólo suficiente cumplir con la normativa mínima exigida por la OMS con respecto al tema, sino que se han de tener en cuenta otros aspectos tales como:

- Mínimo impacto ambiental en:
  - El impacto producto de la implantación de las obras.
  - La obtención de mínimas superficies de espejo de aguas, de tal modo de no impactar visualmente con grandes superficies en proceso de depuración, que también podrían ser fuente de producción de olores.
- Uso de tuberías de materiales internacionalmente aceptados como inocuos, tanto en su operación como en sus procesos de fabricación.
- Máximo control sobre el proceso de tratamiento, de tal modo de tener un producto, en este caso, agua tratada, con calidad superior a la norma de riego.
- Mínima obsolescencia de los procesos de depuración empleados para recuperación del agua y, por lo tanto, su aceptación sin objeciones para el uso en el cultivo de productos agrícolas de exportación.

Las características antes indicadas, están presentes en ambas alternativas, pero en la Alternativa "C" se pueden mencionar, adicionalmente, las siguientes propiedades:

- Presenta grado de salinidad normal, no posibilitando daños a los cultivos.
- No ofrece toxicidad a las plantas.
- No presenta problemas de permeabilidad en el suelo.
- Posibilita un rango de cultivos más nobles, en virtud de considerar el "ajuste de la salinidad", presente en las aguas residuales de Arica.

Al mismo tiempo, en este informe, para efectos de rememoración, se presentan, a partir del ítem 2, los antecedentes más importantes del Estudio de Pre-Factibilidad referente al Reuso Agrícola de las Aguas Servidas de Arica, R.o.

## 2.- Antecedentes

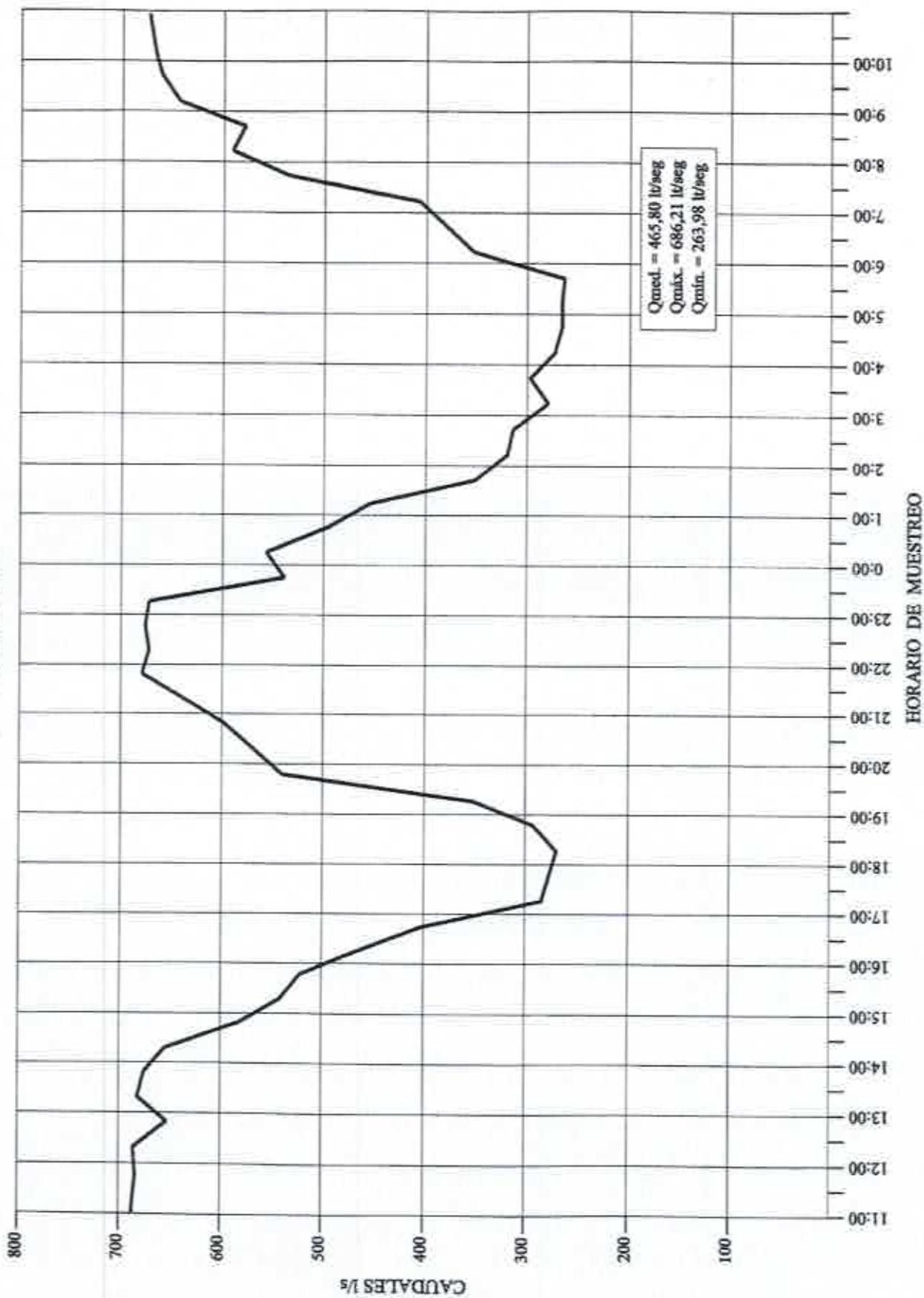
### 2.1 Caudales Disponibles y Características de las Aguas Servidas.

Como antecedentes del estudio se tiene que el caudal de aguas servidas que actualmente es bombeada al emisario submarino en la playa Chinchorro por la planta elevadora Chinchorro Norte de ESSAT (ver Fig. 1) y que es mostrado en la Fig. 2, representa el total de las aguas servidas de la Ciudad de Arica y varía entre 264 l/s a 686 l/s.

Para la determinación del tratamiento necesario para el reuso agrícola se hizo uso de las características del agua servida suministradas por ESSAT y mostradas en el Cuadro N° 1.



FIG. N°2: COMPORTAMIENTO CAUDAL DE IMPULSION PLANTA ELEVADORA DE AGUAS SERVIDAS  
CHINCHORRO NORTE



**Cuadro N° 1: ANALISIS DE AGUAS SERVIDAS CIUDAD DE ARICA**

| Parámetro                | Unidad                 | Resultado Enero 95 | Resultado Diciem. 97 | Resultado Marzo 98 | Promedio          |
|--------------------------|------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------|
| DBO <sub>5</sub>         | mg/l                   | --                 | 360                  | 430                | 575,0             |
| DQO                      | mg/l                   | 1090               | 724                  | 807                | 873,7             |
| Aceites y Grasas         | mg/l                   | 65                 | 60,5                 | 57                 | 60,8              |
| Detergentes              | mg/l SAAM LAS          | 3,1                | 11,37                | 11,76              | 8,7               |
| Nitrógeno                | mg/l N                 | 42                 | 38,6                 | 47,6               | 42,7              |
| Fósforo                  | mg/l P                 | 11                 | 12,5                 | 12,5               | 12,0              |
| Sólidos Suspendidos Tot. | mg/l                   | 131                | 352                  | 350                | 277,7             |
| Arsénico                 | mg/l As                | 0,09               | 0,001                | 0,02               | 0,0               |
| Cobre                    | mg/l Cu                | 0,15               | 0,11                 | 0,13               | 0,1               |
| Manganeso                | mg/l Mn                | --                 | 0,17                 | 0,11               | 0,2               |
| Hierro                   | mg/l Fe                | 1,7                | 1,9                  | 1,66               | 1,8               |
| Cinc                     | mg/l Zn                | 0,28               | 0,81                 | 0,24               | 0,4               |
| Cadmio                   | mg/l Cd                | <0,01              | <0,01                | <0,01              | <0,01             |
| Mercurio                 | mg/l Hg                | <0,001             | 0,001                | <0,001             | <0,001            |
| Plomo                    | mg/l Pb                | <0,2               | 0,03                 | <0,01              | <0,1              |
| Cromo                    | mg/l Cr                | 0,09               | --                   | --                 | 0,09              |
| Niquel                   | mg/l Ni                | <0,1               | --                   | --                 | <0,1              |
| Molibdeno                | mg/l Mo                | <0,01              | --                   | --                 | <0,01             |
| Cianuro                  | mg/l Cn                | <0,1               | --                   | --                 | <0,1              |
| Fenoles                  | mg/l                   | 0,039              | --                   | --                 | 0,039             |
| Hidrocarburos            | mg/l                   | 64                 | --                   | --                 | 64                |
| Sulfuro                  | mg/l S                 | 2                  | --                   | --                 | 2                 |
| Sulfatos                 | mg/l SO <sub>4</sub>   | 107                | --                   | --                 | 107               |
| Triclorometano           | mg/l CHCl <sub>3</sub> | <0,1               | --                   | --                 | <0,1              |
| Turbiedad                | NTU                    | 95                 | 100                  | 100                | 98,3              |
| Color                    | Pt-Co                  | 60                 | --                   | --                 | 60                |
| pH                       | --                     | 7,2                | 7,6                  | 7,5                | 7,4               |
| Coliformes fecales       | NMP/100ml              | 1x10 <sup>7</sup>  | 1x10 <sup>7</sup>    | 1x10 <sup>7</sup>  | 1x10 <sup>7</sup> |

Nota:

- 1 Análisis realizados por Hidrolab, laboratorio autorizado para realizar análisis de aguas servidas.
- 2 Análisis controlados conforme a la normativa vigente considerada por DIRECTEMAR y de acuerdo a las normativas de control de riles y de vertidos a fuentes superficiales.
- 3 Próximo control según punto 2, en Junio de 1998.

**Análisis Complementarios**

**Aguas Servidas emisario Chinchorro Arica**

Mes : Julio 1998

| Parámetro     | Unidad | Resultado |
|---------------|--------|-----------|
| Conductividad | uS/cm  | 2830      |
| pH            |        | 8,1       |
| Cloruros      | mg/l   | 514       |

Análisis : Laboratorio Arica

Observación : Los cloruros tienen un rango equivalente a lo observado en agua potable

De la Fig. 2 se obtienen los siguientes caudales:

|                          |   |            |
|--------------------------|---|------------|
| $Q_{\text{máx horario}}$ | = | 686,21 l/s |
| $Q_{\text{medio}}$       | = | 465,80 l/s |
| $Q_{\text{min}}$         | = | 263,89 l/s |

Para agregar un factor de seguridad, considerando que el caudal de aguas servidas de la ciudad crecerá hasta la posible implementación del sistema en estudio, en los próximos años, se adoptaron los siguientes caudales de diseño:

|                          |   |         |
|--------------------------|---|---------|
| $Q_{\text{máx horario}}$ | = | 700 l/s |
| $Q_{\text{medio}}$       | = | 500 l/s |

Con los caudales recién mencionados se ha procedido al estudio de cada una de las obras necesarias para cumplir el objetivo planteado en el punto 1.

## 2.2 Terrenos que pueden ser Utilizados.

Los terrenos, ya descritos, considerados dentro del proyecto para su uso agrícola, están ubicados al norte de la ciudad de Arica (ver Fig. 3) y cubren un total aproximado de 1.773 Há.

Del total de los terrenos disponibles para uso agrícola, este proyecto podría abastecer con riego tecnificado, solamente una superficie de aproximadamente 1.000 Há, que están ubicadas en los terrenos más bajos, es decir los que están más al poniente (Sectores E, I y J de la Fig. 3).

## 2.3 Usos del Terreno.

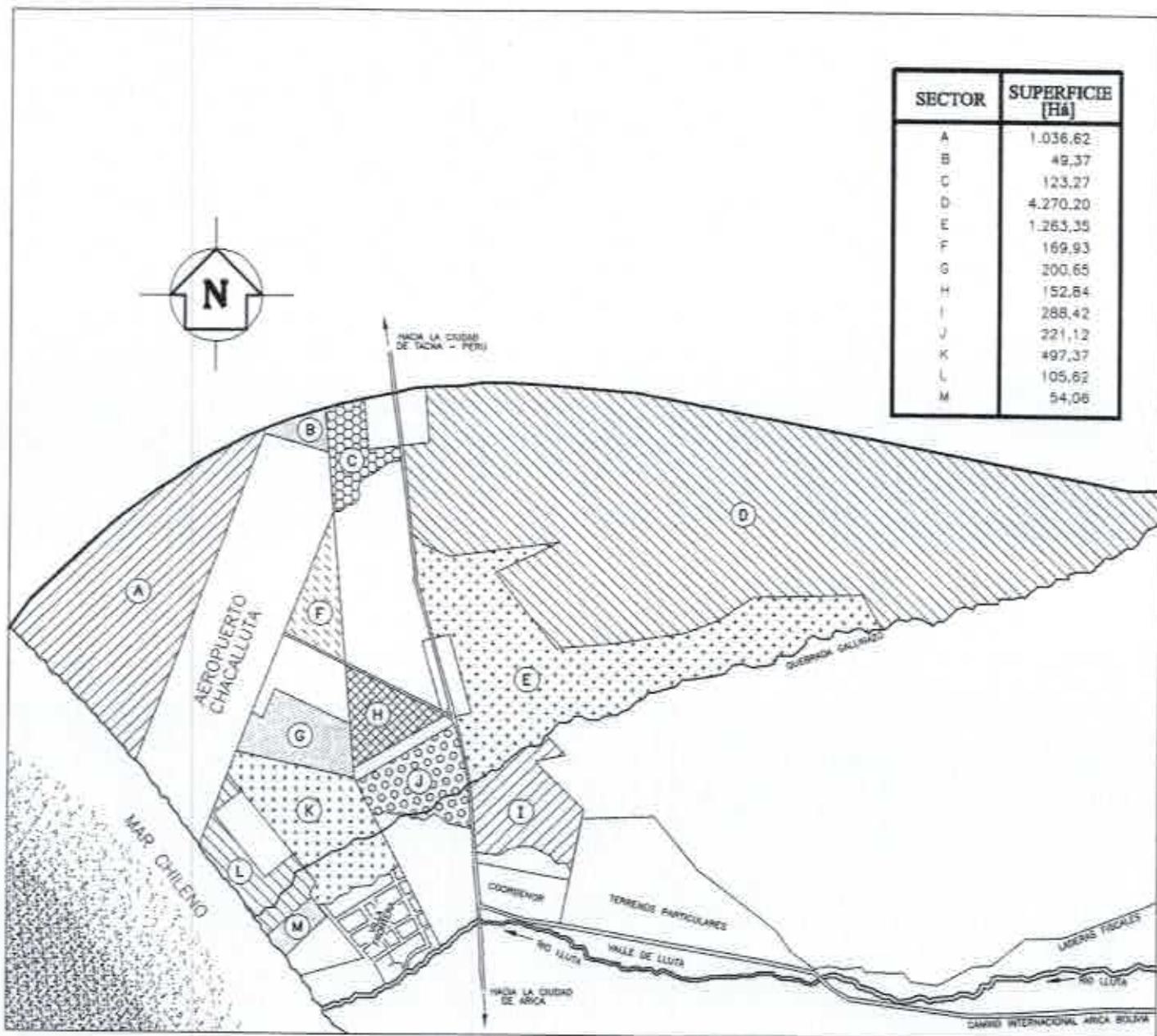
Los terrenos regados por este proyecto serán susceptibles de permitir el desarrollo de cultivos compatibles con las condiciones del suelo y del clima de la zona, como por ejemplo: tomates, olivos y flores.

Para efecto de este proyecto se tiene al menos lo siguiente:

|                               |   |                               |
|-------------------------------|---|-------------------------------|
| Tasa de Riego                 | = | 0,5 lt/s/Há (riego por goteo) |
| $Q_{\text{medio disponible}}$ | = | 500 lt/s                      |

De acuerdo con esto, existe disponibilidad para regar al menos un total de 1.000 Há útiles. El resto de la superficie, es decir unas 773 Há, sería para reserva, instalaciones, caminos, etc.

Fig.3: TERRENOS POSIBLES PARA LA UBICACION  
PROYECTO "AGRICULTURA EN EL DESIERTO"



LOS SECTORES SELECCIONADOS CORRESPONDEN A LAS AREAS  
DENOMINADAS E, I y J, QUE SUMAN EN TOTAL 1.772,89 Hás.

### 3.- Estudio de Alternativas.

En este estudio, teniendo como base los antecedentes disponibles y la visita a terreno realizada, se desarrollaron las alternativas técnicas que permiten el tratamiento apropiado al uso que tendrán las aguas servidas, y la disposición en estanques de acumulación para su regulación en las áreas consultadas.

Las alternativas que se estudiaron son tres y se han denominado Alternativa "A", Alternativa "B1" y Alternativa "B2", en base a las posibles ubicaciones para la planta de tratamiento, las que fueron verificadas en terreno y realizado un levantamiento topográfico.

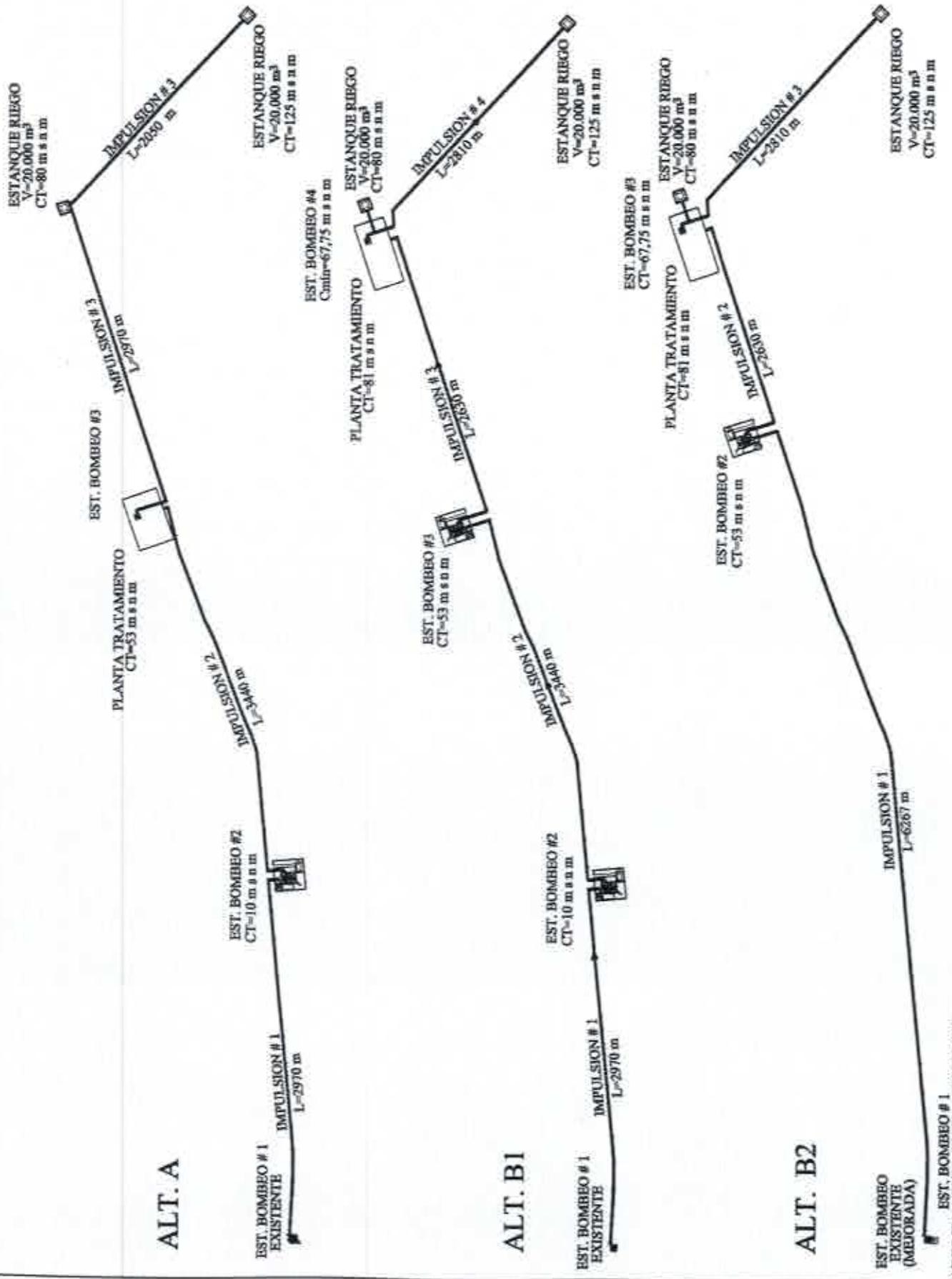
Los dos posibles emplazamientos consultados para la planta de tratamiento son:

- En el sector surponiente del cruce de la Quebrada de Lluta con la carretera Panamericana Norte, y
- En el sector surponiente del cruce de la Quebrada Gallinazo con la carretera Panamericana Norte.

El emplazamiento junto a las quebradas se justifica teniendo en cuenta que de ser necesario rebalsar agua tratada desde las plantas, esto se puede hacer directamente a las quebradas y desde allí hacia el mar, con el consiguiente ahorro en conductos de descarga.

Las alternativas estudiadas se muestran esquemáticamente en la Fig. 4 junto con las obras que deberían implementarse para materializarlas. Estas alternativas se describen en las páginas siguientes.

Fig. 4: ESQUEMAS DE ALTERNATIVAS ESTUDIADAS



EST. BOMBEO #1 EXISTENTE (MEJORADA)  
 ADDUNTA A PLTA. ELEV. EXISTENTE

### 3.1 Alternativa A.

Esta alternativa contempla las siguientes obras:

- a) Mejoramiento de las instalaciones existentes en la Planta Chinchorro Norte. Para la obtención de estos resultados, se consulta lo siguiente:
  - Suministro de 4 equipos de bombeo similares a los existentes.
  - Suministro de nuevos equipos de trituración (conminutores).
  - Modificación del sistema eléctrico de tal manera que puedan funcionar 3 bombas en forma simultánea, además de los trituradores y el sistema de control de gases.
- b) Construcción de la Impulsión #1, la que debe ser capaz de conducir el caudal máx. de 700 l/s desde la planta Chinchorro Norte hasta la llamada Estación de Bombeo #2, ubicada a unos 2.970 m al norte y al costado oriente del ferrocarril Arica - Tacna.
- c) Construcción de la Estación de Bombeo #2, la que constará de lo siguiente:
  - Pozo húmedo para bombas (Q<sub>máx</sub> = 700 l/s; H = 51 m)
  - Cámara de válvulas
  - Equipo de Protección de Golpe de Ariete
  - Equipo Motogenerador
  - S/E eléctrica
  - Un área de 50 x 50 m, en terrenos particulares vecinos al hipódromo de Arica, que debe ser comprado.
  - Cierros perimetrales y urbanización del recinto de 50 x 50 m
- d) Construcción de la Impulsión #2, que corresponde a una tubería de aproximadamente 3.440 m y que conduce un caudal máx. de 700 l/s desde la Estación de Bombeo #2 a la cámara de entrada de la planta de tratamiento, ubicada junto a la Quebrada de Lluta.
- e) Planta de tratamiento de aguas servidas, ubicada junto a la Quebrada de Lluta, en terrenos particulares, de una extensión aproximada de 10 Hás.
- f) Construcción de la Estación de Bombeo #3, al interior de los terrenos de la planta de tratamiento, esta planta incluye lo siguiente:
  - Equipos de Bombeo (Q = 500 l/s; H = 92 m)
  - Sala de bombas
  - Cámara de válvulas
  - Equipo de Protección de Golpe de Ariete
  - Equipo Motogenerador
  - S/E eléctrica
- g) Construcción de la Impulsión # 3, para conducir un caudal medio de 500 lt/s de agua tratada, desde la planta de tratamiento a los estanques de almacenamiento.
- h) Construcción de estanques de almacenamiento del agua para riego. En principio se consideran 40.000 m<sup>3</sup> de regulación, en 4 unidades de 10.000 m<sup>3</sup> cada uno.

### 3.2 Alternativa B.1

Esta alternativa incluye las siguientes obras:

- a) Mejoramiento de las instalaciones existentes en la Planta Chinchorro Norte. Se consideran los mismos criterios que los indicados para la Alternativa A.
- b) Construcción de la Impulsión #1, de las mismas características que las señaladas en la Alternativa A.
- c) Construcción de la Estación de Bombeo #2, con idénticos criterios a los de la Alternativa A.
- d) Construcción de la Impulsión #2, con idénticos criterios a los señalados en la Alternativa A. En este caso esta impulsión llega a la llamada Estación de Bombeo #3, ubicada en la misma área en que se consultaba la planta de tratamiento para la Alternativa A.
- e) Construcción de la Estación de Bombeo #3 la cual constará de lo siguiente:
  - Pozo húmedo y bombas ( $Q = 700 \text{ L/s}$ ;  $H = 37 \text{ m}$ )
  - Cámara de válvulas
  - Equipo de Protección de Golpe de Ariete
  - Equipo Motogenerador
  - S/E eléctrica
  - Un terreno particular de  $50 \times 50 \text{ m}$ , en terrenos particulares vecinos a la Quebrada de Lluta, que debe ser comprado.
  - Cierros perimetrales y urbanización del recinto de  $50 \times 50 \text{ m}$
- f) Construcción de la Impulsión #3 entre la Estación de Bombeo #2 y la Planta de Tratamiento "B" con un total aproximado de  $2.630 \text{ m}$  y que conduce un caudal máximo de  $700 \text{ l/s}$ .
- g) Planta para el tratamiento de aguas servidas, ubicada junto a la Quebrada Gallinazo, en terrenos fiscales, de una extensión aproximada de  $10 \text{ Hás}$ .
- h) Construcción de la Estación de Bombeo #4, al interior de los terrenos de la planta de tratamiento. Esta planta incluye lo siguiente:
  - Equipos de Bombeo ( $Q = 500 \text{ l/s}$ ;  $H = 62 \text{ m}$ )
  - Sala de bombas
  - Cámara de válvulas
  - Equipo de Protección de Golpe de Ariete
  - Equipo Motogenerador
  - S/E eléctrica
- i) Construcción de la Impulsión #4, que conduce un caudal medio de  $500 \text{ l/s}$  de agua tratada, desde la planta de tratamiento a los estanques de almacenamiento de agua para riego.
- j) Construcción de estanques de almacenamiento de agua para riego. En principio, se consideran  $40.000 \text{ m}^3$  de regulación, en 4 unidades de  $10.000 \text{ m}^3$  cada uno.

### 3.3 Alternativa B.2

Esta alternativa incluye las siguientes obras:

- a) Modificación de la Estación de Bombeo Chinchorro Norte, para hacer posible el desvío del caudal afluente a una planta elevadora ubicada en sitio vecino al oriente, la cual estará dotada de equipos de bombeo capaces de elevar 700 l/s a una estación de rebombeo ubicada junto a la Quebrada de Lluta.

Para este objetivo se consulta lo siguiente:

\* En la Planta Elevadora existente:

- Reemplazo de los 4 equipos de bombeo, de la planta Chinchorro Norte, por otros similares.
- Suministro de nuevos equipos de trituración.
- Modificación en las obras civiles de la planta.

\* En la nueva Planta Elevadora, en terreno vecino:

- Suministro de 3 equipos de bombeo de forma que dos de ellos eleven 700 l/s a aprox. 61 m.
- Construcción de nuevo pozo húmedo para bombas
- Construcción de nueva cámara de válvulas
- Implementación del sistema de protección contra golpe de ariete
- Suministro del equipo Motogenerador
- S/E eléctrica única para estación elevadora existente y nueva
- Compra de un terreno particular de 30x40 m. El terreno en cuestión es colindante a la planta existente, en el costado oriente de ella.

- b) Construcción de la Impulsión #1, la que conduce el caudal desde la planta Chinchorro Norte hasta la llamada Estación de Bombeo #2, ubicada a unos 6.267 m al norte y al costado oriente del ferrocarril Arica - Tacna (en la misma ubicación que la Estación de Bombeo #3 de la Alternativa B1).

- c) Construcción de la Estación de Bombeo #2, que constará de lo siguiente:

- Pozo húmedo y bombas ( $Q = 700$  l/s;  $H = 37$  m)
- Cámara de válvulas
- Sistema de Protección contra golpe de ariete
- Equipo Motogenerador
- S/E eléctrica
- un terreno particular de 50 x 50 m, que debe ser comprado.
- Cierros perimetrales y urbanización del recinto de 50 x 50 m

- d) Construcción de la Impulsión #2, que consiste en una tubería de aproximadamente 2.630 m y que conduce un caudal de 700 l/s hasta la planta de tratamiento, ubicada junto a la Quebrada Gallinazo.

- e) Planta de tratamiento de aguas servidas, ubicada junto a la Quebrada Gallinazo, en terrenos fiscales, de una extensión aproximada de 10 Hás (idem Alternativa B1).
- f) Construcción de la Estación de Bombeo #3, al interior de los terrenos de la planta de tratamiento. Esta planta incluye lo siguiente:
  - Equipos de Bombeo (Q = 500 l/s; H = 62 m)
  - Cámara para bombas
  - Cámara de válvulas
  - Sistema de Protección contra golpe de ariete
  - Equipo Motogenerador
  - S/E eléctrica
- g) Construcción de la Impulsión #4, que conduce un caudal de 500 l/s de agua tratada, desde la planta a los estanques de almacenamiento de agua para riego.
- h) Construcción de estanques de almacenamiento de agua para riego. En principio, se consideran 40.000 m<sup>3</sup> de regulación, en 4 unidades de 10.000 m<sup>3</sup> cada uno.

#### 4.- Estudio de los Diámetros Económicos de las Impulsiones

##### 4.1 Introducción

Para determinar el diámetro económico de las impulsiones se ha considerado que éstas deben cumplir con el criterio del costo mínimo actualizado. Para estimar el costo actualizado en cada caso, se han considerado los costos asociados a inversión y operación de los sistemas para un período de 30 años.

##### 4.2 Selección de Material

En la selección del material que puede ser utilizado en la tubería, el primer aspecto a ser definido tiene que ver con los criterios de selección de éste, para las impulsiones proyectadas.

Dependiendo del sistema de bombeo seleccionado, se ha podido estimar que las tuberías deberán resistir presiones de trabajo entre 12 m.c.a. a 97 m.c.a.

Este amplio rango de presiones puede ser cubierto de varias formas:

- En el caso de tuberías de asbesto cemento, se logra mediante el uso de tuberías de distintas clases (AU-10, AV-15 y AW-20).
- En el caso de tubería de acero revestida con termoplástico de HDPE, para diámetros de entre 700 y 800 mm, con espesores de 6 mm, las presiones de trabajo de ésta, resisten las 150 m.c.a. sin dificultad.
- En el caso de tubería de hierro dúctil estándar, para diámetros de entre 700 y 800 mm, ésta soporta presiones de trabajo de 220 m.c.a.

Se puede apreciar que con cualquiera de las tuberías mencionadas se cubren las presiones de trabajo, quedando por determinar cual es la tubería que cumple los estándares de diseño indicados en el punto 1 de este documento.

Considerando los tres materiales antes indicados (asbesto cemento, acero y hierro dúctil) se puede hacer el siguiente análisis:

- Tubería de Asbesto Cemento
  - Internacionalmente se rechaza el uso del asbesto por las implicaciones en la salud de los que trabajan en la fabricación de la tubería y por su operación con velocidades altas.
  - La tubería presenta un grado de manejo mucho menor, por su fragilidad, que las de otros materiales. Esto ocasiona pérdidas por transporte y colocación.
  - Es claramente la que presenta menores costos de suministro.
  - No requiere de revestimientos.
  
- Tubería de Acero
  - Es una tubería fácil de transportar y de montar en terreno. Se considera el uso de unión Viking - Johnson para longitudes de tubos de 9 m.
  - La tubería requiere de revestimientos interiores y exteriores. Para esta utilización, se considera revestida con termoplástico de polímeros de HDPE por ambas caras.
  - Es de mayor costo que la de asbesto cemento.
  
- Tubería de Hierro Dúctil.
  - Es fácil de transportar y de montar en terreno con sus uniones estándar.
  - La tubería considerada es de tipo K9, es decir, con revestimiento exterior en base a zinc y barniz bituminoso y un revestimiento interior de mortero de cemento centrifugado.

De acuerdo con el análisis anterior, no se considera recomendable el uso de las tuberías de asbesto cemento y las tuberías de acero y, se estima que, las tuberías hierro dúctil cumplen, adecuadamente, con las necesidades planteadas para este proyecto.

Para decidir entre estas tuberías se ha procedido a evaluarlas en términos del costo (ver detalle en el Anexo #1).

De los resultados de este Anexo, se aprecia que la tubería de Acero es más cara que la de Hierro Dúctil, pero la diferencia de costo es pequeña (10% para D = 700 mm y 3% para D = 800 mm). En la etapa de proyecto se puede hacer un análisis más detallado y actualizado, dada la alta competitividad de precios de ambas tuberías.

Considerando lo anterior y para efectos de este estudio, se seleccionó la tubería de Hierro Dúctil tipo K9 como aquella a utilizar en las impulsiones de los sistemas evaluados.

#### 4.3 Diámetros Seleccionados para las Impulsiones

De los resultados obtenidos en el Anexo #1, se tienen los siguientes diámetros económicos para las impulsiones, para cada alternativa en estudio.

| Alternativa | Diámetro Impulsión [mm] Hierro Ductil |         |        |         |
|-------------|---------------------------------------|---------|--------|---------|
|             | Imp. #1                               | Imp. #2 | Imp.#3 | Imp. #4 |
| A           | 800                                   | 800     | 700    | ---     |
| B.1         | 800                                   | 800     | 800    | 700     |
| B.2         | 800                                   | 800     | 700    | ---     |

### 5.- Tratamiento de Aguas Servidas.

#### 5.1 Introducción.

En este estudio se analizaron las diferentes alternativas de Tratamiento del Agua Servida, concluyéndose que se tienen, genéricamente, tres alternativas posibles dadas las características de disponibilidad y costo de terrenos, clima, características de las aguas efluentes, etc.

Las alternativas adecuadas a este tratamiento, son:

- a) Lagunas de Estabilización Convencional.
- b) Lagunas Aireadas.
- c) Lodos Activados.

#### 5.2 Comentarios sobre las Alternativas de Tratamiento

- a) Lagunas de Estabilización Convencional.

Esta alternativa de tratamiento se ha descartado, sin mayor análisis económico, atendiendo a las siguientes razones:

- Para esta región la tasa de diseño que debe ser considerada, para lagunas facultativas, sería del orden de 150 (Kg DBO<sub>5</sub>/Há/día), para tener la seguridad de no provocar molestias ambientales.
- Para el objetivo básico del tratamiento, que supone alcanzar un estándar de 1000 coli fecales/100ml, en el cuerpo receptor, bastaría con lagunas facultativas simples de una etapa, más desinfección adicional con dosis bajas de cloro.
- El área efectiva necesaria para la laguna, de acuerdo a las premisas anteriores, resulta ser de:

$$S = 17280 \text{ (Kg/día)} / 150 \text{ (Kg/Há/día)} = 115,2 \text{ Háas netas}$$

LEO

Considerando que el área bruta(A), es del orden de 150 % mayor, por las condiciones topográficas, se debería disponer del orden de 200 háts totales, considerando área para edificios y para disposición de lodos y, además, 2 háts para servidumbre de emisarios.

En los terrenos disponibles con pendientes del orden del 2% al 3%, el ancho práctico de lagunas de 2,20 m de profundidad total, no puede ser mayor a  $2,20/0,025 = 88$  m, en tanto que la longitud no debe superar 3 veces el  $\text{f}^{\text{ar}}/\text{W}^{\text{r}}$ , es decir 300 m, con lo cual el área de cada unidad se limita a dimensiones del orden de 3 Háts como máximo. En estas condiciones el número de unidades llegaría a  $115,2/3$ , o sea, aproximadamente a 40 unidades.

El empleo de lagunas facultativas tiene como inconveniente adicional, las pérdidas por evaporación, que en la zona alcanzan fácilmente valores de 5 mm/día, en promedio, aumentando a 10 mm/día en verano, lo que significaría un caudal medio evaporado de:

$$Q_{ev} = 115,2 * 10000 * 0,005 \text{ m}^3/\text{día} = 5760 \text{ m}^3/\text{día} = 67 \text{ l/s (un 13\% del caudal medio)}$$

Para evitar las pérdidas por infiltración, el recubrimiento de las lagunas con material impermeable significa incurrir en costos del orden de 2 a 5 millones de dólares, dependiendo de la alternativa de impermeabilización factible y de la reducción de las pérdidas por infiltración que se desee. Bajo estas condiciones, los costos de inversión llegan a ser comparables con las alternativas de aireación mecanizadas, que se analizarán a continuación.

#### b) Lagunas Aireadas

Esta alternativa de tratamiento tiene a su favor las siguientes consideraciones:

- Para el caudal de diseño se requieren lagunas de aireación y sedimentación, más instalaciones, que en total cubren un área del orden de las 18 Háts.
- Los costos de inversión de una planta de este tipo, para el caudal de diseño, son del orden de los 10 millones de dólares y sus costos operacionales anuales son del orden de 1,0 millón de dólares.

En suma desde el punto de vista técnico - en cuanto a que entrega agua apta para riego cumpliendo las exigencias respectivas - y con los costos que se indican, esta alternativa resulta una buena opción para el tratamiento.

Como desventaja para esta alternativa, se tienen los siguientes aspectos:

- El tratamiento del agua servida no es absolutamente controlable, existiendo el riesgo que, bajo determinadas variaciones del caudal afluente, no se puede garantizar la calidad del agua uniformemente.
- Este tipo de planta no resulta utilizable si se requiere a futuro una mejor la calidad del efluente, por ejemplo si se le quiere dar un uso industrial. En la situación descrita, esta planta se debe desechar y hay que proyectar una nueva o tratar su efluente.
- El tratamiento genera olores que generalmente no es posible controlar y aunque los vientos son preferentemente de poniente a oriente, no se puede asegurar si los olores afectarán el sector aledaño a la carretera u otros que se cultiven.

### c) Lodos Activados

La tecnología de lodos activados, en sus diversas versiones, presenta costos mayores que las alternativas de lagunas convencionales y lagunas aireadas, aunque obviamente presenta ventajas relativas, dependiendo del uso o destino posterior del efluente. En este tipo de plantas, los factores ambientales y la calidad del efluente son mucho mejor controlados.

Por estas razones se puede afirmar que este tipo de plantas, internacionalmente, resulta inobjetable en el caso de su uso agrícola, lo que resulta de vital importancia en este caso, ya que los productos agrícolas a cultivar serán exportados a países que exigirán los más altos estándares ambientales y de calidad para el agua tratada.

### 5.3 Alternativa de Tratamiento Adoptada

Por lo expuesto anteriormente, se ha consultado para el tratamiento de aguas servidas, el sistema de Lodos Activados cuyo dimensionamiento y detalles se describen en el Anexo #5.

## 6.- Alternativa Resultante.

### 6.1 Introducción.

Como una forma de restringir las alternativas en estudio, se procedió a efectuar una comparación entre las Alternativa B.1 y Alternativa B.2, de modo de eliminar una de ellas. De las comparaciones económicas efectuadas en el Anexo #3, se obtuvo que el estudio debe centrarse en trabajar con la Alternativa A y Alternativa B.2, ya que la Alternativa B.1 resulta económicamente menos conveniente frente a la Alternativa B.2.

En adelante se mencionarán sólo las dos Alternativas, que serán la Alternativa A y Alternativa B, donde la Alternativa B corresponde a lo descrito anteriormente como Alternativa B.2.

Para decidir cual será la alternativa que en definitiva se seleccione, se analizó en conjunto lo correspondiente a las plantas de tratamiento y los sistemas de bombeo de las Alternativa A y Alternativa B.

Las alternativas en referencia (Alternativa A y Alternativa B) se compararon considerando todos los ítemes involucrados, llegando a determinar los costos de inversión y los costos operacionales en cada caso. El análisis detallado se presenta en el Anexo # 4 de este documento.

## 6.2 Análisis de Resultados.

El resultado global de lo desarrollado en el Anexo 4, se puede explicitar en el siguiente cuadro:

Cuadro N°3: Resumen de Costos Finales de las Alternativas A y B.

| ALTERNATIVA | COSTO [US\$]      |                                       |                 |
|-------------|-------------------|---------------------------------------|-----------------|
|             | Inversión Inicial | Reposición Equipos<br>(a los 15 años) | Operación Anual |
| A           | 33.730.919        | 9.664.892                             | 1.799.784       |
| B           | 33.379.231        | 9.869.681                             | 1.810.576       |

Obs: - Los valores de este cuadro incluyen 25% de gastos generales y utilidad, y no incluyen IVA.  
- Para efecto de cambio se ha considerado [US\$ = \$ 460]

El ítem Operación Anual que aparece en el cuadro anterior, considera los gastos de energía, insumos para los sistemas de elevación y la planta de tratamiento, mantención de equipos y los costos de personal para operar el sistema completo.

Como se puede apreciar, los valores para cada alternativa en cada uno de los ítem son bastante parecidos. Para dilucidar cual es la alternativa que resulta más rentable en el plazo de evaluación del proyecto, que es de 30 años, se procede al cálculo del VAN. Los resultados del cálculo del VAN, se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 4: Valores Actualizados de las Alternativas A y B

| ALTERNATIVA | VAN Millones [US\$] |        |         |         |
|-------------|---------------------|--------|---------|---------|
|             | i = 0%              | i = 8% | i = 12% | i = 16% |
| A           | 95,59               | 57,10  | 50,15   | 46,04   |
| B           | 95,76               | 56,94  | 49,42   | 45,78   |

Del análisis del cuadro del VAN, se aprecia que, para cualquier tasa positiva, la alternativa B resulta más económica.

## 6.3 Alternativa Recomendada.

De los resultados analizados en el punto anterior, se deduce que la solución recomendada debe ser la llamada Alternativa B, la cual consiste, básicamente, en construir una planta de tratamiento en el sector sur poniente de la intersección de la Ruta 5 con la Quebrada Gallinazo, y construir un sistema de bombeo que lleve las aguas servidas hasta dicha planta (la descripción detallada de esta alternativa se encuentra en el punto 3.3).

#### 6.4 Costos Finales

Una vez seleccionado el sistema mediante el cual se procederá a tratar las aguas servidas, y conocidas las inversiones directas, se hace necesario agregar otros costos iniciales involucrados. Estos costos son los correspondientes a la confección del proyecto de ingeniería y a la inspección de las obra de construcción. Estos costos se muestran en el Cuadro N° 5.

Cuadro N° 5: Costo de Proyecto e Inspección

| Item  | Costo [US\$] |
|---|--------------|
| - Proyecto de Ingeniería<br>(Considera estudios de terreno, anteproyecto e ingeniería de detalles). | 788.000      |
| - Inspección Técnica de las Obras.  | 1.052.000    |

Se llega entonces a los siguientes costos finales:

Cuadro N° 6: Resumen de Costos Finales, incluyendo Ingeniería e Inspección de Obras.

| Item                                 | Costo [US\$] |
|--------------------------------------|--------------|
| - Inversión Inicial                  | 35.219.231   |
| - Reposición Equipos (a los 15 años) | 9.869.681    |
| - Costo Anual de Operación           | 1.810.576    |

Los valores anteriores nos entregan los siguientes VAN para el Proyecto:

Cuadro N° 7: Valores Actualizados Netos del Proyecto considerando los costos Finales indicados en Cuadro N° 6.

| Tasa [%] | VAN [millones US\$] |
|----------|---------------------|
| 0        | 97,60               |
| 8        | 58,78               |
| 12       | 51,76               |
| 16       | 47,62               |

# 3. ANEXOS

*ANEXO # 1*

*DETERMINACION DIAMETRO  
ECONOMICO*

### 1.- Introducción.

Para cada una de las alternativas en estudio, Alternativa A, Alternativa B.1 y Alternativa B.2, se procederá a determinar los diámetros económicos de las impulsiones en ellas incluidos. El rango de diámetros que se estudiará, varía desde los 500 mm hasta los 1.000 mm.

Para efectos de este estudio los ítems a considerar serán los siguientes:

- Costo de Suministro e Instalación de tubería según su diámetro y clase
- Costo de Suministro e Instalación de Equipos de Bombeo
- Costos en Energía Eléctrica

Se incluyen, además, costos de algunos ítems, los cuales no inciden directamente en la determinación de los diámetros económicamente óptimos:

- Costos de Obras Civiles y Eléctricas en Estaciones de Bombeo.
- Compra de terrenos, tanto para las Estaciones de Bombeo como para las Plantas de Tratamiento y Estanques.
- Costos de construcción de Estanques.

### 2.- Costos.

En este punto se identifican los costos unitarios para cada uno de los ítems que se consideran.

#### 2.1. Costo de Suministro e Instalación de Tuberías

Para las tuberías - dependiendo de su material, diámetro y clase- se consideraron los siguientes costos:

Cuadro N° 1: Costo Tubería Instalada

| D<br>[mm] | Costo [US\$/m] |     |                |     |                |         |               |
|-----------|----------------|-----|----------------|-----|----------------|---------|---------------|
|           | Asb.Cem.AU-10  |     | Asb. Cem.AV-15 |     | Asb. Cem.AW-20 | Acero   | Hierro Dúctil |
| 500       | AL             | 100 | Sk             | 113 | 202            | ---     | ---           |
| 600       | 601            | 132 | 77             | 147 | 241            | ---     | ---           |
| 700       | 72             | 161 | 101            | 182 | 287            | 224 330 | 102 301       |
| 800       | 805            | 194 | 111            | 222 | 357            | 267 371 | 228 359       |
| 900       | 925            | 233 | 127            | 263 | 417            | ---     | ---           |
| 1000      | 102            | 277 | 178            | 318 | 496            | ---     | ---           |

AGREGAR: + FERT + 100%

AGREGAR: + FERT + 100%

- Los precios no incluyen IVA.
- Los precios incluyen un 25% de utilidad del Contratista.
- Para la tubería de asbesto cemento por cada 5 m de tubo se usa una unión y por cada unión dos anillos de goma.
- Para la tubería de acero se consideran tiras de 9 m, e = 6 mm, revestimiento interior y exterior en termoplástico en base a polímeros de HDPE.
- Para la tubería de hierro dúctil se considera tubo tipo K9.
- Se consideró un cambio de \$460 por 1 US\$.

## 2.2 Costo Estaciones de Bombeo

Para las estaciones de bombeo se consideran los siguientes costos:

Cuadro N° 2: Costos Estaciones de Bombeo.

| Item                            |  | Costo [US\$] |
|---------------------------------|--|--------------|
| Obras Civiles                   | Pozo y cámaras<br>(incluye mov. Tierra, horm., etc.) | GI 59.800    |
|                                 | Urbanización<br>(incl. cierros, casetas)             | GI 46.950    |
| Equipos de Bombeo               | Motobomba sumergida                                  | KW 400       |
|                                 | Motobomba centrífuga horizontal                      | KW 250       |
| Equipos Protección Golpe Ariete | Válvula de Alivio                                    | Unid. 19.500 |
|                                 | Ventosas   | Unid. 1.800  |
| Obras Eléctricas                | S/E eléctrica de 500 KW                              | GI 17.500    |
|                                 | S/E eléctrica de 750 KW                              | GI 26.100    |
|                                 | S/E eléctrica de 900 KW                              | GI 32.650    |
|                                 | Medidor Gral.  | Unid. 8.700  |
|                                 | Tablero General                                      | Unid. 8.700  |
|                                 | Tablero Partidor Bomba                               | Unid. 9.900  |
|                                 | Línea AT   | km 20.000    |
| Telecomando y Telecontrol       | Equipos  | GI 20.000    |
|                                 | Puesta en marcha                                     | GI 10.000    |
|                                 | Línea de comunicación aérea                          | Km 10.000    |

El valor que corresponda a cada alternativa en estudio se deducirá de los que cada planta considere en cada caso.

### 2.3 Costos de Energía Eléctrica

Para estimar este costo se hará uso de la tarifa AT 4.3 que aplicó EMELAT S.A. durante el mes de Septiembre de 1998. La tarifa se desglosa como sigue:

|                                  |          |          |
|----------------------------------|----------|----------|
| Cargo Fijo                       | 1.760,00 | [\$/mes] |
| Cargo por Energía                | 23,307   | [\$/KWH] |
| Cargo por Potencia en Hora Punta | 5.199,84 | [\$/KW]  |
| Cargo por Potencia Instalada     | 627,69   | [\$/KW]  |

### 2.4 Costos de Terrenos

Para cada alternativa se tiene la opción de utilizar terrenos de propiedad de particulares así como fiscales, los precios a considerar en cada caso serán los siguientes:

|                         |   |                        |   |                         |
|-------------------------|---|------------------------|---|-------------------------|
| Terreno Fiscal          | = | 0,01 UF/m <sup>2</sup> | ≈ | 0,3 US\$/m <sup>2</sup> |
| Terreno de Particulares | = | 0,30 UF/m <sup>2</sup> | ≈ | 9,5 US\$/m <sup>2</sup> |

Para efecto de cálculo se estima el valor de la UF en \$ 14.500.

### 2.5 Costos Estanques.

Para el almacenamiento del agua de riego se ha considerado el uso de estanques de hormigón armado de un volumen unitario de 10.000 m<sup>3</sup>.

Los costos de este estanque se entregan a continuación:

Cuadro N° 3: Costo Construcción Estanque Hormigón V = 10.000 m<sup>3</sup>

| Ítem  | P. Total         |
|---|------------------|
| ⇒ Estanque (Incluye Mov. Tierra, Obras de Hormigón y elementos anexos al estanque)              | 824.783          |
| ⇒ Sist. Hidráulico Estanque (Incluye Mov. Tierra, suministro y colocación de piezas especiales) | 170.435          |
| ⇒ Urbanización (Incluye Obras de Hormigón, cierros)   | 176.522          |
| <b>Total [US\$]</b>   | <b>1.171.740</b> |

### 3.- Evaluación de las Alternativas de Bombeo

Se procede a evaluar cada una de las alternativas de bombeo en estudio y los diámetros a utilizar en las impulsiones que ellas consideran.

Para efecto de estos análisis se ha considerado utilizar tubería de asbesto cemento, lo cual no invalida los resultados (en cuanto a los diámetros económicos) en caso de consultar después otro material de la tubería.

#### 3.1 Evaluación Alternativa A

Esta alternativa considera los siguientes equipos de bombeo:

Cuadro N°4: N° de Bombas, Caudales por Bomba y Alturas de Elevación por diámetro de Impulsión.

| Estación | N° Bombas | Q [lt/s] | H <sub>r</sub> (m) |          |          |          |           |
|----------|-----------|----------|--------------------|----------|----------|----------|-----------|
|          |           |          | D=600 mm           | D=700 mm | D=800 mm | D=900 mm | D=1000 mm |
| 1        | 3 + 1     | 232      |                    |          | 15,05    |          |           |
| 2        | 2 + 1     | 350      | 69,58              | 56,85    | 51,35    | 48,94    | 47,56     |
| 3        | 2 + 1     | 250      | 102,63             | 91,77    | 86,89    | 84,72    | 83,63     |

Considerando que la potencia requerida en cada caso se estima con la relación:

$$P \text{ [KW]} = 14 * Q \text{ [m}^3\text{/s]} * H \text{ [m]}$$

y los costos por KW de bomba son los señalados en el punto 2 de este anexo, se tiene:

Cuadro N° 5: Costos Equipos de Bombeo de la Alternativa A según diámetro de las Impulsiones

| Estación | N° Bombas | Precio Unitario [US\$] |          |          |          |           | Precio Total [US\$] |          |          |          |           |
|----------|-----------|------------------------|----------|----------|----------|-----------|---------------------|----------|----------|----------|-----------|
|          |           | D=600 mm               | D=700 mm | D=800 mm | D=900 mm | D=1000 mm | D=600 mm            | D=700 mm | D=800 mm | D=900 mm | D=1000 mm |
| 1        | 3 + 1     |                        |          | 19.665   |          |           |                     |          | 78.660   |          |           |
| 2        | 2 + 1     | 136.377                | 111.426  | 100.646  | 95.922   | 93.218    | 409.131             | 334.278  | 301.938  | 287.766  | 279.654   |
| 3        | 2 + 1     | 89.801                 | 80.299   | 76.029   | 74.130   | 73.176    | 269.403             | 240.897  | 228.087  | 222.390  | 219.528   |

Para la obtención de los costos por suministro e instalación de tuberías, se tiene lo siguiente:

Cuadro N° 6: Costo Tubería Asbesto Cemento Instalada según su diámetro y clase

| Impulsión | Longitud [m] | Asbesto Cemento Clase | Costo [US\$] |            |            |            |              |
|-----------|--------------|-----------------------|--------------|------------|------------|------------|--------------|
|           |              |                       | D = 600 mm   | D = 700 mm | D = 800 mm | D = 900 mm | D = 1.000 mm |
| 1         | 2.970        | AU-10                 |              |            | 576.180    |            |              |
| 2         | 3.440        | AV-15                 | 505.680      | 626.080    | 763.680    | 904.720    | 1.093.920    |
| 3         | 5.020        | AW-20                 | 1.209.820    | 1.440.740  | 1.792.140  | 2.093.340  | 2.489.920    |

Para estimar el costo de la energía por alternativa se considera en primer término, para todas las estaciones de bombeo involucradas, el caudal medio anual que se eleva, es decir 500 lt/s.

Para efecto de calcular la energía que anualmente se consume se supone que las estaciones de bombeo operan 24 hrs al día, los 365 días del año, bombeando el caudal medio a la altura que corresponda en cada caso.

El otro costo de energía que se considera es la potencia instalada en cada estación de bombeo, que será la necesaria para hacer partir los equipos que en cada caso operen normalmente. Además, se debe sumar el cargo fijo que cobra mensualmente la compañía eléctrica.

Con todo esto, se pueden formar los siguientes cuadros:

Cuadro N° 7: Energía Eléctrica de la Alternativa A según los diámetros considerados.

| Estación | Qmedio Anual [lt/s] | Energía Anual [KWH*1000] |          |          |          |           | Potencia Instalada [KW] |
|----------|---------------------|--------------------------|----------|----------|----------|-----------|-------------------------|
|          |                     | D=600 mm                 | D=700 mm | D=800 mm | D=900 mm | D=1000 mm |                         |
| 1        | 500                 |                          |          | 923      |          |           | 500                     |
| 2        | 500                 | 4.267                    | 3.486    | 3.149    | 3.001    | 2.916     | 750                     |
| 3        | 500                 | 6.293                    | 5.627    | 5.328    | 5.195    | 5.128     | 900                     |

Cuadro N° 8: Costo Anual Energía Eléctrica de la Alternativa A según los diámetros considerados.

| Estación | Cargo Fijo | Potencia Instalada | Energía [US\$] |            |            |            |             | Costo Total Energía Anual [US\$] |            |            |            |             |
|----------|------------|--------------------|----------------|------------|------------|------------|-------------|----------------------------------|------------|------------|------------|-------------|
|          |            |                    | D = 600 mm     | D = 700 mm | D = 800 mm | D = 900 mm | D = 1000 mm | D = 600 mm                       | D = 700 mm | D = 800 mm | D = 900 mm | D = 1000 mm |
| 1        | 46         | 8.187              |                |            | 46.766     |            |             |                                  |            | 54.999     |            |             |
| 2        | 46         | 12.281             | 216.198        | 176.627    | 159.552    | 152.053    | 147.746     | 228.525                          | 188.954    | 171.879    | 164.380    | 160.073     |
| 3        | 46         | 14.737             | 318.850        | 285.105    | 269.956    | 263.217    | 259.822     | 333.633                          | 299.888    | 284.739    | 278.000    | 274.605     |

En el cuadro siguiente se presentan los costos, resumidos, asociados a la Alternativa A.

Cuadro N° 9: Resumen de Costos de la Alternativa A

| Diámetro mm   | Eq. de Bombeo [US\$] | Tubería [US\$] | Energía Anual [US\$] |
|---------------|----------------------|----------------|----------------------|
| IMPULSION # 1 |                      |                |                      |
| 800           | 78.660               | 576.180        | 54.999               |
| IMPULSION # 2 |                      |                |                      |
| 600           | 409.131              | 505.680        | 228.525              |
| 700           | 334.278              | 626.080        | 188.954              |
| 800           | 301.938              | 763.680        | 171.879              |
| 900           | 287.766              | 904.720        | 164.380              |
| 1000          | 279.654              | 1.093.920      | 160.073              |
| IMPULSION # 3 |                      |                |                      |
| 600           | 269.403              | 1.209.820      | 333.633              |
| 700           | 240.897              | 1.440.740      | 299.888              |
| 800           | 228.087              | 1.792.140      | 284.739              |
| 900           | 222.390              | 2.093.340      | 278.000              |
| 1000          | 219.528              | 2.489.920      | 274.605              |

Para determinar cual será el diámetro económico para las impulsiones # 2 y 3 se calcula los VAN asociados a cada caso, considerando que se realiza un reemplazo de equipo a los 15 años, y que el plazo total de evaluación es de 30 años. Se estima entonces lo siguiente:

Cuadro N° 10: Valores Actualizados Netos de la Alternativa A.

| Diámetro<br>mm | VAN Millones [US\$] |        |         |         |
|----------------|---------------------|--------|---------|---------|
|                | i = 0%              | i = 8% | i = 12% | i = 16% |
| IMPULSION # 1  |                     |        |         |         |
| 800            | 2,38                | 1,35   | 1,25    | 1,06    |
| IMPULSION # 2  |                     |        |         |         |
| 600            | 8,18                | 3,83   | 3,39    | 2,60    |
| 700            | 6,96                | 3,37   | 3,01    | 2,36    |
| 800            | 6,52                | 3,26   | 2,93    | 2,34    |
| 900            | 6,41                | 3,29   | 2,97    | 2,41    |
| 1000           | 6,46                | 3,42   | 3,11    | 2,56    |
| IMPULSION # 3  |                     |        |         |         |
| 600            | 11,76               | 5,63   | 5,01    | 3,90    |
| 700            | 10,92               | 5,41   | 4,85    | 3,86    |
| 800            | 10,79               | 5,56   | 5,03    | 4,09    |
| 900            | 10,88               | 5,77   | 5,26    | 4,34    |
| 1000           | 11,17               | 6,12   | 5,61    | 4,70    |

Con los resultados de este cuadro y considerando una tasa de descuento de un 12%, se puede apreciar que los diámetros que deben utilizarse, en las impulsiones de la Alternativa A, son las siguientes:

|              |    |                     |   |          |
|--------------|----|---------------------|---|----------|
| Impulsión #1 | => | $D_{\text{óptimo}}$ | = | 800 [mm] |
| Impulsión #2 | => | $D_{\text{óptimo}}$ | = | 800 [mm] |
| Impulsión #3 | => | $D_{\text{óptimo}}$ | = | 700 [mm] |

### 3.2 Evaluación Alternativa B.1

Esta alternativa considera las impulsiones #1 y #2, que son iguales a Alternativa A y las nuevas impulsiones, #3 y #4, que deben evaluarse:

Cuadro N° 11: N° Bombas, Caudales por bomba y Alturas de elevación por diámetro de Impulsión

| Estación | N° Bombas | Q<br>[lt/s] | $H_T$ (m) |          |          |          |          |
|----------|-----------|-------------|-----------|----------|----------|----------|----------|
|          |           |             | D=500 mm  | D=600 mm | D=700 mm | D=800 mm | D=900 mm |
| 3        | 2 + 1     | 350         | —         | 51,30    | 40,57    | 35,93    | 33,90    |
| 4        | 2 + 1     | 250         | 82,82     | 67,93    | 62,31    | 59,78    | 58,66    |

Se estima también, a continuación, los costos para los equipos de bombeo necesarios para estas estaciones:

Cuadro N° 12: Costos Equipos de Bombeo

| Estación | N° Bombas | Precio Unitario [US\$] |          |          |          |          | Precio Total [US\$] |          |          |          |          |
|----------|-----------|------------------------|----------|----------|----------|----------|---------------------|----------|----------|----------|----------|
|          |           | D=500 mm               | D=600 mm | D=700 mm | D=800 mm | D=900 mm | D=500 mm            | D=600 mm | D=700 mm | D=800 mm | D=900 mm |
| 3        | 2 + 1     | ---                    | 100.548  | 79.517   | 70.423   | 66.444   | ---                 | 301.644  | 238.551  | 211.269  | 199.332  |
| 4        | 2 + 1     | 72.468                 | 39.439   | 54.521   | 52.308   | 51.328   | 217.404             | 178.317  | 163.563  | 156.924  | 153.984  |

Para estas alternativas se tiene los siguientes costos, por la instalación de la tubería:

Cuadro N° 13: Costos Tuberías de Asbesto Cemento

| Impulsión | Longitud [m] | Asbesto Cemento Clase | Costo [US\$] |            |            |            |            |
|-----------|--------------|-----------------------|--------------|------------|------------|------------|------------|
|           |              |                       | D = 500 mm   | D = 600 mm | D = 700 mm | D = 800 mm | D = 900 mm |
| 3         | 2.630        | AU-10                 | ----         | 347.160    | 423.430    | 510.220    | 612.790    |
| 4         | 2.810        | AV-15                 | 317.530      | 413.070    | 511.420    | 623.820    | 739.030    |

Para efecto de cuantificar los costos de energía se tiene lo siguiente:

Cuadro N° 14: Energía Eléctrica de la Alternativa B.1 según los diámetros considerados

| Estación | Qmedio Anual [lt/s] | Energía Anual [KWH*1000] |          |          |          |          | Potencia Instalada [KW] |
|----------|---------------------|--------------------------|----------|----------|----------|----------|-------------------------|
|          |                     | D=500 mm                 | D=600 mm | D=700 mm | D=800 mm | D=900 mm |                         |
| 3        | 500                 | ---                      | 3.146    | 2.488    | 2.203    | 2.079    | 500                     |
| 4        | 500                 | 5.079                    | 4.165    | 3.821    | 3.666    | 3.597    | 750                     |

Cuadro N° 15: Costo Anual de la Energía Eléctrica

| Estación | Cargo Fijo US\$ | Potencia Instalada US\$ | Energía [US\$] |          |          |          |          | Costo Total Energía Anual [US\$] |          |          |          |          |
|----------|-----------------|-------------------------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|          |                 |                         | D=500 mm       | D=600 mm | D=700 mm | D=800 mm | D=900 mm | D=500 mm                         | D=600 mm | D=700 mm | D=800 mm | D=900 mm |
| 3        | 46              | 8.187                   | ---            | 159.400  | 126.060  | 111.620  | 105.338  | ---                              | 167.633  | 134.293  | 119.853  | 113.571  |
| 4        | 46              | 12.281                  | 257.340        | 211.030  | 193.600  | 185.747  | 182.251  | 269.667                          | 223.357  | 205.927  | 198.074  | 194.578  |

Cuadro N° 16: Resumen de Costos

| Diámetro<br>mm | Eq. De Bombeo<br>[US\$] | Tubería<br>[US\$] | Energía Anual<br>[US\$] |
|----------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| IMPULSION # 3  |                         |                   |                         |
| 600            | 301.644                 | 347.160           | 167.633                 |
| 700            | 238.551                 | 423.430           | 134.293                 |
| 800            | 211.269                 | 510.220           | 119.853                 |
| 900            | 199.332                 | 612.790           | 113.571                 |
| IMPULSION # 4  |                         |                   |                         |
| 500            | 217.404                 | 317.530           | 269.667                 |
| 600            | 178.317                 | 413.070           | 223.357                 |
| 700            | 163.563                 | 511.420           | 205.927                 |
| 800            | 156.924                 | 623.820           | 198.074                 |
| 900            | 153.984                 | 739.030           | 194.578                 |

Cuadro N° 17: Valores Netos Actualizados Alternativa B.1

| Diámetro<br>mm | VAN Millones [US\$] |        |         |         |
|----------------|---------------------|--------|---------|---------|
|                | i = 0%              | i = 8% | i = 12% | i = 16% |
| IMPULSION # 3  |                     |        |         |         |
| 600            | 5,98                | 2,79   | 2,47    | 1,89    |
| 700            | 4,93                | 2,38   | 2,12    | 1,65    |
| 800            | 4,53                | 2,25   | 2,02    | 1,61    |
| 900            | 4,42                | 2,26   | 2,04    | 1,65    |
| IMPULSION # 4  |                     |        |         |         |
| 500            | 8,84                | 3,89   | 3,39    | 2,49    |
| 600            | 7,47                | 3,37   | 2,95    | 2,21    |
| 700            | 7,02                | 3,23   | 2,85    | 2,17    |
| 800            | 6,88                | 3,24   | 2,88    | 2,22    |
| 900            | 6,88                | 3,31   | 2,95    | 2,31    |

De los resultados anteriores se obtiene que para cualquier tasa de descuento mayor a cero, las impulsiones deberían tener los diámetros que se indican a continuación:

Impulsión #3  $D_{\text{óptimo}} = 800 \text{ mm}$   
 Impulsión #4  $D_{\text{óptimo}} = 700 \text{ mm}$

### 3.3 Evaluación Alternativa B.2

Para esta alternativa la única impulsión que se debe evaluar es la Impulsión #1, y para ella se tiene:

Cuadro N° 18: N° Bombas, Caudales por Bomba y Alturas de elevación por diámetro de Impulsión

| Estación | N° Bombas | Q      | D    | H <sub>T</sub> |
|----------|-----------|--------|------|----------------|
|          |           | [lt/s] | [mm] | [m]            |
| 1        | 2 + 1     | 350    | 600  | 97,37          |
|          |           |        | 700  | 73,65          |
|          |           |        | 800  | 63,40          |
|          |           |        | 900  | 58,91          |
|          |           |        | 1000 | 56,35          |

Cuadro N° 19: Costos Equipo de Bombeo

| Estación | N° Bombas | D    | Precio Unitario | Precio Total |
|----------|-----------|------|-----------------|--------------|
|          |           | [mm] | US\$            | US\$         |
| 1        | 2 + 1     | 600  | 190.845         | 572.535      |
|          |           | 700  | 144.354         | 433.062      |
|          |           | 800  | 124.264         | 372.792      |
|          |           | 900  | 115.464         | 346.392      |
|          |           | 1000 | 110.446         | 331.338      |

Cuadro N° 20: Costos Tuberías Asbesto Cemento

| Estación | Longitud | D    | Asb.Cem. | Precio Unitario | Precio Total |
|----------|----------|------|----------|-----------------|--------------|
|          | [m]      | [mm] | Clase    | US\$            | US\$         |
| 1        | 6.267    | 600  | AV-15    | 147             | 921.249      |
|          |          | 700  |          | 182             | 1.140.594    |
|          |          | 800  |          | 222             | 1.391.274    |
|          |          | 900  |          | 263             | 1.648.221    |
|          |          | 1000 |          | 318             | 1.992.906    |

Cuadro N° 21: Energía Eléctrica

| Estación | Qmedio Anual<br>[lt/s] | Potencia Instalada<br>KW | D<br>[mm] | Energía Anual<br>[KWHx1000] |
|----------|------------------------|--------------------------|-----------|-----------------------------|
| 1        | 500                    | 900                      | 600       | 5.971                       |
|          |                        |                          | 700       | 4.516                       |
|          |                        |                          | 800       | 3.888                       |
|          |                        |                          | 900       | 3.612                       |
|          |                        |                          | 1000      | 3.455                       |

Cuadro N° 22: Costo Anual de la Energía Eléctrica

| Estación | Cargo Fijo<br>US\$ | Potencia Instalada<br>US\$ | D<br>[mm] | Energía<br>[US\$] | Costo Total<br>[US\$] |
|----------|--------------------|----------------------------|-----------|-------------------|-----------------------|
| 1        | 46                 | 14.737                     | 600       | 302.535           | 317.318               |
|          |                    |                            | 700       | 228.814           | 243.597               |
|          |                    |                            | 800       | 196.995           | 211.778               |
|          |                    |                            | 900       | 183.011           | 197.794               |
|          |                    |                            | 1000      | 175.056           | 189.839               |

Cuadro N° 23: Resumen de Costos Alternativa B.2

| Impulsión | D<br>[mm] | Equipos Bombeo<br>[US\$] | Tubería<br>[US\$] | Energía Anual<br>[US\$] |
|-----------|-----------|--------------------------|-------------------|-------------------------|
| 1         | 600       | 572.535                  | 921.249           | 317.318                 |
|           | 700       | 433.062                  | 1.140.594         | 243.597                 |
|           | 800       | 372.792                  | 1.391.274         | 211.778                 |
|           | 900       | 346.392                  | 1.648.221         | 197.794                 |
|           | 1000      | 331.338                  | 1.992.906         | 189.839                 |

*ANEXO # 2*

*CRITERIOS DE DISEÑO DE  
LAS ESTACIONES DE BOMBEO*

Cuadro N° 24: Valores Netos Actualizados

| Impulsión | D<br>[mm] | VAN Millones [US\$] |        |         |         |
|-----------|-----------|---------------------|--------|---------|---------|
|           |           | i = 0%              | i = 8% | i = 12% | i = 16% |
| 1         | 600       | 11,59               | 5,55   | 4,94    | 3,84    |
|           | 700       | 9,31                | 4,68   | 4,21    | 3,37    |
|           | 800       | 8,49                | 4,47   | 4,06    | 3,33    |
|           | 900       | 8,27                | 4,52   | 4,14    | 3,46    |
|           | 1000      | 8,35                | 4,75   | 4,38    | 3,73    |

De los resultados anteriores se obtiene que para la Impulsión #1 de la Alternativa B.2 el diámetro óptimo es de 800 mm.

1. **Introducción.**

En este documento se especifican cuales serán los criterios de diseño para cada una de las Estaciones de Bombeo para cada alternativa que se en estudia.

2. **Alternativa A.**

2.1 Estación de Bombeo # 1.

Para el diseño de esta Estación de Bombeo se tiene lo siguiente:

|                           |                       |   |             |
|---------------------------|-----------------------|---|-------------|
| Estación Chinchorro Norte | Cota Losa Pozo        | = | 4 m s.n.m.  |
| (Existente)               | Cota Nivel Medio Pozo | = | -1 m s.n.m. |

- Las bombas existentes en la planta corresponden a Bombas Flygt 3355, cuyas curvas se muestran en la Fig. 1.
- Se considera operar 3 bombas en forma simultánea.
- Se requiere utilizar al máximo la capacidad de bombeo de la planta existente.

Para la construcción de la curva del sistema se considera lo siguiente:

- Elevar hasta la cota de terreno 10 m s.n.m. Considerando que la tubería está enterrada a 1 m por sobre la clave se tiene que la altura geométrica de elevación es:

$$H_g = ((10 - 1) - (-1)) = 10 \text{ m}$$

- La longitud de la impulsión para llegar a la cota 10 m s.n.m. es de 2.970 m.
- Se evalúan sólo los diámetros entre 700 mm y 1.000 mm.

Para este rango de diámetros y para un caudal de 700 l/s se tienen los siguientes valores de pérdidas por fricción:

| D<br>[ mm ] | Q<br>[ l/s ] | J      |
|-------------|--------------|--------|
| 700         | 700          | 0,0033 |
| 800         | 700          | 0,0017 |
| 900         | 700          | 0,0010 |
| 1000        | 700          | 0,0006 |

Para este cálculo se ha considerado tubería de asbesto cemento con un valor de  $C = 140$  en la fórmula de Hazen - William.

- Se grafican, en la Fig. 1 las respectivas curvas del sistema.
- Como las presiones al interior de la tubería variarán, dependiendo del diámetro de impulsión a utilizar entre  $\approx 20$  m.c.a. (si  $D = 700$  mm) a  $\approx 12$  m.c.a. (si  $D = 1.000$  mm) se considera utilizar una impulsión en tubería de asbesto cemento clase AU-10. Esta tubería resiste hasta  $5 \text{ kg/cm}^2$  como presión de trabajo.

Como conclusión para la Impulsión #1 se tiene que el diámetro más conveniente de instalar es el de 800 mm, pues tiene igualdad de costo en equipos y en consumo de energía en la Planta Elevadora de Chinchorro Norte, para entregar el caudal de 700 l/s en el punto requerido.



## 2.2 Estación de Bombeo #2

Para el diseño de esta estación se tiene lo siguiente:

|               |   |  |   |               |
|---------------|---|--|---|---------------|
| Punto Partida | : | Cota terreno                                     | = | 10 m.s.n.m.   |
|               |   | Cota Nivel Medio Pozo                            | = | 6 m.s.n.m.    |
| Punto Llegada | : | Cota terreno                                     | = | 53 m.s.n.m.   |
|               |   | Cota Radier Cámara de entrada Planta Tratamiento | = | 51,5 m.s.n.m. |

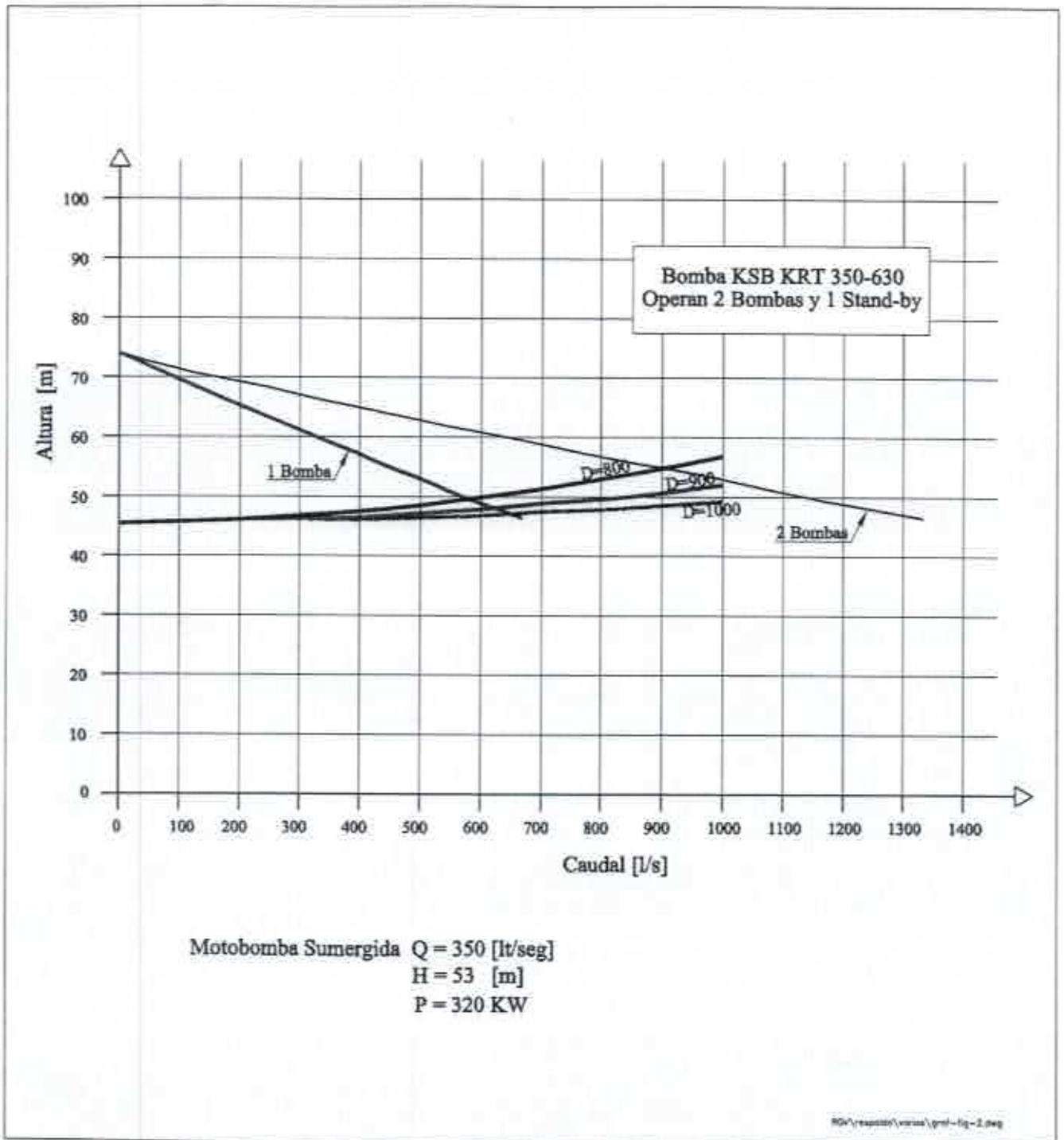
Para la construcción de la curva del sistema se considera lo siguiente:

- Altura geométrica de elevación

$$H_g = (51,5 - 6) = 45,5 \text{ m}$$

- La longitud de la impulsión entre el punto de partida y el de llegada es de 3.440 m.
- Se considera operar dos bombas en forma simultánea.
- El caudal máximo de porteo son 700 l/s.
- Se construyen las curvas del sistema con los diámetros 800 mm a 1.000 mm.
- Se considera, para efecto de los cálculos, tubería de asbesto cemento con un valor de  $C = 140$  en la fórmula de Hazen - William.
- Se grafican en la Fig. 2 las respectivas curvas del sistema.
- Como las presiones en la tubería varían entre  $\approx 70$  m.c.a. (si  $D = 600$  mm) a  $\approx 48$  m.c.a. (si  $D = 1.000$  mm), se considera utilizar una impulsión en tubería de asbesto cemento clase AV-15. Esta tubería resiste hasta  $7,5 \text{ kg/cm}^2$  como presión de trabajo.

**Fig. 2: ESTACION DE BOMBEO #2**  
**(Proyectada ALT. A)**



### 2.3 Estación de Bombeo #3

Para el diseño de esta Estación de bombeo se tiene lo siguiente:

Punto Partida : Cota Nivel mínimo = 43 m.s.n.m.  
 Pozo Salida Planta

Punto Llegada : Estanque #1  $C_T$  = 80 m.s.n.m.  
 Estanque #2  $C_T$  = 125 m.s.n.m.

- Para esta planta se considera que el caudal elevado será de 500 lt/s, el que se eleva a estanques que están a distinta altura. El primer estanque está a  $C_T = 80$  m.s.n.m. y a él se le entregan 250 lt/s, al segundo estanque ubicado a  $C_T = 125$  m.s.n.m. se le entrega el resto del caudal.
- Altura geométrica de elevación  

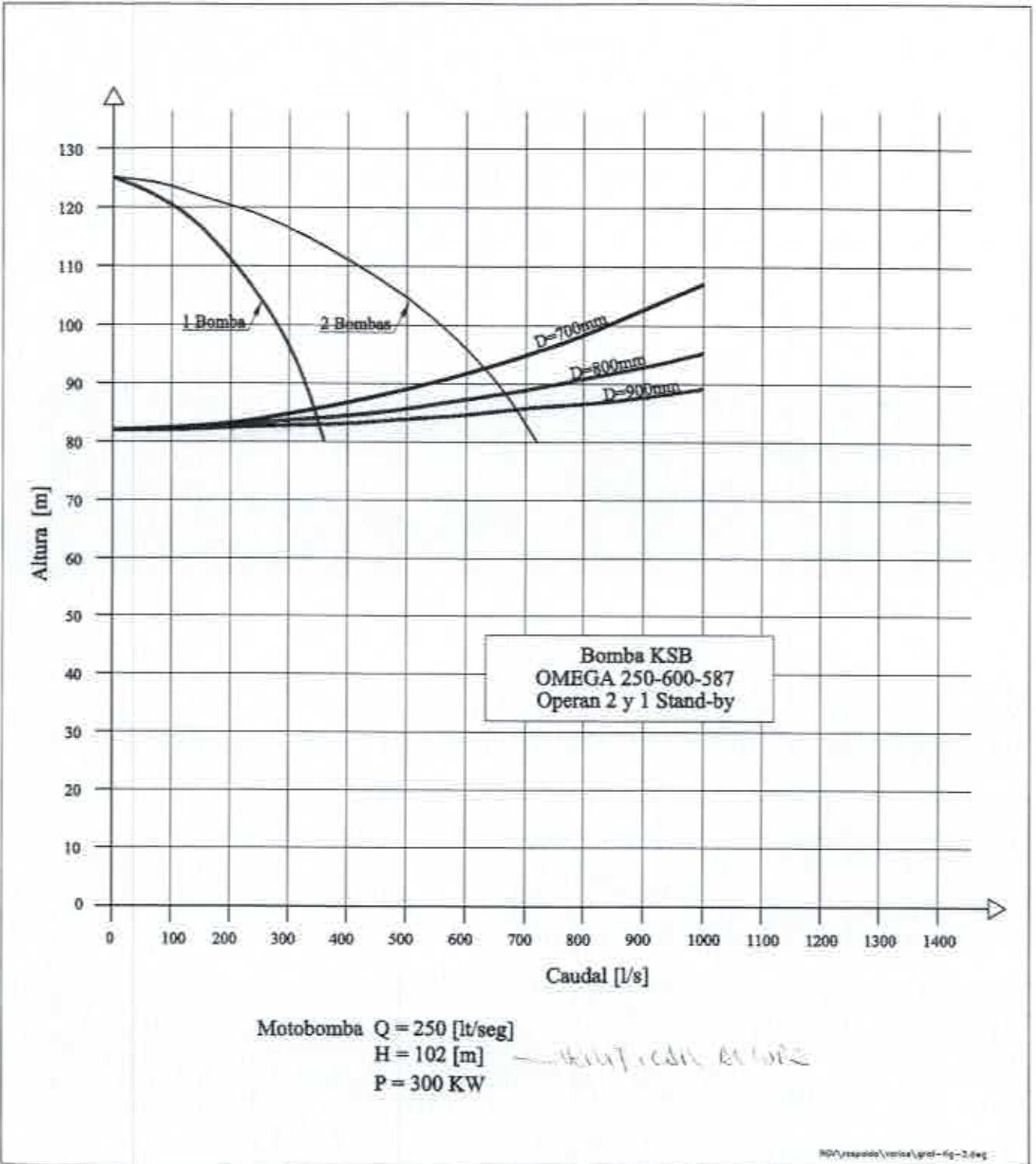
$$H_g = (125 - 43) = 82 \text{ m}$$
- La longitud de la impulsión hasta el Estanque #1 es de 2.970 m. La longitud de la impulsión entre la entrega al estanque #1 y la entrega al Estanque #2 es de 2.050 m.
- Se considera que las pérdidas de carga serán las que se indican en el siguiente cuadro:

| D<br>[ mm ] | Q<br>[ l/s ] | J      |
|-------------|--------------|--------|
| 700         | 500          | 0,0018 |
| 800         | 500          | 0,0009 |
| 900         | 500          | 0,0005 |
| 1000        | 500          | 0,0003 |

Para este cálculo se ha considerado tubería de asbesto cemento con un valor  $C = 140$  en la fórmula de Hazen - William.

- Se considera operar dos bombas que en conjunto elevan 500 l/s.
- Las curvas del sistema se indican en la Fig. 3 adjunta.
- Como las presiones en la tubería varían entre  $\approx 103$  m.c.a. (si  $D = 600$  mm) a  $\approx 84$  m.c.a. (si  $D = 1.000$  mm), se considera utilizar una impulsión en tubería de asbesto cemento clase AW-20. Esta tubería resiste hasta 10,0 kg/cm<sup>2</sup> una presión de trabajo.

**Fig. 3: ESTACION DE BOMBEO #3**  
**(Proyectada ALT. A)**



### 3. Alternativa B.1

#### 3.1 Estación de Bombeo #1

Corresponde exactamente a la misma estación considerada para la Alternativa A.

#### 3.2 Estación de Bombeo #2

Corresponde exactamente a la misma estación considerada para la Alternativa A.

#### 3.3 Estación de Bombeo #3

Para el diseño de esta estación se debe considerar lo siguiente:

|               |                                 |               |
|---------------|---------------------------------|---------------|
| Punto Partida | : Cota terreno                  | = 53 m.s.n.m. |
|               | Cota Nivel Medio Pozo           | = 49 m.s.n.m. |
| Punto Llegada | : Cota terreno                  | = 81 m.s.n.m. |
|               | Cota Entrada Planta Tratamiento | = 80 m.s.n.m. |

Para la construcción de la curva del sistema se considera lo siguiente:

- Altura geométrica de elevación  

$$H_g = (80 - 49) = 31 \text{ m}$$
- La longitud de la impulsión es de 2.630 m.
- Se considera operando dos bombas en forma simultánea.
- Se bombea un caudal máximo de 700 l/s.
- Como las presiones en la tubería varían entre  $\approx 42$  m.c.a. (si  $D = 700$  mm) a  $\approx 34$  m.c.a. (si  $D = 1.000$  mm), se considera utilizar una impulsión en tubería de asbesto cemento clase AU-10.

#### 3.4 Estación de Bombeo # 4.

Para el diseño de esta estación se debe considerar lo siguiente:

|               |   |           |
|---------------|---|-----------|
| Punto Partida | : Salida Planta Tratamiento Alternativa B | = 67,75 m |
| Punto Llegada | : Estanque #2                             | = 125 m   |

Para la construcción de la curva del sistema se considera lo siguiente:

- Altura geométrica de elevación:

$$H_g = (125 - 67,75) = 57,25 \text{ m}$$

- La longitud de la impulsión es de 2.810 m.
- Se considera operando dos bombas en forma simultánea.
- Se bombea un caudal de 500 l/s.
- Como las presiones en la tubería varían entre  $\approx 64$  m.c.a. (si  $D = 500$  mm) a  $\approx 58$  m.c.a. (si  $D = 1.000$  mm), se considera utilizar una impulsión en tubería de asbesto cemento clase AV-15.

#### 4. Alternativa B.2

##### 4.1 Estación de Bombeo #1

Para el diseño de esta estación se debe considerar lo siguiente:

|               |   |                 |
|---------------|---|-----------------|
| Punto Partida | : Cota nivel Pozo                                     | = -1 m.s.n.m.   |
| Punto Llegada | : Cota Radier<br>Cámara Entrada<br>Estación Bombeo #2 | = 51,5 m.s.n.m. |

Para la construcción de la curva del sistema se considera lo siguiente:

- Altura geométrica de elevación:

$$H_g = (51,5 - (-1)) = 52,5 \text{ m}$$

- La longitud de la impulsión es de 6.267 m.
- Se considera operar dos bombas en forma simultánea.
- Como las presiones en la tubería varían entre  $\approx 97$  m.c.a. (si  $D = 600$  mm) a  $\approx 57$  m.c.a. (si  $D = 1.000$  mm), se considera utilizar una impulsión en tubería de asbesto cemento clase AV-15.

*ANEXO # 3*

*ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE  
Alternativa B.1 y Alternativa B.2*

## 1.- Introducción.

Este documento tiene por objeto comparar las alternativas B.1 y B.2, de tal modo de seleccionar aquella que resulte más conveniente desde el punto de vista económico.

## 2.- Descripción de las Alternativas.

Las alternativas difieren entre sí hasta la Estación de Bombeo ubicada a cota 53 m.s.n.m. En los puntos siguientes se describen en detalle las obras ubicadas antes de dicho punto.

### 2.1 Alternativa B.1.

Esta alternativa considera lo siguiente:

- a) Aprovechamiento mediante mejoramiento de las instalaciones existentes en la planta elevadora Chinchorro Norte, para lo cual se consulta lo siguiente:
  - Suministro de 4 equipos de bombeo similares a los existentes.
  - Suministro de nuevos equipos de trituración (conminutores).
  - Modificación del sistema eléctrico de tal manera que puedan funcionar 3 bombas en forma simultánea, además de los trituradores y el sistema de control de gases.
- b) Construcción de la Impulsión # 1, que corresponde a una tubería de D=800 mm y de 2.970 m de longitud.
- c) Construcción de la Estación de Bombeo # 2, que constará de lo siguiente:
  - Pozo húmedo para bombas ( $Q_{\text{máx}} = 700 \text{ l/s}$ ;  $H = 51 \text{ m}$ )
  - Cámara de válvulas
  - Equipo de Protección de Golpe de Ariete
  - Equipo Motogenerador
  - S/E eléctrica
  - Compra de un terreno particular de 50 x 50 m
  - Cierros perimetrales y urbanización de un recinto de 50 x 50 m, en terrenos particulares vecinos al hipódromo de Arica.
- d) Construcción de la Impulsión # 2, que corresponde a una tubería de D=800 mm y de 3.440 m de longitud.

De este punto en adelante la Alternativa B.1 es igual a la Alternativa B.2 y por ende no se detallan las obras que siguen.

## 2.2 Alternativa B.2

Esta Alternativa considera lo siguiente:

- a) Modificación de la Estación de Bombeo Chinchorro Norte de tal modo que se pueda desviar el caudal afluente a una planta elevadora ubicada en un sitio vecino al oriente de ella. Esta estará dotada de equipos de bombeo capaces de elevar 700 l/s a una estación de rebombeo ubicada junto a la Quebrada de Lluta.

Para este objetivo se consulta lo siguiente:

- Reemplazo de los 4 equipos de bombeo de la planta Chinchorro Norte por otros similares.
  - Suministro de nuevos equipos de trituración
  - Suministro de 3 equipos de bombeo tales que dos de ellos eleven 700 l/s a aprox. 61 m.
  - Modificación en las Obras Civiles de la planta existente
  - Construcción de un nuevo pozo húmedo para bombas
  - Construcción de un nueva cámara de válvulas
  - Suministrar equipo de protección de Golpe de Ariete
  - Suministrar equipo Motogenerador
  - Suministrar S/E eléctrica
  - Compra de un terreno particular de 30x40 m. El terreno en cuestión es colindante a la planta, en el costado oriente de ella.
- b) Construcción de la Impulsión # 1, que corresponde a una tubería de D=800 mm y de 6.267 m de longitud.

De este punto en adelante la Alternativa B.2 es igual a la Alternativa B.1 y por ende no se detallan las obras que siguen.

## 3.- Comparación de Obras entre Alternativa B.1 y Alternativa B.2

Los ítems que hacen la diferencia entre una y otra alternativa son los siguientes:

- En las tuberías ambas alternativas tienen igual diámetro de impulsión, pero diferente longitud total.

- En los equipos de Bombeo la Alternativa B.1 considera reemplazar los 4 equipos existentes en la Estación de Bombeo Chinchorro Norte, por otros iguales, y dotar de 3 equipos de aproximadamente 250 KW cada uno, a la Estación de Bombeo #2.

La Alternativa B.2 considera reemplazar los equipos existentes en la Estación de Bombeo Chinchorro Norte, al igual que la Alternativa A. Además, considera el suministro de 3 equipos de aproximadamente 300 KW cada uno, para una nueva planta elevadora, vecina a la existente.

- La Alternativa B.1 considera construir la Estación de Bombeo #2 a unos 2.970 m al norte de la Estación Chinchorro Norte. La Alternativa B.2 elimina esta segunda Estación de Bombeo, elevando directamente hasta la cota de terreno 53 m.s.n.m.
- Ambas alternativas consideran diferentes consumos de energía, los cuales se pueden extraer del análisis hecho en el Anexo #2.
- La Alternativa B.1 considera la compra de un terreno de 50 x 50 m en la zona vecina al Hipódromo de Arica. La Alternativa B.2 contempla una ampliación de la Planta Chinchorro Norte comprando un terreno colindante al oriente de ella, con una superficie de 30x40 m.

Ambos terrenos, para efectos de su precio se consideran privados.

#### 4.- Comparación de Costos entre Alternativa B.1 y Alternativa B.2.

Los costos en cada caso son los siguientes:

- Tuberías

|                 |                    |     |                 |           |
|-----------------|--------------------|-----|-----------------|-----------|
| Alternativa B.1 | φ 800 mm H. Dúctil | L = | 2.970 + 3.440 = | 6.410 m   |
|                 | => Costo [US\$]    |     | =               | 2.301.190 |

|                 |                    |     |             |
|-----------------|--------------------|-----|-------------|
| Alternativa B.2 | φ 800 mm H. Dúctil | L = | 6.267 m     |
|                 | => Costo [US\$]    |     | = 2.249.853 |

- Equipos de Bombeo:

|                 |              |   |         |
|-----------------|--------------|---|---------|
| Alternativa B.1 | 4 x 19.665   | = | 78.660  |
|                 | 3 x 100.646  | = | 301.938 |
|                 |              |   | -----   |
|                 | Total [US\$] |   | 380.598 |

|                 |              |   |         |
|-----------------|--------------|---|---------|
| Alternativa B.2 | 4 x 19.665   | = | 78.660  |
|                 | 3 x 124.264  | = | 372.792 |
|                 |              |   | -----   |
|                 | Total [US\$] |   | 451.452 |

- Estación de Bombeo

| Alternativa     | Item   | Unid.          | Cant. | P. Unit.<br>US\$ | Total<br>US\$ |                |
|-----------------|--|----------------|-------|------------------|---------------|----------------|
| Alternativa B.1 | <u>O. Civiles</u>  |                |       |                  |               |                |
|                 | - Pozo y cámara válvula Estación Bombeo #2                               | Gl             | 1     | 59.800           | 59.800        |                |
|                 | - Urbanización Recinto Estación Bombeo #2                                | Gl             | 1     | 46.950           | 46.150        |                |
|                 |  |                |       |                  | -----         | 105.950        |
|                 | <u>O. Eléctricas</u>   |                |       |                  |               |                |
|                 | - S/E 500 KW Estación de Bombeo #1 y #2                                  | Gl             | 2     | 17.500           | 35.000        |                |
|                 | - Tablero General  | Unid.          | 2     | 8.700            | 17.400        |                |
|                 | - Tablero Partidor Bombas  | Unid.          | 7     | 8.700            | 60.900        |                |
|                 | - Línea A T  | Km             | 3     | 20.000           | 60.000        |                |
|                 |  |                |       |                  | -----         | 173.300        |
|                 | <u>Protección Golpe de Ariete</u>  |                |       |                  |               |                |
|                 | - Válv. Anticipadoras G.A. para Estación de Bombeo #1 y #2.              | Unid.          | 4     | 19.500           | 78.000        |                |
|                 | - Ventosa para Estación de Bombeo #1 y #2, y para Impulsión #1 y #2.     | Unid.          | 9     | 1.800            | 16.200        |                |
|                 |  |                |       |                  | -----         | 94.200         |
|                 | <u>Telecomando y Telecontrol</u>   |                |       |                  |               |                |
|                 | - Equipos  | Gl             | 2     | 20.000           | 40.000        |                |
|                 | - Puesta en Marcha   | Gl             | 2     | 10.000           | 20.000        |                |
|                 | - Línea de Comunicación Aérea  | Km.            | 3     | 6.000            | 18.000        |                |
|                 |  |                |       |                  | -----         | 78.000         |
|                 | <u>Terrenos</u>  |                |       |                  |               |                |
|                 | - Compra sitio 50x50 m, en terrenos privados, para Estación de Bombeo #2 | m <sup>2</sup> | 2.500 | 9,5              | 23.750        |                |
|                 | <b>Total Alternativa B.1 [US\$]</b>                                      |                |       |                  |               | <b>475.200</b> |



- Energía

Según lo detallado en el Anexo #1 los costos en energía anual para cada alternativa son los siguientes:

|                 |                          |   |                |
|-----------------|--------------------------|---|----------------|
| Alternativa B.1 | Estación Bombeo #1       | : | 54,999         |
|                 | Estación Bombeo #2       | : | 171,879        |
|                 | Total Costo Anual [US\$] | : | <u>226.878</u> |

|                 |                          |   |                |
|-----------------|--------------------------|---|----------------|
| Alternativa B.2 | Estación Bombeo #1       | : | 211,778        |
|                 | Total Costo Anual [US\$] | : | <u>211.778</u> |

Como resumen de lo analizado se tiene:

| Alternativa | Inversión [US\$] | Energía Anual [US\$] |
|-------------|------------------|----------------------|
| B.1         | 3.156.988        | 226.878              |
| B.2         | 2.994.955        | 211.778              |

De los resultados anteriores, y sin más análisis se puede concluir que resulta más conveniente desde el punto de vista económico la Alternativa B.2, ya que las restantes obras que comprenden cada una de las Alternativas (Plantas de Tratamiento, Estaciones de Bombeo, Impulsiones y Estanques), no difieren entre una alternativa u otra.

Con este resultado pasamos entonces a distinguir sólo dos alternativas para un análisis completo, esto es la Alternativa A. y la Alternativa B.2, que en adelante llamaremos Alternativa B.

*ANEXO # 4*

*COMPARACION ECONOMICA ENTRE  
Alternativa A y Alternativa B*

## 1. Introducción.

La diferencia básica, entre las alternativas a comparar (Alternativa A y B), radica en la ubicación donde se construye la planta de tratamiento. En el primer caso, Alternativa A, ésta se ubica en el sector sur poniente de la intersección de la Quebrada de Lluta con la Panamericana Norte, en terreno de propiedad de particulares. En el caso de la Alternativa B la planta de tratamiento se construye en el sur poniente de la intersección de la Quebrada Gallinazo con la carretera Panamericana Norte, en terrenos fiscales.

Los diferentes emplazamientos de la planta, modifican las estaciones elevadoras de aguas servidas, así como los diámetros y longitudes de las impulsiones.

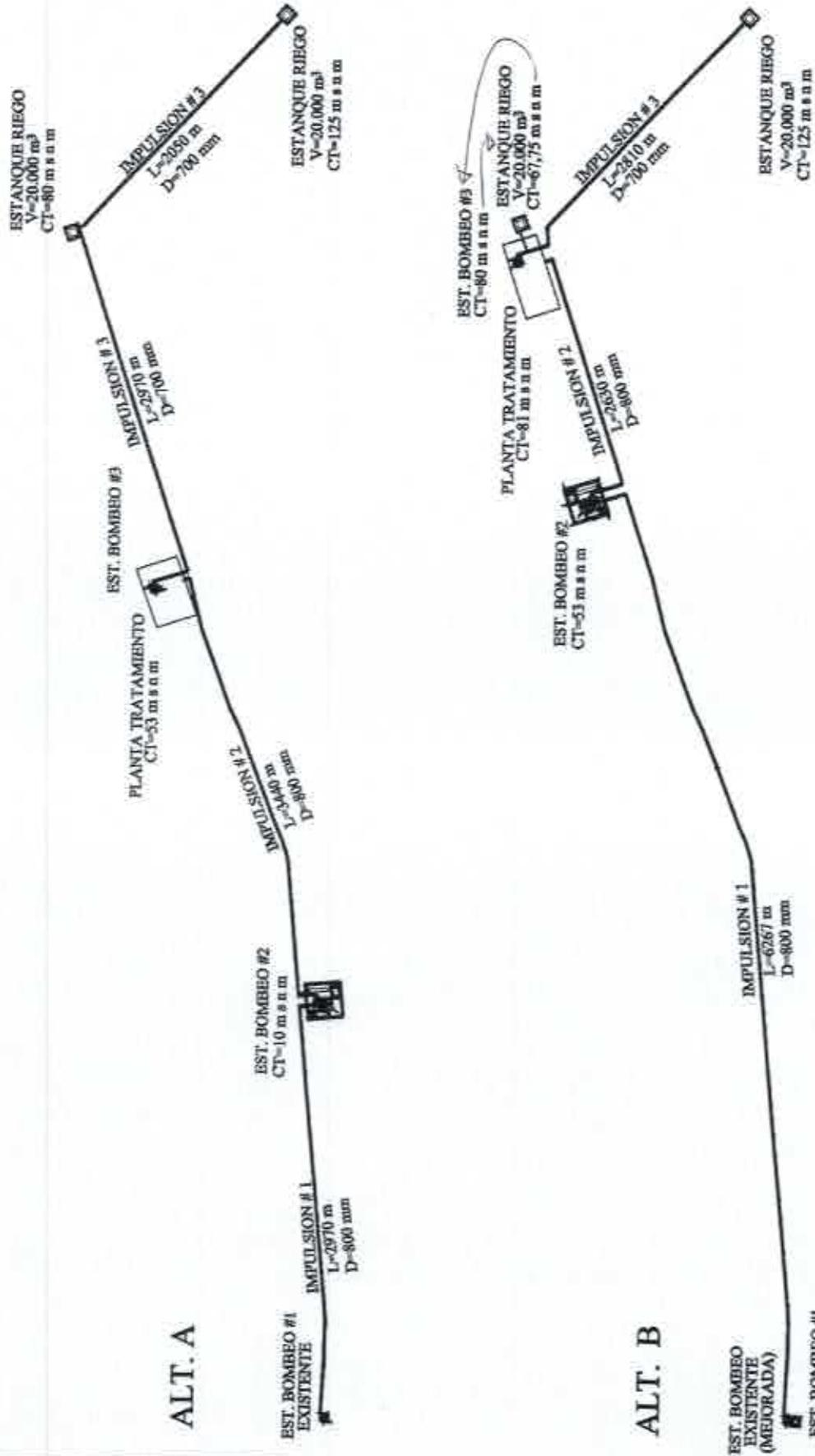
Habiendo determinado los diámetros económicos de las impulsiones la composición que se debe evaluar es la mostrada en la Fig. 1.

Para efecto de este estudio comparativo los ítems que se deben considerar son los siguientes:

- Costos de suministro e instalación de tuberías.
- Costos de suministro e instalación de Equipos de Bombeo.
- Costos de las Estaciones de Bombeo, incluyendo Obras Civiles y Eléctricas.
- Costos de la Planta de Tratamiento.
- Compra de terrenos, para las Estaciones de Bombeo, Planta de Tratamiento y Estanques de Almacenamiento de agua de riego.
- Costos de construcción de Estanques de Almacenamiento de agua de riego.
- Costos de la energía eléctrica, de las Estaciones de Bombeo y de la Planta de Tratamiento.

Los valores unitarios, que sirven de referencia, están tomados del Anexo # 1, excepto los costos referidos a la Planta de Tratamiento, los cuales se extraen del Anexo # 5.

Fig. 1: ESQUEMAS DE ALTERNATIVAS (ANEXO #4)



NOTA:  
 PARA TODAS LAS IMPULSIONES SE HA CONSIDERADO  
 TUBERIA DE HIERRO DUCTIL TIPO K9.

## 2. Valorización de las Inversiones

Para determinar la magnitud de las inversiones para cada alternativa, se han tomado los costos que se indican en el Anexo # 1, para montar los siguientes cuadros:

Cuadro N° 1: Costos Suministro e Instalación de Tuberías de Hierro Dúctil

| Alternativa | D.<br>[mm] | Longitud<br>[m] | P. U.<br>[US\$/m] |     | Precio<br>[US\$] | Costo Total<br>[US\$] |
|-------------|------------|-----------------|-------------------|-----|------------------|-----------------------|
| A           | 700        | 5.020           | 301               | 359 | 1.511.020        | 3.812.210             |
|             | 800        | 6.410           |                   |     | 2.301.190        |                       |
| B           | 700        | 2.810           | 301               | 359 | 845.810          | 4.039.833             |
|             | 800        | 8.897           |                   |     | 3.194.023        |                       |

Cuadro N° 2: Costo de Suministro e Instalación de Equipos de Bombeo

| Alternativa      | Estación de Bombeo             | N° Equipos     | P.U.<br>[US\$] | Precio<br>[US\$] |
|------------------|--------------------------------|----------------|----------------|------------------|
| A                | 1 (Exist.) 2<br>3              | 4 3            | 19.665         | 78.660           |
|                  |                                | 3              | 100.646        | 301.938          |
|                  |                                |                | 80.299         | 240.897          |
| COSTO TOTAL US\$ |                                |                |                | 621.495          |
| B                | 1 (Exist.) 1<br>(nueva) 2<br>3 | 4 <del>3</del> | 19.665         | 78.660           |
|                  |                                | 3 <del>3</del> | 124.264        | 372.792          |
|                  |                                | 3              | 70.423         | 211.269          |
|                  |                                | 3              | 54.521         | 163.563          |
| COSTO TOTAL US\$ |                                |                |                | 826.284          |

Para la Estación de Bombeo Chinchorro Norte se considera el reemplazo de los equipos de trituración (conminutores), esto ocasiona un costo que se debe incluir en ambas alternativas.

- Costo del Suministro e Instalación de Equipos de Trituración US\$ = 50.000

Cuadro N°3: Costo Estaciones de Bombeo.

| Alternativa                 | Item   | Unid. | Cant.  | P. Unitario    | P. Total       |
|-----------------------------|--|-------|--------|----------------|----------------|
| A.                          | <u>Obras Civiles</u>   |       |        |                |                |
|                             | Pozo y cámara válvula Estación Bombeo #2 y 3                                   | Gl    | 2      | 59.800         | 119.600        |
|                             | Urbanización recintos Estación Bombeo #2                                       | Gl    | 1      | 46.950         | 46.950         |
|                             |  |       |        |                | <hr/>          |
|                             |  |       |        |                | 166.550        |
|                             | <u>Obras Eléctricas</u>  |       |        |                |                |
|                             | S/E 500 KW Estación Bombeo #1  | Gl    | 1      | 17.500         | 17.500         |
|                             | S/E 750 KW Estación Bombeo #2  | Gl    | 1      | 26.100         | 26.100         |
|                             | S/E 900 KW Estación Bombeo #3  | Gl    | 1      | 32.650         | 32.650         |
|                             | Tablero General  | Unid. | 3      | 8.700          | 26.100         |
|                             | Medidor General  | Unid. | 3      | 8.700          | 26.100         |
|                             | Tablero Partidor Bombas  | Unid. | 10     | 9.900          | 99.000         |
|                             | Línea AT   | Km    | 3      | 20.000         | 60.000         |
|                             |  |       |        |                | <hr/>          |
|                             |  |       |        |                | 287.450        |
|                             | <u>Protección Golpe de Ariete</u>  |       |        |                |                |
|                             | Valv. Anticipadora G. de Ariete para Estaciones de Bombeo #1, #2 y #3          | Unid. | 6      | 19.500         | 117.000        |
|                             | Ventosas para Estaciones de Bombeo #1, #2 y #3 y para Impulsiones #1, #2 y #3. | Unid. | 18     | 1.800          | 32.400         |
|                             |  |       |        |                | <hr/>          |
|                             |  |       |        |                | 149.400        |
|                             | <u>Telecomando y Telecontrol</u>   |       |        |                |                |
|                             | Equipos  | Gl    | 3      | 20.000         | 60.000         |
|                             | Puesta en marcha   | Gl    | 3      | 10.000         | 30.000         |
| Línea de comunicación aérea | Km   | 12    | 15.000 | 180.000        |                |
|                             |  |       |        | <hr/>          |                |
|                             |  |       |        | 270.000        |                |
|                             |  |       |        | <hr/>          |                |
|                             |  |       |        | <b>Total A</b> | <b>873.400</b> |

| Alternativa | Item   | Unid. | Cant. | P. Unitario | P. Total       |                |
|-------------|--|-------|-------|-------------|----------------|----------------|
| B           | <u>Obras Cíviles</u>   |       |       |             |                |                |
|             | Modificación Planta existente  | Gl    | 1     | 35.000      | 35.000         |                |
|             | Pozo y cámaras válvula Est. Bombeo #1, #2 y #3                                 | Gl    | 3     | 59.800      | 179.400        |                |
|             | Urbanización recinto Estación Bombeo #2  | Gl    | 1     | 46.950      | 46.950         |                |
|             |  |       |       |             |                | 261.350        |
|             | <u>Obras Eléctricas</u>  |       |       |             |                |                |
|             | S/E 500 KW Estación Bombeo #3  | Gl    | 1     | 17.500      | 17.500         |                |
|             | S/E 750 KW Estación Bombeo #2  | Gl    | 1     | 26.100      | 26.100         |                |
|             | S/E 900 KW Estación Bombeo #1  | Gl    | 1     | 32.650      | 32.650         |                |
|             | Tablero General  | Unid. | 3     | 8.700       | 26.100         |                |
|             | Medidor General  | Unid. | 3     | 8.700       | 26.100         |                |
|             | Tablero Partidor Bombas  | Unid. | 13    | 9.900       | 128.700        |                |
|             | Línea AT   | Km    | 3     | 20.000      | 60.000         |                |
|             |  |       |       |             |                | 317.150        |
|             | <u>Protección Golpe de Ariete</u>  |       |       |             |                |                |
|             | Valv. Anticipadora G. de Ariete para Estaciones de Bombeo #1, #2 y #3          | Unid. | 6     | 19.500      | 117.000        |                |
|             | Ventosas para Estaciones De Bombeo #1, #2 y #3 y para Impulsiones #1, #2 y #3. | Unid. | 18    | 1.800       | 32.400         |                |
|             |  |       |       |             |                | 149.400        |
|             | <u>Telecomando y Telecontrol</u>   |       |       |             |                |                |
|             | Equipos  | Gl    | 3     | 20.000      | 60.000         |                |
|             | Puesta en marcha   | Gl    | 3     | 10.000      | 30.000         |                |
|             | Línea de comunicación aérea  | Km    | 12    | 15.000      | 180.000        |                |
|             |  |       |       |             |                | 270.000        |
|             |  |       |       |             | <b>Total B</b> | <b>997.900</b> |

Cuadro N° 4: Compra de Terrenos

| Alternativa  | Item  | Costo [US\$]   |
|--------------|---|----------------|
| A.           | - Sitio de 50 x 50 m en terrenos particulares para Estación Bombeo #2         | 23.750         |
|              | - Sitio de 10 Hás en terrenos particulares para Planta Tratamiento            | 950.000        |
|              | - Terrenos para Estanques de Almacenamiento agua de riego. Sup. Total 3,0 Hás | 9.000          |
|              | <b>Total</b>  | <b>982.750</b> |
| B.           | - Sitio de 30 x 40 m en terrenos particulares para Estación Bombeo #1         | 11.400         |
|              | - Sitio de 50 x 50 m en terrenos particulares para Estación Bombeo #2         | 23.750         |
|              | - Sitio de 10 Hás en terrenos fiscales para Planta Tratamiento                | 30.000         |
|              | - Terrenos para Estanques de Almacenamiento agua de riego. Sup. Total 3,0 Hás | 9.000          |
| <b>Total</b> | <b>74.150</b>   |                |

Los costos de construcción de los estanques de acumulación de agua de riego son iguales para ambas alternativas obtenidos del Cuadro N°3 del Anexo #1 y son los siguientes:

Cuadro N° 5: Costo Estanques de Almacenamiento Agua de Riego.

| Alternativa | ITEM  | Cant. | P. Unitario [US\$] | P. Total [US\$] |
|-------------|---|-------|--------------------|-----------------|
| A           | - Estanque Hormigón V=10.000 m <sup>3</sup> | 4     | 1.171.740          | 4.686.960       |
| B           | - Estanque Hormigón V=10.000 m <sup>3</sup> | 4     | 1.171.740          | 4.686.960       |

Los costos de la inversión en la planta de tratamiento se han obtenido del Anexo # 5 y son los mismos para cualquiera de las alternativas consideradas.

Cuadro N° 6: Costos de Inversión Plantas de Tratamiento.

| Item  | Costo [US\$]      |
|---|-------------------|
| - <u>Obras Civiles</u><br>(Incluye instalación de faena Edificios, O. Civil de proceso, etc.) | 11.709.240        |
| - <u>Obras Eléctricas</u><br>(Incluye equipos de control, S/E eléctrica, etc.)                | 440.353           |
| - <u>Equipos</u><br>(Incluye equipo electromecánico y de laboratorio)                         | 8.993.397         |
| - <u>Puesta en Marcha</u><br>(Incluye programación y calibración de equipos)                  | 1.561.114         |
| <b>TOTAL [US\$]</b>   | <b>22.704.104</b> |

Cuadro N° 7: Resumen de Inversiones Alternativa A y Alternativa B.

| Alternativa | COSTOS [US\$] |            |                 |             |          |           |                | Costo Total [US\$] |
|-------------|---------------|------------|-----------------|-------------|----------|-----------|----------------|--------------------|
|             | Tuberías      | Eq. Bombeo | Eq. Trituración | Est. Bombeo | Terrenos | Estanques | Planta Tratam. |                    |
| A           | 3.812.210     | 621.495    | 50.000          | 873.400     | 982.750  | 4.686.960 | 22.704.104     | 33.730.919         |
| B           | 4.039.833     | 826.284    | 50.000          | 997.900     | 74.150   | 4.686.960 | 22.704.104     | 33.379.231         |

Debe considerarse en el costo, la inversión que implica el reemplazo de equipos. Para efectos de este estudio, se ha supuesto que todos los equipos de las Estaciones de Bombeo, así como de la Planta de Tratamiento, serán reemplazados a los 15 años de operación. Los costos que esto involucra se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro N°8: Costos Reposición de Equipos.

| ALTERNATIVA | COSTOS [US\$]  |                     |                           | COSTO TOTAL [US\$] |
|-------------|----------------|---------------------|---------------------------|--------------------|
|             | Equipos Bombeo | Equipos Trituración | Equipo Planta Tratamiento |                    |
| A           | 621.495        | 50.000              | 8.993.397                 | 9.664.892          |
| B           | 826.284        | 50.000              | 8.993.397                 | 9.869.681          |

Otros costos que corresponde incluir son los de energía. Estos costos se extraen de los Anexos #1, para las Estaciones de Bombeo, y Anexo #5, para las Plantas de Tratamiento. El desglose del costo de energía para las plantas se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N°9: Planta de Tratamiento, Costo Anual de la Energía.

| Potencia Instalada<br>[KW] | Energía Anual<br>[KWH · 1000] | Costos Energía Anual [US\$] |          |         | Costo Total Energía Anual<br>[US\$] |
|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------|---------|-------------------------------------|
|                            |                               | Cargo Fijo                  | Potencia | Energía |                                     |
| 1.100                      | 6.624                         | 46                          | 18.012   | 335.621 | 353.679                             |

Cuadro N°10: Costos Energía Eléctrica para las Estaciones de Bombeo y Planta de Tratamiento.

| Alternativa | Estación           | Energía Anual<br>US\$ | Precio Energía<br>Anual US\$ |
|-------------|--------------------|-----------------------|------------------------------|
| A           | 1                  | 54.999                | 880.445                      |
|             | 2                  | 171.879               |                              |
|             | 3                  | 299.888               |                              |
|             | Planta Tratamiento | 353.679               |                              |
| B           | 1                  | 211.778               | 891.237                      |
|             | 2                  | 119.853               |                              |
|             | 3                  | 205.927               |                              |
|             | Planta Tratamiento | 353.679               |                              |

Otros costos operacionales que deben considerarse son los relativos a la Planta de Tratamiento y Elevadoras. Estos costos se detallan en el siguiente cuadro. Para efectos del estudio estos costos son válidos para ambas alternativas.

Cuadro N°11: Costos Operacionales Anuales Planta de Tratamiento y Elevadoras.

| ÍTEM                 | Costo Anual<br>[US\$] | Total Costo Operacional Anual<br>[US\$] |
|----------------------|-----------------------|---|
| - Productos Químicos | 480.465               | 919.339                                 |
| - Mantención         | 162.352               |   |
| - Personal           | 276.522               |   |

Considerando las inversiones indicadas en los Cuadros N°7 y 8, y los costos anuales asociados a energía y operación entregados en los Cuadros N°9, 10 y 11, se procede a evaluar, en el plazo de 30 años, el valor del proyecto y para ello se calculan los VAN correspondientes a las tasas que se indican.

El plazo total de evaluación del proyecto será de 30 años, pero el reemplazo de los equipos se hará en el año 15.

Los resultados de los cálculos de VAN se muestran en el siguiente cuadro.

| ALTERNATIVA | VAN Millones [US\$] |           |            |            |
|-------------|---------------------|-----------|------------|------------|
|             | $i = 0\%$           | $i = 8\%$ | $i = 12\%$ | $i = 16\%$ |
| A           | 95,59               | 57,10     | 50,15      | 46,04      |
| B           | 95,76               | 56,94     | 49,92      | 45,78      |

Del cuadro anterior concluimos que la Alternativa que resulta más conveniente es la llamada Alternativa B, dado que en términos generales es más económica que la Alternativa A para cualquier tasa mayor a 0, a la cual se realice la estimación del VAN.

*ANEXO N° 5*

*Prediseño y Estimativa de Costos de Tratamiento  
y Disposición de Lodos en Planta  
de Lodos Activados - Arica*

## 1. Introducción.

Tomando en cuenta las características del agua que debe ser tratada y considerando que la Planta de Tratamiento debe ser en base a lodos activados convencionales se ha procedido a un prediseño de ella.

Para efectos del prediseño, se ha esquematizado el proceso de tratamiento, que puede ser visto en el Plano RAAS-IM-22 que se adjunta.

La planta con las instalaciones prediseñadas, en el emplazamiento seleccionado (sector sur poniente de la intersección entre la Ruta 5 norte y la Quebrada Gallinazo) puede ser vista en el plano RAAS-IM-21 que también se adjunta.

A continuación, se procede a la estimación de los costos de las obras.

## 2. Prediseño Planta de Lodos Activados.

### SEDIMENTACIÓN PRIMARIA

| Parámetros de entrada.  |                   |      | Hipótesis constructivas |                                     |      |              |     |
|-------------------------|-------------------|------|-------------------------|-------------------------------------|------|--------------|-----|
| Caudal medio            | m <sup>3</sup> /s | 0,5  | Revancha                | m                                   | 1    | Esp Empl, m. | 0,4 |
| Caudal máx. horario     | m <sup>3</sup> /s | 0,7  | Esp. muros              | m                                   | 0,5  |              |     |
| DBO de aguas crudas     | mg/l              | 400  | Cuántia Fe              | Kg/m <sup>3</sup>                   | 110  |              |     |
| Sól. susp. totales(SST) | mg/l              | 460  | Nº tanques              | Nº                                  | 2    |              |     |
| Sol. susp volat.(SSV)   | mg/l              |      |                         |                                     |      |              |     |
| Sól.dis. Tot:(SDT)      | mg/l              |      | Tasa hidrául.           | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día | 32,6 |              |     |
| Sól dis.volát.(SDV)     | mg/l              |      |                         |                                     |      |              |     |
| Efic. Rem. DBO5         | %                 | 33,5 |                         |                                     |      |              |     |
| Efic. Rem. SS           | %                 | 52   |                         |                                     |      |              |     |

### Dimensionamiento.

|             |   |       |              |      |       |
|-------------|---|-------|--------------|------|-------|
| Diámetro    | m | 30,48 | DBO efluente | mg/l | 266   |
| Profundidad | m | 4,26  | SS efluente  | mg/l | 220,8 |

### ESTANQUES DE AIREACIÓN.

| Parámetros de Entrada.               |      |      | Hipótesis constructivas |                   |     |              |     |
|--------------------------------------|------|------|-------------------------|-------------------|-----|--------------|-----|
| Factor de Carga, Kg DBO5/Kg MLSS-día |      | 0,3  | Revancha                | m                 | 1   | Esp Empl, m. | 0,4 |
| Concentración MLSS                   | mg/l | 2500 | Esp. muros              | m                 | 0,5 |              |     |
| Número de estanques                  | Nº   | 2    | Cuántia Fe              | Kg/m <sup>3</sup> | 110 |              |     |
|                                      |      |      | Nº tanques              | Nº                | 2   |              |     |
|                                      |      |      | Relación largo/ancho    |                   | 4   |              |     |
|                                      |      |      | Profundidad,            | m                 | 4   |              |     |

### Dimensionamiento.

|                                       |             |         |             |   |       |
|---------------------------------------|-------------|---------|-------------|---|-------|
| Carga afl.                            | Kg/DBO5/día | 11491,2 | Ancho       | m | 21,88 |
| Carga vol, KgDBO5/m <sup>3</sup> /día |             | 0,75    | Largo       | m | 87,53 |
| Volumen Total, m <sup>3</sup>         |             | 15321,6 | Profundidad | m | 4     |
| Tiempo de retención,hrs               |             | 8,51    |             |   |       |
| Volumen unitario, m <sup>3</sup>      |             | 7660,8  |             |   |       |

**SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA****Parámetros de entrada.**

|                     |                   |     |
|---------------------|-------------------|-----|
| Caudal medio        | m <sup>3</sup> /s | 0,5 |
| Caudal máx. horario | m <sup>3</sup> /s | 0,7 |

**Hipótesis constructivas**

|               |                                     |     |              |     |
|---------------|-------------------------------------|-----|--------------|-----|
| Revancha      | m                                   | 1   |              |     |
| Esp. muros    | m                                   | 0,5 | Esp Empl, m. | 0,4 |
| Cuántia Fe    | Kg/m <sup>3</sup>                   | 110 |              |     |
| Nº tanques    | Nº                                  | 2   |              |     |
| Tasa hidrául. | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /día | 24  |              |     |

**Dimensionamiento.**

|             |   |       |
|-------------|---|-------|
| Diámetro    | m | 35,52 |
| Profundidad | m | 4,55  |

**ESTANQUE DE CLORACIÓN.****Parámetros de entrada.**

|                     |                   |      |
|---------------------|-------------------|------|
| Caudal medio        | m <sup>3</sup> /s | 0,5  |
| Caudal máx. horario | m <sup>3</sup> /s | 0,7  |
| T.R. A caudal medio | min               | 30   |
| Velocidad de diseño | m/s               | 0,05 |

**Hipótesis constructivas**

|                     |                   |     |              |     |
|---------------------|-------------------|-----|--------------|-----|
| Revancha            | m                 | 1   | Esp. Baffles | 0,2 |
| Esp. muros          | m                 | 0,5 | Esp Empl, m. | 0,4 |
| Cuántia Fe          | Kg/m <sup>3</sup> | 110 |              |     |
| Nº tanques          | Nº                | 1   |              |     |
| Relación ancho/prof |                   | 1,5 |              |     |

**Dimensionamiento.**

|                      |                |      |                   |    |       |
|----------------------|----------------|------|-------------------|----|-------|
| Volumen Total        | m <sup>3</sup> | 900  | Número de canales | Nº | 4     |
| Area del canal       | m <sup>2</sup> | 10   | Ancho Total       | m  | 17,09 |
| Ancho del canal      | m              | 3,87 | Largo estanque    |    | 23,5  |
| Profundidad del agua | m              | 2,58 |                   |    |       |
| Longitud del canal   | m              | 90   |                   |    |       |

**Estanque Regulación**

Estanque regulación  $V = 10.000 \text{ m}^3$

**INVENTARIO DE SÓLIDOS.**

|                          |                     |       |
|--------------------------|---------------------|-------|
| Caudal medio Afluyente   | m <sup>3</sup> /s   | 0,5   |
| Caudal medio Afluyente   | m <sup>3</sup> /día | 43200 |
| DBO5 afluyente           | mg/l                | 400   |
| Sól. Susp. Totales (SST) | mg/l                | 460   |

**A espesador primario**

|  |   |    |
|--|---|----|
| Tasa de sólidos a espesador primario, Kg/m <sup>2</sup> /día |   | 98 |
| Porcentaje de sólidos a espesador primario, %                |   | 4  |
| Porcentaje de lodo primario espesado                         | % | 8  |

**A espesador secundario.**

|  |      |      |
|--|------|------|
| Tasa de sólidos a espesador secundario, Kg/m <sup>2</sup> /día |      | 24,5 |
| Porcentaje de sólidos a espesador secundario, %                |      | 0,8  |
| Porcentaje de lodo secundario espesado                         |      | 3%   |
| Relación de sólidos secund/DBO5, Kg SS/Kg DBO5                 |      | 0,6  |
| Sól. Susp. en el efluente de la planta                         | mg/l | 25   |

**A digestión.**

|   |      |
|---|------|
| Porcentaje de sólidos volátiles a digestión, %            | 70   |
| Tasa de aplicación de sólidos, Kg SSV/m <sup>3</sup> -día | 2,57 |

**A secado**

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Contenido de sólidos, %     | 4   |
| SSV diger/SSV crudos, %     | 50  |
| Rend filtro banda, Kg/ml-hr | 172 |
| Horas de operac, horas/día  | 12  |
| Ancho unitario banda, m     | 2   |

**A Disposición Final**

|                         |    |
|-------------------------|----|
| Porcentaje de captura   | 95 |
| Contenido de sólidos, % | 20 |

**Lodos a espesador primario**

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| Carga de sólidos, Kg SS/día       | 9538,6 |
| Area de espesador, m <sup>2</sup> | 97,3   |
| Diámetro de espesador             | 11,1   |
| Caudal medio, l/s                 | 2,76   |

**Hipótesis constructivas:**

|            |                   |     |              |     |
|------------|-------------------|-----|--------------|-----|
| Revancha   | m                 | 1   |              |     |
| Esp. muros | m                 | 0,5 | Esp Empl, m. | 0,4 |
| Cuántia Fe | Kg/m <sup>3</sup> | 110 |              |     |
| N° tanques | N°                | 1   |              |     |

**Dimensionamiento de espesador primario.**

|             |   |      |
|-------------|---|------|
| Diámetro    | m | 11,1 |
| Profundidad | m | 4    |

**Lodos a espesador secundario.**

|                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| Carga de sólidos, Kg SS/día       | 5814,72 |
| Area de espesador, m <sup>2</sup> | 237,34  |
| Diámetro de espesador             | 17,38   |
| Caudal medio, l/s                 | 8,4     |

**Hipótesis constructivas**

|            |                   |     |              |     |
|------------|-------------------|-----|--------------|-----|
| Revancha   | m                 | 1   |              |     |
| Esp. muros | m                 | 0,5 | Esp Empl, m. | 0,4 |
| Cuántia Fe | Kg/m <sup>3</sup> | 110 |              |     |
| N° tanques | N°                | 1   |              |     |

**Dimensionamiento de espesador secundario.**

|             |   |       |
|-------------|---|-------|
| Diámetro    | m | 17,38 |
| Profundidad | m | 4     |

**Lodos a digestión**

|                        |                     |         |
|------------------------|---------------------|---------|
| Carga de sólidos       | Kg/día              | 15353,3 |
| Caudal desde esp prim. | l/s                 | 1,4     |
| Caudal desde esp sec.  | l/s                 | 2,2     |
| Caudal total           | l/s                 | 3,6     |
| Caudal total           | m <sup>3</sup> /día | 313,1   |

|                            |        |         |
|----------------------------|--------|---------|
| Concentración media        | %      | 4,9     |
| Carga de sólidos volátiles | Kg/día | 10747,3 |

#### Dimensionamiento de Digestión

|  |        |
|--|--------|
| Volumen de digestor primario, m <sup>3</sup>   | 5974,0 |
| Tiempo de digestión, días                      | 19,1   |
| Volumen de digestor secundario, m <sup>3</sup> | 5974,0 |
| Número de unidades primarias, N°               | 2      |

#### Digestión

##### Parámetros de entrada.

|  |                        |
|--|------------------------|
| Volumen de digestor primario, m <sup>3</sup> | 5974,0                 |
| Número de unidades primarias, N°             | 2                      |
| Volumen unitario                             | m <sup>3</sup> 2987,02 |
| Diámetro de digestor                         | m 15,61                |
| Profundidad del lodo                         | m 15,61                |
| Profundidad Total                            | m 17,61                |

##### Hipótesis constructivas

|                            |                   |     |
|----------------------------|-------------------|-----|
| Revancha                   | m                 | 2   |
| Esp. muros                 | m                 | 0,7 |
| Cuantía Fe                 | Kg/m <sup>3</sup> | 110 |
| N° tanques                 | N°                | 2   |
| Relación Profund/Diámetro. |                   | 1   |
| Esp. cimientos             |                   | 0,8 |

#### Secado de Lodos.

|                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| SSV a secado, Kg/día                  | 5373,6 |
| SSF a secado, Kg/día                  | 4606,0 |
| SST a secado, Kg/día                  | 9979,6 |
| Volumen a secado, m <sup>3</sup> /día | 249,5  |
| Carga de trabajo, Kg/hora             | 831,6  |
| Ancho total de bandas                 | 4,84   |
| Número de máquinas                    | 4,00   |

#### Disposición de Lodos

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| Peso seco, Kg/día            | 9481  |
| Volumen, m <sup>3</sup> /día | 45,4  |
| Volumen, m <sup>3</sup> /año | 16557 |

#### DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS.

##### Equipo de aireación.

##### Parámetros de dimensionamiento

|  |     |
|--|-----|
| Kg O <sub>2</sub> /Kwh estándar                | 1,8 |
| O <sub>2</sub> necesario/Carga                 | 1,5 |
| O <sub>2</sub> terreno/O <sub>2</sub> estándar | 0,6 |

##### Dimensionamiento de aireadores:

|                                     |         |
|-------------------------------------|---------|
| Carga de DBO <sub>5</sub> , Kg/día  | 11491,2 |
| Carga de DBO <sub>5</sub> , Kg/hora | 478,8   |
| O <sub>2</sub> en terreno, Kg/hora  | 718,2   |
| O <sub>2</sub> estándar, Kg/hora    | 1197    |
| Potencia total, Kw                  | 665     |
| Potencia unitaria, Kw               | 30      |
| Número de aireadores                | 25      |

**Bombas de recirculación****Parámetros de dimensionamiento**

|                        |    |
|------------------------|----|
| Razón de recirculación | 1  |
| Altura de elevación, m | 6  |
| Efic bombeo, %         | 60 |
| Nº bombas activas      | 4  |
| Nº bombas stand by     | 2  |

**Dimensionamiento de bombas de recirculación.**

|   |      |
|---|------|
| Caudal recirculación, m <sup>3</sup> /s | 0,5  |
| Potencia de bombas, Kw                  | 50   |
| Potencia unitaria, Kw                   | 12,5 |
| Nº total bombas                         | 6    |

**Bombas de Lodos****Parámetros de dimensionamiento**

|                        |    |
|------------------------|----|
| Tiempo bombeo, Hrs/día | 2  |
| Altura de elevación, m | 10 |
| Nº bombas activas      | 2  |
| Nº bombas stand by     | 2  |

**Dimensionamiento de bombas de lodos**

|  |         |
|--|---------|
| Caudal medio, m <sup>3</sup> /día      | 313,1   |
| Caudal total bombeo, m <sup>3</sup> /s | 0,04348 |
| Potencia bombas, Kw                    | 7,25    |
| Potencia Unitaria, Kw                  | 3,62    |
| Nº Total de bombas                     | 4,00    |

**Bombas de Drenajes****Parámetros de dimensionamiento**

|                        |      |
|------------------------|------|
| Tiempo bombeo, Hrs/día | 4,00 |
| Altura de elevación, m | 8,00 |
| Nº bombas activas      | 1,00 |
| Nº bombas stand by     | 1    |

**Dimensionamiento de bombas de drenaje.**

|  |        |
|--|--------|
| Caudal medio, m <sup>3</sup> /día      | 204,1  |
| Caudal Total bombeo, m <sup>3</sup> /s | 0,0142 |
| Potencia bombas, Kw                    | 1,89   |
| Potencia unitaria, Kw                  | 1,89   |
| Nº Total bombas                        | 2,00   |

**Equipo de desinfección****Parámetros de dimensionamiento.**

|                           |    |
|---------------------------|----|
| Dosificación máxima, mg/l | 10 |
| Dosificación media, mg/l  | 6  |
| Tiempo de reposición, ds  | 15 |

**Dimensionamiento de equipos de cloración**

|                         |       |
|-------------------------|-------|
| Capac. dosific, Kg/hora | 25,2  |
| Consumo medio, Kg/día   | 259,2 |
| Ton container, 1000 Kg  | 4     |

**DIMENSIONAMIENTO DE COMPONENTES ELÉCTRICOS.****Potencia instalada y consumo anual.**

| Elemento       | Potencia<br>Kw | Consumo<br>Kwh/año |
|----------------|----------------|--------------------|
| Rejas          | 0,6            | 1752               |
| Desarenador    | 1              | 6570               |
| sed prim       | 2              | 13140              |
| Tanque aireac. | 750            | 5475000            |
| sed sec        | 2              | 13140              |
| Bomba rec.     | 50             | 219000             |
| Cloración      | 1,3            | 11302              |
| Espes prim.    | 1              | 6570               |
| Espes sec.     | 1              | 6570               |
| Bombas dig.    | 4              | 14149              |
| Mezcla dig     | 48             | 420480             |
| Bombas lodo    | 7,25           | 5293               |
| Bombas dren    | 2              | 2920               |
| Filtro banda   | 24             | 182135             |
| <b>TOTAL</b>   | <b>885</b>     | <b>6378021</b>     |

**ENERGÍA DE INFRAESTRUCTURA.****Iluminación.**

|              |           |               |
|--------------|-----------|---------------|
| Interna      | 40        | 215900        |
| Externa      | 8         | 29800         |
| <b>TOTAL</b> | <b>48</b> | <b>245700</b> |

|                                 |                |                |
|---------------------------------|----------------|----------------|
| <b>TOTAL POTENCIA INSTALADA</b> | <b>Kw</b>      | <b>933</b>     |
| <b>TOTAL CONSUMO DE ENERGÍA</b> | <b>Kwh/año</b> | <b>6623721</b> |

|                                 |           |             |
|---------------------------------|-----------|-------------|
| <b>CAPACIDAD DE SUBESTACIÓN</b> | <b>KW</b> | <b>1100</b> |
|---------------------------------|-----------|-------------|

### 3. Estimación de Costos

Del Prediseño antes expuesto se estiman los siguientes costos:

Cuadro N° 1: Costos de Inversión en Planta de Tratamiento

| Item  | Costo [US\$]      |
|---|-------------------|
| - <u>Obras Civiles</u><br>(Incluye instalación de faena Edificios, O. Civil de proceso, etc.) | 11.709.240        |
| - <u>Obras Eléctricas</u><br>(Incluye equipos de control, S/E eléctrica, etc.)                | 440.353           |
| - <u>Equipos</u><br>(Incluye equipo electromecánico y de laboratorio)                         | 8.993.397         |
| - <u>Puesta en Marcha</u><br>(Incluye programación y calibración de equipos)                  | 1.561.114         |
| <b>TOTAL [US\$]</b>   | <b>22.704.104</b> |

Otro costo que debe considerarse en la Planta de Tratamiento corresponde a la energía, sobre lo cual se tiene lo siguiente:

Cuadro N° 2: Consumo y Costos de la Energía Planta de Tratamiento

| Potencia Instalada [KW] | Energía Anual [KWHx1000] | Costos Anuales [US\$] |                    |               | Costo Total Energía Anual [US\$] |
|-------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------|---------------|----------------------------------|
|                         |                          | Cargo Fijo            | Potencia Instalada | Energía Anual |                                  |
| 1.100                   | 6.624                    | 46                    | 18.012             | 335.621       | 353.679                          |

Un último punto que debe considerarse son los costos operacionales, sobre lo cual se tiene lo siguiente:

Cuadro N° 3: Costos Operacionales Anuales

| Item  | Costo [US\$]   |
|---|----------------|
| - <u>Personal</u><br>(Incluye una planilla de 14 personas)                        | 276.522        |
| - <u>Productos Químicos</u><br>(Incluye consumo de cloro, cloruro férrico y cal.) | 480.465        |
| - <u>Mantenición</u><br>(Considera reparaciones menores de equipos)               | 162.352        |
| <b>TOTAL [US\$]</b>   | <b>919.339</b> |

*ANEXO 6*

*USO DE LAS AGUAS SERVIDAS  
DE LA CIUDAD DE ARICA EN  
DESARROLLO AGRÍCOLA.*

*Rentabilidad y Empleo Generado,  
el caso de Olivos, Tomates y Flores.*

## *INDICE*

|  |           |
|--|-----------|
| <b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>1.- OBJETIVO Y METODOLOGÍA.....</b>                                 | <b>4</b>  |
| 1.1.- OBJETIVO.....  | 4         |
| 1.2.- METODOLOGÍA.....   | 5         |
| <b>2.- PANORAMA AGRÍCOLA DE LA PROVINCIA DE ARICA.....</b>             | <b>6</b>  |
| 2.1.- USO DEL SUELO AGRÍCOLA.....                                      | 6         |
| 2.2.- FRUTALES.....  | 7         |
| 2.3.- OLIVOS.....  | 8         |
| 2.4.- HORTALIZAS.....  | 10        |
| 2.5.- FLORES.....  | 10        |
| <b>3.- ANTECEDENTES SOBRE POSIBLES CULTIVOS.....</b>                   | <b>11</b> |
| 3.1.- OLIVOS.....  | 11        |
| 3.2.- TOMATES.....   | 15        |
| 3.3.- FLORES.....  | 17        |
| <b>4.- SÍNTESIS ECONÓMICA DEL PROYECTO DESARROLLADO POR LUSAC.....</b> | <b>18</b> |
| 4.1.- INVERSIONES.....   | 19        |
| 4.2.- COSTOS DE OPERACIÓN.....   | 19        |
| 4.3.- COSTO INCREMENTAL DE DESARROLLO.....                             | 20        |
| 4.4.- VALOR ACTUALIZADO DE LOS COSTOS.....                             | 20        |
| 4.5.- SUBPRODUCTOS.....  | 20        |
| 4.6.- APRECIACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....                            | 20        |
| <b>5.- RENTABILIDAD Y EMPLEO DE LAS OPCIONES ANALIZADAS.....</b>       | <b>21</b> |
| 5.1.- OLIVOS.....  | 21        |
| 5.2.- TOMATES.....   | 23        |
| 5.3.- FLORES.....  | 24        |
| <b>6.- CONCLUSIONES.....</b>   | <b>25</b> |
| <b>ANEXO: SÍNTESIS DE LA INVESTIGACIÓN EN TERRENO.....</b>             | <b>26</b> |
| A.- OPINIONES RECOGIDAS.....   | 26        |
| B.- CONOCIMIENTO DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LAS AUTORIDADES..... | 30        |
| C.- IDEAS Y COMENTARIOS.....   | 37        |

## RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo de la Investigación es ofrecer un examen de las externalidades e implicancias en el desarrollo agrícola regional, que presentaría el proyecto de utilización de aguas de riego obtenidas del proceso de tratamiento de las aguas servidas de la ciudad de Arica.

El proyecto global consistiría en tratar las aguas servidas mediante la técnica de Lodos Activados, obteniendo un caudal de 500 l/seg. de agua para ser usada en el riego de unas mil hectáreas de terrenos eriazos, actualmente de propiedad fiscal, ubicados a 18 Km. al norte de la ciudad de Arica, aledaños a la Quebrada de Gallinazo.

De la investigación realizada, se concluye que es técnicamente factible plantar olivos, tomates y/o flores.

Cabe destacar que diferentes personas interesadas en el tema -agricultores, académicos y funcionarios de gobierno- han coincidido en que, además de olivos, tomates y/o flores, existirían otros cultivos muy interesantes de estudiar: dátiles, mangos y papayas, en especial los primeros por presentar muy buenas perspectivas a nivel mundial.

### Olivos

Las perspectivas económicas de una plantación de olivos serían muy sensibles al precio del agua de riego, y su emplazamiento en el área desértica al norte de Arica no presenta ventajas comparativas con respecto a otras zonas del país, que compensen el mayor costo del agua. Además, existirían problemas para su comercialización debido a la competencia fuerte y desleal que presenta la aceituna de Tacna, Perú.

Los olivos son modestos en cuanto a la utilización de mano de obra, necesitándose aproximadamente 1 persona permanente cada 20 hectáreas y no más de 1,5 persona por hectárea durante la época de cosecha, que es de uno a dos meses.

### Tomates

Los tomates de consumo fresco presentan buenas perspectivas económicas. Sin grandes inversiones, es posible obtener unas 100 a 150 toneladas por hectárea, y llegar a los mercados en la época de precios altos, los que compensarían con creces el diferencial de costo de agua de riego con respecto a otras zonas., debido a que Arica presenta ventajas comparativas dadas por el clima favorable para el cultivo de hortalizas en general. Una estimación gruesa indica que el margen a productor ariqueño está en el orden de 7.500 US\$/há.

Los tomates de consumo fresco muestran un buen nivel de empleo directo de mano de obra de una persona permanente por cada dos hectáreas, además del empleo indirecto que podría generarse si se instalara alguna industria relacionada, de acuerdo a los nuevos volúmenes.

## **Flores**

Respecto a las flores, la única variedad mencionada por los agricultores de Arica, es el clavel, que ha demostrado su adaptabilidad a las condiciones de la zona.

Los claveles presentan excelentes indicadores de rentabilidad. Constituyen un cultivo muy tecnificado y de alta inversión inicial. La producción debería orientarse a los mercados externos y desarrollarse a gran escala, mínimo 50 a 100 Hás., para compensar el desarrollo de la capacidad de exportación y comercialización de flores de Arica.

Los claveles poseen excelentes índices de utilización de mano de obra. Una hectárea de claveles generaría, en forma directa, 12 puestos de trabajo permanente, y 2 puestos de trabajo temporal durante 4 meses, además del empleo que pueda generar en forma indirecta a través del desarrollo de una industria de acondicionamiento de flores para su entrega directa al destinatario final.

## **Ideas y Comentarios**

En el desarrollo de la investigación se detectó un vivo interés de parte de diversos actores y circunstancias relacionados con el tratamiento de las aguas servidas de Arica para la habilitación de nuevas tierras para uso agrícola.

Esto se ve reflejado en que empresarios locales han tomado contacto con dos consorcios extranjeros dedicados al tema del tratamiento de aguas, y las Autoridades de Gobierno han organizado una Jornada de Información sobre el tema, entregando una serie de antecedentes preliminares.

Por este motivo, sería adecuado manejar los vínculos con la Comisión para el Desarrollo Agroindustrial al Norte de Arica, y las dos Gerencias que dependen de ella, con el objetivo de estar informado oportunamente del curso que van tomando los acontecimientos, teniendo la posibilidad de participar en algunas instancias.

También es interesante establecer contactos con el sector privado, a través de los agricultores de la zona. Ellos han manifestado su interés en términos de la voluntad de invertir en proyectos de esta naturaleza, siempre y cuando se verifiquen determinadas condiciones, relativas principalmente a los niveles de inversión y estructura de la relación entre los tenedores de la tierra y los dueños de las aguas.

## **1. OBJETIVO Y METODOLOGÍA**

### **1.1.- OBJETIVO.**

El objetivo de la Investigación es ofrecer un examen de las externalidades e implicancias en el desarrollo agrícola que presentará la reutilización de las aguas servidas de Arica.

La idea es tratar las aguas servidas, mediante la técnica de Lodos Activados, y usarlas en el riego de unas 1.000 hectáreas de terrenos ubicados a 18 Km. al norte de la ciudad de Arica. Estos terrenos son de propiedad fiscal, eriazos y desérticos.

La investigación tiene un carácter preliminar, dado el plazo dispuesto para su ejecución.

## 1.2.- METODOLOGÍA.

El método empleado para alcanzar el objetivo propuesto consistió en recopilación, análisis y síntesis de información.

### 1.2.1.-Recopilación de información bibliográfica.

Organismos estatales: ODEPA, FIA, CORFO, INE.  
Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía.  
Universidad de Chile, Facultad de Agronomía.  
Universidad de Tarapacá, Instituto de Agronomía.  
Fundación Chile.  
Internet: Consejo Oleícola Internacional, Revista Olivae, otros.

Esta recopilación de información se orientó a recopilar:

- Estadísticas socio económicas relevantes.
- Estadísticas relacionadas con dichas especies: Olivos, Tomates, Claveles.
- Aspectos básicos de los procesos de producción: labores culturales, requerimiento de mano de obra, insumos, requerimientos de agua de riego, productividad de los cultivos.
- Mercado de Exportación.
- Mercado Interno.
- Agroindustria.
- Actividades complementarias.
- Distribución del agua de riego.

### 1.2.2.- Recopilación de información en terreno.

Entrevista a agentes del mercado nacional participantes en los diferentes eslabones de la cadena de producción y comercialización.

Entrevistas a agricultores del Valle de Azapa y a otros agentes regionales interesados en el tema.

La recopilación de datos en terreno se orientó a validar, complementar, ampliar y contrastar la información recolectada en el punto 1.2.1. anterior con la realidad de la zona de Arica.

### 1.2.3.- Estudio Proyecto LUSAC.

Estudio del Proyecto LUSAC, referente a la Planta de Tratamiento de las aguas servidas de Arica, desde el punto de vista de Ingeniería Económica para determinar el costo incremental de desarrollo del metro cúbico de agua de riego.

### 1.2.4.- Análisis y síntesis de la información.

La información recopilada se analizó mediante la simulación de perfiles de proyectos en planillas electrónicas.

Esta etapa estuvo orientada a:

- Identificación de beneficios y costos directos asociados al proyecto, dando un orden de magnitud de los mismos,
- Identificación de beneficios y costos indirectos asociados al proyecto.
- Detectar iniciativas públicas y/o privadas que estén interesadas en el desarrollo de cultivos en la zona en estudio.

## 2. PANORAMA AGRÍCOLA DE LA PROVINCIA DE ARICA

La Primera Región, de Tarapacá, es la más septentrional de Chile. Por su ubicación geográfica está llamada a cumplir un importante rol de vinculación hacia los mercados internacionales, en especial con las naciones vecinas Perú y Bolivia.

Dentro de este contexto, la ciudad de Arica actúa como polo geopolítico de la red de relaciones nacionales del extremo norte del país con las zonas altiplánicas del interior del continente. De ahí, la preocupación de diversos actores sociales por impulsar un desarrollo de la zona mediante actividades de carácter permanente.

La Provincia de Arica comprende las Comunas Arica y Camarones.

La Ciudad de Arica se encuentra en las coordenadas geográficas 18 28' S - 70° 19' W.

### 2.1.- USO DEL SUELO AGRÍCOLA

La principal actividad agrícola de Arica está representada por el cultivo de frutales aptos para climas tropicales y por hortalizas para consumo fresco.

Las Plantaciones de Frutales en la Comuna de Arica, de acuerdo al VI Censo Agropecuario 1997, alcanzan a 1.390,59 Hás. y corresponden al 0,59% del total plantado en Chile.

Las Hortalizas en la ciudad de Arica, alcanzan a 2.310,40 Hás. y corresponden al 2,07% del total plantado en Chile.

| USO DEL SUELO AGRÍCOLA EN CHILE (Hás.) |                 |               |                 |                     |               |
|--|-----------------|---------------|-----------------|---------------------|---------------|
|  | Comuna          | Comuna        | Provincia       | CHILE               | %             |
|  | Arica           | Camarones     | ARICA           |                     |               |
| Cereales                               |                 |               |                 | 648.111,10          |               |
| Chacras                                | 0,10            | 2,20          | 2,30            | 127.138,80          |               |
| Cultivo Indust.                        | 22,80           | 1,00          | 23,80           | 70.602,90           | 0,03 %        |
| Flores                                 | 13,76           |               | 13,76           | 1.472,30            | 0,93 %        |
| Forrajes                               | 681,37          | 817,26        | 1.498,63        | 608.538,20          | 0,25 %        |
| Frutales                               | 1.390,59        | 5,10          | 1.395,69        | 234.479,40          | 0,60 %        |
| Hortalizas                             | 2.310,40        | 38,49         | 2.348,89        | 111.871,30          | 2,10 %        |
| Plant. Forest.                         |                 |               |                 | 1.095.335,10        |               |
| Semilleros                             | 0,65            | 2,50          | 3,15            | 29.777,50           | 0,01 %        |
| Viñas-Parrones                         | 1,50            | 36,33         | 37,83           | 81.844,70           | 0,05 %        |
| Viveros                                | 1,25            |               | 1,25            | 2.333,00            | 0,05 %        |
| <b>TOTAL</b>                           | <b>4.422,42</b> | <b>902,88</b> | <b>5.325,30</b> | <b>3.011.504,30</b> | <b>0,18 %</b> |

Fuente: INE - VI Censo Agropecuario 1997

## 2.2.- FRUTALES.

El principal frutal en Arica es el Olivo. También son importantes las plantaciones de Mangos, Naranjos, Plátanos, y Guayabos, pero a una escala mucho menor.

| SUPERFICIE HUERTOS FRUTALES (Hás.) |                 |             |                 |                   |               |
|------------------------------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------------|---------------|
|                                    | Comuna          | Comuna      | Provincia       | CHILE             | %             |
|                                    | Arica           | Camarones   | ARICA           |                   |               |
| Guayabo                            | 20,10           |             | 20,10           | 24,30             | 82,72 %       |
| Mango                              | 63,57           |             | 63,57           | 117,80            | 53,96 %       |
| Maracuyá                           | 4,40            |             | 4,40            | 5,30              | 83,02 %       |
| Naranja                            | 31,45           | 1,00        | 32,45           | 7.294,40          | 0,44 %        |
| Olivo                              | 1.229,54        |             | 1.229,54        | 4.507,00          | 27,28 %       |
| Plátano                            | 21,84           |             | 21,84           | 26,60             | 82,11 %       |
| Tuna                               | 1,95            | 4,10        | 6,05            | 1.584,60          | 0,38 %        |
| Otros                              | 17,74           |             | 17,74           | 222.530,60        | 0,01 %        |
| <b>TOTAL</b>                       | <b>1.390,59</b> | <b>5,10</b> | <b>1.395,69</b> | <b>234.479,40</b> | <b>0,60 %</b> |

Fuente: INE - VI Censo Agropecuario 1997.

### 2.3.- OLIVOS.

Las variedades de olivos presentes en Azapa sirven principalmente para la producción de Aceituna de Mesa. Casi en su totalidad son del tipo adobo o Alfonso.

Más del 85% de las plantaciones se encuentra en producción comercial.

En atención a que la superficie total cultivable del Valle de Azapa es de 2.900 hectáreas, el aumento posible de la superficie plantada con Olivos es limitado.

Las plantaciones tradicionales de Olivo para mesa, en Arica, cuentan con un total de 82.000 árboles, lo que constituye una muy baja densidad en comparación con plantaciones modernas. También se cuenta con unos 1.000 Olivos aceiteros de diversas variedades.

Los árboles se presentan relativamente aislados unos de otros, alcanzando una altura promedio superior a ocho metros.

|               | PLANTACIONES DE OLIVOS (Hás.) |          |         |
|---------------|-------------------------------|----------|---------|
|               | Arica                         | Chile    | %       |
| En formación  | 55,91                         | 701,30   | 7,97 %  |
| En producción | 1.173,63                      | 3.805,70 | 30,84 % |
| TOTAL         | 1.229,54                      | 4.507,00 | 27,28 % |

Fuente: INE - VI Censo Agropecuario 1997.

La Aceituna Azapeña se caracteriza por el color oscuro propio de la aceituna madura en tiempo de cosecha. Sus calibres son bastante variados, oscilando entre 90 y 180 unidades por kilogramo.

El Olivo es un frutal sujeto al fenómeno de alternancia, denominado "añerismo" o "vecería", que se presenta y define como la producción de grandes cosechas tras otras muy pequeñas o nulas.

Este problema perjudica la comercialización del producto final, en cuanto restringe la posibilidad de mantener clientes o países compradores con cuotas estables o crecientes.

Los países olivícolas más avanzados han logrado disminuir el añerismo, trabajando a partir de aspectos genéticos y de manejos de huertos, lo cual les significa una franca ventaja competitiva.

En el caso de Arica, el añerismo se asocia fundamentalmente a sequías recurrentes que se presentan cada siete o diez años, con una duración promedio de tres a cinco años de déficit hídrico.

Desde el punto de vista de su cultivo, en Arica se considera al olivo de fácil manejo, en cuanto presenta una demanda hídrica moderada, con excepción del periodo de floración, hasta que se ha afirmado la cuaja.

El método de riego utilizado es gravitacional y se realiza por canales y surcos que conducen el agua a una taza al pie del árbol. Sin embargo, diversos olivicultores ya están aplicando riego tecnificado.

La poda se practica una vez al año y tiene por objeto abrir camino a la generación de nuevas ramillas.

La cosecha, o raima, se hace a mano, en una sola operación, lo cual obliga a esperar que el máximo de los frutos haya alcanzado su madurez.

El principal mercado de exportación de la aceituna de Azapa es Brasil, donde se ha colocado casi el 86% de los embarques históricos. Otros países compradores son Estados Unidos, Canadá y Arabia Saudita.

ARICA: DESTINO DE LA PRODUCCIÓN DE ACEITUNAS (Ton.)

| Año              | 1989  | 1990  | 1991  | 1992 | 1993  | 1994  |
|------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| Producción       | 5.759 | 4.185 | 6.020 | 960  | 3.471 | 4.197 |
| Exportación      | 242   | 352   | 390   | 306  | 107   | 205   |
| Salida al Sur    | 3.066 | 2.842 | 3.441 | 877  | 3.294 |       |
| Consumo Aparente | 2.451 | 991   | 2.189 | -223 | 70    |       |

Fuente: Servicio Agrícola y Ganadero, Primera Región. (Informe para FONTEC).

Las exportaciones mostradas en el cuadro anterior corresponden sólo al volumen exportado por pasos fronterizos, puertos o aeropuertos de la Región de Tarapacá.

En forma adicional, una parte de la producción adquirida por compradores internos sale al exterior por otros puntos del país al Sur de Arica.

La cantidad precisa de las exportaciones de Arica no está determinada. La Sociedad Agrícola del Norte, que cuenta con 385 socios aproximadamente, calcula que podrían llegar a unas seis veces las exportaciones registradas desde Azapa.

#### 2.4.- HORTALIZAS.

A nivel nacional, las hortalizas más importantes que produce Arica, son la Cebolla Tempranera, el Choclo, el Poroto Verde y el Tomate de consumo fresco, que alcanzan al 10,19 - 8,42 - 6,58 y 6,14% de las hectáreas cultivadas en Chile, respectivamente.

##### SUPERFICIE HUERTOS HORTÍCOLAS (Hás.)

|                    | Comuna<br>Arica | Comuna<br>Camarones | Provincia<br>ARICA | CHILE      | %      |
|--------------------|-----------------|---------------------|--------------------|------------|--------|
| Ajo                | 80,87           | 1,50                | 82,37              | 2.579,60   | 3,19%  |
| Betarraga          | 25,09           |                     | 25,09              | 994,20     | 2,52%  |
| Cebolla Temprana   | 142,93          | 1,16                | 144,09             | 1.414,40   | 10,19% |
| Choclo             | 1.024,77        | 15,13               | 1.039,90           | 12.349,50  | 8,42%  |
| Coliflor           | 35,80           |                     | 35,80              | 1.463,00   | 2,45%  |
| Lechuga            | 18,50           |                     | 18,50              | 4.663,80   | 0,40%  |
| Pepino de Ensalada | 20,26           |                     | 20,26              | 493,40     | 4,11%  |
| Pimiento           | 85,80           |                     | 85,80              | 3.477,60   | 2,47%  |
| Poroto Verde       | 308,37          | 0,30                | 308,67             | 4.691,10   | 6,58%  |
| Tomate Fresco      | 448,52          |                     | 448,52             | 7.301,10   | 6,14%  |
| Tomate Industrial  |                 |                     |                    | 10.268,60  | 0,00%  |
| Otros              | 119,49          | 20,40               | 139,89             | 62.175,00  | 0,22%  |
| TOTAL              | 2.310,40        | 38,49               | 2.348,89           | 111.871,30 | 2,10%  |

Fuente: INE - VI Censo Agropecuario 1997.

#### 2.5.- FLORES.

En Arica no se ha desarrollado aún el negocio de las flores. El cultivo local alcanza sólo al 0,93% de los cultivos de flores de Chile.

Aparentemente su producción actual es sólo de carácter experimental, y para el mercado local Ariqueño.

Una explicación de esta situación, se obtuvo de parte de un agricultor de la zona, quien indicó que no existen las condiciones para exportar flores desde Arica. Cualquier embarque debe ser controlado, por razones fitosanitarias, en el Aeropuerto Comodoro Arturo Benítez, en Pudahuel, Santiago. Esta situación obliga a despachar las exportaciones de flores por este aeropuerto, con el consiguiente recargo en el flete Arica-Santiago.

## SUPERFICIE HUERTOS DE FLORES (Hás.)

|             | Arica | CHILE    | %      |
|-------------|-------|----------|--------|
| Alelí       |       | 215,40   |        |
| Clavel      | 7,24  | 359,60   | 2,01 % |
| Crisantemo  |       | 256,40   |        |
| Dalia       |       | 22,10    |        |
| Gladiolos   | 0,10  | 151,80   |        |
| Ilusión     |       | 75,00    |        |
| Lilium      |       | 27,40    |        |
| Reina Luisa |       | 87,30    |        |
| Rosa        | 0,30  | 59,60    |        |
| Siempreviva | 0,06  | 22,40    |        |
| Otras       | 6,06  | 195,30   |        |
| TOTAL       | 13,76 | 1.472,30 | 0,93 % |

Fuente: INE - VI Censo Agropecuario 1997.

### 3. ANTECEDENTES SOBRE POSIBLES CULTIVOS

#### 3.1.- OLIVOS.

El hábitat del olivo se concentra entre las latitudes 30° y 45°, tanto en el Hemisferio Norte como en el Sur, en regiones climáticas del tipo mediterráneo, caracterizadas por veranos secos y calurosos.

En el mundo existen alrededor de 9 millones de Hás. de olivos, con aproximadamente 750 millones de árboles en pie, encontrándose el 97% de la superficie en la Cuenca del Mediterráneo.

La aceituna es el fruto del olivo. Es una pequeña drupa ovoide, muy amarga, de color verde amarillento o morado y con un hueso grande muy duro. Su principal función es la obtención de aceite, aunque también se puede consumir directamente.

La producción mundial de aceitunas en la campaña 1996/97 fue de 13 millones de toneladas, de las cuales el 91,8% se destina a la obtención de aceite de oliva y el 8,2% restante a la aceituna de mesa.

### Aceite de Oliva.

El aceite de oliva es el aceite procedente únicamente del fruto del olivo, con exclusión de los aceites obtenidos por disolventes o por procedimientos de reesterificación y de toda mezcla con aceites de otra naturaleza.

El aceite de oliva corresponde aproximadamente al 3% de la producción mundial de aceites comestibles.

Los principales productores y exportadores de aceite de oliva son España, Italia y Grecia. Estos países enfrentan ciertas dificultades, tanto para mantener como para expandir su olivicultura debido a un alto costo de la mano de obra, limitaciones de agua de riego y un fuerte tradicionalismo empresarial y tecnológico.

La producción de aceite de oliva en el período 1996/97, fue de 2.4 millones de toneladas. Los 15 países de la Comunidad Europea son responsables del 69% de esta producción, destacando España, Italia y Grecia.

El principal importador de aceite de oliva es Estados Unidos.

El consumo mundial de aceite de oliva en 1996/97 fue de 2 millones de toneladas, siendo los propios países productores los principales consumidores.

Mercado Mundial Aceite Oliva Campaña 1996/97 (1.000 toneladas)

|                    | Producción     | Importación | Consumo        | Exportación  | ± Stock      |
|--------------------|----------------|-------------|----------------|--------------|--------------|
| España             | 847,6          |             |                |              |              |
| Italia             | 420,0          |             |                |              |              |
| Grecia             | 340,0          |             |                |              |              |
| Portugal           | 52,0           |             |                |              |              |
| Francia            | 2,2            |             |                |              |              |
| Otros CE/10        | 0,2            |             |                |              |              |
| <b>Total CE/15</b> | <b>1.662,0</b> | <b>70,5</b> | <b>1.402,0</b> | <b>180,5</b> | <b>150,0</b> |
| Túnez              | 250,0          |             | 70,0           | 140,0        | 40,0         |
| Turquía            | 190,0          |             | 75,0           | 70,0         | 45,0         |
| Siria              | 125,0          |             | 102,0          | 3,0          | 20,0         |
| Marruecos          | 80,0           |             | 50,0           | 20,0         | 10,0         |
| Argelia            | 27,0           |             | 30,0           |              | -3,0         |
| Jordania           | 15,0           | 0,5         | 15,0           | 0,5          | 0,0          |
| Palestina          | 14,0           |             | 11,0           | 3,0          | 0,0          |
| Argentina          | 11,5           | 1,0         | 7,0            | 5,0          | 0,5          |
| J. A. Libia        | 10,0           | 1,0         | 10,0           |              | 1,0          |
| Líbano             | 6,5            | 3,5         | 9,0            | 1,0          | 0,0          |
| Israel             | 6,0            | 3,0         | 8,5            | 0,5          | 0,0          |

**Mercado Mundial Aceite Oliva Campaña 1996/97 (1.000 toneladas)**

|              | <b>Producción</b> | <b>Importación</b> | <b>Consumo</b> | <b>Exportación</b> | <b>± Stock</b> |
|--------------|-------------------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|
| Chipre       | 3,0               |                    | 3,0            |                    | 0,0            |
| USA          | 1,0               | 125,0              | 115,0          | 10,0               | 1,0            |
| Yugoslavia   | 0,5               |                    | 0,5            |                    | 0,0            |
| Otros        | 11,5              | 124,5              | 133,5          | 2,0                | 0,5            |
| <b>TOTAL</b> | <b>2.413,0</b>    | <b>329,0</b>       | <b>2.041,5</b> | <b>435,5</b>       | <b>265,0</b>   |

Fuente: Consejo Oleícola Internacional

A nivel latinoamericano destaca Argentina, con una producción de 11.500 toneladas, representando el 0,5% de la producción mundial.

Chile presenta una situación inversa a la mundial. Cerca del 90% de la producción de olivas se destina a aceituna de mesa, y el 10% a la producción de aceite de oliva.

En los balances mundiales Chile figura con producciones menores a las 1.200 toneladas de aceite de oliva.

La producción chilena proviene principalmente de plantaciones del Valle de Huasco, Valle del Limarí y Sagrada Familia, que difícilmente superan las 350 Hás.

Las plantaciones, que datan en su mayoría de los años 50, se componen de variedades poco productivas.

#### **Aceituna de Mesa.**

Las aceitunas consumidas en forma directa, llamadas "de mesa", se recogen tanto verdes como maduras. Las verdes son de este color, el cual conservan una vez aderezadas. Las maduras son de color azulado oscuro cuando están frescas y negruzcas una vez preparadas.

En cada región se preparan de distintas maneras, aliñadas con hierbas aromáticas, con agua caliente, sosa, en salmuera o machacadas. El resultado es una variedad amplia de tipos de aceitunas. Una forma comercial de preparar las aceitunas verdes consiste en quitarles la semilla o hueso y rellenar el hueco con anchoa, pimienta o almendra.

Al inicio de los años sesenta, la producción mundial de aceitunas de mesa apenas superaba las 400 mil toneladas. Al final de los ochenta, llegaba a 1 millón de toneladas, volumen que prácticamente se ha estabilizado hasta hoy.

Los principales productores de aceitunas de mesa son España, Turquía y Estados Unidos, con producciones individuales sobre las 135 mil toneladas. A nivel latinoamericano, destaca Argentina con 40 mil toneladas.

Cabe destacar que la producción interna de cada país presenta fluctuaciones interanuales bastante pronunciadas por problemas técnicos propios del olivo. Pero a nivel mundial las fluctuaciones son menores, debido a un efecto compensación entre las producciones de las distintas zonas.

El consumo tiende a estabilizarse en torno a una media de 1 millón de toneladas aproximadamente, con fluctuaciones interanuales menos pronunciadas que las de producción, siendo cinco los países que se reparten el 57.60% del consumo mundial: Estados Unidos, Turquía, Italia, España y Siria.

Llama la atención que el mercado internacional de la aceituna de mesa presenta el comportamiento de un mercado de exportación de excedentes, siendo los principales exportadores: España, Marruecos, Grecia, Turquía y Argentina.

Entre los grandes importadores, figura Brasil en tercer lugar después de Estados Unidos e Italia.

Mercado Mundial Aceituna de Mesa Campaña 1996/97 (1.000 toneladas)

|              | Producción     | Importación  | Consumo        | Exportación  | ± Stock     |
|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|-------------|
| España       | 244,0          | 10,0         | 100,0          | 130,0        | 24,0        |
| Turquía      | 185,0          |              | 132,0          | 26,0         | 27,0        |
| USA          | 136,5          | 77,0         | 160,0          | 10,0         | 43,5        |
| Marruecos    | 100,0          |              | 29,0           | 68,0         | 3,0         |
| Siria        | 90,0           |              | 80,0           |              | 10,0        |
| Grecia       | 60,0           |              | 20,0           | 50,0         | -10,0       |
| Italia       | 46,5           | 57,0         | 107,0          | 3,0          | -6,5        |
| Argentina    | 40,0           |              | 16,0           | 24,0         | 0,0         |
| Portugal     | 9,0            | 6,4          |                | 7,4          | 8,0         |
| Brasil       |                | 35,0         | 36,0           |              | -1,0        |
| Egipto       |                |              | 28,5           | 2,5          | -31,0       |
| Francia      |                | 28,0         | 26,0           | 3,0          | -1,0        |
| Alemania     |                | 23,3         |                |              | 23,3        |
| Canadá       |                | 17,0         |                |              | 17,0        |
| Australia    |                | 8,0          |                |              | 8,0         |
| México       |                |              |                | 5,0          | -5,0        |
| Otros        | 171,5          | 88,9         | 270,7          | 13,3         | -23,6       |
| <b>TOTAL</b> | <b>1.082,5</b> | <b>350,6</b> | <b>1.005,2</b> | <b>342,2</b> | <b>85,7</b> |

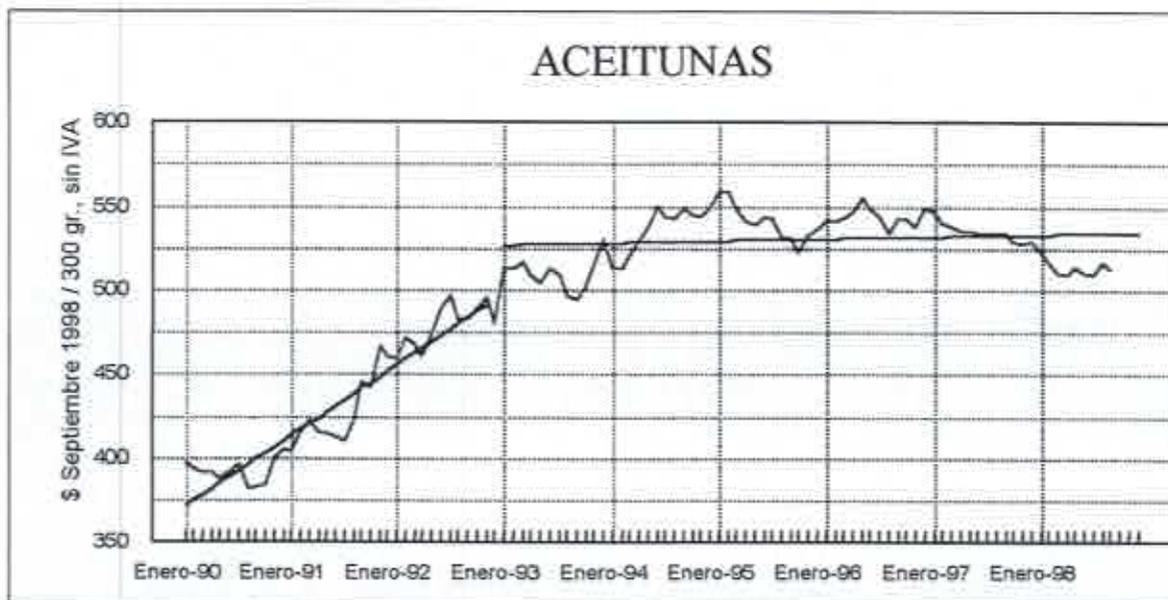
Fuente: Consejo Oleícola Internacional

Chile no escapa a las grandes líneas de comportamiento mundial. Su producción de aceitunas en las últimas campañas ha sido estimada en 8, 12 y 7 mil toneladas, de las cuales 1.200 toneladas se destinan a producción de aceite de oliva.

El comercio internacional de aceitunas presenta un comportamiento de mercado de exportación de excedentes. En los últimos años se ha exportado un volumen promedio cercano a las 1.500 toneladas e importado un promedio superior a las 500 toneladas.

De lo anterior se desprende que el consumo aparente de aceituna de mesa en Chile se encuentra cercano a un volumen de 8 mil toneladas, equivalentes a 0.6 Kg. per cápita.

La evolución de los precios de las aceitunas de mesa en el mercado interno no muestra evidencia de estacionalidad en el consumo. Como se observa en el gráfico siguiente, el actual nivel de precios es similar al del año 1993, que tuvo un promedio de 1.700 \$/Kg., lo que equivale a 3.70 US\$/Kg.



Fuente: ODEPA, 1998 Departamento de Información Agraria.

### 3.2. TOMATES.

El cultivo del tomate constituye en Chile una importante actividad productiva para un gran número de agricultores distribuidos a lo largo de una amplia zona del país, que se extiende desde Arica por el Norte hasta Ñuble por el Sur. La importancia de esta especie hortícola radica, tanto en la considerable superficie dedicada a su cultivo, como también en su capacidad generadora de empleo, característica común, en general, a las hortalizas.

El tomate se produce básicamente para dos usos, consumo directo como producto fresco y como materia prima para la industria elaboradora. Cabe mencionar la producción de semillas de tomate que ha constituido una alternativa de gran interés en los últimos años.

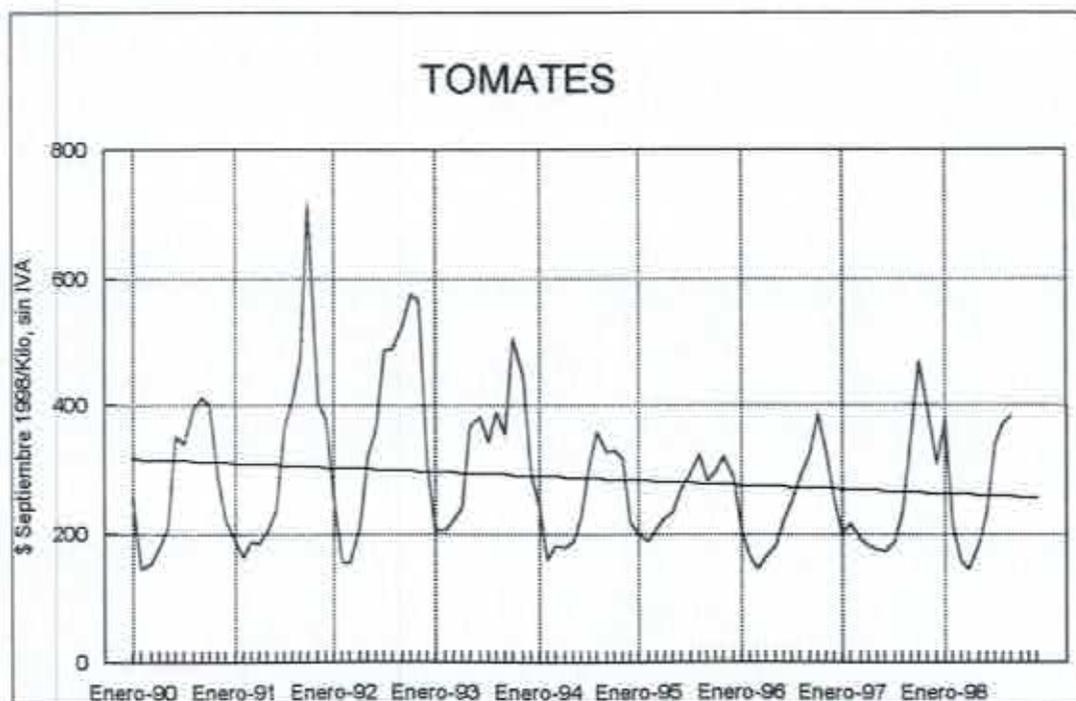
El consumo de este fruto se realiza preferentemente en la forma de tomate fresco, existiendo demanda estable por este producto, lo cual ha llevado a desarrollar técnicas especiales para ofrecerlo durante todo el año. De este modo, es posible abastecer el mercado en los meses de invierno, pero con volúmenes bastante inferiores a la oferta de los meses de plena temporada, con producciones provenientes de Arica y de cultivos bajo plástico en el norte chico y en la zona central.

La planta de tomate en un clima templado como el nuestro, se comporta como una planta anual. Esta es una especie en la cual los programas de mejoramiento genético han sido muy exitosos en el desarrollo de cultivares aptos para satisfacer los diversos requerimientos de precocidad, altos rendimientos, tamaño, forma y color de fruto, resistencia a enfermedades, etc. Lo anterior implica que en la actualidad haya un gran número de variedades comerciales y que exista una intensa actividad de introducción y evaluación de nuevos cultivares.

La superficie destinada al cultivo en Chile es de aproximadamente 7.300 Hás. de tomate para consumo fresco y de 10.270 Hás. de tomate industrial.

La evolución del precio del tomate fresco presenta una gran variación, causada fundamentalmente por la marcada estacionalidad de la oferta.

Como se observa en el gráfico siguiente, la estacionalidad de precios al consumidor es notable, obteniéndose los precios más altos entre junio y diciembre de cada año, visualizándose, además una tendencia la baja en el precio, en términos reales.



Fuente: ODEPA, 1998 Departamento de Información Agraria.

### 3.3. FLORES.

A nivel mundial, el consumo de flores se concentra en Europa, Norteamérica y Japón, siendo Noruega, Suiza, Alemania y Dinamarca los principales consumidores.

Las flores más vendidas en el mundo son las rosas, seguido por los crisantemos, los tulipanes, los claveles y en quinto lugar los liliium.

Por ser un bien suntuario, su consumo varía según el nivel de ingresos de cada país.

Es un mercado que depende en gran parte de la moda y, por lo tanto, es bastante inestable en el tiempo.

La tendencia actual es la de obtener calidades mejores y mayor durabilidad de las flores. Las especialidades o novedades son muy buscadas y reciben mejores precios.

En Taiwan las ventas entre mayo y agosto crecen aproximadamente un 30% y los precios aumentan de un 100 a un 300% en dos fecha claves: Día de la Madre y celebración de Graduación de Estudiantes.

Los principales países exportadores son Holanda, Colombia, Italia e Israel, que en conjunto representan el 80% del mercado mundial.

**Holanda**, además de ser un productor y exportador importante, es un gran importador. Sus principales importaciones corresponden a rosas grandes y claveles estándar.

En el sur de África se han establecido filiales de una gran empresa holandesa para proveerse de flores más variadas de **contra-estación** con costos más bajos de producción y con el propósito de poder reexportar hacia Japón y Taiwan.

**Colombia** es el segundo exportador mundial de flores. Cerca del 95% del total de su producción va al mercado de exportación y un 80% se dirige a USA, con trato arancelario preferencial, debido al programa de control de plantaciones de drogas.

Colombia ha sido agresiva en la búsqueda de nuevos mercados. En los últimos años ha incrementado los envíos de ramilletes de flores preparados.

A pesar de ser un exportador neto de flores, Colombia es un importador neto de semillas de flores, las que se importan principalmente de México y Holanda.

En Chile, de acuerdo al VI Censo Agropecuario de 1996-1997, la superficie plantada con flores es de aproximadamente 1.470 Hás., siendo las variedades más plantadas:

|              |            |
|--------------|------------|
| Clavel       | : 360 Hás. |
| Crisantemo   | : 256 Hás. |
| Alelí        | : 215 Hás. |
| Gladiolos    | : 152 Hás. |
| Reina Luisa: | 87 Hás.    |

La superficie dedicada al cultivo al aire libre, se concentra en la V Región y para especies bulbosas (lilium y lisatris), se expande hacia el sur.

La cuenca del Río Aconcagua presenta condiciones de extrema ventaja con respecto al resto del país, al estar a un paso de Santiago, que concentra más del 50% del poder comprador de flores de Chile, y, además, tiene muy cercano el Aeropuerto Pudahuel, único punto actual de salida de este producto hacia los mercados externos.

En 1995, Chile exportó un total de US\$2.254.774. Las mayores exportaciones fueron las de clavel, lilium y liatris, donde el clavel por sí solo significó US\$1.052.000.-

Chile exporta flores principalmente hacia USA, Argentina y Canadá. Es importante el mercado de Argentina por ser menos exigente, a la vez que son menores los costos de transporte aéreo y aranceles.

Entre las principales desventajas del mercado chileno de flores, se destaca la lejanía al mercado europeo.

Otras desventajas se deben a la carencia de calidad homogénea del producto y la incapacidad de satisfacer demandas de grandes volúmenes con envíos regulares.

El desfase hemisférico, que hasta hace un tiempo constituía una ventaja para Chile, ya no es tan determinante, puesto que existen hoy en día varios otros países con la misma ventaja comparativa, principalmente de Africa.

#### **4. SÍNTESIS ECONÓMICA DEL PROYECTO DESARROLLADO POR LUSAC.**

El Plan Estratégico de Desarrollo para Arica y Parinacota, Segunda Fase, según información obtenida de Internet, contempla que se licitarán aproximadamente 1.500 hectáreas de propiedad fiscal y el tratamiento de las aguas servidas, para la habilitación de nuevas tierras para uso agrícola.

La Empresa de Servicios Sanitarios de Tarapacá S.A., ESSAT, es la responsable del abastecimiento de Agua Potable, AP, y de la recolección y disposición final de Aguas Servidas, AS, en la Primera Región de Chile, incluida la ciudad de Arica.

El sistema de evacuación de AS de Arica utiliza una red de colectores que conduce las aguas en forma gravitacional hasta el sector bajo de la ciudad, en el borde costero, en donde se localizan colectores interceptores que descargan en plantas elevadoras que impulsan las AS al sector Chinchorro. En ese lugar se encuentran las obras de disposición final, compuestas por una Planta Elevadora y un Emisario Submarino.

Dados los dos elementos nombrados y la escasez de Agua para Riego, AR, en la Primera Región, la Empresa LUSAC LTDA, Ingenieros Consultores, diseñó un proyecto para reutilizar las AS de Arica, en el riego de unas 1.000 hectáreas de terrenos desérticos ubicados 18 Km. al norte de la ciudad de Arica, entre la Quebrada Gallinazo, el Aeropuerto Chacalluta y el límite de Chile y Perú.

El proyecto contempla la conducción de las AS, desde las actuales Obras de Disposición Final, hasta las inmediaciones de la Quebrada Gallinazo, lugar donde serán tratadas mediante la técnica de Lodos Activados.

Las AR resultantes serán conducidas a estanques, para ser distribuidas a las nuevas plantaciones.

La Planta de Tratamiento se ha diseñado para 500 l/s.

La Impulsión de AS se ha diseñado para un caudal de 700 l/s.

La Impulsión de AR se ha diseñado para un caudal de 500 l/s.

#### 4.1.- INVERSIONES.

Las inversiones contempladas en el Proyecto LUSAC, incluidos los reemplazos de equipos, se indican en el siguiente cuadro: fuente proyecto preliminar LUSAC

| INVERSIONES                       |            |        |  |
|-----------------------------------|------------|--------|--|
| Items                             | US\$       | %      |  |
| Transporte de Aguas Servidas      | 4.546.994  | 13,62  |  |
| Planta de Tratamiento             | 22.734.104 | 68,11  |  |
| Transporte de Agua Riego          | 1.402.173  | 4,20   |  |
| Estanques 4*10.000 m <sup>3</sup> | 4.695.960  | 14,07  |  |
| Subtotal                          | 33.379.231 | 100,00 |  |
| Proyecto de Ingeniería            | 788.000    |        |  |
| Inspección de Obras               | 1.052.000  |        |  |
| Total Inversión Inicial           | 35.219.231 |        |  |
| Reemplazo de Equipos              | 9.869.681  |        |  |

#### 4.2.- COSTOS DE OPERACIÓN.

Los Costos de Operación Anual, son del orden de 1,81 millones de Dólares, siendo el ítem más importante la energía eléctrica.

| COSTO ANUAL DE OPERACIÓN  |           |        |  |
|---------------------------|-----------|--------|--|
| Items                     | US\$      | %      |  |
| Energía                   | 891.237   | 49,22  |  |
| Personal                  | 276.522   | 15,27  |  |
| Productos Químicos        | 480.465   | 26,54  |  |
| Mantenimiento             | 162.352   | 8,97   |  |
| Total Costos de Operación | 1.810.576 | 100,00 |  |

#### 4.3.- *COSTO INCREMENTAL DE DESARROLLO.*

La tarifa necesaria para que la Tasa Interna de Retorno, TIR, sea igual al costo del capital, denominada "Costo Incremental de Desarrollo", es de 40,63 US\$/m<sup>3</sup>, equivalente a 186,90 CH\$/m<sup>3</sup>, considerando la tasa de 12,0%.

| Tasa actualización | Costo Incremental de Desarrollo |                     |
|--------------------|---------------------------------|---------------------|
|                    | US\$/m <sup>3</sup>             | CH\$/m <sup>3</sup> |
| 0,00%              | 21,00                           | 96,60               |
| 8,00%              | 33,07                           | 152,12              |
| 9,00%              | 34,89                           | 160,49              |
| 10,00%             | 36,76                           | 169,10              |
| 11,00%             | 38,68                           | 177,97              |
| 12,00%             | 40,63                           | 186,90              |
| 16,00%             | 48,73                           | 224,16              |

Fuente : confección propia

#### 4.4.- *VALOR ACTUALIZADO DE LOS COSTOS.*

El Valor Actualizado de los Costos, VAC, es de 51,60 millones de Dólares, considerando una tasa de actualización de 12,00%. Los costos considerados son inversión inicial, reposición de equipos, operación anual y recuperación del valor de los terrenos al término de la vida útil del proyecto.

#### 4.5.- *SUBPRODUCTOS.*

Del proceso de tratamiento de aguas servidas se obtendrá como producto principal el agua de riego y como subproducto los lodos deshidratados. Dichos lodos son del orden de 3.460 toneladas anuales.

A nivel de prefactibilidad, no se ha valorado la posible contribución de la comercialización de este subproducto a la disminución del costo incremental de desarrollo.

#### 4.6.- *APRECIACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.*

El proyecto es un estudio de prefactibilidad, y no incluye análisis de optimización.

En general, se puede indicar que, desde el punto de vista consumo de energía, la Planta de Tratamiento de AS debería localizarse en el mismo lugar en que se encuentra la actual Planta Elevadora que envía las AS al Emisario Submarino, de forma tal, que se deba conducir sólo AR. Esta solución requiere la compra de un terreno de aproximadamente diez hectáreas en una zona urbana.

La solución propuesta por LUSAC, disminuye la inversión por concepto de terreno al localizar la planta en un área rural, a cambio de una mayor inversión en tuberías para transporte de AS, y de un aumento en los costos operacionales.

Otros elementos que se deben estudiar en el proyecto de factibilidad son:

- Capacidad de transporte de las tuberías para AS.
- Capacidad de la Planta de Tratamiento, teniendo en consideración el crecimiento de la población de Arica, y por ende del aumento del volumen de AS.
- Ubicación específica y capacidad de los estanques de agua para riego.

## 5. RENTABILIDAD Y EMPLEO DE LAS OPCIONES ANALIZADAS

### 5.1.- OLIVOS.

De acuerdo con nuestras estimaciones, una plantación de olivos requiere una inversión inicial de 4.600 US\$/Há. más unos US\$8.000 de capital de trabajo para los primeros 7 años.

#### 5.1.1.- OLIVOS: RENTABILIDAD ESPERADA.

Si bien es cierto, que en nuestra investigación preliminar de la Factibilidad de Plantar Olivos en el sector Quebrada Gallinazo, no hemos encontrado ninguna razón técnica en contra de dicha plantación, tampoco nos hemos informado de la existencia de alguna ventaja comparativa que aconseje realizar la plantación en ese lugar en forma específica.

Aparentemente, la productividad de los Olivos sería similar a las de plantaciones en zonas que demandarían menores costos operacionales, por contar con abundante AR y a más bajo costo.

En la siguiente tabla, se muestra el valor máximo a pagar, en US\$/m<sup>3</sup> de AR, para obtener una tasa interna de retorno superior a la indicada, dados los consumos de AR y los valores de adquisición de los terrenos.

| m <sup>3</sup> /año*há. | l/s*há. | 0 US\$/há. |       | 3.000 US\$/há. |       |
|-------------------------|---------|------------|-------|----------------|-------|
|                         |         | 9%         | 12%   | 9%             | 12%   |
| 5.000                   | 0,16    | 67,63      | 57,56 | 60,34          | 47,65 |
| 8.800                   | 0,28    | 38,25      | 32,70 | 34,28          | 27,47 |
| 15.768                  | 0,50    | 21,35      | 18,25 | 19,13          | 15,11 |

Fuente:Confeción propia

El consumo de 5.000 m<sup>3</sup>/año, corresponde a un estudio realizado por el Ministerio de Agricultura - Fundación Chile, para la Zona Central de Chile.

El consumo de 8.800 m<sup>3</sup>/año, corresponde a un cultivo de Olivos en el Valle de Azapa.

El consumo de 15.768 m<sup>3</sup>/año, es el valor máximo disponible, si se piensa en desarrollar 1.000 hectáreas agrícolas, con una dotación total de 500 l/s de AR.

#### 5.1.2.- OLIVOS: EMPLEO A GENERAR.

La creación de puestos de trabajos derivados del proyecto de uso de AS para riego agrícola, dependerá fundamentalmente de la estructura de organización que finalmente se adopte.

En los casos extremos, se tendrá las siguientes situaciones:

- Una sola Empresa Agrícola, obtiene en forma conjunta los derechos de uso de las AS de Arica y las 1.000 hectáreas agrícolas. Una variante es que una Empresa obtenga los derechos de uso de las AS de Arica y produzca AR, y otra Empresa obtenga las 1.000 hectáreas.
- Una Empresa obtiene los derechos de uso de las AS de Arica y produce AR, y un número superior a 50 Empresas se reparten los terrenos agrícolas, obteniendo cada una de ellas menos de 20 hectáreas.

En el primer caso, se tendrá un manejo centralizado de la explotación agrícola, intensiva en uso de capital. El empleo directo generado será de unas 20 personas en forma permanente, y de unas 120 en forma temporal durante la época de cosecha mecanizada.

En el segundo caso, se tendrá un manejo descentralizado de la explotación agrícola, intensivo en uso de Mano de Obra. El empleo directo generado será de unas 25 personas en forma permanente, y de unas 1.180 en forma temporal durante la época de cosecha manual.

En ambos casos, por razones de economías de escala, lo más probable es que exista un solo agente productor de Aceite de Oliva, a partir de olivas compradas a los agricultores. En este caso, se tendrá empleo temporal para unas 100 personas, durante unos dos meses al año.

Si se optara por plantar Olivos para Aceituna de Mesa, la rentabilidad del cultivo sería menor que la de una plantación orientada a producir Aceite de Oliva, puesto que sería intensivo en Mano de Obra, y el empleo generado resultaría similar al segundo caso.

## 5.2.- TOMATES.

### 5.2.1.- TOMATES: RENTABILIDAD ESPERADA.

El Tomate para Consumo Fresco, se presenta bastante atractivo, pues el productor no requiere realizar grandes inversiones. Eso sí, debe disponer de un capital de trabajo de unos US\$ 10.000 por hectárea a plantar.

Básicamente, el proceso se desarrolla a partir de las semillas, las cuales son colocadas en un ambiente desinfectado y rico en nutrientes, tipo almácigos en seedling, para obtener las plantas. Una vez que éstas alcanzan un tamaño adecuado, son trasplantadas a la tierra, en una proporción de 25 mil a 35 mil plantas por hectárea.

Cada planta produce, más o menos, unos 25 tomates, de 190 a 210 gramos, en un plazo de 90 a 160 días.

Para fijar un orden de magnitud, cabe destacar que el valor de la variedad "Fortaleza", en Santiago, es de CH\$ 335.016 + IVA el tarro con 15.000 semillas. Este ítem corresponde al 16 - 18% de la estructura de costo del cultivo.

En cuanto a requerimientos de AR, cada planta demanda de 1 a 1,2 litros/día, lo que implica una dotación de 5.000 m<sup>3</sup>/há. por temporada.

El precio final del Tomate, en la última década, presenta una tendencia a la baja, puesto que es un cultivo muy competitivo, con pocas barreras a la entrada de nuevos oferentes. No obstante, se puede obtener un buen precio, en la medida que se logre obtener un producto de calidad apta para supermercados, en la época de escasez, al comienzo de temporada.

Una estimación gruesa, nos indica que el margen a productor Ariqueño, está en el orden de 7.500 US\$/há por temporada.

También es importante señalar, que a pesar de que la temporada del cultivo es de 180 días, no es aconsejable realizar dos temporadas por año, por el problema de preparación de suelos.

### 5.2.2.- TOMATES: EMPLEO GENERADO.

De acuerdo con la estructura de costos, una hectárea de tomates para consumo fresco, requiere de entre 140 y 180 jornadas hombre por temporada, puesto que la cosecha no se realiza de una sola vez, sino que se debe recorrer la plantación y retirar los tomates a medida que van alcanzando el grado de madurez requerido según los mercados de destinos.

De esta forma, una hectárea de tomates para consumo fresco, podría generar un puesto de trabajo permanente durante seis meses al año.

Luego, la posibilidad cierta de dedicar las 1.000 hás. al cultivo de hortalizas tipo tomate de consumo fresco, con una buena planificación de la rotación de los cultivos, permitiría generar empleos permanentes para 500 personas.

En el caso de plantar tomates en los terrenos aledaños a la Quebrada Gallinazo, se podría tener un volumen interesante de producto que justifique el funcionamiento de una Central de Packing orientada a los mercados externos.

### 5.3.- FLORES.

De los tres cultivos estudiados, las flores son las que presentan un mayor atractivo, pues son un producto no esencial, de consumo no masivo, destinado a mercados que valoran adecuadamente la incorporación de valor agregado que destaquen la calidad del producto.

#### 5.3.1.- FLORES: RENTABILIDAD ESPERADA.

El rubro flores presenta una elasticidad positiva respecto al ingreso, o sea, a mayor ingreso per cápita, mayor consumo de flores.

Específicamente, nos referimos al Clavel, puesto que en el año 1992, el Instituto de Agronomía de la Universidad de Tarapacá, instaló un Módulo Experimental de Cultivo Tecnificado de Claveles en Villa La Frontera, en la ribera norte del Río Lluta, cerca de su desembocadura a 12 kilómetros de la ciudad de Arica, con buenos resultados.

Para producir Claveles, en un suelo nunca antes cultivado, se requiere preparar el suelo en forma adecuada e instalar algunas construcciones que presentan una vida útil de cinco y diez años.

El cultivo de claveles se desarrolla a partir de "esquejes", que son trozos de planta que contienen un ápice obtenido a partir de una planta madre.

Un esqueje, en promedio, produce una flor por mes, a partir del cuarto mes de su plantación, durante 20 meses.

De lo anterior, se desprende que un proyecto de plantación de claveles, debe tener un horizonte de 10 años, con reinversión de esquejes en los años pares, y del sistema de conducción y sombreo en el año 5.

Otro dato importante, es que una plantación de una hectárea de Claveles, presenta 6.400 m<sup>2</sup> de plantación neta. Si se realiza con una densidad de 40 plantas/m<sup>2</sup>, se tendrá 256.000 flores mensuales, o sea, unas 10.000 flores/día por hectárea.

Finalmente, si se considera que cada esqueje tiene un valor de CHS 61,50, podemos apreciar que para realizar el cultivo, se debe contar con, al menos, unos de 37.620 US\$/há., lo que corresponde al 40% de la inversión inicial.

Considerando los antecedentes mencionados y de acuerdo con nuestras estimaciones, el margen anual promedio sería de US\$33.550 por año con una TIR=37,45% del proyecto evaluado en forma pura.

### 5.3.2.- FLORES: EMPLEO GENERADO.

El cultivo de flores es una actividad intensiva en uso de mano de obra, pues cada flor requiere de un permanente cuidado para que su tallo crezca en forma derecha, alcance el largo necesario, y pueda aspirar a ser clasificada en las mejores categorías y por ende obtenga el mejor precio.

Específicamente, el Clavel se cosecha durante todo el año, y debiera producir una flor/planta al mes. Sin embargo, de acuerdo a las condiciones agroclimáticas, y a las técnicas de manejo del cultivo, es muy probable que en los meses de mayor temperatura ambiental se produzca más que el valor promedio y que en los meses de invierno se produzca menos.

De acuerdo con nuestra estimación, una hectárea de claveles en plena producción generaría, en forma directa, 12 puestos de trabajo permanente, y 2 puestos de trabajo temporal durante 4 meses al año.

En forma indirecta se podría generar una cantidad similar de puestos de trabajo, en la medida que se desarrolle una industria de acondicionamiento de flores para su entrega directa al destinatario final.

Específicamente, se piensa que la preparación de ramilletes puede ser una actividad intensiva en uso de Mano de Obra, con bastante valor agregado en cuanto a creatividad y buen gusto, siempre que se esté muy atento a la moda y gustos del consumidor.

## 6.- CONCLUSIONES

De la investigación realizada, se concluye que es técnicamente factible plantar olivos, tomates y/o flores en las 1.500 Hás. de terrenos desérticos aledaños a la Quebrada de Gallinazo, con la dotación disponible de 500 lt/seg. de agua de riego obtenida por tratamiento de las aguas servidas de Arica.

Desde el punto de vista de la generación de empleo, el orden de importancia de los cultivos en forma decreciente, sería: flores, tomates y olivos.

Desde el punto de vista de rentabilidad económica, los olivos serían muy sensibles al precio del agua de riego. Su emplazamiento en esta área desértica no presenta ventajas comparativas que compensen el mayor costo del agua con respecto a otras zonas del país.

En cuanto al tomate para consumo fresco, puede presentar una muy buena rentabilidad, de acuerdo al premio que se obtenga por llegar en forma oportuna al mercado con un producto larga vida y de calidad homogénea. Este premio compensaría con creces la diferencial de costo del agua de riego con respecto a otras zonas del país. Dadas las condiciones climáticas del norte de Arica, favorables para el desarrollo de estos cultivos, no sería difícil obtener los mejores sobrepuestos.

En lo que respecta al cultivo de flores, específicamente de claveles, sería un producto totalmente destinado a los mercados externos, muy rentable y buenos índices de utilización de mano de obra, pero de altos niveles de inversión inicial.

Finalmente, cabe destacar, que si bien desde el punto de vista técnico-económico no se visualizan obstáculos para el desarrollo agrícola de la Región, se requiere de una amplia cooperación de las autoridades locales para allanar los impedimentos de orden administrativo-burocrático, que no están al alcance de solucionar por los inversionistas privados.

## **ANEXO: SÍNTESIS DE LA INVESTIGACIÓN EN TERRENO.**

En el desarrollo de la investigación se detectó un vivo interés de parte de diversos actores y otras circunstancias relacionados con el proyecto de tratamiento de las aguas servidas de Arica para la habilitación de nuevas tierras para uso agrícola.

Por este motivo, hemos considerado adecuado entregar una visión de diversos tópicos, que si bien escapan al objetivo específico encomendado, están presentes en el entorno del proyecto.

Este documento se ha organizado de la siguiente manera:

- A.- Opiniones recogidas.
- B.- Conocimiento de actividades desarrolladas por las autoridades.
- C.- Ideas y comentarios.

### **A.- OPINIONES RECOGIDAS.**

#### **1.- Empresarios Privados.**

El tema hídrico en la región es delicado y sensible para la comunidad, especialmente para los agricultores.

En la historia de Arica ha habido numerosos proyectos y se ha hablado mucho del tema, sin resultados concretos, por lo que no es fácil tener un acercamiento franco y transparente con la gran mayoría.

En entrevistas con personas del área privada y con grandes agricultores, si bien se ha detectado una especie de escepticismo al respecto, existe la esperanza de tener soluciones al problema del agua y por consiguiente mejorar las expectativas de desarrollo para la agricultura en la zona.

Su interés está explicitado en términos de la voluntad de invertir en proyectos de esta naturaleza, siempre y cuando se verifiquen determinadas condiciones, relativas principalmente a los niveles de inversión y estructuras de relación entre los tenedores de la tierra y los dueños de las aguas.

Algunos grandes empresarios ya han tenido contactos fluidos con dos empresas internacionales dedicadas al tema del tratamiento de aguas servidas.

También han argumentado que, al disponer de mayores terrenos se podrán iniciar otro tipo de plantaciones, haciendo referencia a algunos frutales como mangos y papayas, además de flores, en particular claveles.

## 2.- Estado.

Interés expresado a través de sus Organismos y Autoridades, el cual se ha materializado en la realización del encuentro "Jornada de Información de los Aspectos Básicos del Proyecto Agrícola con Aguas Recuperadas de Arica", durante el día 11 de noviembre recién pasado. Más adelante, en el acápite B, nos referiremos in extenso sobre esta Jornada de Información.

## 3.- Universidad de Tarapacá.

Participó como organizador de este encuentro, facilitando para esos efectos sus instalaciones. Además ha mencionado explícitamente su interés en el tema, a través del Director del Instituto de Agronomía, Sr. Eugenio Doussoulín y los señores Fernando de la Riva del "Programa de Hortalizas y Flores", y el Ingeniero Agrónomo Sr. Amador Torres.

## 4.- Sobre los cultivos.-

En reuniones con personas que han experimentado durante muchos años en lo que respecta a cultivos en la zona, se ha detectado que aparte de los olivos, tomates y flores, existirían muy buenas alternativas que se deberían estudiar, como son los dátiles, mangos, papayas y espárragos.

Específicamente, un Ingeniero Agrónomo, propietario del "Vivero San Miguel de Azapa", en el Km. 12, con 8 Hás. de diversas plantaciones, fiel exponente de esta posición, argumentó que es necesario ser creativos en el tema, buscando un mix adecuado de plantaciones tradicionales de la zona, con plantaciones nuevas que tengan rentabilidades adecuadas, según la calidad y costos del recurso hídrico del que se dispondrá, haciendo referencia a algunos frutales ya mencionados.

Cabe destacar que otros empresarios privados también se expresaron en análogos términos respecto a la diversidad de plantaciones que se podría lograr en la zona.

- 4.1.- **Evaluación de las olivas:** la aceituna de azapa tiene una competencia desleal muy fuerte de parte de las aceitunas peruanas, que siendo de inferior calidad, a costo mucho menor a causa de subsidios estatales, agua "regalada" y mano de obra más barata, se comercializa con la denominación 'aceituna tipo azapa'. Esta situación será muy difícil revertir en el corto-mediano plazo, a través del establecimiento y reconocimiento de un producto con denominación de origen.
- 4.2.- **Evaluación de los tomates:** el tomate es mencionado como un cultivo exitoso en la zona, de rendimientos conocidos, del orden de 100 toneladas por Há. por temporada y costos manejables. Incluso, algunos agricultores declaran haber tenido temporadas con una producción de más de 170 toneladas por Há.
- 4.3.- **Evaluación de las flores:** el único cultivo mencionado es el Clavel, pero explotado en plantaciones del orden de 100 Há. Para poder competir en los mercados internacionales, se necesita economías de escala, y otras consideraciones anexas, como que un inspector de la FDA debería instalarse en el aeropuerto de Arica.

Existe consenso en que, salvando los aspectos anteriores, y con costos razonables del agua de riego, el clavel estaría en buen pie para competir.

Se menciona explícitamente que la producción sería para competir en los mercados externos.

En la zona al norte de Arica se ha experimentado en forma positiva que pueden prosperar las plantaciones de claveles, demostrando la adaptabilidad de estas flores a las condiciones específicas del terreno y aguas.

Mediante la aplicación de alta tecnología en su cultivo y el aprovechamiento de economías de escala, sería factible la obtención de flores de calidad, aprovechando las ventajas comparativas de la zona en cuanto a sus características climáticas, que se traducen en prácticamente no tener estacionalidad en la producción.

## 5.- De los suelos.

En nuestra investigación, nos hemos encontrado que los cultivos de tomates y de flores demandan que los suelos se preparen adecuadamente antes de cada temporada. Dentro de esta preparación, se aconseja incorporar al terreno estiércol y arena de río, y que, posteriormente, se realice una desinfección del suelo.

El estiércol, se considera más que un fertilizante. Se le considera un notable mejorador de la estructura del suelo, contribuyendo a hacerlo más liviano, fácil de trabajar y mejora su capacidad de retención de humedad.

#### 6.- Experiencias agrícolas anteriores en la zona.

Los empresarios y algunas autoridades opinan que la subdivisión de los terrenos fiscales involucrados en el proyecto debería ser lo menos fragmentada posible, por dos razones o antecedentes básicos:

- La expectativa que ha generado el tema, requiere de la ejecución de proyectos de gran impacto en la zona, lo que se puede lograr con mayor éxito si se aprovechan las economías de escala.
- Fracasadas experiencias de atomización de la propiedad. En las inmediaciones de Quebrada de Gallinazo se han desarrollado diversos proyectos agropecuarios que no han tenido el éxito esperado:
- Plantaciones de jojoba, forestales y hortalizas pequeñas, que no prosperaron, básicamente por la salinidad del recurso hídrico, el tamaño global y de las subdivisiones: 170 parcelas de promedio una hectárea.
- También hubo experiencias de porcicultura, avicultura y cunicultura, de las cuales queda muy poco en la actualidad.

#### 7.- De la competencia.

El hecho que grandes empresarios locales hayan tomado contacto con dos consorcios extranjeros dedicados al tema del tratamiento de aguas: **uno italiano y otro inglés**, pone en evidencia que hay otros interesados en el tema.

Existen experiencias de instalación de plantas de tratamiento de aguas en otras partes del país. Por ejemplo, **La Chimba en Antofagasta**. Es muy probable que la misma empresa que instaló esta planta de tratamiento de aguas esté interesada en participar en este proyecto.

#### 8.- Estudios o actividades preliminares al proyecto.

En la comunidad hay consenso que existe una serie de estudios y/o actividades que se deben realizar antes de la puesta en marcha de este proyecto, entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

- Estudios de ingeniería, EIA, legales.
- Adecuación y limpieza del terreno.
- Reubicación del puesto aduanero.

## B.- CONOCIMIENTO DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LAS AUTORIDADES.

El Gobernador de Arica y el SEREMI de Agricultura convocaron a la comunidad en general, Sectores Público y Privado, a la participación en una "Jornada de Información de los Aspectos Básicos del Proyecto Agrícola con Aguas Recuperadas de Arica", que prepararon las autoridades locales, para el día 11 de noviembre de 1998.

Los aspectos logísticos fueron encargados al Centro de Estudios Regionales de la Universidad de Tarapacá, CEUTA.

El lugar de desarrollo de la jornada fue el Salón de Actos de la Universidad de Tarapacá.

Los expositores fueron los señores Juan Trevisan y Thierry Dubois, asesores de la Gobernación Provincial.

La Agenda para ese día incluyó los siguientes temas:

- Ideas y concepción del Proyecto.
- Etapa Impulsora.
- Marco Orgánico Permanente.
- Ficha Técnica del Proyecto.
- Modelo de Gestión.
- Ficha de Sondeo a los asistentes.

### 1.- Ideas y concepción del Proyecto.

En este punto se habló de la coincidencia entre los sectores público y privado respecto a la posibilidad real de un proyecto que impulse la agricultura en terrenos desérticos al norte de Arica, mediante el uso de aguas servidas tratadas.

Se entregaron ciertas cifras, destacando que son preliminares, sujetas a modificación:

- Habilitación de 800 a 2.000 Hás. de terreno agrícola.
- Caudal de 320 a 800 litros por segundo de agua recuperada.
- Creación de 1.600 a 6.000 empleos.
- Inversión global del orden de 20 a 50 millones de dólares.
- Traspaso efectivo de las tierras.
- Optimismo con respecto a la rentabilidad del proyecto, siempre y cuando no se eleve demasiado el costo del agua tratada".

Se mencionó el hecho que las medidas estatales de apoyo al desarrollo de Arica "no han generado el impacto esperado en la dinamización de la economía local", por lo que resulta en extremo relevante que el Proyecto Agrícola en cuestión tenga la capacidad de impactar fuertemente en forma positiva la inversión y actividad económica local, siendo compatible además con las posibilidades de inversionistas y agroempresarios locales y con "la necesidad de la distribución endógena de riquezas" (creación de mejores y mayores fuentes de trabajo).

Se plantea que el Estado, preocupado por el desarrollo sustentable de Arica, debería dirigir la concepción del proyecto, a la vez que controlar las etapas del proceso, pues es dueño de las aguas (a través de ESSAT) y de las tierras, por lo cual deberá **"establecer las reglas del juego en el traspaso de estos recursos al sector privado"**.

Con el objeto de definir las opciones y orientaciones del proyecto, se informó la creación de la Comisión para el Desarrollo Agroindustrial al Norte de Arica, con un horizonte de tiempo definido, integrada por el Intendente de la Región de Tarapacá, el Gobernador de la Provincia de Arica, el SEREMI de Agricultura, el SEREMI de Economía, el SEREMI de Bienes Nacionales y la CORFO-ESSAT.

Las tareas primordiales de esta comisión son:

- "Analizar y definir los planteamientos de loteo y de asentamiento (ordenamiento territorial)".
- "Analizar y definir las condiciones de entrega del agua cruda y tratada".
- "Analizar y definir las condiciones de inversión, tanto de la infraestructura global (tratamiento, impulsión, distribución de las aguas, y otros servicios básicos), como de la inversión predial".
- "Promover un esquema de gestión que permita compatibilizar e integrar orgánicamente los distintos intereses en una conducción ágil, sólida y permanente del proceso de implementación del proyecto".

La labor de esta Comisión deberá plasmarse en "uno o más Protocolos de Acuerdo, como **marco regulador específico en torno a aguas, tierras y condiciones**, que den seguridad jurídica a los distintos interesados en el Proyecto".

Este marco regulador específico se refiere, entre otros, a tamaño de lotes de terreno a traspasar; patrón de asentamiento (ordenamiento territorial); **condiciones y costos del agua tratada; seguridad ingenieril del servicio de agua**; condiciones de inversión en terrenos habilitados y modelo de gestión en torno a los servicios y bienes compartidos.

Para la determinación de las variables anteriores, se apoyará en diversos criterios: rentabilidad socio-económica; sostenibilidad/sensibilidad del proyecto a futuro; velocidad de desarrollo y condiciones geopolíticas.

## 2.- Etapa Impulsora.

Se ha propuesto la creación de dos Gerencias en torno al Proyecto, dependientes de la Comisión para el Desarrollo Agroindustrial al Norte de Arica: la **Gerencia Tratamiento de Aguas** y la **Gerencia de Desarrollo Agrícola y de Ordenamiento Territorial**, cuyas principales funciones son **"establecer las bases técnicas para los estudios de factibilidad y de ejecución del Proyecto en su conjunto"**.

### 3.- Marco Orgánico Permanente.-

En dicha jornada se planteó lo siguiente:

"el suministro de las aguas tratadas estará a cargo de ESSAT S.A., (directamente o por concesionario)".

"El Ministerio de Bienes Nacionales se encargará del traspaso de los terrenos en loteo."

"Los ministerios correspondientes, junto a la I. Municipalidad de Arica, asumirían los servicios relacionados con el tema de urbanización."

"Los servicios de agua potable, electricidad y comunicaciones estarán radicados en las empresas respectivas".

Aparte de lo anterior, también se plantea que existen otras acciones, propiedades y servicios cuyo marco jurídico aún no está claro.

En primer lugar, se están refiriendo a: **línea de impulsión de las aguas tratadas hacia el asentamiento, estructuras de recepción y almacenamiento, sistema de distribución de las aguas**, habilitación de las tierras, accesos viales e infraestructura urbana. Se estipula que "mientras no se defina una o más entidades jurídicas -existentes o por crear- para tales efectos, no se podrá proceder a los procesos de licitación, adjudicación y ejecución, ni tampoco tener las definiciones con respecto a la propiedad final de las obras".

En segundo lugar, se plantea que "el Proyecto consulta funciones permanentes indispensables para garantizar la actividad (agro)económica en el área. Específicamente, una entidad tendrá que hacerse cargo de la **distribución oportuna de las aguas a los distintos predios agrícolas**, lo cual implica una **operación y mantenimiento del sistema de impulsión y de distribución**, así como la administración de las obligaciones de pago de agua".

En la Jornada se deja planteada la posibilidad de contacto, estableciendo que "se requiere definiciones a corto plazo con respecto al modelo de gestión (Corporación u otra entidad jurídica), que como **marco orgánico permanente** asuma dichas funciones pendientes. De preferencia, este modelo debe contemplar la **participación de los distintos interesados** (potenciales), a modo de velar por la rentabilidad y la eficiencia del sistema en su integridad".

### 4.- Ficha Técnica del Proyecto.-

En la jornada se discutieron los datos preliminares del proyecto, inversión y costos de operación y las alternativas de sistemas de tratamiento de aguas servidas.

#### 4.1.- Información Básica.

- Ubicación: "16 Km. al norte de Arica". Según fuentes locales, en el sector de **Quebrada de Escritos**, ubicada más al norte del control aduanero chileno para ir a Tacna, Perú. Como este puesto fronterizo próximamente se trasladará hacia el límite con la Línea de la Concordia, el sector aludido quedará entonces en terreno de libre circulación.
- Superficie bruta de 1.500 Hás., quedando una superficie agrícola neta de 800 Hás.
- Tamaño de loteo: "variable; escala agro-empresarial".
- Cultivos: amplio rango, según rentabilidad.

#### 4.2.- Planteamiento Hidráulico.

- Punto de captación del agua: emisario Chinchorro (ESSAT).
- Caudal disponible (agua cruda en emisario): 300 - 350 litros/seg.
- Matriz de conducción: 15 Km, tubería de 600 mm.
- Altura dinámica (bombeo): 160 metros.
- Potencia instalada: 1.200 HP (a flujo permanente).
- Sistema de tratamiento: por definir, según normas para riego y aporte nutrientes (N, P).
- Punto de tratamiento y almacenamiento de agua: cabecera noreste del área agrícola.
- Distribución para riego: sistema a presión (tubería).

#### 4.3.- Inversión aproximada (US Dólar). No incluye el valor de traspaso de los terrenos a ser cobrados por Bienes Nacionales.

|                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| ⇒ Planta(s) de bombeo:   | 1.000.000        |
| ⇒ Matriz de conducción:  | 3.000.000        |
| ⇒ Planta de tratamiento: | <u>5.000.000</u> |
| ⇒ <b>Subtotal:</b>       | <b>9.000.000</b> |

- Valor terreno (Bienes Nacionales): por definir.
- Habilitación terrenos: 3.000.000
- Red vial y accesos: 2.000.000
- Servicios básicos: 2.000.000
- Sistema distribución de riego: 3.000.000
- Area comunitaria y de servicios: 1.000.000

**Subtotal: 11.000.000**

**INVERSIÓN TOTAL : US\$ 20.000.000**

**4.4.- Costos de Operación y Depreciación Sistema de Tratamiento (pesos/m<sup>3</sup>).**  
No incorpora eventual costo de agua cruda.

|                              | mínimo    | máximo     |
|------------------------------|-----------|------------|
| - Bombeo/transporte de agua: | 37        | 37         |
| - Tratamiento aguas crudas:  | 26        | 65         |
| - Márgenes:                  | <u>13</u> | <u>20</u>  |
| <b>TOTAL:</b>                | <b>76</b> | <b>122</b> |

**4.5.- Cuadro comparativo de alternativas de sistemas de tratamiento.** Incluye: planta de bombeo, matriz de conducción, planta de tratamiento y almacenamiento.

| SISTEMA   | SUPERFICIE OCUPADA (Hás.) | INVERSIÓN ESTIMADA (US Dólar) | COSTOS DE OPERACIÓN Y DEPRECIACIÓN (20 años) (pesos/m <sup>3</sup> ) |
|---|---------------------------|-------------------------------|--|
| 1.- Lodo activado convencional con Tratamiento secundario.                  | 7                         | 10.000.000                    | 122  |
| 2.- Laguna aireada, laguna intermedia, laguna maduración                    | 12                        | 9.500.000                     | 114  |
| 3.- Lagunas de estabilización convencionales                                | 45                        | 7.500.000                     | 89   |
| 4.- Reactor UASB con post-tratamiento lodo activado y laguna de maduración. | 6                         | 7.000.000                     | 86   |
| 5.- Reactor UASB con post-tratamiento en laguna de estabilización.          | 15                        | 6.500.000                     | 76   |

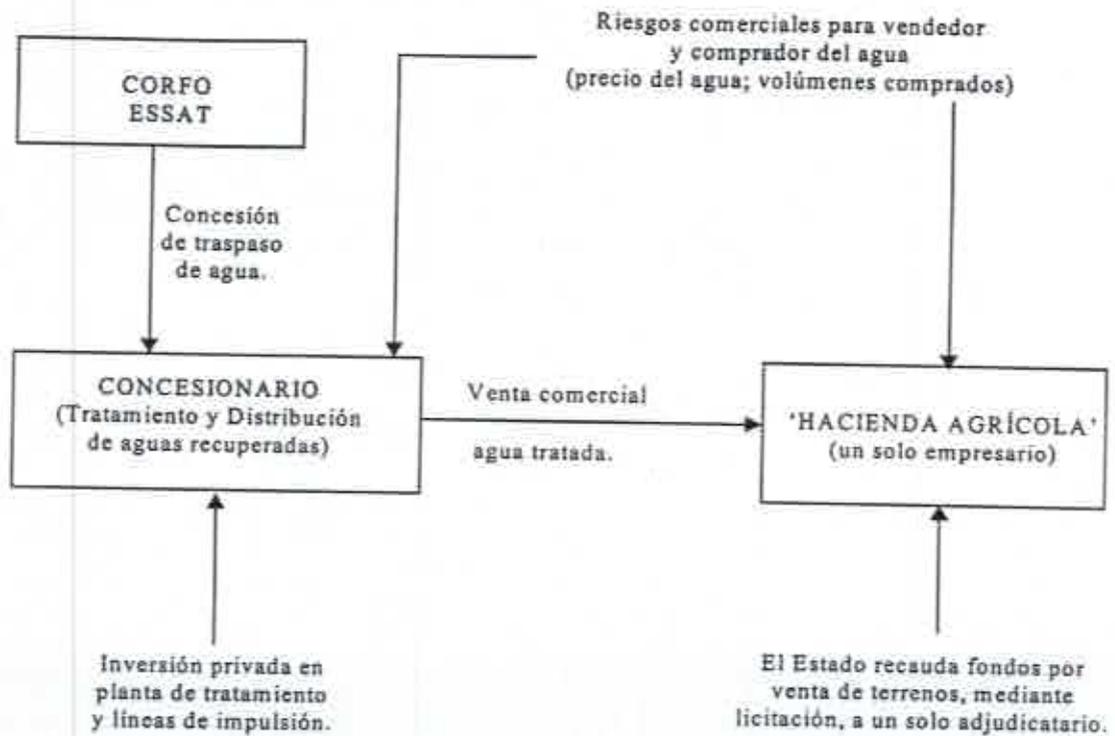
**5.- Modelo de Gestión.**

Se ha planteado que para lograr efectivamente los objetivos declarados, es decir, que el Proyecto "genere el entorno adecuado para dinamizar la inversión y actividad económica, compatible con las posibilidades de inversionistas y agroempresarios locales y con la necesidad de una distribución endógena de riquezas, atendiendo de alguna manera las aspiraciones de un amplio sector de la fuerza laboral local", el impulso inicial lo deberá dar el Estado, por medio de orientaciones claras, además de estar en condiciones de controlar el proceso, a través del establecimiento de las reglas del juego en el traspaso de los recursos básicos al sector privado.

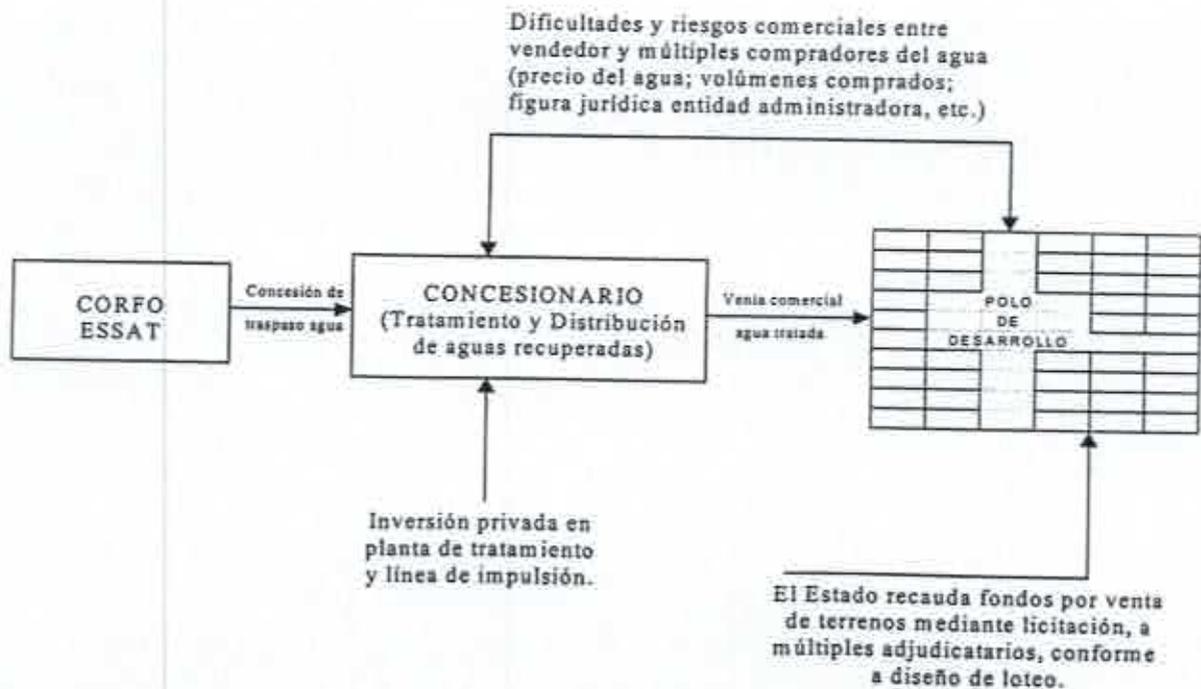
Se establece que las opciones de modelo de gestión, "con una gama de alternativas intermedias, varían entre el libre desarrollo de una 'Hacienda Agrícola' y la posibilidad de crear un 'Polo de Desarrollo' para los medianos agroempresarios de Arica, con un patrón de asentamiento que eficiente la interrelación local entre múltiples sectores económicos".

Bajo este prisma, se analizó 3 opciones de modelos de gestión para el Proyecto.

### 5.1.- Alternativa 1: 'Hacienda Agrícola'.



### 5.2.- Alternativa 2: 'Polo de Desarrollo'.





## 6.- Ficha de Sondeo a los Asistentes.

En la Jornada se entregó a cada asistente una 'Ficha de Sondeo', consistente en un cuestionario, que aparte de identificar al encuestado, pretende obtener información sobre variados aspectos como:

- Cantidad de Hás. en el que está interesado.
- Valor máximo (\$) que estaría dispuesto a pagar por Há.
- Valor máximo (\$) que estaría dispuesto a pagar por m<sup>3</sup> de agua.
- Volumen fijo de agua que se comprometería contractualmente a comprar: m<sup>3</sup>/año.
- Estimación de un Plan de Cultivo, indicando tipo y superficie de cada cultivo.
- Estimación de un Plan de Inversión (\$), detallando lo destinado a adquisición de terreno, sistema de riego predial, instalación de cultivos, maquinaria, construcciones y otros como accesos, etc.
- Estimación del ritmo de puesta en producción, según los distintos cultivos y Hás. del predio.
- Referencias agroempresariales, consistentes en las Hás., ubicación y cultivos que ha tenido en producción durante 1998.

## C.- IDEAS Y COMENTARIOS.

### 1.- Contacto con la comunidad.

Andrade Gutiérrez debería redoblar sus esfuerzos de acercamiento a los diversos actores de la comunidad, **estableciendo y manteniendo** los contactos globales e integrales con todos los entes participantes, influyentes o decisores en los temas relacionados con el proyecto.

En particular, estimamos que Andrade Gutiérrez debe establecer y/o profundizar los vínculos con la Comisión para el Desarrollo Agroindustrial al Norte de Arica, y las dos Gerencias que dependen de ella, de forma tal de **estar informado a tiempo del curso que van tomando los acontecimientos, teniendo eventualmente la oportunidad de participar activamente en algunas instancias.**

Entre los contactos, mencionamos, sin la pretensión de ser exhaustivos, a las siguientes personas, entidades u organismos.

#### **Autoridades Regionales y Nacionales:**

Intendente Regional  
 Gobernador Provincial  
 SEREMI Agricultura  
 SEREMI Economía  
 SEREMI Bienes Nacionales.

#### **Area Privada:**

Empresarios locales y Organismos Privados.

**Area Pública (Empresas y Organismos Estatales):**

Ministerios

ESSAT

CORFO

FIA

SERPLAC

Comisión Ad-hoc: "Comisión para el Desarrollo Agroindustrial al Norte de Arica".

**Area Política:**

Senadores y Diputados de la zona.

**Instituciones Académicas:**

Institutos de Educación Superior

Universidades Regionales y Nacionales.

**Otras Instituciones:**

Agrupaciones Ecologistas.

**2.- Información sobre la competencia.**

Será adecuado informarse sobre experiencias con relación a tratamiento de aguas, como La Chimba en Antofagasta, ya que la misma empresa que la desarrolló, es probable que vaya a participar también en este proyecto.

**3.- Nivel estimado de inversiones e información técnica.**

Con respecto a los montos de las inversiones dadas a conocer por las autoridades, estimamos imprescindible que:

- Andrade Gutiérrez dé a conocer las ventajas de su tecnología a los entes u organismos influyentes en las decisiones.
- Andrade Gutiérrez esté preparado para presentar diversas alternativas de costo según requerimientos específicos del agua de riego a obtener, tecnologías y capacidades de planta, a fin de ser una real alternativa técnica-económica frente a las ofertas que presentará la competencia.

**4.- Uso comercial de lodos activados.**

Una línea interesante de investigar es el acondicionamiento de los lodos activados, subproducto de la producción de AR, para sustituir al estiércol de camélidos y de aves.

Dentro de este contexto, Andrade Gutiérrez podría tomar contacto con empresas productoras y distribuidoras de fertilizantes para explorar una línea de negocios en forma conjunta.

*ANEXO 7*

*MEMORIA TÉCNICA*

*Planta de Tratamiento de Aguas Servidas  
de la ciudad de Arica.*

*ALTERNATIVA "C"*

*PTAS - ARICA*

*ANDRADE GUTIERREZ S. A.*

## ÍNDICE

1. OBJETIVO
2. DATOS BASICOS DE PROYECTO
3. DESCRIPCION DEL PROCESO
4. CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO
5. DIAGRAMA DE OPERACIONES, TABLA Y NOTAS
6. LISTA DE MOTORES ELECTRICOS
7. LISTADO DE EQUIPOS PRINCIPALES
8. ESTIMACION DE COSTOS.

## 1. OBJETIVO

La presente Memoria Técnica tiene como objetivo definir el proceso y también las características de los principales equipos que constituyen la **Planta de Tratamiento de Aguas Servidas** de la ciudad de Arica - **PTAS-ARICA** (Chile).

## 2. DATOS BASICOS DE PROYECTO

### 2.1. Parámetros del afluente.

Para fines de proyecto fueron asumidos los siguientes parámetros del afluente:

- Caudal medio : 0,5 m<sup>3</sup>/s
- Caudal máximo : 0,7 m<sup>3</sup>/s
- DBO5 : 400 mg/l
- SST : 460 mg/l

### 2.2. Parámetros esperados para el efluente.

Para el efluente de la Planta de Tratamiento son esperados los siguientes parámetros:

- DBO5 : hasta 30 mg/l
- SST : hasta 30 mg/l

## 3. DESCRIPCION DEL PROCESO

### 3.1. Tratamiento de la fase líquida

Los afluentes sanitarios llegan por bombeamiento a dos canales de rejillas en paralelo, siendo uno reserva del otro.

En los dos canales están instaladas dos rejillas finas mecanizadas, del tipo barras paralelas con espacio de 10 mm entre ellas e inclinación de 75° en la horizontal.

El material tratado en la rejilla es retirado por medio de rastrillos, accionados automáticamente por temporizador e/ o diferencia de nivel de agua en el canal de entrada y de salida de la rejilla y descargado en un transportador de correa que lo envía en un contenedor estacionario tipo "Brooks".

En la salida de los canales de tratamiento de rejillas está instalada una canaleta Parshall cuya función es medir el caudal tratado y controlar el nivel de agua en las rejillas.

En la salida de la canaleta el afluente fluye por gravedad para dos cámaras de arena, en paralelo, siendo una reserva de la otra.

Las cámaras de arena serán del tipo canal aireado. La arena sedimentada en el fondo de las cámaras será retirada por medio de bombas sumergidas, instaladas sobre un puente grúa, que recorre los canales en sentido longitudinal. La arena bombeada cae en una canaleta lateral y de ésta es enviada para un concentrador-lavador tipo tornillo sin fin.

La arena lavada es descargada en contenedores tipo "Brooks" para ser colocada en relleno sanitario.

El efluente de las cámaras de arena es distribuido hacia dos sedimentadores primarios por medio de una cámara divisora de caudal.

Los lodos depositados en el fondo de cada sedimentador, son arrastrados, continuamente, por un raspador mecánico de fondo para un pozo colector central, de donde son bombeados para el estanque de homogeneización de lodos y espumas.

Las espumas flotantes son recogidas por un raspador de superficie y descargadas hacia una cámara colectora común a los dos sedimentadores. De esa cámara las espumas son bombeadas hacia el mismo estanque de homogeneización de los lodos.

El producto clarificado vierte en la canaleta periférica de los sedimentadores y por gravedad, fluye, para una cámara de distribución, que divide el flujo sobre dos estanques de aireación.

De los estanques de aireación, los líquidos fluyen para dos sedimentadores secundarios, del tipo circular con mecanismo raspador de lodo de fondo y de espumas flotantes.

Los lodos colectados en el fondo son descargados en un pozo común a los dos sedimentadores por medio de válvulas telescópicas.

De ese pozo los lodos son enviados nuevamente para la cámara de distribución, en la entrada de los dos estanques de aireación.

Una pequeña parte del lodo que constituye el exceso generado en el tratamiento biológico, es enviada para un pozo de lodos y espumas de donde es bombeada para su adensamiento por flotación.

Las espumas acumuladas en la superficie son removidas por raspadores superficiales y enviadas para el pozo común con los lodos en exceso.

El aire necesario para el tratamiento aeróbico será suministrado por sopladores tipo rotativo, que alimentan la malla de difusores de burbuja fina, de membranas flexibles, instalados en el fondo de los tanques de aireación.

El material flotante clarificado de los sedimentadores secundarios fluye por gravedad hacia la cámara de cloración de donde es encaminado para la disposición final.

### 3.2. Tratamiento de los lodos y espumas

Como explicado, los lodos en exceso del tratamiento biológico, junto con las espumas retiradas de los sedimentadores secundarios, son bombeados para un flotador por aire disuelto, que proporciona su adensamiento hasta una concentración de aproximadamente 4% en peso.

La operación de adensamiento podrá ser auxiliada por adición de un polielectrolito orgánico.

Los lodos flotados son bombeados para un estanque de homogeneización, en el cual se juntan con los lodos y espumas retirados de los sedimentadores primarios.

La homogeneización de las corrientes será asegurada por agitadores sumergidos instalados en el fondo del estanque.

El lodo homogeneizado, con caudal constante, es bombeado para dos centrífugas de deshidratación, tipo "decanter". La operación es auxiliada por la adición de un polielectrolito orgánico.

El lodo, así deshidratado hasta una concentración de 25% en peso de sustancia seca, es enviado por medio de un sistema transportador de correa para la cámara de estabilización química, en la cual es mezclado con cal (CaO).

El lodo estabilizado, con pH de aproximadamente 12, es guardado en contenedores estacionarios para ser enviado a la disposición final.

## 4. CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO

### 4.1 Tratamiento de Rejas Fino

- Tipo : Barras inclinadas
- Espacio entre barras : 10 mm
- Número de rejas : 2 (dos) ( 1 + 1 reserva)
- Capacidad unitaria máxima : 0,7 m<sup>3</sup>/ s
- Velocidad máxima en el canal : 0,8 m/ s
- Ancho del canal : 1,75 m
- Altura máxima de agua : 1 m
- Volumen de material tratado : 1,4 m<sup>3</sup>/ d

### 4.2. Desarenación

- Tipo : cámara de arena aireada
- Número de desarenadores : 2 (dos) ( 1+ 1 reserva)
- Capacidad unitaria máxima : 0,7 m<sup>3</sup>/ s
- Tiempo de retención : 4 min
- Volumen útil unitario de cámaras: 68 m<sup>3</sup>

- Dimensiones de las cámaras:
  - Ancho : 4 m
  - Longitud : 14 m
  - Altura de agua : 3 m
- Tasa de aplicación : 1080 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> x día
- Necesidad de aire : 26 N m<sup>3</sup>/ h x m
- Caudal de aire : 364 N m<sup>3</sup>/ h
- Producción de arena lavada : 0,52 m<sup>3</sup>/ día
- Capacidad de bomba de extracción : 20 m<sup>3</sup>/ h
- Capacidad del concentrador/lavador : 20 m<sup>3</sup>/ h

#### 4.3. Sedimentación Primaria

- Tipo : Sedimentador circular
- Número de sedimentadores : 2 (dos)
- Capacidad máxima unitaria : 0,35 m<sup>3</sup>/ s
- Tasa de aplicación
  - media : 40 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> x día
  - máxima : 56 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> x día
- Dimensiones de los sedimentadores
  - diámetro : 26,5 m
  - altura útil cilíndrica : 4,0 m
  - inclinación del fondo : 1 : 12
- Tiempo de retención
  - con caudal medio : 2,45 h
  - con caudal máximo : 1,75 h
- Tasa hidráulica máxima en el vertedor : 365 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> x día
- Remociones esperadas
  - BOD5 : 30%
  - SST : 50%
- Caudal/ concentración lodo primario (en cada sedimentador) : 6,9 m<sup>3</sup>/ h – 3%
- Caudal/ concentración espumas : 1,2 m<sup>3</sup>/ h – 3%

#### 4.4. Tratamiento Biológico

##### 4.4.1 Estanques de Aireación

- Caudal afluente
  - medio : 0,5 m<sup>3</sup>/ s
  - máximo : 0,7 m<sup>3</sup>/ s
- Carga orgánica (media) : 12.500 Kg BOD5 / día
- Carga de sólidos (media) : 10.000 Kg SST / día
- Relación F/ M (media) : 0,3 Kg BOD5/ Kg MLSS x día
- MLSS : 3,5 Kg SST / día
- Volumen total de aireación : 11.900 m<sup>3</sup>
- Características de los estanques de aireación
  - número de estanques : 2 (dos)
  - ancho : 16 m
  - longitud : 68 m
  - altura útil : 5,5 m
  - altura total : 6,5 m
  - volumen útil : 5.984 m<sup>3</sup>
- Tiempo de retención
  - con caudal medio : 6,6 h
  - con caudal máximo : 4,7 h
- Edad del lodo : 4 días
- Eficiencia esperada de remoción DBOS : 90%
- Necesidad teórica de O<sub>2</sub> removido : 1 kg O<sub>2</sub>/ kg DBO
- Necesidad total de O<sub>2</sub> en condiciones de Oper. : 11.250 kg/ ida
- Necesidad total de O<sub>2</sub> en condiciones Estándares : 22.500 kg/ ida
- Tasa de transferencia de difusores de burbuja fina : 14 gO<sub>2</sub>/ N m<sup>3</sup> x m
- Profundidad de los difusores : 5,2 m
- Caudal total de aire : 12.900 N m<sup>3</sup>/ h

##### 4.4.2 Sedimentación Secundaria

- Tipo : Sedimentador circular de succión rápida de lodo
- Número de sedimentadores : 2 (dos)
- Capacidad máxima unitaria : 0,35 m<sup>3</sup>/ s (sin recirculación)
- Recirculación máxima : 0,25 m<sup>3</sup>/ s (100% del caudal medio)
- Tasa máxima de aplicación superficial (sin recirculación) : 30 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> x d

- Dimensiones de los sedimentadores
  - diámetro : 36 m
  - altura útil cilíndrica : 4,0 m
  - fondo : plano
- Tasa de sólidos máxima : 7,4 Kg/ m<sup>2</sup> x h
- Tiempo de retención
  - en el caudal medio : 4,5 h
  - en el caudal máximo : 3,2 h
- Tasa hidráulica en el vertedor
  - con caudal medio : 191 m<sup>3</sup>/ m x h
  - con caudal máximo : 268 m<sup>3</sup>/ m x h

#### 4.5. Sistema de Flotación

- Tipo : flotador por aire disuelto
- Número de flotadores : 1 (uno)
- Caudal medio de lodo a ser tratado : 51 m<sup>3</sup>/ h
- Carga media de sólidos : 9.800 kg/ día
- Concentración del lodo afluente : 0,8 % en peso
- Tasa aplicada de sólidos : 5 kg/ m<sup>2</sup> x h
- Dimensiones del flotador
  - diámetro : 10 m
  - altura útil cilíndrica : 3 m
  - inclinación del fondo : 1 : 12
- Tasa hidráulica media aplicada (sin recirculación) : 0,65 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> x h
- Tasa máxima de recirculación : 400%
- Caudal máximo de recirculación : 200 m<sup>3</sup>/ h
- Presión de saturación con aire : 3,5 kg/ cm<sup>2</sup>
- Caudal de aire : 25,0 N m<sup>3</sup>/ h a 6 kg/ cm<sup>2</sup>
- Concentración de lodos flotados : 4 % en peso

#### 4.6. Homogeneización de Lodo.

- Tipo : estanque agitado
- Caudal de lodos efluentes
  - lodo primario : 13,8 m<sup>3</sup>/h a 3 % en peso
  - lodo secundario : 10,2 m<sup>3</sup>/h a 4 % en peso
  - caudal total de lodo : 24,0 m<sup>3</sup>/h
- Tiempo de retención medio : 4 h
- Dimensiones del estanque
  - ancho : 5 m
  - longitud : 8 m
  - altura útil : 2,5 m
  - altura total : 3,0 m
  - volumen útil : 100 m<sup>3</sup>
- Sistema de agitación : mezcladores sumergidos
- Densidad de la mezcla : 50 W/m<sup>3</sup>

#### 4.7. Deshidratación por Centrifugas.

- Tipo : centrifuga horizontal continua tipo "decanter"
- Número de centrifugas : 2 (dos) (1 + 1 reserva)
- Régimen de operación : 24 h/ día
- Características del lodo : mezcla de lodos primarios y secundarios frescos con concentración de 3,5% en peso de SST .
- Capacidad unitaria : 24 m<sup>3</sup>/h
- Concentración esperada para la torta : 25% en peso de sustancia seca

#### 4.8. Estabilización Química del Lodo por Mezcla con CaO (cal virgen)

- Tipo : Cámara cilíndrica con mezclador rotativo de cuchillas.
- Número de cámaras : 01 (una)
- Régimen de operación : 24 h/ día
- Tiempo de contacto : 4 min
- Volumen mínimo cámara de contacto : 300 l
- Capacidad de procesamiento
  - Lodo : 3.400 l/ h de torta con 25% en peso de sustancia seca.
  - CaO : 170 kg/ h de CaO

#### 4.9. Cloración Final

- Tipo : cámara de contacto de chicane
- Caudal
  - medio : 0,5 m<sup>3</sup>/s
  - máximo : 0,7 m<sup>3</sup>/s
- Tiempo de retención : 30 min en caudal medio
- Volumen útil : 900 m<sup>3</sup>
- Dimensiones de la cámara de contacto
  - ancho : 19,0 m
  - longitud : 19,0 m
  - altura útil : 2,5 m
  - altura total : 2,8 m



| Parámetro / Corriente | 1                 | 2      | 3       | 4      | 5       | 6     | 7     | 8    | 9      | 10     | 11      | 12   | 13    | 14      |      |
|-----------------------|-------------------|--------|---------|--------|---------|-------|-------|------|--------|--------|---------|------|-------|---------|------|
| Caudal                | m <sup>3</sup> /h | 1.800  | 1.847,7 | 13,8   | 1.796,7 | 900   | 51    | 40,8 | 10,2   | 24     | 3,3     | 20,7 | 0,4   | 3,7     | 61,5 |
| DBO                   | mg/l              | 400    | 272     | --     | 30      | --    | --    | --   | --     | --     | --      | --   | --    | --      | --   |
| DBO                   | Kg/día            | 17.280 | 12.096  | --     | --      | --    | --    | --   | --     | --     | --      | --   | --    | --      | --   |
| SST                   | mg/l              | 460    | 225     | 30.000 | 30      | 8.000 | 8.000 | --   | 40.000 | 34.260 | 250.000 | --   | --    | 267.000 | --   |
| SST                   | Kg/día            | 19.872 | 9.936   | 9.936  | --      | 9.798 | 9.798 | --   | 9.798  | 19.734 | 19.734  | --   | 4.000 | 23.734  | --   |
| Notas                 | 1                 | 4-5    | 4-5     |        |         | 6     | 4     | 4-7  | 4      | 4-8    | 4       | 9    | 9     | 4       |      |

| Parámetro / Corriente | 15                | 16    | 17    | 18  |
|-----------------------|-------------------|-------|-------|-----|
| Caudal                | m <sup>3</sup> /h | 900   | 855   | 684 |
| TDS                   | mg/l              | 1.500 | 1.500 | 86  |
| TDS                   | mg/l              | 17500 | 500   | 36  |
| Notas                 |                   |       |       |     |

## NOTAS

1. El Diagrama del Proceso es calculado sobre los parámetros medios.
2. En la operación de Tratamiento con Rejas, no se asume la remoción de SST y DBO. La producción específica de material es de  $0,0275 \text{ kg/m}^3$  de afluente, con una densidad de  $0,85 \text{ t/m}^3$ . La Planta de Tratamiento generará, por lo tanto,  $1188 \text{ kg/día}$  o  $1,4 \text{ m}^3/\text{día}$  de material tratado con rejas.
3. En la operación de Desarenación, no se asume la remoción de SST y DBO. La producción específica de arena considerada es de  $0,024 \text{ kg/m}^3$  de afluente, con densidad aparente de  $2,0 \text{ t/m}^3$ . La Planta de Tratamiento producirá, por lo tanto,  $1037 \text{ kg/día}$  o  $0,52 \text{ m}^3/\text{día}$  de material húmedo separado en la desarenación.
4. Para fines del Diagrama del Proceso, no está considerada la contribución en términos de DBO y SST de las corrientes líquidas generadas en las operaciones de flotación y centrifugación de lodos. Tampoco está considerada, por ser despreciable, la reducción de caudal debido a la extracción de material tratado con reja y arena.
5. En la Sedimentación Primaria está admitida una reducción de 30% de DBO y 50% de SST, calculada sobre afluente bruto. Para el lodo extraído está considerada una concentración de SST de 3% en peso.
6. En el Tratamiento Biológico, está considerada una producción de lodo en exceso de  $0,9 \text{ kg}$  de SST/ $\text{kg}$  de DBO removido, ya descontada la fracción de sólidos efluentes con el material tratado. Para el lodo en exceso está considerada una concentración de SST de 0,8% en peso.
7. Para el lodo tratado en el Flotador, está considerada una concentración de SST de 4% en peso.
8. Para el lodo centrifugado está considerada una concentración de 25% en peso.
9. En la Estabilización Química del lodo, está considerada una dosificación de cal virgen ( $\text{CaO}$ ) de  $200 \text{ kg/tonelada}$  de SST contenidos en el lodo.

## 6. LISTA DE MOTORES ELÉCTRICOS

| DESCRIPCIÓN   | Nº UNIDADES<br>TITULAR +<br>RESERVA | POTENCIA (KW)<br>TOTAL<br>ABSORBIDA | POTENCIA (KW)<br>INSTALADA |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Rejas mecanizadas                                   | 1 + 1                               | 0,75                                | 2                          |
| Correa transportadora                               | 1                                   | 0,75                                | 1                          |
| Puente grúa.  | 1 + 1                               | 1,5                                 | 2                          |
| Bombas extracción arena                             | 1 + 1                               | 1,5                                 | 3                          |
| Concentrador/ lavador de arena                      | 1                                   | 1,5                                 | 2                          |
| Soplador aire p/ cámara de arena                    | 1 + 1                               | 5                                   | 7                          |
| Mecanismos de sedimentación primaria                | 2                                   | 3                                   | 4                          |
| Bombas lodo primario                                | 2 + 1                               | 1 + 1                               | 4,5                        |
| Bombas espumas                                      | 1 + 1                               | 0,3                                 | 1                          |
| Sopladores de aire p/ tanques de aireación          | 2 + 1                               | 200 + 200                           | 660                        |
| Mecanismos sedimentadores secundarios               | 2                                   | 3                                   | 4                          |
| Bombas de recirculación de lodos                    | 2 + 1                               | 29 + 29                             | 105                        |
| Bombas de lodo biológico y espumas                  | 1 + 1                               | 9                                   | 22                         |
| Sistema de cloración                                | 1                                   | 2                                   | 3                          |
| Mecanismo de flotación                              | 1                                   | 1,5 + 1,5                           | 4                          |
| Bombas de recirculación                             | 1 + 1                               | 27                                  | 70                         |
| Compresores de aire                                 | 1 + 1                               | 1,5                                 | 2                          |
| Bombas de lodo flotado                              | 1 + 1                               | 1                                   | 3                          |
| Sistema de dosificación polielectrolito p/ flotador | 1                                   | 0,75                                | 1                          |
| Agitadores sumergidos                               | 2                                   | 3 + 3                               | 8                          |
| Bombas alimentación de lodo                         | 1 + 1                               | 2                                   | 6                          |
| Centrífugas   | 1 + 1                               | 27                                  | 61,5                       |
| Sistema de dosificación de poli. P/ centrifugas     | 1 + 1                               | 0,75                                | 2                          |
| Correa transportadora lodo                          | 1                                   | 0,75                                | 1                          |
| Silo de cal   | 1                                   | 0,75                                | 1                          |
| Dosificadora de cal                                 | 1                                   | 0,75                                | 1                          |
| Mezclador cal - lodo                                | 1                                   | 10                                  | 15                         |
| Bombas de succión drenaje                           | 1 + 1                               | 7                                   | 20                         |
| Potencia total absorbida                            |                                     |                                     | 576,55 KW                  |
| Potencia total instalada                            |                                     |                                     | 1016 KW                    |

## 7. LISTADO DE EQUIPOS PRINCIPALES.

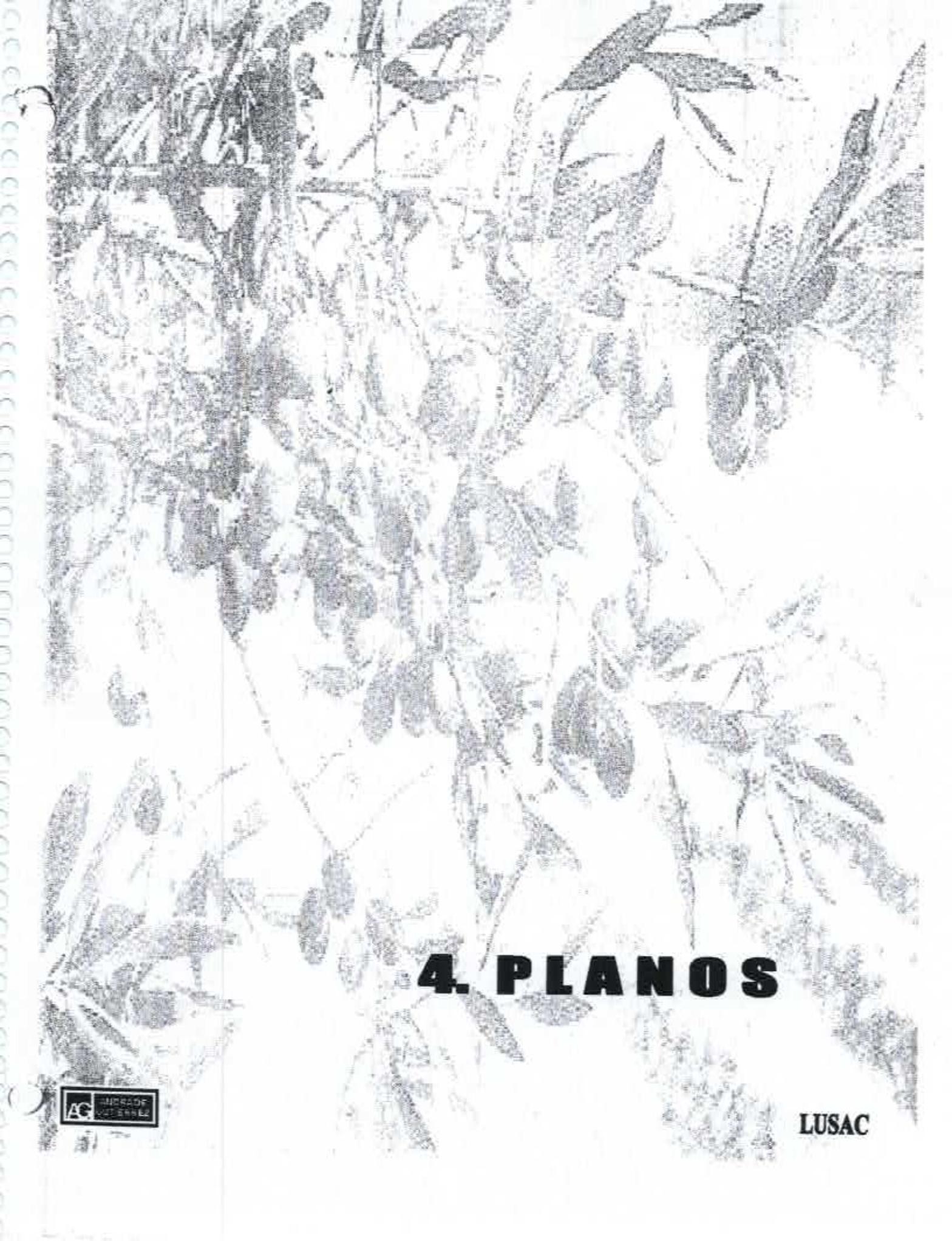
Estamos presentando a continuación, el listado de equipos principales:

| Ítem | Descripción  | Cantidad |
|------|--|----------|
| 1    | Rejas mecanizadas.                                       | 2        |
| 2    | Cinta trasportadora                                      | 1        |
| 3    | Puente grúa.   | 2        |
| 4    | Bombas extracción arena.                                 | 2        |
| 5    | Concentrador / lavador de arena.                         | 1        |
| 6    | Soplador de aire para caja de arena.                     | 2        |
| 7    | Mecanismos de decantación primaria.                      | 2        |
| 8    | Bombas de lodo primario.                                 | 3        |
| 9    | Bombas de espumas.                                       | 2        |
| 10   | Sopladores de aire para tanques de aireación.            | 3        |
| 11   | Mecanismos de decantación secundarios.                   | 2        |
| 12   | Bombas de recirculación de lodos.                        | 3        |
| 13   | Bombas de lodo biológico y espumas.                      | 2        |
| 14   | Sistema de cloración.                                    | 1        |
| 15   | Mecanismo de flotación.                                  | 1        |
| 16   | Bombas de recirculación.                                 | 2        |
| 17   | Compresores de aire.                                     | 2        |
| 18   | Bombas de lodo flotado.                                  | 2        |
| 19   | Sistema de dosificación polielectrolito para flotador.   | 1        |
| 20   | Agitadores sumergidos.                                   | 2        |
| 21   | Bombas de alimentación de lodos.                         | 2        |
| 22   | Centrífugas.   | 2        |
| 23   | Sistema dosificador de polielectrolito para centrífugas. | 2        |
| 24   | Correa transportadora de lodo.                           | 1        |
| 25   | Silo de cal.   | 1        |
| 26   | Tornillo dosificador de cal.                             | 1        |
| 27   | Mezclador de cal.  | 1        |
| 28   | Bombas de recalque drenos.                               | 2        |
| 29   | Difusores de burbuja gruesa y tubería.                   | 1        |
| 30   | Difusores de burbuja fina y tubería.                     | 1        |
| 31   | Ultrafiltración.   | 1        |
| 32   | Osmosis Inversa.   | 1        |
| 33   | Tuberías, válvulas y accesorios.                         | 1        |
| 34   | Eléctrica.   | 1        |
| 35   | Instrumentación y Control.                               | 1        |

## 8. ESTIMACION DE COSTOS.

En la presente alternativa estamos considerando los costos del Sistema de Impulsión Planta de Tratamiento de Lodo Activado, de Sistema de Osmosis Inversa y Microfiltración.

| Ítem | Descripción   | Costo US\$           |
|------|---|----------------------|
| 1.   | SISTEMA DE IMPULSION.                                     |                      |
| 1.1  | Obras Civiles y Montaje.                                  | 4,822,000.00         |
| 1.2  | Obras Eléctricas.   | 621,000.00           |
| 1.3  | Equipos de Bombeo.  | 1,287,000.00         |
| 1.4  | Equipos de Protección, Telecomando y Telecontrol.         | 604,000.00           |
|      | <b>Sub-Total</b>  | <b>7,334,000.00</b>  |
| 2.   | PLANTA DE TRATAMIENTO.                                    |                      |
| 2.1  | Obras Civiles y Montaje.                                  | 13,429,000.00        |
| 2.2  | Equipos Electromecánicos y Laboratorio.                   | 11,940,000.00        |
| 2.3  | Puesta en Marcha.   | 288,424.00           |
| 2.4  | Operación por 365 días.                                   | 1,810,576.00         |
| 2.5  | Ingeniería de Detalles e Inspección Técnica de las Obras. | 1,197,000.00         |
|      | <b>Sub-Total</b>  | <b>28,665,000.00</b> |
|      | <b>TOTAL</b>  | <b>35,999,000.00</b> |



# 4. PLANOS



LUSAC

EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS DE TARAPACA S.A.

# Evaluación del Potencial de Implantación del Proyecto Agricultura Intensiva en Arica



# INDICE

| <i>Contenido</i>   | <i>Pág.</i> |
|--|-------------|
| 1. <i>RESUMEN EJECUTIVO</i> .....                        | 02          |
| 2. <i>INTRODUCCIÓN</i> .....                             | 04          |
| 3. <i>DATOS BÁSICOS</i> .....                            | 11          |
| 4. <i>CARACTERÍSTICAS AGRÍCOLAS REGIONALES</i> .....     | 23          |
| 5. <i>ANÁLISIS Y CONCLUSIONES</i> .....                  | 25          |
| 6. <i>RECOMENDACIONES</i> .....                          | 29          |
| 7. <i>ANEXO: ANÁLISIS DE SUELOS REALIZADOS POR IDIEM</i> |             |

## 1. RESUMEN EJECUTIVO.

A nivel mundial, el mercado de flores y plantas ornamentales se encuentra en plena fase de expansión, habiendo sobrepasado los tradicionales centros de producción de Europa, Estados Unidos y Japón, con el surgimiento de inversiones en países de América Latina, Asia y África, donde los costos de mano de obra y tierras son menores, representando un menor costo en la producción y, finalmente, un producto mucho más competitivo.

En Chile este cultivo se encuentra todavía en fase artesanal y la exportación es poco representativa, principalmente, por su carencia de calidad. Para obtener una producción competitiva comercialmente, además de mano de obra y tierras de bajo costo, es necesario contar también, con clima, agua y suelos adecuados, además de tecnificación de los métodos utilizados.

Existe el convencimiento que la ciudad de la eterna primavera, Arica, posee condiciones climatológicas ideales para la implantación de un proyecto, dedicado a esta finalidad.

Si bien no existen recursos hídricos disponibles, la Empresa de Servicios Sanitarios de Tarapacá - ESSAT S.A., ha previsto, en su programación, la construcción de una planta de tratamiento de aguas servidas y, el agua producida, puede ser utilizada en el riego, si se cumplen las condiciones de tratamiento adecuadas.

En complementación de estudios realizados anteriormente y como colaboración a concretizar esta idea, se ha preparado el informe que se presenta en las páginas siguientes, que ha tenido como objetivo la evaluación potencial de la implantación del proyecto de agricultura intensiva, orientado a la producción de flores y plantas ornamentales.

Para realizar los estudios, se ha contado con la colaboración de la Empresa Flortec Consultoria e Treinamento, de Brasil, que además de recopilar los antecedentes existentes de clima y calidad del agua, ha realizado una visita técnica a la región, ha verificado las actuales condiciones de desarrollo de la agricultura y ha complementado un estudio de los suelos para uso agrícola, obteniendo resultados bastante favorables.

Del análisis de las características climatológicas, como: temperatura, humedad relativa del aire, precipitación y evaporación, en primer lugar, se puede concluir que los parámetros climatológicos son sumamente adecuados para los principales cultivos olerícolas y ornamentales.

Del análisis de la forma actual de la agricultura desarrollada en la región, se ha podido concluir que, a pesar de utilizar técnicas de riego fertilizado, los agricultores tienen sólo un incipiente conocimiento del manejo de las técnicas más modernas, como control de electroconductividad, ph, uso de filtros, etc., pero obtienen favorables resultados en productividad y calidad. Con relación al cultivo de flores, ésta es solo conducida como una actividad secundaria y, básicamente, para el mercado local.

Para el estudio de suelos, en primer lugar, se seleccionaron de las áreas disponibles, aquellas mas representativas y adecuadas a la finalidad prevista y, en dichas áreas, se excavaron calicatas, tomando muestras que fueron analizadas y ensayadas para obtener sus características fisico-químicas, desde el punto de vista geológico-geotécnico, además, de su uso en agricultura. Los suelos analizados son bastante heterogéneos y existen áreas con problemas de salinidad que, después de pasar por un proceso de lavado, se vuelven aptos para el uso horticola, además de poseer buenas condiciones fisico-químicas.

Por otro lado, de las consideraciones que se pueden hacer sobre un proyecto de esta naturaleza, se puede destacar que:

- La producción de flores tiene una componente social muy importante, ya que, debido a la alta tecnología aplicada, debe emplear de 5 a 12 personas en toda la fase, desde la cosecha hasta el transporte para comercialización de los productos, lo que comparado con la producción de hortalizas, de solo 0,5 a 1.0 personas, la hace muy favorable.
- Los valores económicos que se obtienen con estos proyectos, si son bien manejados, son altamente positivos y su rentabilidad muy elevada.

De todo lo expuesto y de los resultados obtenidos, se puede concluir que es altamente factible la instalación de un proyecto agrícola, con la finalidad de producir flores y plantas ornamentales en Arica.

En todo caso se hace necesario, además de los resultados de este estudio, su complementación con los siguientes aspectos:

- Seleccionar la forma gerencial de la producción. En este sentido, el modelo de cooperativa y asociación de productores, ha presentado excelentes resultados
- Complementación global del proyecto de riego con un estudio detallado de suelos, mercados de destino, precios de competidores, estacionalidad, etc., definición de los módulos de producción y las mejores alternativas de cultivo, para cada uno de los módulos.
- Complementación de la estructura logística para su funcionamiento, tal como instalación sanitaria de exportación, cámara frigorífica en el aeropuerto y centro de capacitación.

## 2. INTRODUCCIÓN.

El mercado mundial de flores y plantas ornamentales, está en plena fase de expansión, no solamente en los centros tradicionales de producción y comercialización, si no que también en los nuevos centros que se han ido creando.

En el pasado, la producción, comercialización y desarrollo de nuevas tecnologías de producción, ocurrían, básicamente, en algunos países europeos como Holanda, Italia, Bélgica, Alemania o España, al mismo tiempo que en los Estados Unidos y en el Japón. Esa tradición imponía límites al desarrollo de la producción en otros países y, consecuentemente, inhibiendo el crecimiento del mercado mundial.

En los últimos años se produjeron diversas inversiones en países de América Latina, Asia y África, posibilitando el surgimiento de diversos centros de producción. Ese surgimiento fue fuertemente influenciado por la necesidad de disminuir los costos de producción (condiciones climáticas más adecuadas, mano de obra y tierras más baratas) y aumentar el rendimiento. En ese contexto, inicialmente, las empresas productoras de insumos de propagación, como bulbos, mudas y semillas, iniciaron nuevas inversiones en países de América Latina como Costa Rica, Guatemala, México, Colombia, Ecuador y hasta Brasil, donde se destacan la producción de bulbos de palmas y Amarillis, más allá de la gran producción para consumo interno y exportación, de mudas de crisantemos.

Actualmente, el mercado mundial mueve valores próximos a US\$ 16 mil millones / año, a nivel de productores y valores superiores a los US\$ 44 mil millones / año al por menor. El área total de producción, actualmente, sobrepasa las 190.000 hectáreas, considerando las áreas de terrenos abiertos, viveros o invernaderos.

El Cuadro I, de la página siguiente, presenta los datos de producción, en campo abierto e invernaderos y los respectivos valores que comercian los principales países productores del mundo.

**Cuadro I**  
**PRODUCCIONES ACTUALES**

| Pais     | Area Protegida (há) | Campo Abierto (há) | Area Total (há) | Valor en millones US\$ |
|----------|---------------------|--------------------|-----------------|------------------------|
| EUA      | 7.374               | 12.375             | 19.749          | 3.053,68               |
| Japón    | 6.565               | 8.369              | 14.934          | 2.040,88               |
| Italia   | 4.946               | 4.338              | 9.334           | 2.273,94               |
| Holanda  | 5.542               | 2.121              | 7.663           | 3.668,50               |
| Colombia | 4.441               | 438                | 4.879           | 509,40                 |

Fuente: International Floriculture Trade Statistics (1996) Pathfast Publishing.

En especial, en la producción de flores de corte, se debe destacar a Colombia, que hoy es el segundo mayor exportador mundial de este producto, con un total de US\$ 509,40 millones, siendo que, prácticamente, todo ese valor se destina a la producción de flores de corte como rosas, claveles, gypsófilas y crisantemos. Esta producción se destina, básicamente, para el mercado de Estados Unidos y en segundo lugar para el mercado Europeo.

El Cuadro II, que se incluye a continuación, presenta la evolución de las exportaciones colombianas en los últimos años:

**Cuadro II**  
**Exportaciones Colombianas de Flores**

| Años | Valores en Millones<br>de US\$ |
|------|--------------------------------|
| 1992 | 340,80                         |
| 1993 | 381,90                         |
| 1994 | 426,80                         |
| 1995 | 457,70                         |
| 1996 | 509,40                         |

Fuente: Asociación Colombiana de Exportadores de Flores.

El intercambio mundial de flores de corte, ha sido bastante intensivo, principalmente en función, de que en los últimos años, han surgido nuevos centros de producción en todo el mundo, con características climatológicas, geográficas y tecnológicas cada vez más adecuadas para la producción y distribución de flores. A nivel mundial se debe destacar a tres grandes centros de consumo y distribución de flores, que son: el mercado americano, teniendo como principal centro de consumo a los Estados Unidos; Europa, que tiene como principal centro para su distribución a Holanda y Asia y que representa a Japón como el principal país consumidor. Este intercambio mundial es posible, principalmente, debido al establecimiento de una estandarización internacional, abaratando el flete aéreo y el uso de modernas técnicas posteriores a la cosecha, tales como el almacenamiento y el transporte de las flores.

En las figuras I a III, se presenta una caracterización de la distribución mundial de flores, en estos mercados:

FIGURA 1

Intercambio de los Países de Zona Central

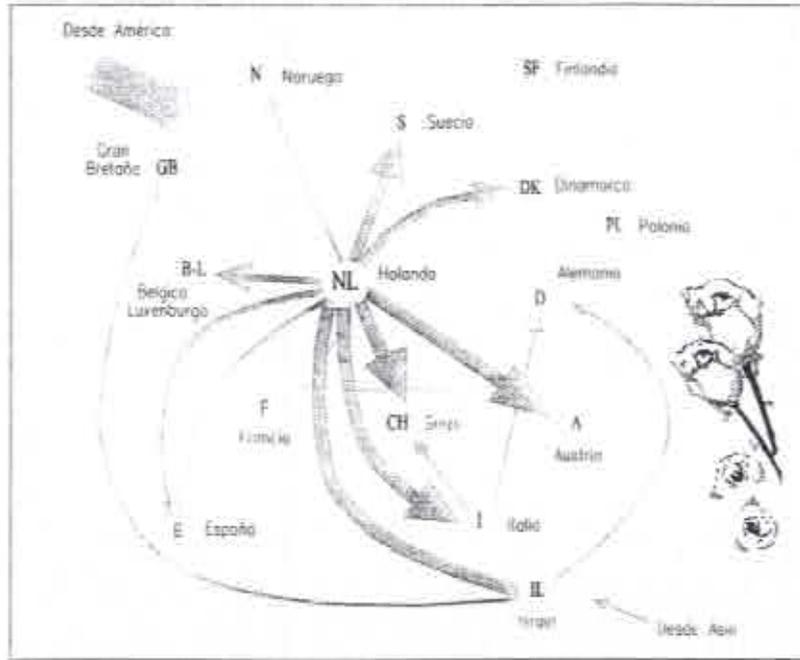


FIGURA 2

Intercambio de los Países de Zona Sur

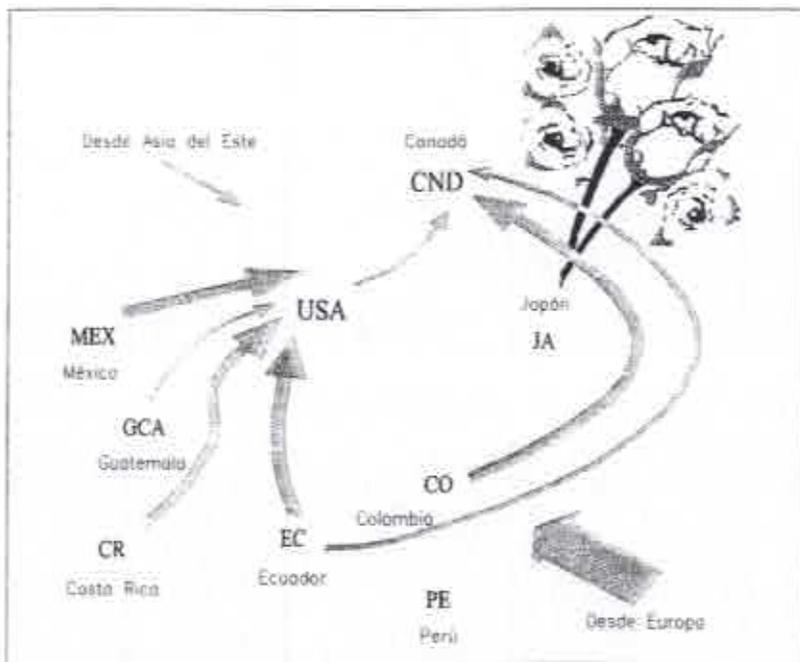
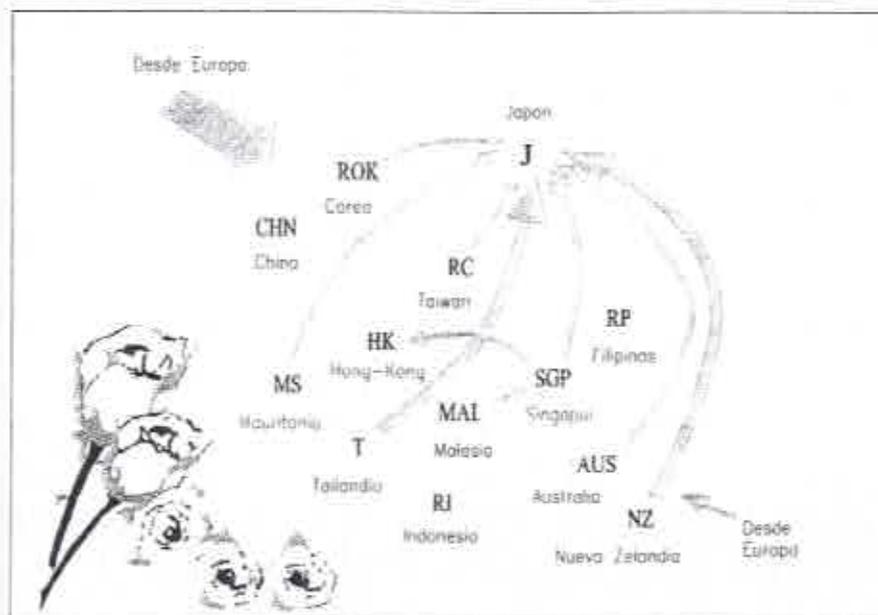


Figura 3  
 Importaciones de Flores Ornamentales



El consumo "per-capita" de flores y de plantas ornamentales, viene creciendo año a año en todo el mundo, pero los países del primer mundo aun presentan valores bastante superiores a los países considerados en desarrollo, conforme se puede observar en el Cuadro III, mostrado a continuación.

Cuadro III

| CONSUMO PER-CÁPITA<br>( US\$ / AÑO ) |       |                |       |
|--------------------------------------|-------|----------------|-------|
| En US\$ (1996)                       | Total | En US\$ (1996) | Total |
| Suiza                                | 174   | Italia         | 63    |
| Noruega                              | 167   | Estados Unidos | 58    |
| Austria                              | 109   | Japón          | 45    |
| Alemania                             | 98    | Grecia         | 33    |
| Suecia                               | 89    | Inglaterra     | 30    |
| Dinamarca                            | 83    | España         | 25    |
| Holanda                              | 80    | Argentina      | 25    |
| Finlandia                            | 69    | Irlanda        | 13    |
| Francia                              | 69    | Checoslovaquia | 9     |
| Bélgica / Lux                        | 69    | Brasil         | 6     |

La diferencia significativa entre los países, se debe a aspectos tales como: factor cultural, capacidad de consumo, disponibilidad de flores para el consumidor, condiciones climáticas, y renta per-cápita, entre otros.

Otro aspecto bastante interesante que debe ser observado, es que los países con los mayores valores de consumo per-cápita son, básicamente, importadores de flores, no teniendo grandes áreas de producción, principalmente, debido a los elevados costos de producción existentes en aquellos países que poseen clima frío.

Debido a la situación presentada, ha ido creciendo la producción en países del tercer mundo, donde las condiciones de cultivo son más propicias y los costos de producción más bajos. En esa situación, se debe considerar a países como: Colombia, Ecuador, Perú, Guatemala, Costa Rica, México, Brasil, India, Turquía, Kenia, Zimbawe, entre otros.

En Chile, el cultivo de flores se encuentra todavía en una fase muy artesanal. De acuerdo al VI Censo Agropecuario de 1996 - 1997, la superficie plantada con flores es sólo de 1.470 Hás, aproximadamente, siendo las variedades más plantadas el Clavel, el Crisantemo, el Aleli, el Gladiolo y la Reina Luisa.

La superficie dedicada al cultivo al aire libre, se concentra en la V Región y para especies bulbosas (lilium y lisatris), se expande hacia el sur.

Esta región presenta condiciones de extrema ventaja con respecto al resto del país, al estar a un paso de Santiago, que concentra más de 50% del poder comprador de flores de Chile y, además, tiene muy cercano al Aeropuerto Pudahuel, único punto actual de salida de este producto hacia los mercados externos.

Chile exporta flores principalmente hacia USA, Argentina y Canadá. Es importante el mercado de Argentina por ser menos exigente, a la vez que son menores los costos de transporte aéreo y aranceles. La exportación, se concentra en claveles (50% del total, lilium y lisatris).

Entre las principales desventajas del mercado chileno de flores, se destaca la lejanía al mercado europeo.

Otras desventajas se deben a la carencia de calidad homogénea del producto y a la incapacidad de satisfacer demandas de grandes volúmenes con envíos regulares.

Existiendo la idea del aprovechamiento de las aguas servidas para riego de terrenos desérticos, ubicados en Arica y teniendo en cuenta las condiciones climáticas favorables, Andrade Gutierrez ha contratado la consultoría de la empresa brasileña Flortec Consultoria e Treinamento, para colaborar en la complementación de la evaluación del potencial que se presenta en la región, en el logro de la implementación de un proyecto para cultivo intensivo de flores y plantas ornamentales.

Flortec se dedica, en Brasil, a la interacción con sus clientes, posibilitándoles la optimización y calidad de sus productos, desde el momento de la elección de las variedades que se desarrollarán, hasta su comercialización.

Flortec actúa en el análisis de mercado, formación y mantención de calidad, estandarización y desarrollo de producto e implementación de sistemas de control de calidad física, patología y fitopatología.

Este estudio constante de una visita técnica debería complementar el análisis de la agricultura regional, de los suelos que se pretenden utilizar y la obtención de este producto, en base a las condiciones climatológicas existentes.

Para la visita técnica, Flortec colocó a disposición del trabajo, al Sr. Jaime Ramos M., actual Director Técnico de la empresa y al Sr. Pablo Ossietinski, especialista graduado en Israel y que se desempeña como consultor independiente del tema en Brasil, Israel, Holanda y Colombia.

Se ha contado, además, con la colaboración de profesionales de ESSAT S.A., tanto de la Oficina Central de Iquique, como de la Oficina Regional de Arica.

### 3. DATOS BÁSICOS.

Para obtener la caracterización climatológica, hidrológica y de los suelos disponibles en el área del proyecto, se hizo una rápida recopilación de antecedentes, en la DGA del MOP, en instituciones de la ciudad de Arica y en empresas consultoras que han realizado proyectos sobre estos temas y se ha conseguido la información necesaria y suficiente que se incluye a continuación.

#### A) Datos Climatológicos.

Los datos buscados se referían, principalmente, a temperaturas medias máximas y mínimas diarias.

- Temperaturas.

Los datos fueron proporcionados por la Empresa J.J. Consultores Asociados, obtenidos del archivo de la DGA y presentan oscilaciones de temperatura, variando de medias mínimas de 11,5°C, producidas en el mes de Julio a medias máximas de 27,6°C en el mes de Enero.

Estos valores se presentan en los cuadros IVa y IVb, incluidos a continuación, e indican los valores de temperaturas medias mensuales, máximas y mínimas en el periodo de 1990 a 1994.

Los valores que se incluyen en los citados cuadros, se refieren a medias mensuales de temperaturas, máximas y mínimas diarias para la Estación de Azapa (Km 12).

**Cuadro IV a**  
**Media Mensual de Máximas Diarias**

|               | Ene.        | Feb.        | Mar.        | Abr.        | May.        | Jun.        | Jul.        | Ago.        | Sept.       | Oct.        | Nov.        | Dic.        |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1990          | 28,0        | 25,8        | 26,8        | 24,4        | 20,8        | 19,2        | 18,0        | 18,2        | 20,1        | 21,1        | 23,1        | ---         |
| 1991          | 26,8        | 27,8        | 27,1        | 23,8        | 22,0        | 20,7        | 19,3        | 18,7        | 20,3        | 21,8        | 23,7        | 26,1        |
| 1992          | 27,5        | 28,0        | 28,1        | 26,4        | 24,4        | 20,8        | 19,2        | 19,5        | 20,4        | 22,1        | 24,5        | 25,6        |
| 1993          | 28,2        | 28,5        | 27,1        | 25,4        | 22,7        | 20,5        | 19,5        | 20,5        | 20,5        | 22,2        | 23,5        | 25,7        |
| 1994          | 27,4        | 26,9        | 26,5        | 24,9        | 21,7        | 19,4        | 18,7        | 18,8        | 21,1        | 22,5        | 24,5        | 26,4        |
| <b>Medias</b> | <b>27,6</b> | <b>27,4</b> | <b>27,1</b> | <b>25,0</b> | <b>22,3</b> | <b>20,1</b> | <b>18,9</b> | <b>19,1</b> | <b>20,5</b> | <b>21,9</b> | <b>23,9</b> | <b>26,0</b> |

**Cuadro IV b**  
**Media Mensual de Mínimas Diarias**

|               | Ene.        | Feb.        | Mar.        | Abr.        | May.        | Jun.        | Jul.        | Ago.        | Sept.       | Oct.        | Nov.        | Dic.        |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1990          | 14,8        | 15,2        | 15,2        | 10,7        | 10,3        | 10,8        | 10,4        | 11,4        | 12,3        | 13,2        | 13,5        | ---         |
| 1991          | 17,0        | 16,5        | 15,9        | 13,9        | 12,8        | 12,9        | 11,4        | 11,5        | 12,8        | 12,0        | 15,4        | 15,5        |
| 1992          | 17,5        | 15,5        | 18,3        | 18,5        | 16,5        | 13,5        | 11,0        | 11,9        | 12,5        | 14,9        | 14,9        | 16,2        |
| 1993          | 18,2        | 16,6        | 16,0        | 16,3        | 15,9        | 12,8        | 13,0        | 13,5        | 12,9        | 13,3        | 13,9        | 15,4        |
| 1994          | 17,1        | 17,7        | 15,9        | 15,4        | 13,8        | 12,5        | 11,6        | 11,5        | 13,1        | 14,6        | 15,0        | 16,5        |
| <b>Medias</b> | <b>16,9</b> | <b>16,3</b> | <b>16,3</b> | <b>15,0</b> | <b>13,9</b> | <b>12,5</b> | <b>11,5</b> | <b>12,0</b> | <b>12,7</b> | <b>13,6</b> | <b>14,5</b> | <b>15,9</b> |

Fuente : Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas Departamento de Hidrología Subdepartamento de Procesamiento de la Información Recopilación Gerencia Técnica, Abril de 1999.

- **Evapotranspiración Media.**

Conforme se puede observar, en el cuadro V, que se incluye a continuación, proporcionado por la empresa J.J. Consultores Asociados, la evapotranspiración media anual en la región, equivale a un valor total medio anual de 2.051 mm, lo que en la situación actual presenta una necesidad media de reposición de 5,6 mm/día, con extremos medios de hasta 8,1 mm/día.

**Cuadro V**  
**EVAPORACIÓN MENSUAL MM / MES**  
**DATOS COMPARATIVOS PARA LA REGIÓN DE ARICA**

| Mes                      | Sacor - Corfo (*) |              | Gropwat (**) | D G A (***)  |                | Medias       |
|--------------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|----------------|--------------|
|                          | Arica             | Azapa        |              | Lluta        | Azapa (Km. 12) |              |
| Enero                    | 340               | 220          | 171          | 205          | 315            | 250          |
| Febrero                  | 289               | 196          | 157          | 183          | 267            | 218          |
| Marzo                    | 290               | 156          | 146          | 189          | 247            | 206          |
| Abril                    | 235               | 145          | 111          | 143          | 214            | 170          |
| Mayo                     | 208               | 131          | 90           | 116          | 183            | 146          |
| Junio                    | 132               | 91           | 75           | 89           | 155            | 108          |
| Julio                    | 116               | 85           | 74           | 90           | 154            | 104          |
| Agosto                   | 152               | 101          | 78           | 84           | 156            | 114          |
| Septiembre               | 173               | 109          | 87           | 120          | 192            | 136          |
| Octubre                  | 220               | 151          | 109          | 151          | 171            | 160          |
| Noviembre                | 281               | 175          | 117          | 180          | 274            | 205          |
| Diciembre                | 333               | 198          | 158          | 192          | 288            | 234          |
| <b>ET Total (mm/año)</b> | <b>2.769</b>      | <b>1.758</b> | <b>1.373</b> | <b>1.742</b> | <b>2.616</b>   | <b>2.051</b> |

Nota : Datos procesados por la Gerencia Técnica, a partir de las siguientes fuentes:

(\*) Ecosistemas Primera Región de Chile: Santibáñez et. al. 1981  
 SACOR - CORFO

(\*\*) Simulación CROPWAT, ET o según Penman - Monteith FAO, publicación 46.  
 (simulación Guillermo Reyes, 1998) Coordenadas : 18°29'SL, 70°19'WL,  
 estación Arica

(\*\*\*) Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas.  
 Departamento de Hidrología, Subdepto. Procesamiento de la Información.  
 Registro Lluta : desde 1981 hasta 1988.  
 Registro Azapa : desde 1990 hasta 1994.

• **Humedad Relativa del Aire:**

Los datos meteorológicos obtenidos, no poseían los valores de humedad relativa. Se realizó una consulta al Sr. Bernardo Aguilera Cabrera del IDIEM (Instituto de Investigaciones y Ensayes de Materiales, Laboratorio Zonal Arica - Iquique), que nos informó que los valores de humedad relativa en la región del proyecto, son bastante elevados, variando de mínimas de 60% y máximas de 90%.

## B) Características Físico Químicas del Suelo.

En la figura N° 4, de la página siguiente, se presentan las áreas potenciales que se ha previsto utilizar para la implantación del proyecto. De esas áreas se seleccionaron 3, denominadas en la misma figura como E, I y J.

Con el objeto de obtener una caracterización inicial de estos suelos que compondrán el proyecto, se realizó la abertura de 4 trincheras (calicatas), situadas, respectivamente, en las áreas I y E anteriormente identificadas, denominados pozos 1, 2, 3 y 4, localizados de acuerdo al croquis de la figura N° 5, de la página subsiguiente.

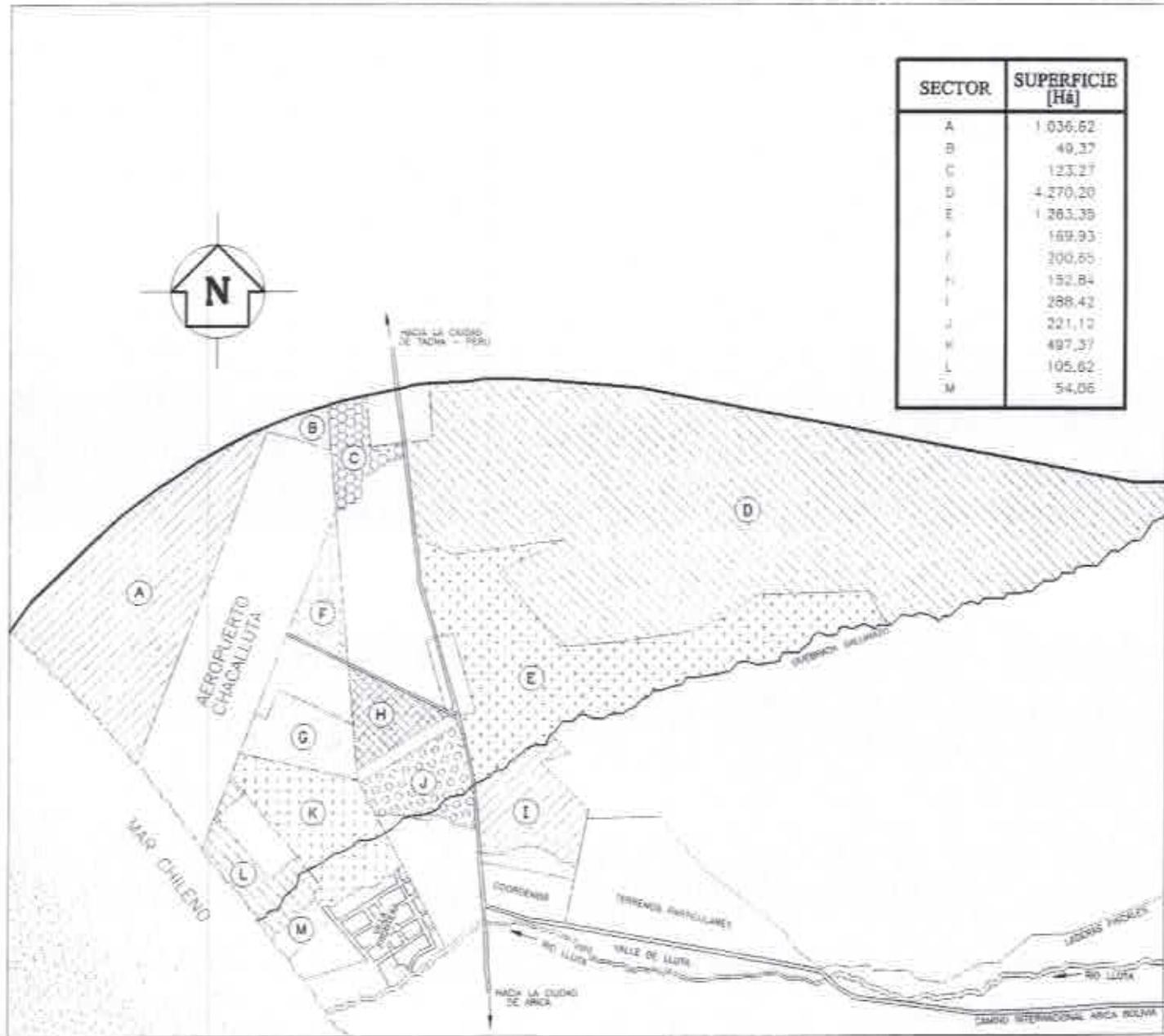
De estas cuatro calicatas fueron retiradas muestras para ensayos, enviando parte de ellas al Laboratorio Adamá de Brasil, para su análisis desde el punto de vista agronómico y, también, fueron dejadas en el IDIEM (Instituto de Investigaciones y Ensayos de Materiales, Laboratorio Zonal Arica - Iquique), para su análisis físico-químico y desde el punto de vista geológico-geotécnico.

Para el Laboratorio Adamá en Brasil, se enviaron 2 muestras relativas a los pozos 1 y 2. En la primera calicata (pozo 1), situada en el área I, fueron retiradas muestras de 0,0 - 0,08 m; de 0,0 - 0,20 m; de 0,20 - 0,40 m y de 0,40 - 0,60 m. En la segunda calicata (pozo 2), situada en el área E, fueron retiradas muestras de 0,0 - 0,20 m y de 0,20 - 0,40 m de profundidad.

A modo de ilustración, se presentan, en la página siguiente, las imágenes de las calicatas, abiertas en las áreas I y E, de los pozos 1 y 2, enviadas a Brasil.

FIGURA 4

LOCALIZACION DE TERRENOS PARA DESARROLLO DEL PROYECTO "AGRICULTURA EN EL DESIERTO"



LOS SECTORES SELECCIONADOS CORRESPONDEN A LAS AREAS DENOMINADAS E, I y J, QUE SUMAN EN TOTAL 1.772,89 Hás.



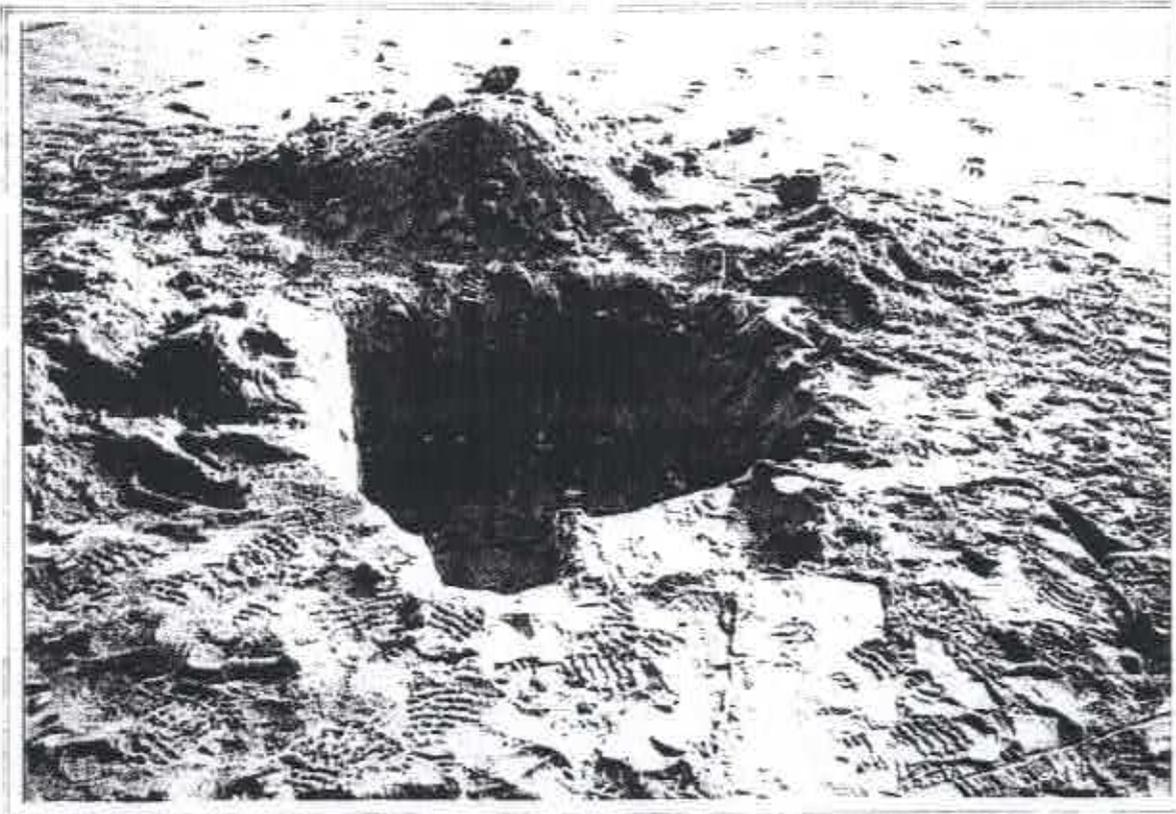


Foto N° 1 - Trinchera (calicata) N° 1 - Area I del Proyecto

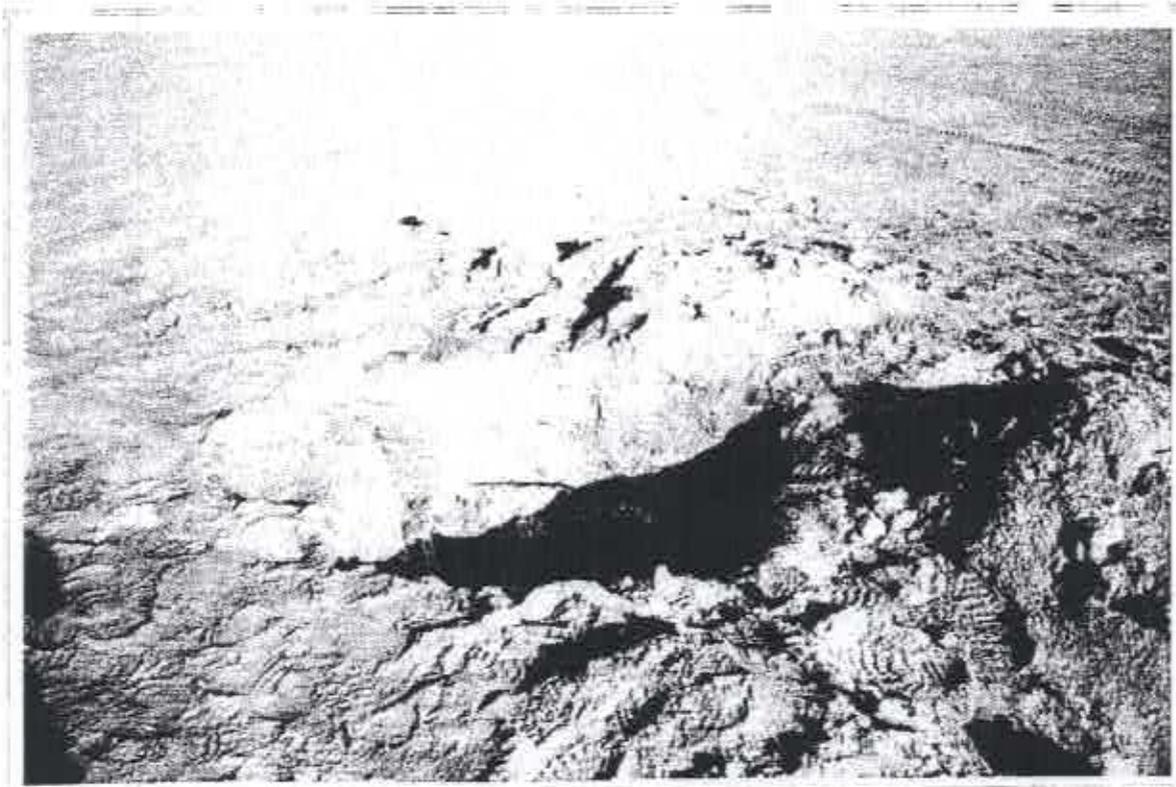


Foto N° 2 - Trinchera (calicata) N° 2 - Area E del Proyecto

Las muestras enviadas al laboratorio ADAMÁ, fueron analizadas por el Sr. Pablo Ossietinski, que realizó los análisis de los materiales, repitiendo tres veces cada determinación, de acuerdo con el cuadro VI, que se incluye a continuación, donde se muestran los valores de pH y salinidad. Los ensayos se hicieron en solución acuosa en preparación de 1:10, con 3 mediciones para cada muestra.

**Cuadro VI**  
**RESULTADOS DE pH Y SALINIDAD**

| Calicata | Nivel        | Medida 1 |          | Medida 2 |          | Medida 3 |          |
|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|          |              | pH       | EC mS/cm | pH       | EC mS/cm | pH       | EC mS/cm |
| 1        | 0,00 a 0,008 | 7,1      | 13,9     | 7,3      | 17,2     | 7,5      | 21,4     |
| 1        | 0,00 a 0,20  | 7,2      | 17,1     | 7,5      | 25,6     | 7,1      | 33,1     |
| 1        | 0,20 a 0,40  | 7,3      | 34,2     | 7,7      | 43,1     | 7,4      | 38,2     |
| 1        | 0,40 a 0,60  | 7,5      | 96,6     | 7,9      | 90,1     | 7,7      | 94,5     |
| 2        | 0,00 a 0,20  | 6,8      | 82,6     | 7,2      | 55,2     | 7,5      | 77,9     |
| 2        | 0,20 a 0,40  | 7,6      | 39,2     | 7,4      | 44,2     | 7,1      | 31,5     |

También fueron realizados análisis químicos completos de las muestras, a través de curvas de regresión y fueron determinados los valores medios para cada uno de los parámetros analizados.

Los resultados se presentan para el suelo "in-natura" y después del proceso de lavado, de acuerdo con los cuadros VIIa y VIIb., para la profundidad de 0 a 30 cm. con riego por aspersión.

Para el laboratorio de Idiem de Arica - Iquique, se tomaron muestras de los 4 pozos identificados y se hizo descripción estratigráfica del material de las muestras, granulometría y constantes hídricas, componentes minerales y composición química.

Los resultados se incluyen en el Anexo I.

**CUADRO VII - a**  
**SOLUBILIDAD / MOVILIDAD**

|                      | Solución Salina Media  | Bajo                     | Criterios                |             | %          |
|----------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|------------|
|                      |                        |                          | Medio                    | Alto        |            |
| EC mS / cm           | 13,90                  | 0,15                     | 0,50                     | 1,10        | 2,363 %    |
| pH solución          | 7,1                    | 4,4                      | 5,9 a 6,1                | 6,5         |            |
| pH CaCl <sub>2</sub> | 6,1                    | 4,1                      | 5,6                      | 6,0         |            |
|                      | <b>Catión mmol / l</b> |                          |                          |             |            |
| N-Amónico            | 0,00                   | 0,00                     | 0,30                     | 0,70        | - 100 %    |
| Potasio              | 7,23                   | 0,60                     | 1,70                     | 2,10        | 509 %      |
| Sodio                | 110,15                 | 0,00                     | 0,60                     | 1,30        | 29.352 %   |
| Calcio               | 32,62                  | 0,60                     | 1,50                     | 3,10        | 2.154 %    |
| Magnesio             | 37,51                  | 0,25                     | 0,90                     | 2,10        | 3.133 %    |
|                      | <b>Anión mmol / l</b>  |                          |                          |             |            |
| N-Nitrato            | 4,95                   | 0,70                     | 5,00                     | 8,50        | 1 %        |
| Cloruro              | 2,44                   | 0,00                     | 0,50                     | 2,00        | 257 %      |
| Azufre               | 15,25                  | 0,30                     | 1,70                     | 3,50        | 1.146 %    |
| Fósforo              | 0,05                   | 0,04                     | 0,12                     | 0,18        | - 63 %     |
| Bicarbonato          | 0,13                   | 0,00                     | 1,50                     | 4,00        | - 89 %     |
|                      | <b>Catión ppm</b>      |                          |                          |             |            |
| N-Amónico            | 0,00                   | 0,00                     | 5,00                     | 12,50       | - 100 %    |
| Potasio              | 282,71                 | 23,00                    | 50,00                    | 90,00       | 509 %      |
| Sodio                | 2.572,33               | 0,00                     | 15,00                    | 92,00       | 29.352 %   |
| Calcio               | 1.307,21               | 24,00                    | 60,00                    | 128,00      | 2.154 %    |
| Magnesio             | 911,82                 | 6,00                     | 22,00                    | 50,00       | 3.133 %    |
|                      | <b>Anión ppm</b>       |                          |                          |             |            |
| N-Nitrato            | 307,12                 | 43,00                    | 310,00                   | 530,00      | 1 %        |
| Cloruro              | 86,65                  | 0,00                     | 17,00                    | 70,00       | 257 %      |
| Azufre               | 1.465,33               | 27,00                    | 163,00                   | 336,00      | 1.146 %    |
| Fósforo              | 5,20                   | 4,00                     | 12,00                    | 18,00       | - 63 %     |
| Bicarbonato          | 8,16                   | 0,00                     | 90,00                    | 240,00      | - 89 %     |
| Calcio               | 3.262                  | mg / l CaCO <sub>3</sub> | 0                        | 319         | 25 %       |
| Magnesio             | 3.751                  | mg / l CaCO <sub>3</sub> | 25                       | 204         | 29 %       |
| N-Amónico            | 0                      | mg / l CaCO <sub>3</sub> | 0                        | 55          | 0 %        |
| Potasio              | 362                    | mg / l CaCO <sub>3</sub> | 29                       | 115         | 3 %        |
| Sodio                | 5.508                  | mg / l CaCO <sub>3</sub> | 0                        | 200         | 43 %       |
| Bicarbonato          | 7                      | mg / l CaCO <sub>3</sub> | 0                        | 197         | 0 %        |
| Cloruro              | 122                    | mg / l CaCO <sub>3</sub> | 0                        | 99          | 6 %        |
| Azufre               | 1.526                  | mg / l CaCO <sub>3</sub> | 28                       | 350         | 30 %       |
| Fósforo              | 8                      | mg / l CaCO <sub>3</sub> | 6                        | 28          | 0 %        |
| N-Nitrato            | 248                    | mg / l CaCO <sub>3</sub> | 35                       | 427         | 13 %       |
| Diferencia           | 7.006                  | Ca / Mg / Bic            | baja                     | alta        |            |
|                      | <b>Micro Soluble</b>   |                          | <b>bajo</b>              | <b>Alto</b> | <b>%</b>   |
| Hierro               | 0,6                    | micromol / l             | 2,7                      | 9,0         | - 76 %     |
| Manganeso            | 0,0                    | micromol / l             | 0,7                      | 2,6         | - 100 %    |
| Zinc                 | 0,8                    | micromol / l             | 0,5                      | 2,2         | - 56 %     |
| Silicio solu.        | 1,2                    | ppm en                   | 15                       | 40          | - 97 %     |
| Silicio disp.        | 19,2                   | ppm suelo                | 125                      | 750         | - 97 %     |
| Alcal. pH 3,5 a 4,0  | 0,00                   |                          | mg / l CaCO <sub>3</sub> |             | total alc  |
| Alcal. pH 4,0 a 5,0  | 0,00                   |                          | mg / l CaCO <sub>3</sub> |             | 0,00       |
| Alcal. pH 5,0 a 6,0  | 0,00                   |                          | mg / l CaCO <sub>3</sub> |             | 0,00       |
| Alcal. pH 6,0 a 7,0  | 0,00                   |                          | mg / l CaCO <sub>3</sub> |             | 0,00       |
| Alcal. pH 7,0 a 7,5  | 0,00                   |                          | mg / l CaCO <sub>3</sub> |             | 0,00       |
| Ácidos pH 7,5 a 7,0  | 0,00                   |                          | mg / l CaCO <sub>3</sub> |             | total acid |
| Ácidos pH 7,0 a 6,0  | 0,00                   |                          | mg / l CaCO <sub>3</sub> |             | 0,00       |
| Ácidos pH 6,0 a 5,0  | 0,00                   |                          | mg / l CaCO <sub>3</sub> |             | 0,00       |
| Ácidos pH 5,0 a 4,0  | 0,00                   |                          | mg / l CaCO <sub>3</sub> |             | 0,00       |
| Ácidos pH 4,0 a 3,5  | 0,00                   |                          | mg / l CaCO <sub>3</sub> |             | 0,00       |

Análisis realizado en Laboratorio Adama.

## CUADRO VII - b

## DISPONIBILIDAD / DESPUÉS DEL LAVADO

| pH suelo                     | Reac. Quím. del Suelo | Criterios            |       |        |       | %       |
|------------------------------|-----------------------|----------------------|-------|--------|-------|---------|
|                              |                       | Bajo                 | Medio | Alto   |       |         |
|                              | 6,8                   | 5,2                  | 6,1   | 6,5    |       |         |
| <b>Nitrógeno / ppm</b>       |                       |                      |       |        |       |         |
| Nitrato                      | 63,36                 | 5                    | 30    | 56     |       | 251 %   |
| Nitrato                      | 0,00                  | 1,1                  | 3,5   | 5,6    |       | - 100 % |
| Amonio                       | 0,00                  | 13                   | 38    | 50     |       | - 100 % |
| Fósforo - ppm                | 633,54                | 14                   | 43    | 100    |       | 270 %   |
| Azufre - ppm                 | 174,56                | 20                   | 40    | 65     |       | 295 %   |
| <b>meq / 100 ml</b>          |                       |                      |       |        |       |         |
| Potasio                      | 1,91                  | 0,06                 | 0,45  | 0,90   |       | 404 %   |
| Sodio                        | 3,36                  | 0,02                 | 0,08  | 0,60   |       | 6.916 % |
| Calcio                       | 30,27                 | 3,00                 | 5,50  | 8,50   |       | 366 %   |
| Magnesio                     | 2,17                  | 0,50                 | 1,00  | 2,85   |       | 92 %    |
| Aluminio troc.               | 0,00                  | 0,00                 | 0,02  | 0,08   |       | - 100 % |
| Hidrógeno                    | 0,31                  | 1,00                 | 1,65  | 2,85   |       | - 85 %  |
| Suma Bases                   | 39,71                 | 0,70                 | 6,50  | 11,25  |       | 329 %   |
| CTC                          | 40,02                 | 7,50                 | 15,0  | 25,0   |       | 124 %   |
| Ac. Potencial                | 0,31                  | 1,50                 | 2,00  | 3,50   |       | - 85 %  |
| <b>% de saturación</b>       |                       |                      |       |        |       |         |
| Potasio                      | 4,77 %                | 0,05                 | 3,50  | 10,00  |       |         |
| Sodio                        | 13,39 %               | 0,02                 | 1,10  | 8,00   |       |         |
| Calcio                       | 75,64 %               | 10,00                | 50,00 | 70,00  |       |         |
| Magnesio                     | 5,42 %                | 10,00                | 15,00 | 50,00  |       |         |
| Aluminio troc.               | 0,00 %                | 0,00                 | 0,05  | 1,00   |       |         |
| Hidrógeno                    | 0,77 %                | 10,00                | 20,00 | 45,00  |       |         |
| Sat. Bases                   | 99,23 %               | 45,00                | 70,00 | 88,00  |       |         |
| Sat. Acidez                  | 0,77 %                | 15,00                | 25,00 | 40,00  |       |         |
| <b>Micros / ppm</b>          |                       |                      |       |        |       |         |
| Hierro                       | 34,39                 | 6,00                 | 15,00 | 25,00  |       | 146 %   |
| Manganeso                    | 23,05                 | 5,00                 | 22,50 | 45,00  |       | - 45 %  |
| Zinc                         | 1,30                  | 0,50                 | 2,00  | 4,50   |       | - 64 %  |
| Boro                         | 0,2                   | 0,10                 | 0,70  | 1,00   |       | - 43 %  |
| Cobre                        | 0,9                   | 0,50                 | 1,80  | 4,00   |       | - 56 %  |
| Aluminio disp.               | 266,00                | 200                  | 450   | 900    |       | - 23 %  |
| <b>Relación Catiónica</b>    |                       |                      |       |        |       |         |
| Ca / Mg                      | 13,95                 | 1,00                 | 4,00  | 8,00   |       | 258 %   |
| Ca / K                       | 15,85                 | 1,00                 | 18,00 | 100,00 |       | - 26 %  |
| Mg / K                       | 1,14                  | 1,00                 | 4,00  | 40,00  |       | - 77 %  |
| K / Na                       | 0,36                  | 1,00                 | 5,50  | 25,00  |       | - 96 %  |
| <b>Agua de Irrigación</b>    |                       |                      |       |        |       |         |
| Puente                       | Succión               |                      |       |        |       |         |
| pH                           | 0,0                   |                      |       |        |       |         |
| EC                           | 0,000                 | cmilios / cm         |       |        |       |         |
| TD8                          | 0,00                  | mg / l               |       |        |       |         |
| Carbonatos                   | 0,00                  | ppm CaCO3            |       |        |       |         |
| Bicarbonatos                 | 0,00                  | ppm CaCO3            |       |        |       |         |
| Dureza                       | 0,00                  | ppm CaCO3            |       |        |       |         |
| Cloruros                     | 0,00                  | ppm CaCO3            |       |        |       |         |
| Potasio                      | 0,00                  | ppm CaCO3            |       |        |       |         |
| Sodio                        | 0,00                  | ppm CaCO3            |       |        |       |         |
| Silicio                      | 0,00                  | ppm                  |       |        |       |         |
| CO2                          | 0,00                  | pes carbonicos / ppm |       |        |       |         |
| Hierro                       | 0,00                  | ppm                  |       |        |       |         |
| Turbididad                   | 0                     |                      | 15    | 25     | 120   |         |
| Materia Orgánica del suelo   |                       |                      |       |        | 0,0 % | - 100 % |
| <b>Fracción Disponible</b>   |                       |                      |       |        |       |         |
| Fósforo                      |                       |                      |       |        |       | 0,01    |
| Azufre                       |                       |                      |       |        |       | 0,89    |
| Potasio                      |                       |                      |       |        |       | 0,27    |
| Calcio                       |                       |                      |       |        |       | 0,18    |
| Magnesio                     |                       |                      |       |        |       | 0,78    |
| <b>% Fracción Disponible</b> |                       |                      |       |        |       |         |
| Fósforo                      |                       |                      |       |        |       | 0,8 %   |
| Azufre                       |                       |                      |       |        |       | 89,4 %  |
| Potasio                      |                       |                      |       |        |       | 27,1 %  |
| Calcio                       |                       |                      |       |        |       | 17,7 %  |
| Magnesio                     |                       |                      |       |        |       | 77,6 %  |
| Hierro                       |                       |                      |       |        |       | 0,00    |
| Manganeso                    |                       |                      |       |        |       | 0,00    |
| Zinc                         |                       |                      |       |        |       | 0,04    |

Análisis realizado el 27.05.1999 en el Laboratorio Adams.

### c) Calidad del Agua.

Los potenciales recursos de agua que posee la ciudad, provienen de 2 cuencas hidrológicas cercanas a ésta, que son las de los ríos Lluta y San José. El primero drena un área de 3.378 Km<sup>2</sup>. Los recursos hídricos de este río provenientes de la alta cordillera, están contaminados por sus afluentes superiores, el río Azufre y Colpitas que aportan, principalmente, arsénico, boro y hierro. Los actuales recursos existentes se usan sólo en agricultura, en los cuales se incluye pasto, vegetales y maíz; haciendo un total de 2.784 ha. Todos los recursos disponibles, están comprometidos con el área actual regada. El río San José, por su lado drena un área de 3.187 Km<sup>2</sup>. El total de los recursos de este río también, comprometidos con abastecimiento para población humana y agricultura y la calidad del agua de éste, ha disminuido en los últimos años. La distribución del agua para consumo, es realizada por ESSAT S.A., que la produce por extracción de la napa subterránea del valle.

Consultoría especializada para evaluar los recursos hídricos, han previsto que el agua podrá atender la demanda de la población, solo hasta el año 2003. Por lo tanto, no existen recursos ni en cantidad ni en calidad, que puedan ser utilizados.

En vista de esta problemática, se ha pensado en la reutilización del agua servida que, actualmente, se descarga directamente al mar.

Para el proyecto en estudio la alternativa viable es que se trate el agua con suficiente adecuación, para utilizarla en este riego.

Para evaluar la calidad de éstas y definir el tratamiento, se hicieron contactos técnicos con profesionales de ESSAT S.A. y se obtuvieron las características de las aguas servidas de la región de Arica, analizadas en el periodo de Enero de 1995 a Diciembre de 1998, siendo que los datos son presentados en el cuadro VIII, de la página siguiente.

# Cuadro VIII

## PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUAS SERVIDAS EN EMISARIO CHINCHORRO

| Parámetro               | Unidad                  | RESULTADOS |             |             |             |             |              | Norma NCH 1333 |
|-------------------------|-------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|----------------|
|                         |                         | Enero '95  | 06 Feb. '97 | 16 Dic. '97 | 17 Mar. '98 | 26 Jun. '98 | 30 Sept. '98 |                |
| Temperatura             | ° Celsius               | 7,2        | ---         | 7,6         | ---         | 7,0         | ---          | 7,15           |
| pH                      | ---                     | ---        | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |
| Conduct. Eléctrica      | mS/cm                   | 1x10E7     | ---         | 1x10E7      | ---         | ---         | ---          | ---            |
| Coliformes fecales      | NNIP / 100 ml           | ---        | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |
| DBO-5                   | mg/L                    | 1090       | 320         | 360         | 430         | 480         | 480          | 380            |
| DOO                     | mg/L                    | 65         | 47          | 724         | 807         | 1.024       | 944          | 840            |
| Aceites y Grasas        | mg/L                    | 3          | 13          | 61          | 57          | 140         | 62           | 90             |
| Detergentes             | mg/L saponif. act.      | ---        | ---         | 11          | 12          | 17          | 15           | 12             |
| Poder espumígeno        | mm.                     | 95         | ---         | 100         | ---         | 8           | 9            | 3              |
| Turbiedad               | NTU                     | 60         | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |
| Color                   | Pt-Co                   | 42         | 80          | 39          | 48          | 56          | 22           | 74             |
| Nitrógeno Kjeldahl      | mg/L N                  | ---        | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |
| Sólidos sedimentables   | ml / L., 1 hr.          | 131        | 290         | 352         | 350         | 523         | 427          | 313            |
| Sólidos suspendidos     | mg/L                    | 64         | ---         | ---         | ---         | 6,8         | 19           | 15             |
| Hidrocarburos volátiles | mg/L                    | <0,1       | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |
| Hidrocarburos totales   | mg/L CHCl3              | 11         | 14          | 13          | 13          | 20          | 22           | 30             |
| Triclorometano          | mg/L P                  | 0,039      | ---         | 0,001       | ---         | <0,005      | 0,011        | <0,002         |
| Fosforo total           | mg/L                    | 0,09       | 0,02        | ---         | ---         | 4,6         | 1,8          | 0,011          |
| Compuestos fenólicos    | mg/L As                 | ---        | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |
| Arsénico                | mg/L Al                 | ---        | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |
| Aluminio                | mg/L Ba                 | ---        | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |
| Bario                   | mg/L Be                 | ---        | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |
| Berilio                 | mg/L B                  | ---        | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |
| Boro                    | mg/L CN                 | <0,1       | ---         | ---         | ---         | <0,05       | <0,05        | <0,06          |
| Cianuros                | mg/L Cu                 | 0,15       | 0,07        | 0,11        | 0,13        | ---         | ---          | 0,14           |
| Cobre                   | mg/L Cd                 | <0,01      | <0,01       | <0,01       | <0,01       | ---         | ---          | <0,01          |
| Cadmio                  | mg/L Co                 | ---        | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |
| Cobalto                 | mg/L Cr                 | 0,09       | ---         | ---         | ---         | <0,01       | 0,54         | <0,01          |
| Cromo total             | mg/L Cr <sup>6+</sup>   | ---        | ---         | ---         | ---         | <0,10       | <0,10        | <0,010         |
| Cromo hexavalente       | mg/L Sn                 | ---        | ---         | ---         | ---         | 0,27        | 0,23         | 0,31           |
| Estaño                  | mg/L F                  | 1,7        | 2,7         | 1,9         | 1,7         | ---         | ---          | ---            |
| Fluor                   | mg/L Fe                 | ---        | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |
| Hierro                  | mg/L Li                 | <0,1       | ---         | ---         | ---         | 0,01        | 0,02         | <0,01          |
| Litio                   | mg/L Ni                 | 0,28       | 0,2         | 0,81        | 0,24        | ---         | ---          | 0,26           |
| Níquel                  | mg/L Zn                 | <0,001     | <0,001      | 0,001       | <0,001      | ---         | ---          | <0,001         |
| Zinc                    | mg/L Hg                 | <0,01      | <0,01       | ---         | ---         | ---         | ---          | 0,05           |
| Mercurio                | mg/L Mo                 | ---        | 0,04        | 0,17        | 0,11        | ---         | ---          | 0,08           |
| Molibdeno               | mg/L Mn                 | <0,2       | <0,01       | 0,03        | <0,01       | ---         | ---          | 0,02           |
| Manganeso               | mg/L Pb                 | ---        | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |
| Plomo                   | mg/L Ag                 | ---        | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |
| Plata                   | mg/L Se                 | ---        | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |
| Selenio                 | mg/L V                  | ---        | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |
| Vanadio                 | % Na / Ca, Mg, K (meq.) | ---        | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |
| Sodio porcentual        | mg/L Cl                 | 107        | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |
| Cloruro                 | mg/L SO4                | ---        | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |
| Sulfatos                | mg/L S                  | ---        | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |
| Sulfuros                | ---                     | ---        | ---         | ---         | ---         | ---         | ---          | ---            |

Fuente: ESSAT S.A.: recopilación Gerencia Técnica, 31.03.99. Analistas Trimestrales.



En la ocasión se aprovechó, también, de realizar una visita al Centro Atacadista, donde se localiza el principal distribuidor de insumos de la región. En la visita, se pudo observar que los materiales necesarios para el cultivo intensivo, como abonos solubles, sistema de irrigación, defensivos, cintas plásticas, equipamiento para aplicación de productos químicos, semillas, entre otros, están disponibles para los productores locales.

- El manejo de agua es hecho por un sistema de cooperativa, siendo que cada productor tiene una cuota fija de uso, pagando una mensualidad en función de esa cuota y no por consumo real. Este sistema puede llevar al desperdicio de agua, debido a no haber un control exacto de consumo en cada propiedad.

Fue realizada, el día 13 de mayo, una visita a un gran productor local, el Sr. Aldo Lombardi, que demostró un buen conocimiento de las técnicas de cultivo intensivo, inclusive la producción en substratos. El Sr. Lombardi, comentó que actualmente está realizando algunos ensayos con el uso de turba, importada de Canadá, para el cultivo de tomate, y que esta técnica viene presentando, hasta ahora, buenos resultados.

Este señor se ha especializado, también, en la preparación de aceitunas para el mercado de exportación. Esta es una de las principales maneras de agregar valor a los productos agrícolas (Agroindustria).

- Los productores de flores visitados (claveles y rosas), están conduciendo la producción como una actividad secundaria y, básicamente, para el mercado local. A través de una rápida verificación, se pudo observar que, tanto el cultivo de claveles, como en especial de rosas, presentan una buena calidad, a pesar del manejo bastante rudimentario. Este aspecto fue observado principalmente en la producción de variedad de rosas "Dallas", que presentan plantas saludables, con un buen tamaño de tallo y botón. Este es un indicio de que estos cultivos presentan una buena adaptación a las condiciones climáticas locales.

## 5. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES.

A continuación se hará un análisis de los diversos ítem que influyen en un proyecto de desarrollo oleagícola y de flores y plantas ornamentales. Se seguirá la misma secuencia del capítulo en que se incluyen los datos básicos considerados.

- Temperatura.

Las principales culturas de aceites agrícolas y ornamentales, se desarrollan perfectamente dentro de las condiciones presentadas, como se puede observar en el cuadro IX, siguiente, que muestra las temperaturas recomendadas para algunas culturas

**Cuadro IX**  
**Temperaturas Recomendadas para Culturas Hortícolas**

| Cultivo     | Mínimo | Óptimo     | Máximo |
|-------------|--------|------------|--------|
| Tomate      | 10° C  | 25 - 30° C | 35° C  |
| Pimienta    | 13° C  | 25 - 30° C | 40° C  |
| Pepino      | 12° C  | 25 - 30° C | 35° C  |
| Melón       | 13° C  | 28 - 30° C | 35° C  |
| Rosas       | 9° C   | 20 - 25° C | 35° C  |
| Crisantemos | 10° C  | 18 - 25° C | 40° C  |
| Claveles    | 9° C   | 20 - 22° C | 35° C  |

El control de temperatura, es uno de los ítem que más influyen el costo de producción, principalmente, debido a la necesidad de inversión en invernaderos con estructura metálica, cierre de vidrio o plástico, calefacción a través del uso de agua caliente, entre otros. Sobre este aspecto, la necesidad de inversión para control de clima, sería mínima en la región de Arica, limitándose a la producción de algunas especies con el uso de cultivo protegido, principalmente, para la creación de raíces del material de propagación.

- Evapotranspiración Media.

Debido al elevado costo del agua, surge la necesidad de implementar una serie de medidas culturales, para disminuir la evapotranspiración en los proyectos de producción, tales como:

- Uso de quiebra viento.
- Cultivo en invernaderos.
- Uso de sombra.
- Uso de cubrimiento sin reacción vegetal para el suelo, entre otros.

- Humedad Relativa del Aire.

Las condiciones de la región, son bastante adecuadas para el cultivo de las principales especies olerícolas y ornamentales que, de manera general, presentan valores ideales para cultivo en una banda, oscilando de 50 - 70 % de humedad relativa del aire.

- Suelos.

Debido a la elevada concentración de sales, principalmente Sodio (110,15 mmol/l), no es posible la utilización de los suelos, en las condiciones "in-natura", para producción agrícola, de acuerdo con las muestras analizadas.

Los suelos, después de sufrir el proceso de lavado, presentan buenas condiciones químicas para el cultivo agrícola, principalmente, con relación a la elevada capacidad de intercambio catiónico (40,02 meq / 100 ml), saturación de Bases (99,23%), pH (6,8); Nitrogeno en forma de nitratos (63,36 ppm), Fósforo (633,54 ppm) y presencia de algunos micronutrientes como el Hierro (34,59 ppm).

Debido a las características químicas presentadas, para el adecuado uso agrícola, es fundamental la realización del lavado de los suelos.

- Calidad del Agua Servida.

El análisis de los resultados de los ensayos, demuestran que existe la necesidad de un tratamiento para la disminución de contenidos de metales pesados, turbiedad y coliformes fecales y, principalmente, reducción de los valores de salinidad.

El Cuadro X, siguiente, presenta los parámetros recomendados por el laboratorio ADAMÁ para agua de uso en riego, los que se comparan con la norma chilena de requisitos de concentración máxima de elementos químicos en agua de riego.

**Cuadro X**  
**PARÁMETROS RECOMENDADOS PARA AGUA DE RIEGO**

| Parámetro         | Unidad                                  | Límite Máximo<br>ADAMÁ | Límite Máximo<br>NCh 1333 |
|-------------------|---|------------------------|---------------------------|
| Aceites y grasas  | mg / L                                  | 0,000                  | ---                       |
| Alcalinidad       | mg CaCO <sub>3</sub> / L                | 5,000                  | ---                       |
| Aluminio          | mg Al / L                               | 0,000                  | 5,00                      |
| Arsénico          | mg As / L                               | 0,000                  | 0,10                      |
| Bario             | mg Ba / L                               | 0,050                  | 4,0                       |
| Berilio           | mg Be / L                               | ---                    | 0,10                      |
| Boro              | mg B / L                                | 0,150                  | 0,75                      |
| Cadmio            | mg Cd / L                               | 0,000                  | 0,01                      |
| Cianuro           | mg CN / L                               | 0,000                  | 0,20                      |
| Cloruros          | mg Cl / L                               | 0,050                  | 200,00                    |
| Cobalto           | mg Co / L                               | ---                    | 0,05                      |
| Cobre             | mg Cu / L                               | 0,050                  | 0,20                      |
| Cromo total       | mg Cr / L                               | 0,000                  | ---                       |
| Cromo VI          | mg Cr / L                               | 0,000                  | 0,10                      |
| D.B.O.            | mg O <sub>2</sub> / L                   | 0,000                  | ---                       |
| D.Q.O.            | mg O <sub>2</sub> / L                   | 0,000                  | ---                       |
| Dureza            | mg CaCO <sub>3</sub> / L                | 5,000                  | ---                       |
| EC                | mmhos / cm                              | 0,100                  | ---                       |
| Estaño            | mg Sn / L                               | 0,000                  | ---                       |
| Fenol             | mg C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH / L | 0,000                  | ---                       |
| Fierro soluble    | mg Fe / L                               | 10,000                 | 5,0                       |
| Fluor / Fluoruros | mg F / L                                | 0,003                  | 1,00                      |

| Parámetro              | Unidad                 | Límite Máximo<br>ADAMÁ | Límite Máximo<br>NCh 1333 |
|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|
| Fosfatos               | mg PO <sub>4</sub> / L | 0,080                  | ---                       |
| Litio                  | mg Li / L              | ---                    | 2,50                      |
| Manganeso soluble      | mg Mn / L              | 2,000                  | 0,20                      |
| Mercurio               | mg Hg / L              | 0,000                  | 0,001                     |
| Molibdeno              | mg Mo / L              | ---                    | 0,01                      |
| Niquel                 | mg Ni / L              | 0,008                  | 0,20                      |
| Nitratos               | mg NO <sub>3</sub> / L | 20,000                 | ---                       |
| pH de laboratorio      | ---                    | 5,9 - 7,0              | 5,5 - 9,0                 |
| Plata                  | mg Ag / L              | 0,000                  | 0,20                      |
| Plomo                  | mg Pb / L              | 0,000                  | 5,00                      |
| Potasio                | mg K / L               | 20,000                 | ---                       |
| Residuos sedimentables | ml / L                 | 5,0                    | ---                       |
| Selenio                | mg Se / L              | 0,009                  | 0,02                      |
| Sodio                  | mg Na / L              | 0,015                  | ---                       |
| Sodio Porcentual       | %                      | ---                    | 35                        |
| Sulfatos               | mg SO <sub>4</sub> / L | 15,500                 | 250,00                    |
| Sulfuros               | mg S / L               | 0,000                  | ---                       |
| Turbiedad              | FTU                    | 0                      | ---                       |
| Vanadio                | mg V / L               | ---                    | 0,10                      |
| Zinc                   | mg Zn / L              | 0,015                  | 2,00                      |

#### • Conclusiones.

- Del análisis de los principales factores de clima, como temperatura, humedad relativa, precipitación y evapotranspiración media, se puede concluir que la región de Arica presenta parámetros climáticos adecuados para los principales cultivos olerícolas y ornamentales.
- De manera general, las producciones horticolas, tanto de hortalizas como de flores, sea con cultivo protegido o no, demandan alta tecnología, desde la adquisición del material de propagación de calidad (mudas, bulbos y semillas), pasando por las técnicas de producción y finalizando con los trabajos después de la cosecha, almacenamiento, estandarización, embalaje, transporte y comercialización de los productos.

- Los análisis preliminares de parte de los suelos de la región, demostraron áreas con problemas de salinidad, que después de pasar por un proceso de lavado, se vuelven aptos para el cultivo hortícola y con buenas características físico-químicas.
- Las aguas servidas que se utilicen en el regadío, deberán pasar por un proceso de tratamiento, que incluya, entre otros, tratamientos de osmosis reversa y ultrafiltración, para poder disminuir la salinidad y la retirada de partículas fitopatógenas y metales pesados, transformándola en agua de calidad para el uso en fertirrigación, de acuerdo con las exigencias y condiciones de aptitud para riego.

## 6. RECOMENDACIONES.

De acuerdo con lo expuesto y analizado en capítulos anteriores, se encuentra altamente factible y recomendable, la implantación de un proyecto agrícola como el que se ha pensado para Arica.

Esta recomendación se basa además, en los siguientes fundamentos:

- Tanto la producción de flores como hortalizas, tienen un componente social bastante importante. La producción de hortalizas para la explotación, contando todas las actividades del proceso productivo, puede emplear de 0,5 a 1,0 personas por hectárea, en cambio la producción de flores de corte, debido a la alta tecnología empleada en el proceso productivo, puede emplear de 5 a 12 personas por hectárea de forma directa y 2 a 4 personas más, de forma indirecta.
- Debido a la semejanza de algunos conceptos de producción, como fertirrigación, control de plagas y enfermedades, entre otros, se puede asociar la producción intensiva de flores y hortalizas en una misma área de producción y hasta en la misma propiedad, pudiendo utilizar los mismos equipos de irrigación, aplicación de defensas, packing-house e, inclusive, la misma mano de obra.
- Los valores económicos que se obtienen con proyectos de esta naturaleza, bien manejados son altamente positivos.

A título de ilustración, se presentan, a continuación, las cotizaciones medias de algunas flores de corte, que se comercializaron en la semana 22 del año 1999.

**Valores Medios de las Principales Flores de Corte,  
en el periodo comprendido entre el  
31 de Mayo y el 05 de Junio de 1999**

| Productos           | PRECIOS MEDIOS POR TALLO EN US\$<br>EN DIVERSOS PAÍSES |        |              |
|---------------------|--|--------|--------------|
|                     | Holanda  | Israel | Otros Países |
| Rosas (tallo largo) | 0,29   | 0,16   | 0,13         |
| Rosas (tallo corto) | 0,17   | 0,11   | 0,09         |
| Clavel Standard     | 0,15   | 0,07   | 0,06         |
| Clavel Spray        | 0,16   | 0,12   | 0,11         |
| Grupo de los Asters | 0,21   | 0,11   | 0,17         |
| Lilium longiflorum  | 0,38   | 0,26   | —            |
| Gypsophila          | 0,29   | 0,15   | 0,08         |
| Litrais             | 0,05   | 0,09   | 0,08         |

- El estudio aquí realizado, debe ser completado y adecuado a nivel de proyecto definitivo y entre los elementos que deben ser considerados, está la necesidad de hacer un mapa detallado del área del proyecto de Arica, con el intento de determinar con exactitud las características físico-químicas de todo el suelo de la región, definiendo cuales son las áreas más aptas para cada alternativa que se proponga. Por el análisis preliminar realizado, los suelos del proyecto presentan características bien heterogéneas, debido al movimiento de tierras que se detectó que se ha producido en el lugar para aplanar las tierras, más allá de la propia sedimentación causada por la acción de los vientos.

- Los aspectos analizados hasta el momento, como condiciones climáticas, características físico-químicas de los suelos, calidad del agua; deben complementarse con un análisis global del proyecto, donde también deberán estar incluidos aspectos como mercado de destino, normas sanitarias, estandarización, precios practicados, estacionalidad de consumo y principales competidores entre otros.
- Se debe realizar, también, un estudio detallado para determinar los módulos estándar de producción. A partir de ese análisis preliminar realizado, se puede sugerir la creación de pequeños módulos, con áreas variando de 10 a 20 hectáreas y hasta algunos árboles frutíferos, como mangos o cítricos, que servirán, inclusive, como rompe-vientos para las demás producciones.
- Se debe analizar la forma gerencial que se dará a la producción. En este sentido, el modelo de Cooperativa y Asociaciones de Productores, presenta excelentes ventajas y ha sido utilizado con éxito en países productores como Holanda, España, Colombia, Israel y Brasil, entre otros.

Esta gerencia de producción deberá velar por los siguientes aspectos:

- Estandarización y clasificación de calidad de los productos.
- Asistencia técnica.
- Elaboración de proyectos de producción.
- Adquisición de insumos.
- Adecuación de la producción a las expectativas del mercado.
- Comercialización.

Finalmente, se debe agregar la estructura logística que acompaña a un proyecto de esta categoría, con productos de mucho cuidado y grandes cantidades.

Para ello debe incluirse:

- Funcionamiento del Puesto Sanitario del Ministerio de Agricultura, en el propio Aeropuerto de Arica.
- Funcionamiento de una cámara fría en el Aeropuerto, para el acondicionamiento de los productos de exportación.
- Creación de un Centro de Expansión, Tecnología y Entrenamiento de Personal, que será el encargado de formar monitores locales, entrenar al personal que se dedicará a la producción y velar por los siguientes aspectos:
  - Permanente adaptación de los cultivos a las condiciones climáticas locales.
  - Recopilación y actualización de datos climatológicos.
  - Ensayos con "rompe-vientos".
  - Ensayos de manejo del suelo local (lavado, correcciones, etc.)
  - Ensayos con el cultivo en sustratos, hidroponía, etc.
  - Ensayos de productividad y calidad de las diferentes variedades.
  - Adaptación de técnicas de producción a las condiciones locales.

**EMPRESA DE SERVICIOS SANITARIOS DE TARAPACA S.A.**

# **ANEXO**

## **Análisis de Suelos Realizados por el IDIEM**



**CERTIFICADO DE ENSAYOS N° 26.896 L. Z. A.**

|             |  |
|-------------|--|
| MATERIA     | : ANÁLISIS MUESTRAS DE SUELO                                   |
| PROYECTO    | : ARICA - REUSO AGUAS SERVIDAS                                 |
| UBICACIÓN   | : RUTA A - 5, SECTOR QUEBRADA GALLINAZO - ARICA.               |
| SOLICITANTE | : CONSTRUCTORA ANDRADE GUTIÉRREZ S.A. CARTA AG - GC - 0030/99. |
| DIRECCIÓN   | : FIDEL OTEIZA N° 1961 OFICINA 301 PROVIDENCIA - SANTIAGO.     |

**DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:**

Estratigrafía de pozos, extracción de muestras representativas de los horizontes de pozos y análisis de laboratorio.

**ANTECEDENTES GENERALES:**

La ubicación de los pozos, señalada por los interesados en el plano del Ministerio de Bienes Nacionales N° 1 - 1 - 2.121 - C. R. de fecha nov. - 98. - y abiertos por personal de ESSAT S. A. , se muestra en la fotocopia reducida del área de interés, en Anexo 1.

La identificación de las muestras, los resultados de las observaciones de terreno y de los ensayos de laboratorio se presentan como sigue:

TABLA 1 : ESTRATIGRAFIAS DE LOS POZOS EXPLORADOS.

TABLA 2 : IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS.

TABLA 3 : PARAMETROS FÍSICOS DE LAS MUESTRAS:

TABLA 3.1 : GRANULOMETRÍA Y CONSTANTES FÍSICAS E HÍDRICAS

TABLA 3.2 : COMPONENTES MINERALÓGICOS

TABLA 4 : COMPOSICIÓN QUÍMICA.

ANEXO 1 : Plano reducido de ubicación en planta de los pozos de reconocimiento.

ANEXO 2 : Set de fotografías de las paredes de pozos de reconocimiento. (2 c/pozo)

Arica, 22 de junio de 1999



*Bernardo Aguilera Cabrera*  
BERNARDO AGUILERA CABRERA  
JEFE LABORATORIO ZONAL



**TABLA 1: ESTRATIGRAFÍAS DE LOS POZOS EXPLORADOS**

**General.** El área explorada se ubica en la denominada Formación Concordia, terraza marina, prácticamente plana, con suave inclinación hacia el oeste. Compuesta por materiales de relleno de origen continental y marino. Consisten principalmente en aluvios y arenas con intercalaciones de arcillas, cenizas volcánicas ..." (1)

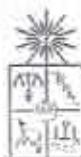
Pozo N°1

| Horizonte | Cotas límites (m) | Espesor (m) | DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL   |
|-----------|-------------------|-------------|--|
| 1         | 0,00<br>0,40      | 0,40        | Arena algo limosa, color café claro. Grano medio y fino, cantos subangulares. Los finos son no plásticos. Los 8 cm superiores se presentan muy sueltos y en sectores con tierra de diatomeas, color blanco. Probable origen cólico. A continuación el estrato presenta compactidad media a alta. Humedad baja. Dispersas en el horizonte algunas gravas ( $\approx 5\%$ ) de cantos subredondeados y tamaño máx. $\frac{3}{4}$ " |
| 2         | -0,40<br>-0,43    | 0,03        | Limo arenoso, color café oscuro a verdoso, consistencia blanda.  |
| 3         | -0,43<br>-0,60    | +0,17       | Arena de gran fino, algo limosa, tipo ceniza volcánica, color blanco a rosado pálido. Sectores altamente cementados por sales solubles en agua y sectores no cementados. Seco. Sabor salino.   |

Pozo N°2

| Horizonte | Cotas límites (m) | Espesor (m) | DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL  |
|-----------|-------------------|-------------|---|
| 1         | -0,00<br>-0,28    | 0,28        | Similar al horizonte 1 del Pozo N°1, con granos aislados de pómez. Hasta la cota -0,1m se presenta suelto y muy compacto hacia abajo. |
| 2         | -0,28<br>-0,30    | 0,02        | Capa de arena limpia, grano medio y fino, bien graduada, color café y gris. Seco Compactidad media.                                   |
| 3         | -0,30<br>-0,60    | +0,30       | Arena similar al horizonte N°1 y sectores (trozos) color blanco, muy cementados (duro) por sales solubles en agua. Humedad baja.      |

(1): Geología y recursos minerales del Departamento de Arica. R. Salas et al I.I.G. – Boletín N°21 - 1996

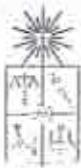


Pozo N°3

| Horizonte | Cotas límites (m) | Espesor (m) | DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL  |
|-----------|-------------------|-------------|---|
| 1         | 0,00<br>-0,55     | 0,55        | Arena fina algo limosa, color café claro a gris claro. Hasta -0,15 m suelto. Bajo esta cota se presenta muy compacto y con escasa ( $\approx 5\%$ ) de gravilla, tamaño máximo $\frac{3}{4}$ ", cantos subangulares y angulares con arena fina aglomerada por sales solubles en agua. Aislados algunos granos de piedra pómez y un bolón de $\phi 5"$ y cantos redondeados. |
| 2         | -0,55<br>-0,70    | +0,15       | Horizonte similar al anterior pero sin presencia de gravilla ni pómez. Compacidad media a alta. Seco.   |

Pozo N°4

| Horizonte | Cotas límites (m) | Espesor (m) | DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL  |
|-----------|-------------------|-------------|---|
| 1         | 0,00<br>-0,15     | 0,15        | Horizonte similar al N°1 del Pozo N°1, con sectores compactos, cementados por sales solubles en agua.                     |
| 2         | -0,15<br>-0,60    | +0,45       | Arena fina, limosa, color café claro, con capas intercaladas de arena cementada por sales (-0,30 a -0,36 m). Humedad baja |



**TABLA 2: IDENTIFICACION DE MUESTRAS**

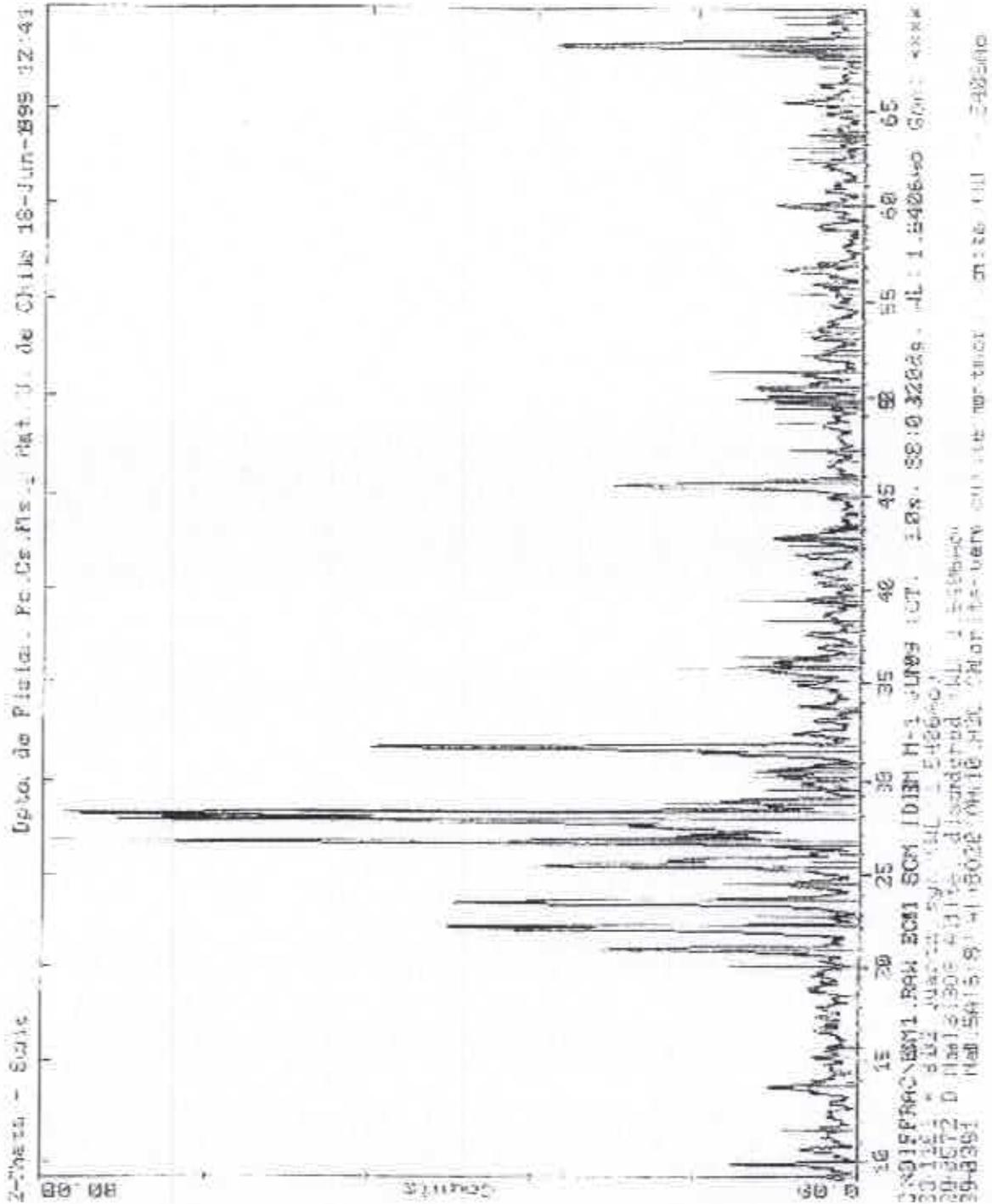
| Número | Calicata N° | Cotas límites (m) |
|--------|-------------|-------------------|
| 1      | 1           | 0,00 a -0,08      |
| 2      | 1           | 0,00 a -0,20      |
| 3      | 1           | -0,20 a -0,40     |
| 4      | 1           | -0,40 a -0,60     |
| 5      | 2           | -0,00 a -0,20     |
| 6      | 2           | -0,20 a -0,40     |
| 7      | 3           | -0,00 a -0,20     |
| 8      | 3           | -0,20 a -0,40     |
| 9      | 3           | -0,40 a -0,60     |
| 10     | 4           | -0,00 a -0,20     |
| 11     | 4           | -0,20 a -0,40     |

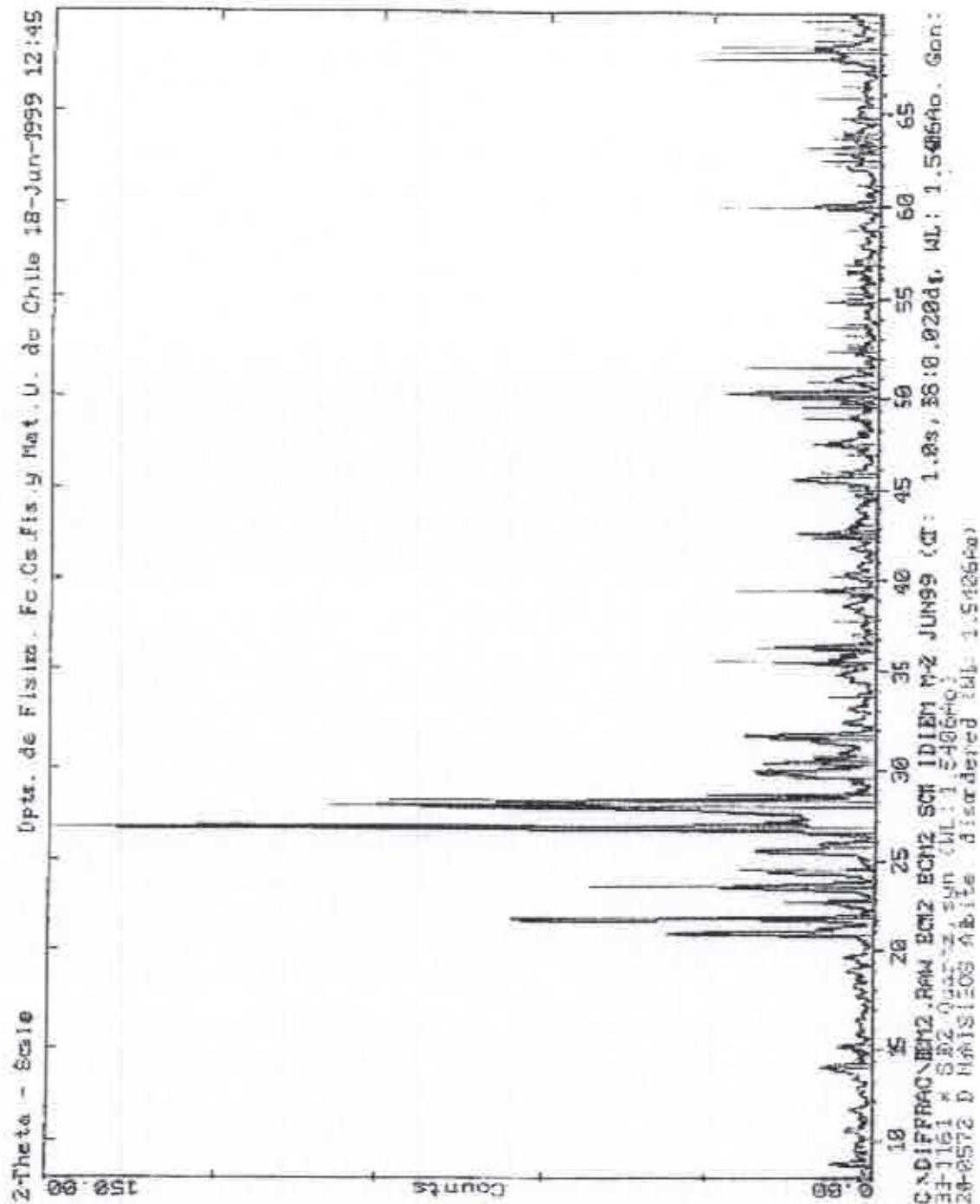
**TABLA 3: PARAMETROS FISICOS**

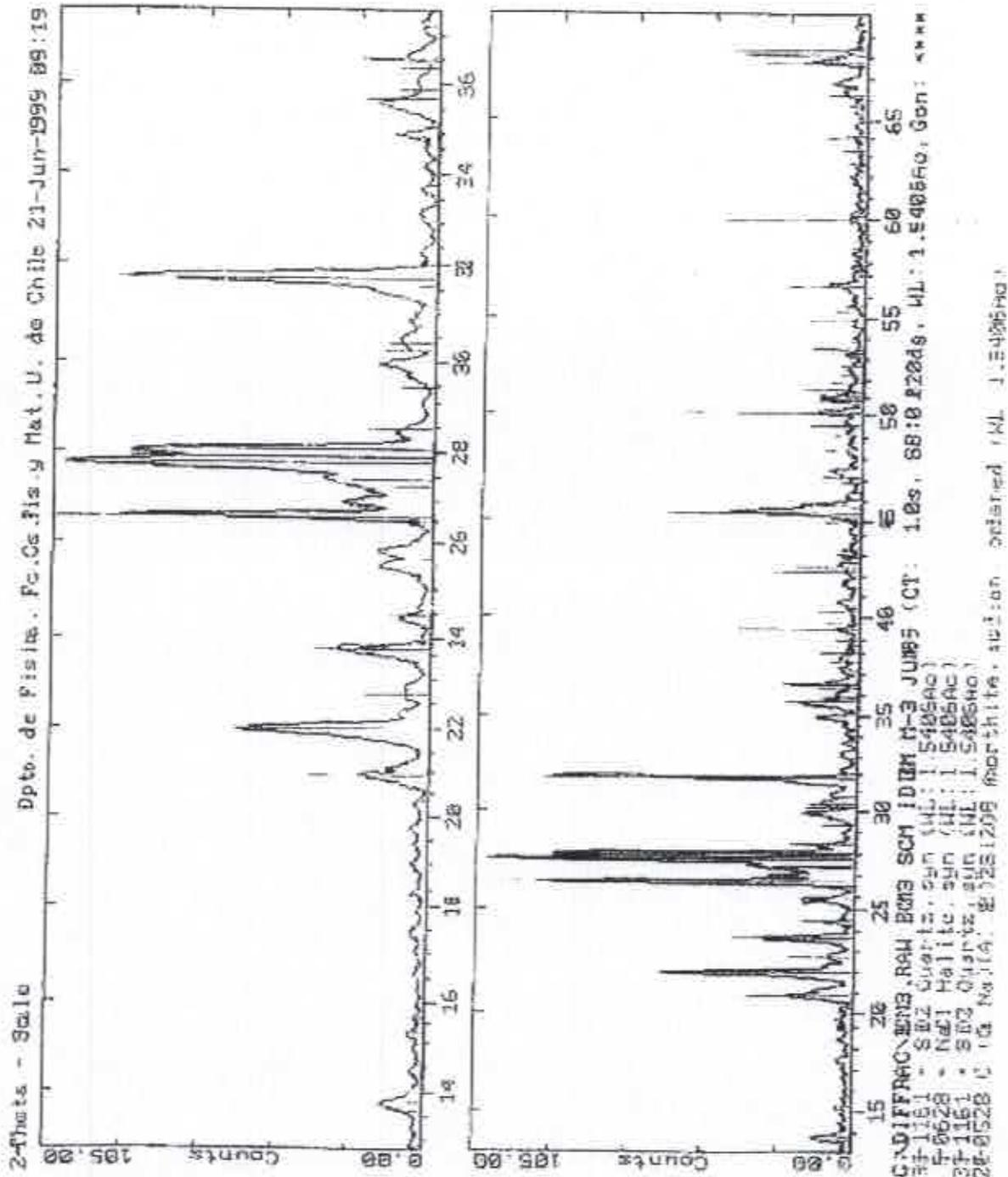
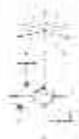
**TABLA 3.1 GRANULOMETRÍA Y CONTANTES FISICAS E HIDRICAS**

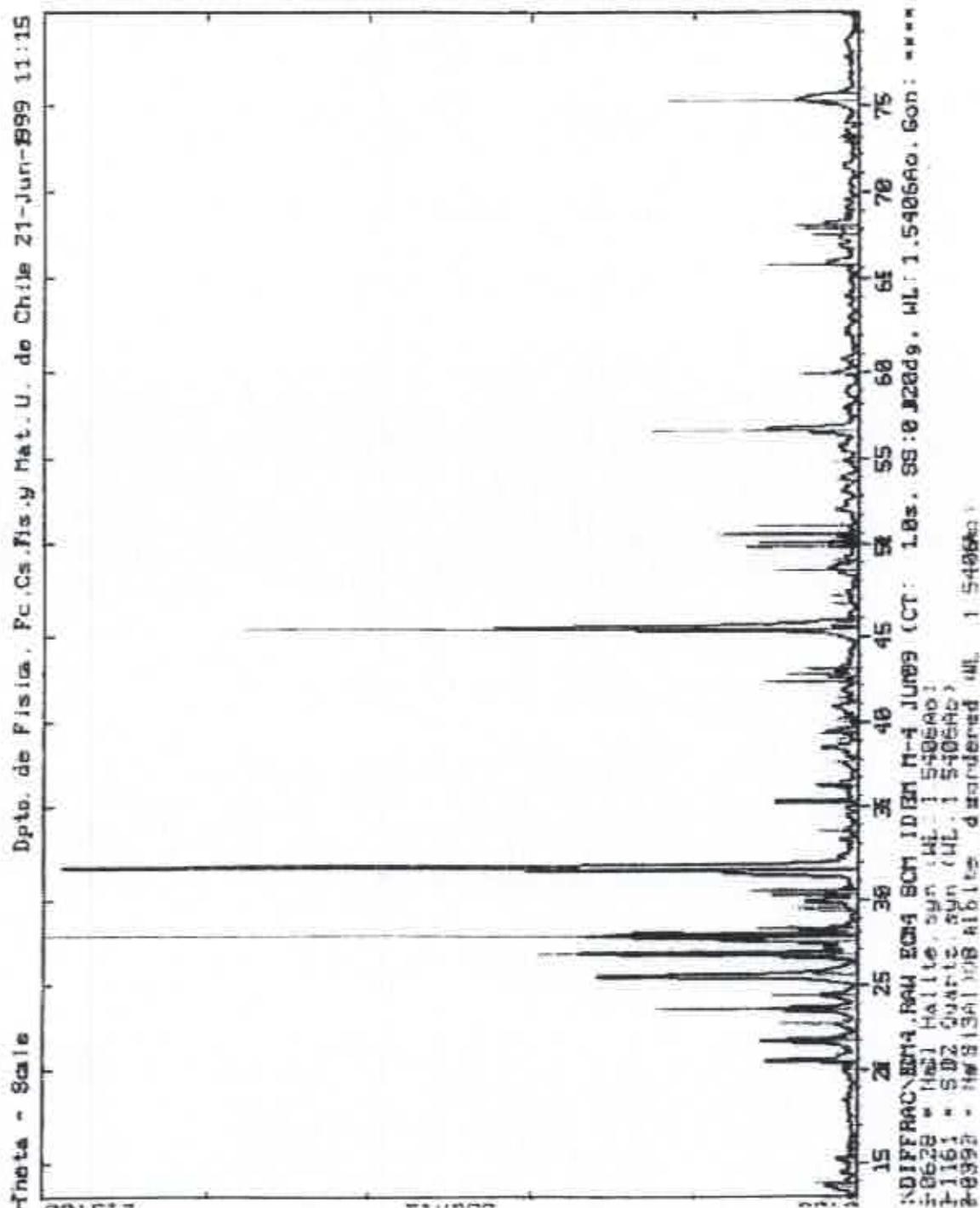
| TAMIZ ASTM |               | Porcentaje que pasa en peso |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------|---------------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| N°         | Abertura (mm) | M1                          | M2  | M3  | M4  | M5  | M6  | M7  | M8  | M9  | M10 | M11 |
| 3/4"       | 19,2          |                             | 100 |     |     |     |     | 100 | 100 |     |     |     |
| 3/8"       | 9,5           | 100                         | 99  | 100 |     | 100 | 100 | 99  | 98  |     | 100 |     |
| 4          | 4,75          | 99                          | 98  | 99  | 100 | 99  | 99  | 99  | 98  | 100 | 98  | 100 |
| 10         | 2,00          | 97                          | 966 | 94  | 99  | 94  | 81  | 81  | 80  | 96  | 91  | 98  |
| 40         | 0,425         | 64                          | 68  | 65  | 88  | 62  | 46  | 46  | 48  | 71  | 63  | 81  |
| 200        | 0,075         | 30                          | 31  | 31  | 662 | 31  | 21  | 21  | 21  | 34  | 22  | 45  |

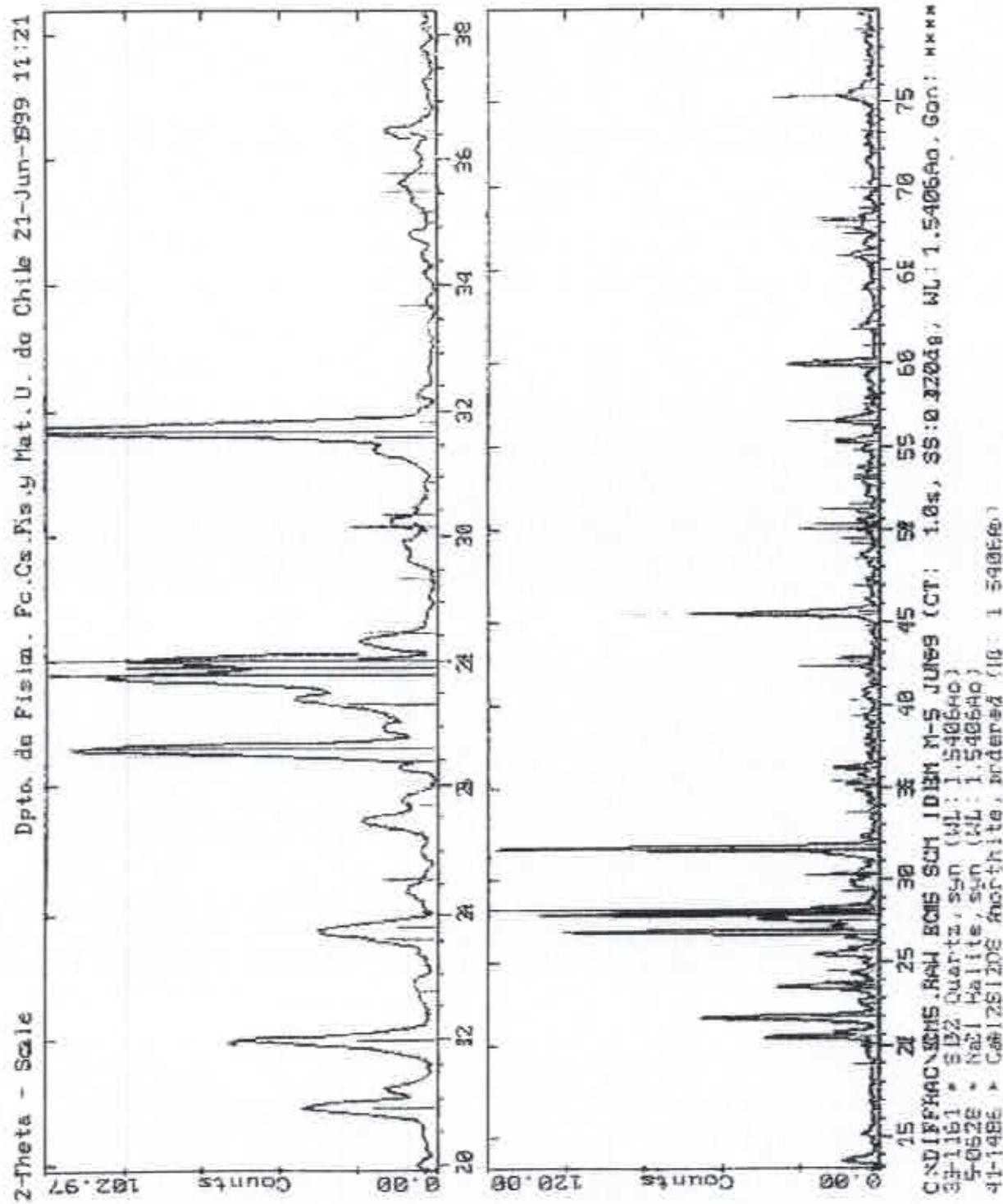
|                                       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| Límite líquido (%)                    | --   | --   | --   | --   | --   | --   | --   | --   | --   | --   | --   | -- |
| Índice de plasticidad (%)             | NP   | NP |
| Peso Específico (kg/dm <sup>3</sup> ) | 2,54 | 2,54 | 2,56 | 2,80 | 2,63 | 2,55 | 2,58 | 2,58 | 2,46 | 2,64 | 2,59 |    |
| Humedad (%)                           | 2,3  | 2,2  | 2,1  | 2,1  | 1,5  | 1,5  | 0,8  | 0,9  | 1,2  | 2,7  | 1,2  |    |

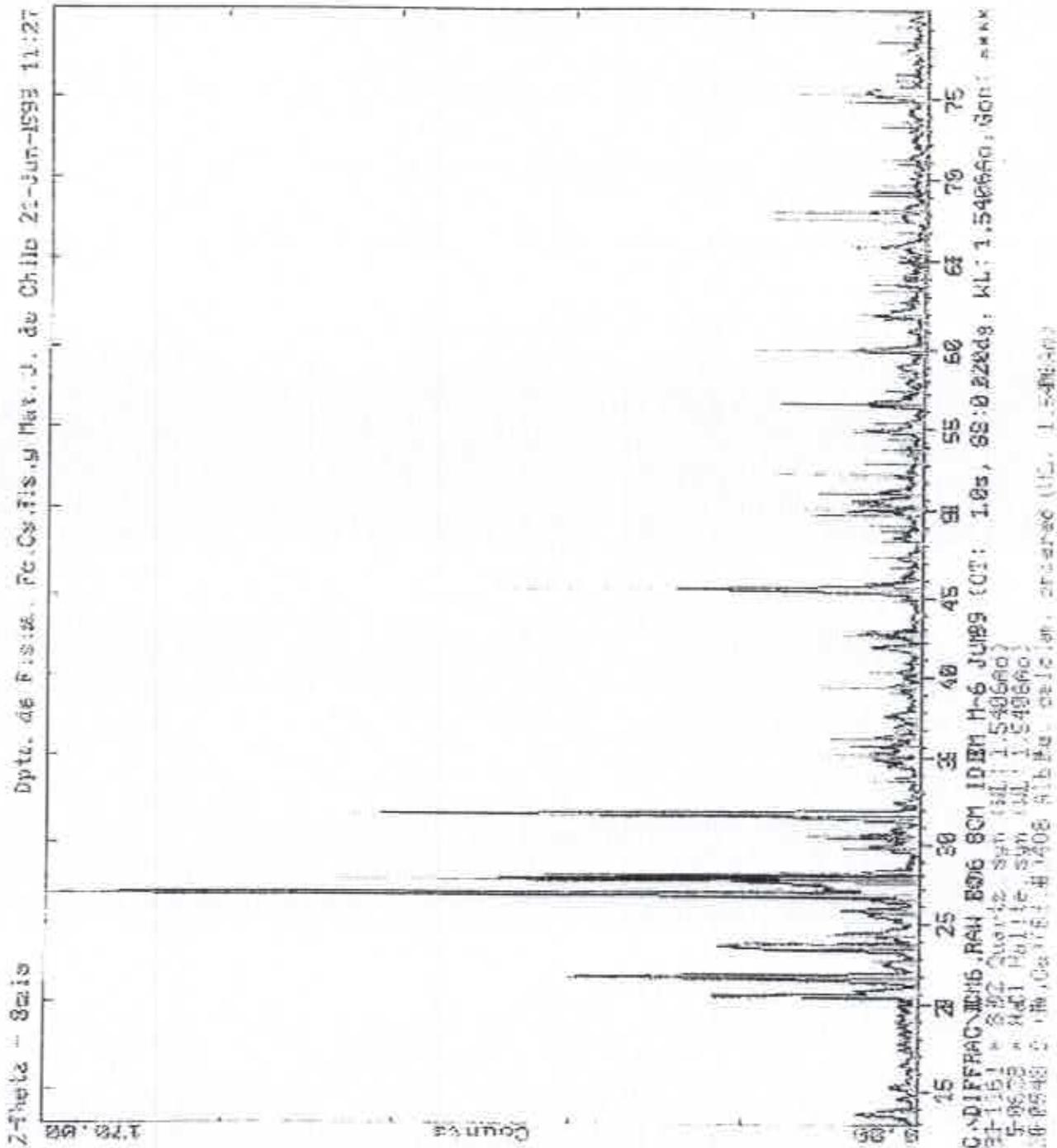


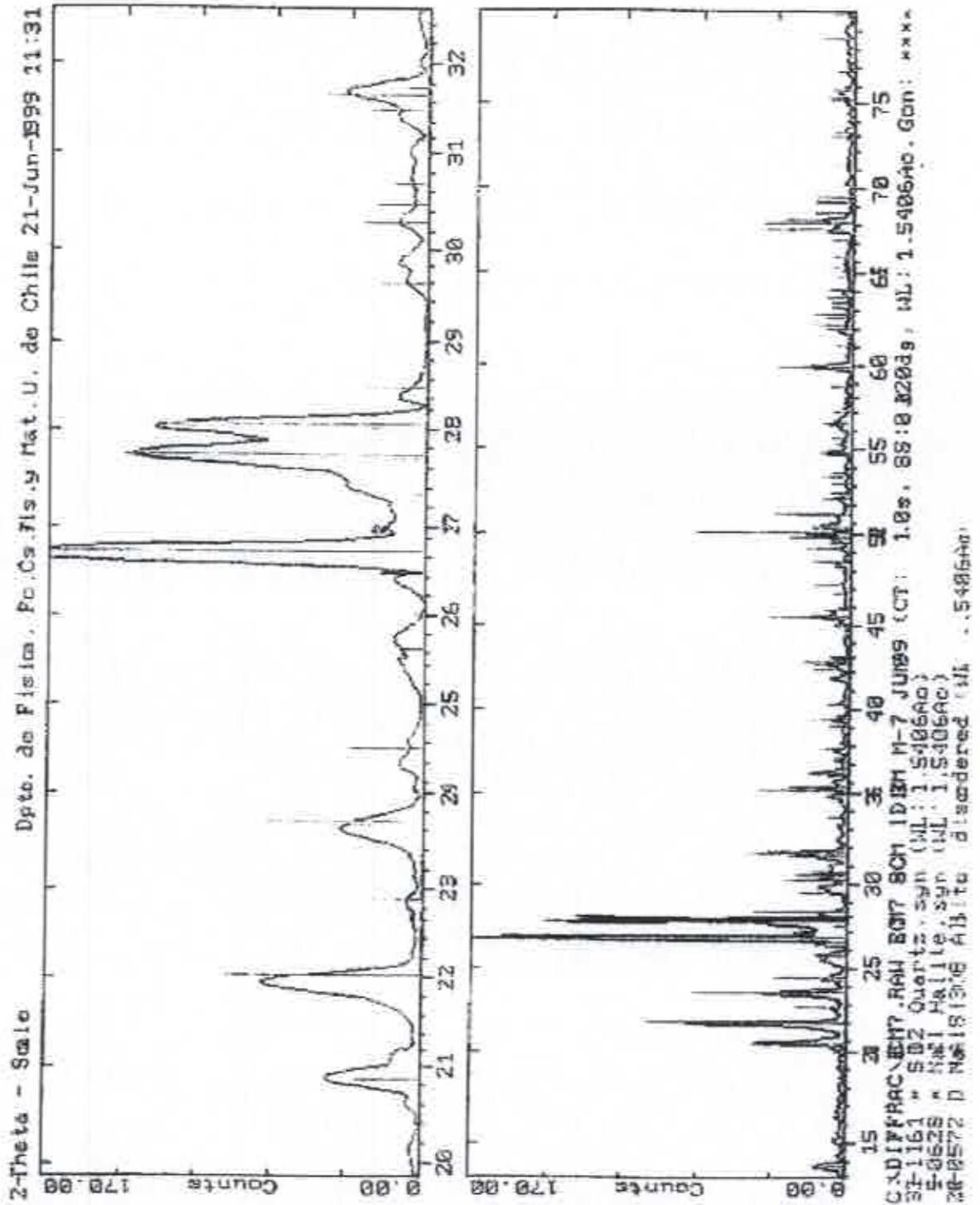


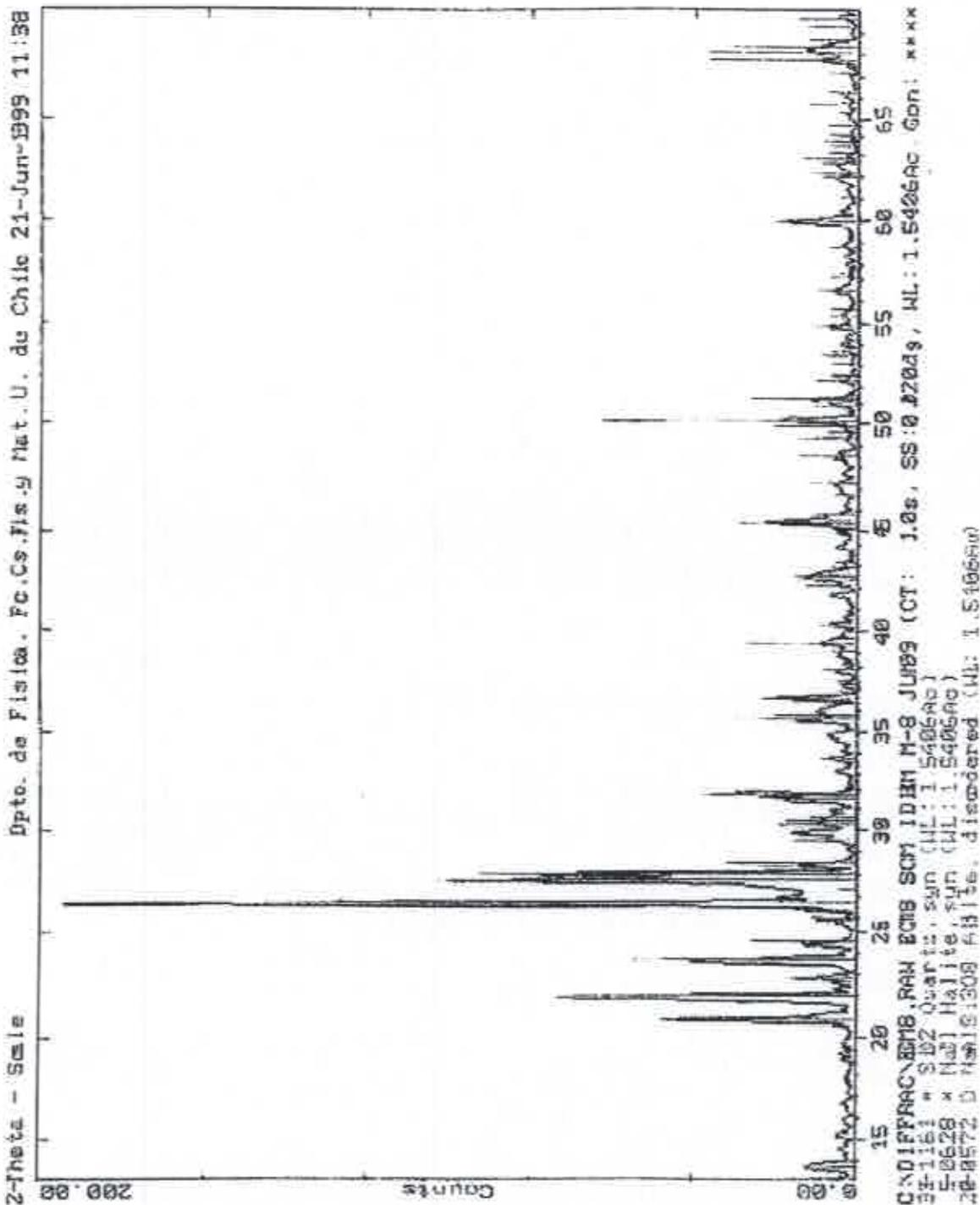


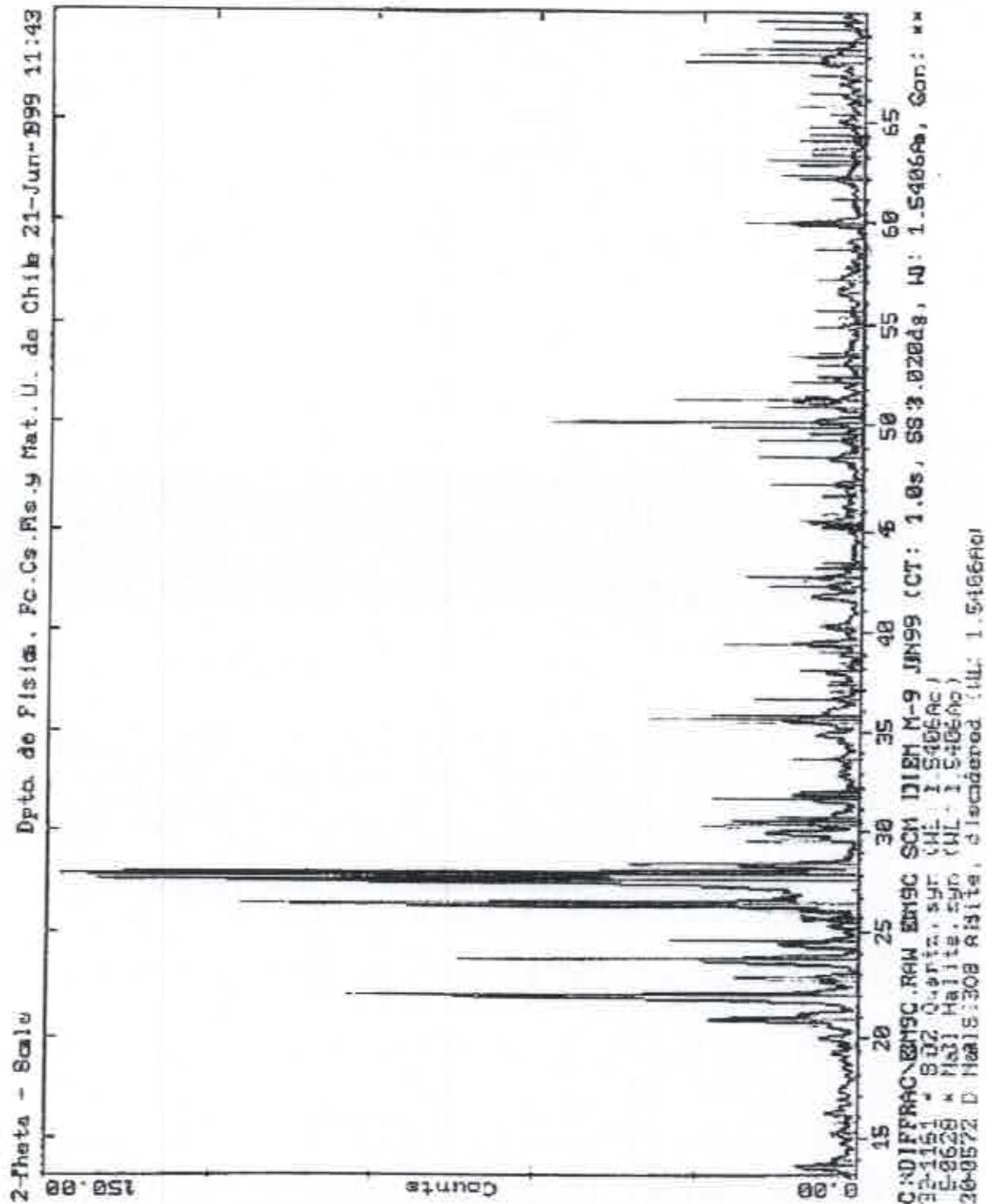


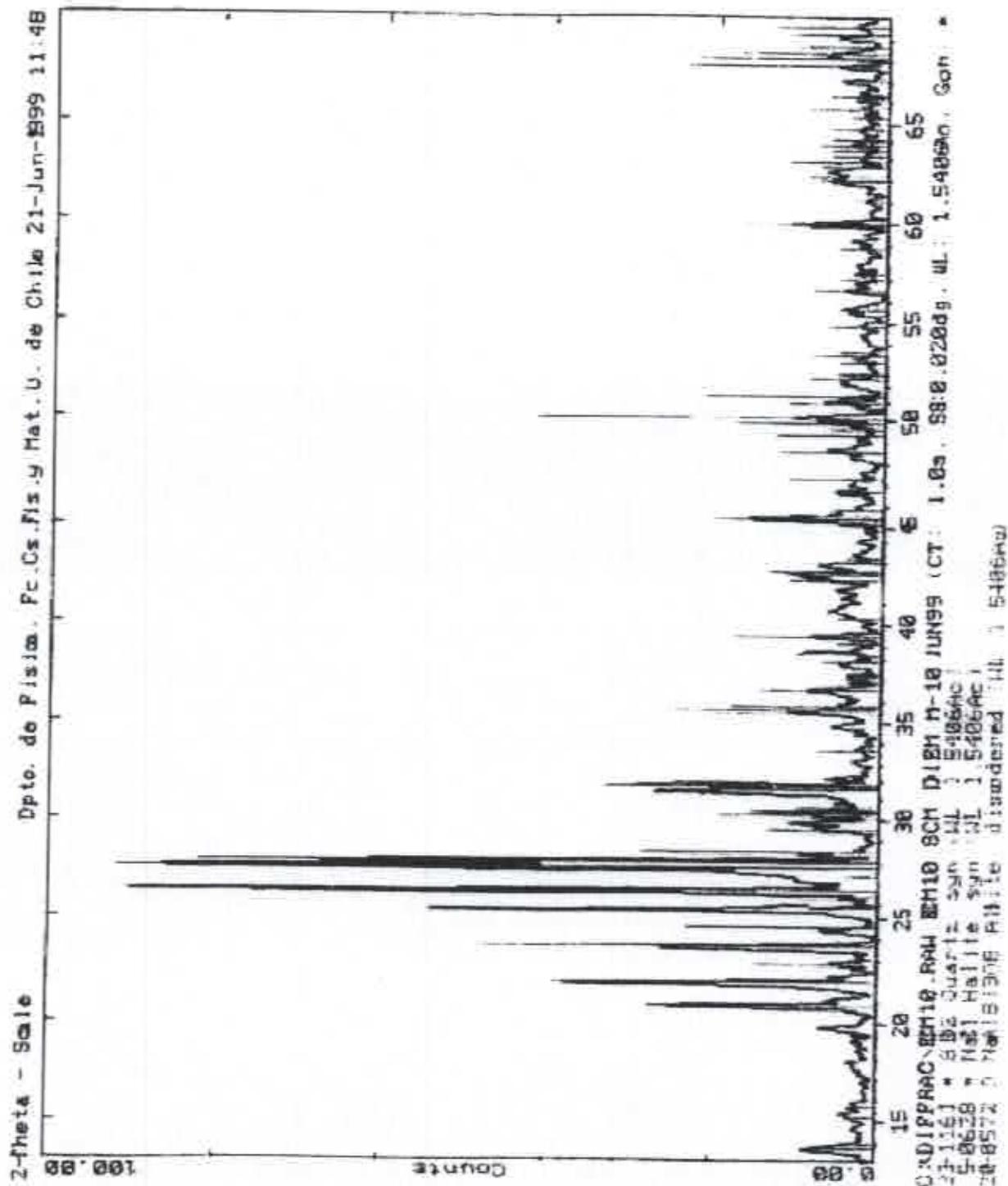


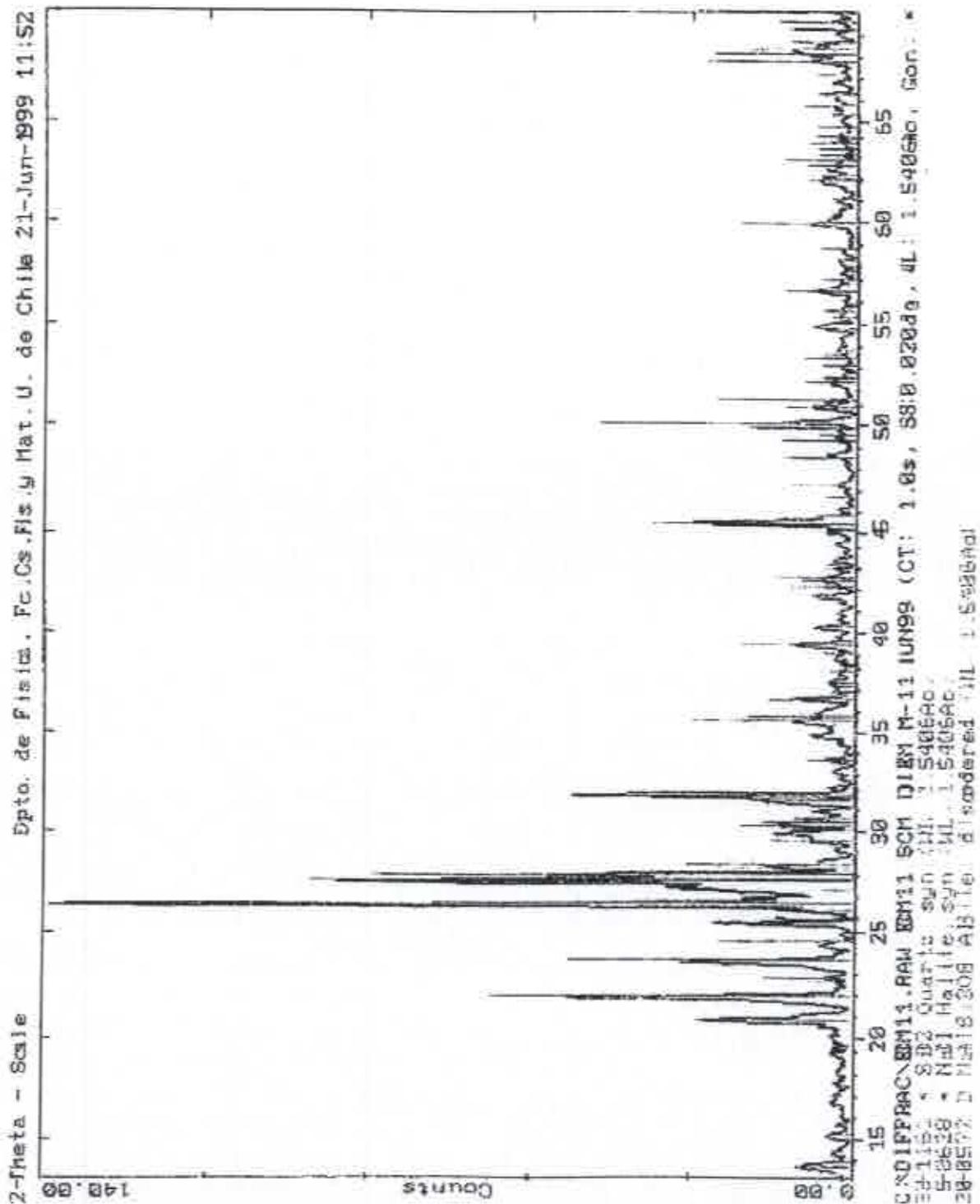


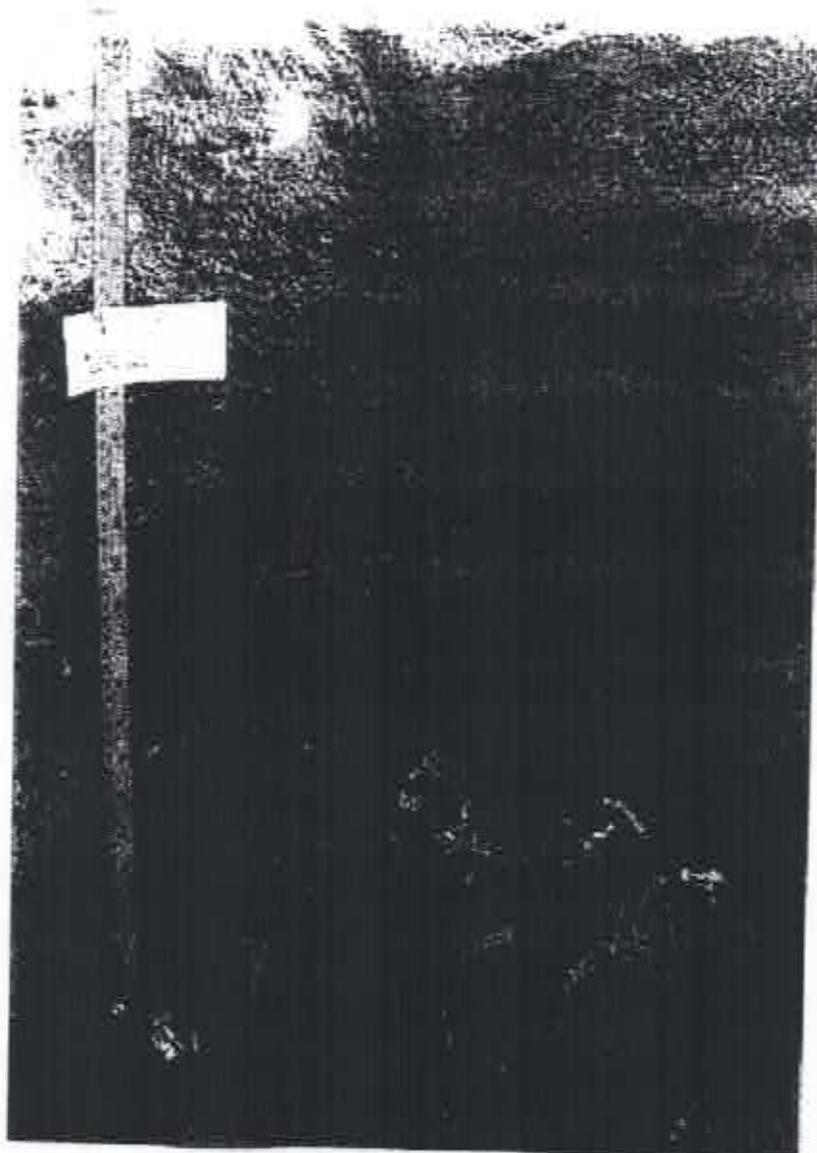




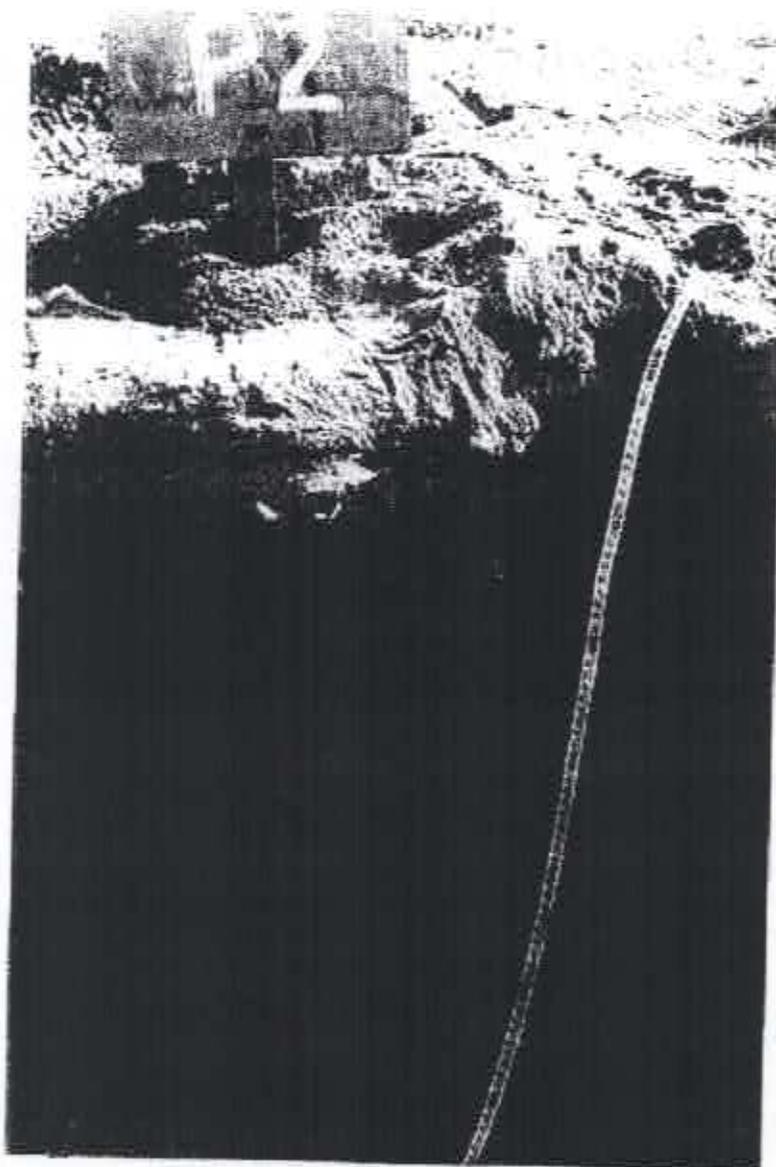




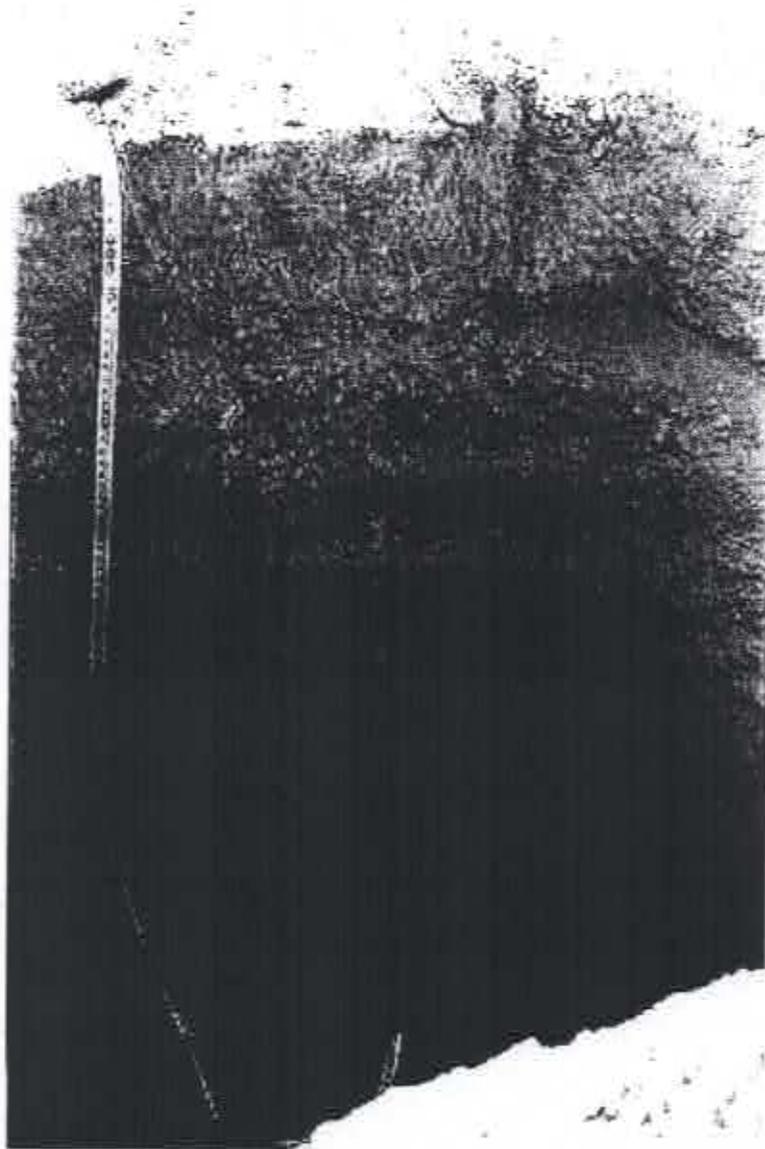




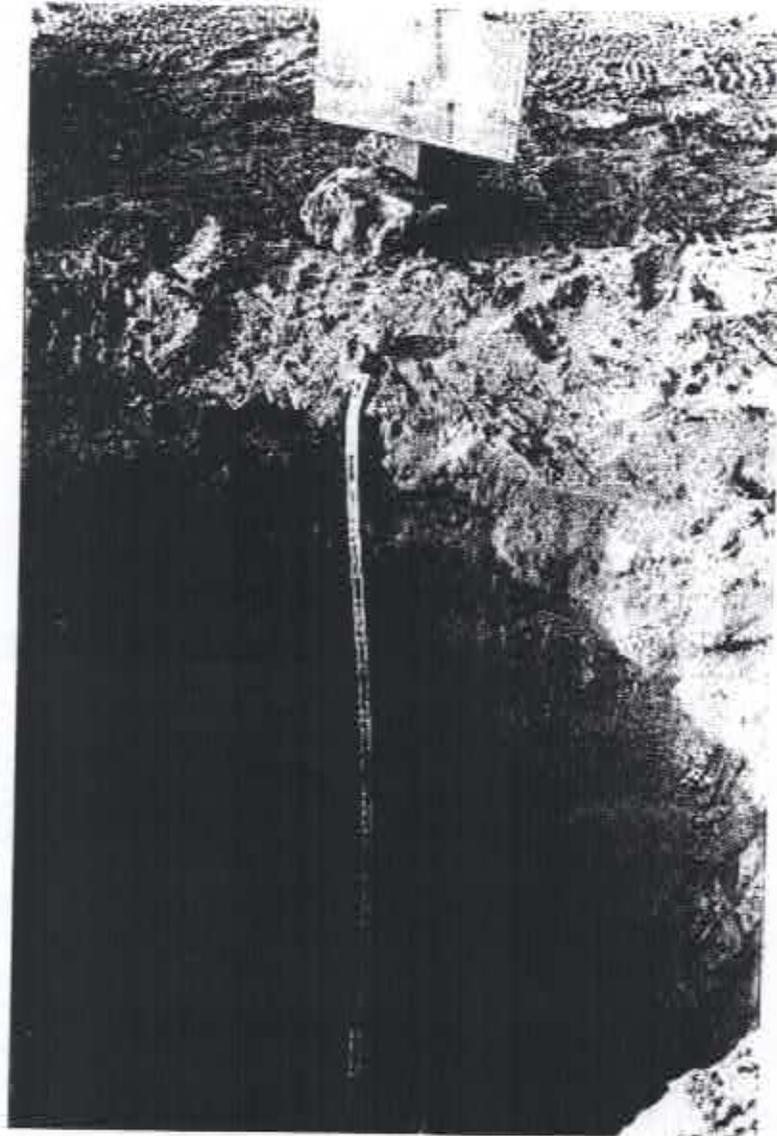
ANEXO 2: POZO 1 C.E. No.26.896 L.Z.A.



ANEXO 2: POZO 2 C.E. No.26.896 L.Z.A.



ANEXO 2: POZO 3 C.E. No.26.896 L.Z.A.



ANEXO 2: POZO 4 C.E. No.26.896 L.Z.A.