

Informe de Campo de WASH No. 405

WATER AND SANITATION FOR HEALTH PROJECT



Sponsored by the U.S. Agency for International Development
Operated by CDM and Associates

Tarea de WASH No. 385

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA UN PROYECTO DE
TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS
EN CURACAVI, CHILE**

Julio de 1993

I N D I C E

	Pág.
CAPITULO I : RESUMEN EJECUTIVO	1
1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- SITUACIÓN DEL SANEAMIENTO	2
3.- ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO	3
4.- ALTERNATIVA RECOMENDADA	3
5.- AGENTES PARA LA GESTIÓN DE TRATAMIENTO	4
CAPITULO II.- INTRODUCCIÓN	5
1.- ANTECEDENTES GENERALES DE CURACAVI Y SU ENTORNO	5
1.1. Situación Geográfica y Administrativa	5
1.2. Geografía Física	8
1.3. Geografía Económica	10
2.- INFRAESTRUCTURA SANITARIA DE CURACAVI	11
2.1. Estructura de la Administración	11
2.2. Orígenes de la Infraestructura	11
2.3. Situación Presente de las obras de Saneamiento	11
2.4. Concesión Vigente	15
2.5. Condición del Estero Puangue	16
3.- TÉRMINOS DE REFERENCIA DEL ESTUDIO, SUS OBJETIVOS	17
CAPITULO III : POBLACION, CAUDALES Y CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS SERVIDAS DE CURACAVI	18
1.- POBLACION Y SU TENDENCIA DE CRECIMIENTO	18
1.1. Antecedentes	18
1.2. Proyecciones de Población	18
2.- CAUDALES DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS	20
2.1. Consumo de Agua Potable	20
2.2. Factor de Recuperación	21
2.3. Tasa de Conexión al Alcantarillado Público	21
2.4. Caudales de Infiltración	22
2.5. Proyección de Caudales	22

3.- CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS SERVIDAS	24
3.1. Caudales	24
3.2. Calidad de las Aguas	24
3.3. Estándares Aplicables a la Descarga de Agua Tratada	25
CAPITULO IV : ANÁLISIS INSTITUCIONAL	28
1.- LEGISLACIÓN SOBRE LOS SERVICIOS SANITARIOS	28
2.- ACCIONES NECESARIAS PARA FORMALIZAR EL PROYECTO	29
2.1. Formación de una Sociedad Anónima Abierta	29
2.2. Identificación del Proyecto	29
2.3. Acuerdo de Transferencia de la Concesión de Disposición	31
2.4. Preparación de la Solicitud de la Transferencia	31
2.5. Informe de la SISS al MOP.	32
2.6. Dictación del Decreto de Concesión	32
2.7. Reducción a escritura Pública	32
2.8. Inscripción en el Registro de Concesiones	32
3.- OBSTÁCULOS PREVISIBLES EN LA OBTENCIÓN DE UNA CONCESIÓN	33
4.- POSICIÓN DE LAS INSTITUCIONES PARTICIPANTES EN LA GESTIÓN	33
4.1. CORFO - EMOS	33
4.2. Superintendencia de Servicios Sanitarios	34
4.3. Municipalidad de Curacaví	35
4.4. Banca Privada	36
5.- AGENTES DE GESTIÓN POSIBLES	37
CAPITULO V : ALTERNATIVAS DE DISPOSICIÓN FINAL	39
1.- CONSIDERACIONES DE REDUCCIÓN DE CAUDAL DE AGUAS SERVIDAS	38
2.- ALTERNATIVAS CONFIGURADAS	38
2.1. Tratamiento de Zanjas de Oxidación	41
2.2. Alternativa con Tratamiento en Lagunas de Estabilización	42
2.3. Alternativa con tratamiento en Lagunas Anaerobias y Descarga a Laguna profunda del tipo embalse	43
2.4. Situación del Tratamiento con reducción de la infiltración	44

CAPITULO VI : DIMENSIONAMIENTO DE SOLUCIONES DE TRATAMIENTO.	46
1.- ALCANCE DEL CAPITULO	46
2.- BASES DE CALCULO Y CRITERIOS DE DISEÑO PARA LAGUNAS	46
2.1. Bases de Cálculo	46
2.2. Criterios de Diseño para Lagunas	54
3.- CONFIGURACION ADOPTADA PARA EL SISTEMA DE LAGUNAS	55
4.- DIMENSIONAMIENTO DE LAS LAGUNAS	56
5.- ALTERNATIVAS CONVENCIONALES DE TRATAMIENTO	59
5.1. Cámara de Premezclado y tanque de aeración	61
5.2. Sedimentación Secundaria	63
5.3. Espesador de Lodos	64
5.4. Estanque de Contacto	66
5.5. Lechos de Secado	66
CAPITULO VII : EVALUACIÓN ECONÓMICA	67
6.1. Metodología	67
6.2. Resultados Obtenidos	68
 ANEXO Nº 1 : Evaluación Económica	
 ANEXO Nº 2 : Antecedentes de Costos	

**WATER & SANITATION FOR HEALTH PROJECT
U.S. AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT**

**PROYECTOS DEMOSTRATIVOS DE AGUA Y ALCANTARILLADO PARA PEQUEÑAS
COMUNIDADES URBANAS EN CHILE**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS DE CURACAVI**

CAPITULO I.- RESUMEN EJECUTIVO.

1.- INTRODUCCIÓN.-

Curacaví es una antigua localidad rural que, gracias a su proximidad de sólo 48 Km. a Santiago, ha experimentado una creciente urbanización, aproximándose ya a los 12000 habitantes, con un aprovechamiento de los terrenos planos formados por los rellenos fluviales de los esteros que escurren en las tres quebradas que confluyen en el emplazamiento de la localidad: Curacaví desde el norte, Zapata desde el poniente, y Cuyuncaví desde el nor-oriente. Los cauces indicados dan origen al estero Puangue, que es afluente al río Maipo en su curso medio-inferior.

La elevación sobre el nivel del mar bordea los 200 metros, y esto es 300 m. inferior a la elevación de Santiago; las cumbres del valle no superan los 2000 m., por lo que los regímenes de los esteros son netamente pluviales, con importantes crecidas en invierno y mínimo escurrimiento al final del estío.

La actividad económica de Curacaví es esencialmente agrícola y pecuaria; la explotación agrícola está concentrada en el valle del estero Puangue, aguas abajo de Curacaví, en los terrenos bajo riego del canal Las Mercedes, que traspasa aguas del río Mapocho (con alta contaminación de aguas servidas de Santiago) para regar huertos frutales y plantaciones de alta productividad; aguas arriba de Curacaví la seguridad de riego es baja, abundan los terrenos de secano, y se destaca aquí como actividad altamente intensiva la crianza avícola.

Las expectativas de crecimiento de la población local en su área urbana son moderada, a tasas geométricas entre 1,6 y 1,9 % anual, aproximándose a los 25000 habitantes hacia el año 2025; la cabida del área urbana se ha estimado en 38000 habitantes en condiciones de saturación.

2.- SITUACIÓN DEL SANEAMIENTO.

Se cuenta con servicio público de agua potable y alcantarillado a cargo de la Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias, EMOS S.A., que en 1992 registró 2504 conexiones de agua potable, abastecidas por tres pozos de captación de aguas subterráneas, pero sólo 1573 viviendas y edificaciones en total están conectadas a la red pública de alcantarillado, y el resto cuenta con soluciones domiciliarias de Fosa Séptica y sistemas de disposición sub-superficial, letrinas y pozos negros, lo que no es apropiado en este valle en que hay una importante napa de aguas subterráneas a poca profundidad. La existencia de un área de baja elevación en las proximidades del estero Puangue ha hecho necesario disponer de una planta elevadora de las aguas servidas para alcanzar a ser descargadas a dicho estero, sin tratamiento alguno, y con un efecto de deterioro de las aguas que hasta ese punto se presentan sin contaminación significativa, y sirven de soporte para vida acuática natural y actividades de recreación. Los caudales de estiaje en esta sección del estero son del orden de 40 a 90 l/s, mientras que el caudal de aguas servidas bombeado es de 20,9 l/s, lo que explica la importancia de este impacto. No obstante, al presente se tiene un deterioro mayor aguas abajo en el estero, por la recuperación de aguas de derrames de riego agrícola originadas en el río Mapocho, que han experimentado una suerte de "tratamiento en el suelo" en este uso agrícola, pero que contienen los contaminantes más conservativos; esta situación está en vías de solucionarse a mediano plazo, conforme se construyan las plantas de tratamiento para la capital del país, lo que dejaría a las descargas sanitarias de Curacaví como única fuente de contaminación del Puangue.

La tipificación de las aguas servidas producidas se detalla en el Cuadro N° 1.1 siguiente, que muestra los valores medios de las muestras analizadas.

CUADRO N°1.1.- CARACTERISTICAS DE AGUAS SERVIDAS DE CURACAVI.

CAUDAL:	20,9 l/s
DBO:	118 mg/l
pH:	7,2 a 7,8
COLIFORMES FECALES (N.M.P./100 m.l.):	$2,35 \cdot 10^7$

6

3.- ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO. Se ha comparado tres opciones de tratamiento de aguas servidas para Curacaví, las que presentan como característica común una inversión de \$25,1 millones para readecuar la planta elevadora de aguas servidas a las exigencias de emplazamiento del sistema de tratamiento fuera de la caja del estero Puangue, afectada por grandes crecidas. El costo anual de operación de esta elevación, más su mantención, está entre \$1,5 y \$1,8 millones, según el caudal. El requerimiento de diseño para el tratamiento ha sido la norma chilena Nch 1333, que fija en 1000/100 ml los coliformes fecales tolerables para usos en riego agrícola, vida acuática y recreación de contacto directo. Los caudales de tratamiento considerados suponen un aumento en la tasa de conexiones de alcantarillado y la conservación de la infiltración de aguas subterráneas en el entorno de los 8 l/s actuales, lo que implica un caudal medio efluente de 26,5 l/s en 1995 y de 49,7 l/s en 2025.

* Tratamiento en lagunas de estabilización de tipo anaeróbicas, complementadas con laguna profunda en forma de embalse, de acuerdo a los lineamientos de TAHAL para la planta de tratamiento Santiago Poniente actualmente en construcción. La magnitud del embalse lleva los costos de esta alternativa a \$ 765 millones, con un modesto incremento de la disponibilidad de agua para regadío, lo que hace poco atractiva la solución.

* Tratamiento en lagunas de estabilización facultativas convencionales, con cuatro unidades primarias y dos secundarias, con una ocupación de terreno del orden de nueve Hás. Los costos de inversión para terreno, diseños y construcción de lagunas ascienden a \$155 millones, y los costos anuales de operación y mantenimiento se han estimado en \$10,5 millones.

* Tratamiento en zanjas de oxidación construidas en dos etapas, en 1994 la primera, para entrar en operaciones en 1995, y el año 2000 la segunda. El costo de la primera etapa alcanza a \$449 millones, y la segunda requiere \$155 para su materialización. Los costos anuales agregados de operación y mantención son del orden de \$14,6 a \$16,2 millones, dependiendo del caudal. El tratamiento biológico en zanjas es complementado con desinfección con cloración, toda vez que los períodos de retención exigüos no permiten el abatimiento bacteriano requerido. Además de los mayores costos, la cloración del efluente es objetable para ciertas especies vegetales, como paltos (aguacates), por ejemplo.

4.- ALTERNATIVA RECOMENDADA.

La opción de mayor conveniencia es la que emplea lagunas de estabilización facultativas, lo que es confirmado por la evaluación económica incluida al final de este estudio, que indica un costo unitario de tratamiento de aguas servidas para esta solución de US\$ 14 centavos por metro cúbico.

5.- AGENTES PARA LA GESTIÓN DE TRATAMIENTO.

Se ha encontrado que la Ilustre Municipalidad de Curacaví, ante la falta de prioridad en los planes de la EMOS para la localidad, ha iniciado acciones para avanzar en la solución del tratamiento de las aguas servidas, contratando un proyecto de lagunas de estabilización con la consultora Andenor, para ser postulado a financiamiento gubernamental una vez aprobado por la EMOS. No ha sido precisado aún por esta empresa su compromiso para tal iniciativa, en especial en lo referente a la operación del sistema de tratamiento: está en ejecución un estudio global que definirá la política de EMOS para estas materias tanto en el Gran Santiago como en las localidades periféricas, de las cuales Curacaví es parte. Puede anticiparse que la empresa está abierta a adoptar cualquiera que sea la solución de mejor conveniencia, para lo cual serán analizadas opciones que comprenden desde la mantención del status actual hasta la privatización total de los servicios, individualmente o por grupos de mejor eficiencia.

En cuanto a los agentes privados con capacidad de acometer la iniciativa, se ha considerado que la Cooperativa Agrícola de Curacaví cuenta con los recursos humanos y empresariales suficientes para tal iniciativa, los que ya ha aplicado en la formación de una empresa frigorífica.

Debe tenerse presente que la estructura legal vigente para el sector sanitario asegura una debida retribución a quien emprenda como agente privado la iniciativa de proporcionar el servicio de tratamiento de las aguas servidas de Curacaví, por la vía de las tarifas, tanto para recuperar las inversiones como para cubrir los costos de operación, más una adecuada rentabilidad. Un mecanismo de subsidio estatal permite disminuir el riesgo de incobrabilidad de la tarifa a los sectores de menor capacidad de pago de la población. En el caso de que haya un venta de agua tratada a terceros, la ley tarifaria hace ajustes para que estos beneficios adicionales sean compartidos por los usuarios del servicio de alcantarillado.

Por último, se establece que existe mercado para las aguas servidas tratadas, tanto en los terrenos de secano inmediatos a la ubicación propuesta para la planta de tratamiento, como a través de descargas hacia el canal de Las Mercedes, que puede transportar los recursos valle abajo para usuarios que no dispongan de derechos suficientes sobre el caudal actual de este acueducto.

CAPITULO II. INTRODUCCIÓN.

1.- ANTECEDENTES GENERALES DE CURACAVI Y SU ENTORNO.

1.1.- SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y ADMINISTRATIVA.

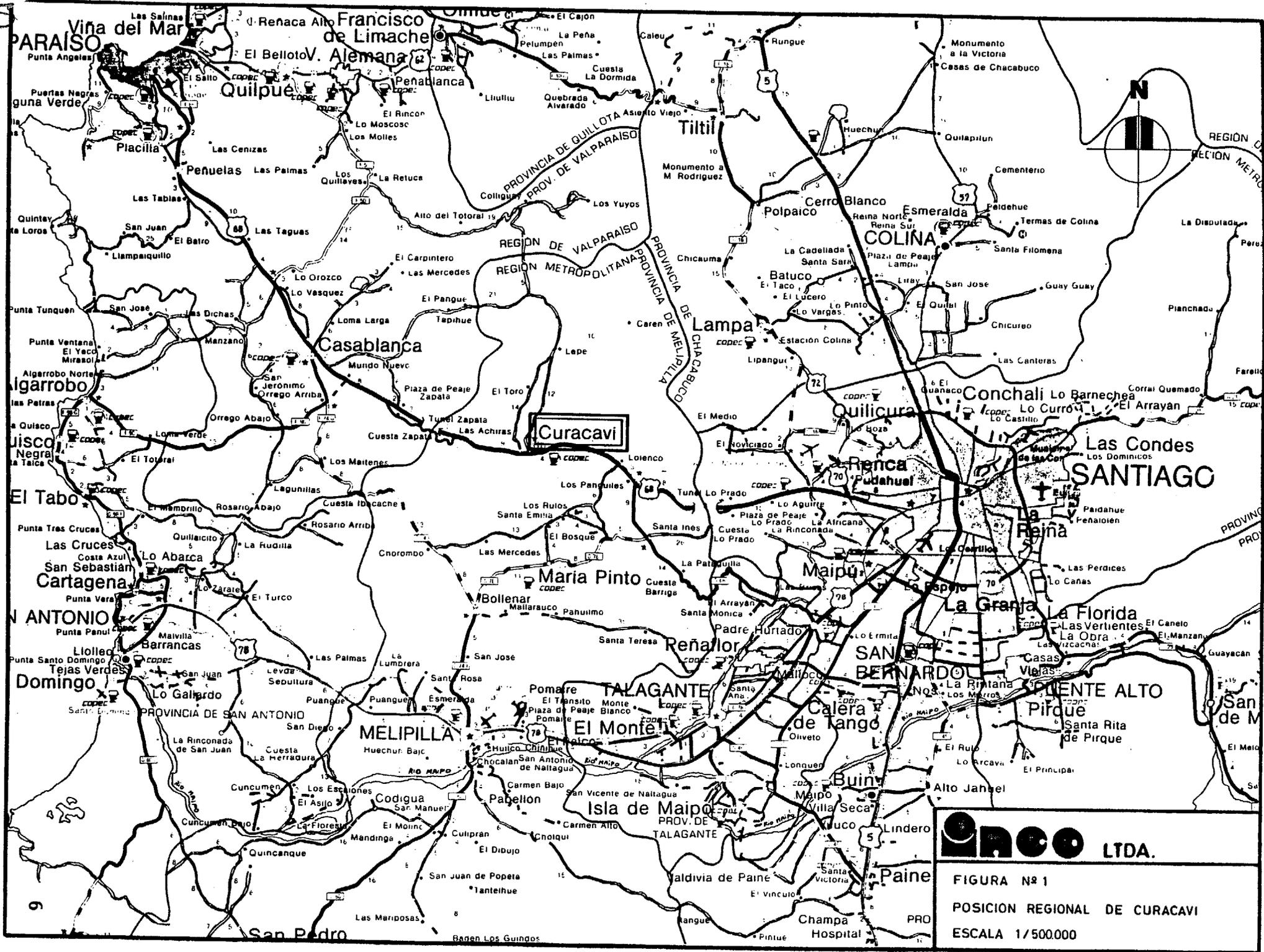
La ciudad de Curacaví está ubicada en las coordenadas 33° 23' de Latitud Sur y 71° 07' de Longitud Oeste, ocupando los terrenos planos formados sobre rellenos fluviales del encuentro de los valles de los esteros Zapata, Puangue o Curacaví, y Cuyuncaví, con estos dos últimos flanqueando su área urbana en sus costados sur y oriental. Su distancia al centro de la ciudad de Santiago, capital de Chile, es de sólo 48 Km. a través de la Ruta 68, de alto estándar, la que conecta a Santiago con el principal puerto del país, Valparaíso.

Su elevación va desde los 205 m. sobre el nivel medio del mar en su extremo oriental (Población Chayaco) hasta aproximadamente los 215 m.s.n.m. en los sectores de mayor cota, en su extremo norte junto al estero Cuyuncaví, incluidos en su Plano Regulador.

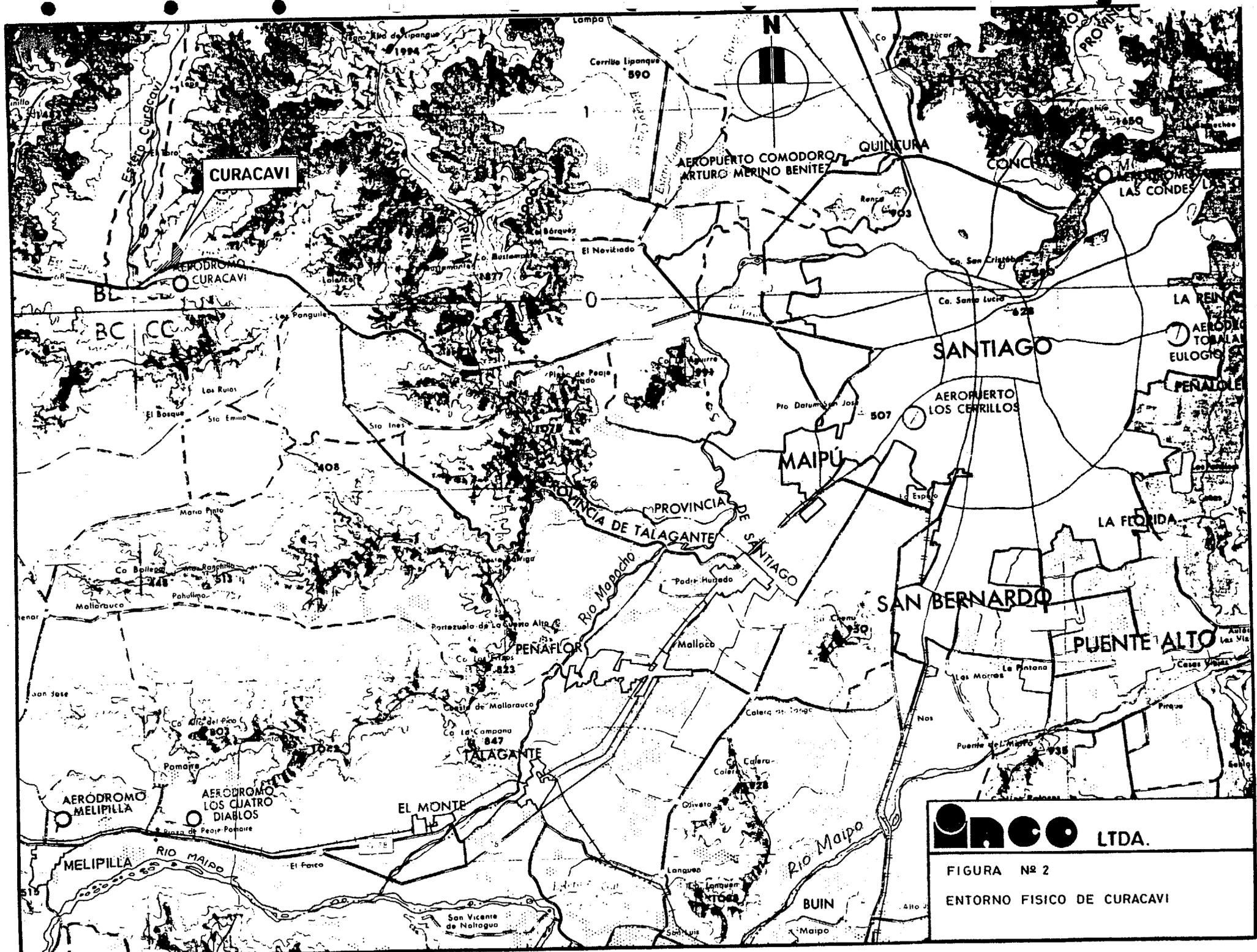
La ciudad es la cabecera de la comuna de Curacaví, que ocupa el extremo nor - oriental de la provincia de Melipilla, en la Región Metropolitana. No existen otros centros poblados urbanos de importancia en la comuna, la que está fuertemente condicionada por su cercanía al Gran Santiago. Las Figuras 1 y 2 muestran esta ubicación, así como el trazado de la Ruta 68 y el curso del estero Puangue.

Los orígenes más probables de Curacaví están en poblamientos indígenas en las márgenes de los esteros, amparados de un clima más benigno que el del valle del Mapocho; con posterioridad su emplazamiento entre las cuevas de Zapata y Lo Prado lo harían un punto de repostadero para los viajeros entre Santiago y Valparaíso, lo que conservó como carácter hasta nuestros días.

La población comunal registrada en el reciente Censo de 1992 alcanzó a 18847 habitantes, con 11338 habitantes registrados en el Precenso; atendiendo a que el total comunal del Precenso alcanzó a 18131 habitantes, y debido a que no se cuenta aún con la cifra definitiva del Censo, se estima que la población de Curacaví en 1992 es de $(18847/18131)*11338 = 11785$ habitantes.



INCO LTDA.
 FIGURA Nº 1
 POSICION REGIONAL DE CURACAVI
 ESCALA 1/500.000



INCO LTDA.

FIGURA Nº 2

ENTORNO FISICO DE CURACAVI

1.2.- GEOGRAFÍA FÍSICA.

El relieve de la comuna está determinado por su carácter montañoso, toda vez que ocupa estribaciones de la Cordillera de la Costa que son el límite norte de la Hoya del río Maipo, y cobijan al valle del río Puangue y sus esteros afluentes; este río se origina en los cerros Vizcachas (2046 m.s.n.m.) y Chapa (1744 m.s.n.m.), y tiene un curso Norte-Sur de algo más de 30 Km. para empalmar con los esteros Zapata y Cuyuncaví junto a Curacaví. Los cerros que cierran el valle por el poniente no sobrepasa los 1500 m. de elevación, por lo que la hoya es esencialmente pluvial, con crecidas importantes en los meses de mayor pluviosidad y estiajes marcados en la época seca. Caudales reportados por CADE-IDEPE en su Estudio de Definición del Tratamiento de las Aguas Servidas del Gran Santiago indican lo siguiente, en m³/s, y teniendo presente que Chorombo está próximo al encuentro de el río Maipo:

FECHA	Q EN CURACAVI	Q EN CHOROMBO
10 a 18 Dic. 1988	0.88	2.68
19 Ene. 1989	0.88	2.68

Aguas abajo de Curacaví el valle disminuye su pendiente longitudinal, y el río muestra un curso sinuoso en un valle más amplio, y tras recorrer unos 55 Km. termina entregando sus aguas al río Maipo. Un rasgo importante de la hidrografía es el aporte del Canal Las Mercedes a la hoya del Puangue; este canal capta en la actualidad sus aguas desde el río Mapocho, inmediatamente aguas abajo del encuentro del Zanjón de la Aguada con este río, por lo que la composición del caudal (10 a 11 m³/s) es de aguas servidas en un alta proporción, lo que es distribuido a 13396 Hás. de riego. Las recuperaciones de riego son recogidas por el río Puangue, lo que contamina fuertemente sus aguas con las sustancias conservativas. Tal situación ocurre inmediatamente aguas abajo de la localidad de Curacaví, que por su elevación no logra ser regada con aguas del Canal Las Mercedes, y depende de los precarios, pero no contaminados, recursos del Puangue para sus cultivos.

Las características de clima templado, cálido, son similares a las de Santiago, aunque algo más moderadas por la menor elevación y el encajonamiento entre cerros; la estación meteorológica que representa a Curacaví muestra los resultados que se señalan en el Cuadro 2.1.- siguiente:

12

CUADRO Nº 2.1.- INFORMACIÓN METEOROLOGICA DE LA ESTACIÓN CURACAVI.

UBICACIÓN :	33°27' Latitud Sur	
	71°38' Longitud Oeste	
	140 m.s.n.m.	
TEMPERATURAS :	Media anual : 13,8°C	
(en El Belloto)	Media Mensual Máx.: 26,5°C	Enero
	Media Mensual Mín : 5,1°C	Julio
	Extrema Máxima : 37,7°C	Febrero
	Extrema Mínima : -1,5°C	Abril
PRECIPITACIONES :	Media Anual : 244,8 mm	
	Máxima en 24 Horas: 31,7 mm	Julio
	Mínima Mensual : 0,0 mm	E/F/A/A/N/D

FUENTE: ANUARIO METEOROLOGICO. Fuerza Aérea de Chile.

El valle de Curacaví presenta tres zonas de uso agrícola diferenciadas por las condiciones de riego y suelo, con una primera zona al Norte de la ciudad con escasos recursos de riego, agricultura de subsistencia con chacarería y viñas de secano, y ganadería en praderas naturales y artificiales; una segunda zona aguas abajo de Curacaví en que el riego del Canal Las Mercedes asegura elevadas productividades, y una tercera zona poniente, hacia la Cuesta de Zapata, con riego eventual y escaso desarrollo agrícola de importancia.

La sismología local está marcada por la actividad de subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana, y es afectada por la actividad sísmica sostenida que se registra en Valparaíso y su entorno; el más reciente episodio del 3 de Marzo de 1985 destruyó la sede municipal local, y dañó numerosas edificaciones. Sin embargo, las instalaciones sanitarias no sufrieron deterioros importantes.

1.3.- GEOGRAFÍA ECONÓMICA.

La fuerza de trabajo de la Comuna de Curacaví en el año 1982 estaba empleada en un 81,9 % de su capacidad, con 37,1 % en labores del sector agrícola, 6,0 % en la Industria, 3,4 % en servicios comunales, sociales y personales, 1,1 % en Electricidad, y menores porcentajes en Minería, Comercio, Construcción, Transportes y Comunicaciones, y otros. Un importante 31,2 % corresponde al sector pasivo, de estudiantes y de labores domésticas. La proximidad de Santiago ha favorecido el desarrollo de las industrias avícolas en el valle, constituyendo un rubro agro-industrial de importancia.

La infraestructura de transportes está representada por el transporte carretero de carga, de pasajeros y automóviles particulares de la Ruta 68, entre Santiago y Valparaíso, y que marginalmente es ocupada por esta localidad; un nivel secundario de transporte vial se da en la red de caminos que sirve al sector agrícola y rural del río Puangue. En Curacaví se cuenta con una pista aérea no pavimentada, capaz de recibir aviones livianos de uso civil.

Las comunicaciones son servidas por la Empresa de Correos de Chile, Télex Chile y la Compañía de Teléfonos de Chile. La recepción de radios y televisión desde Santiago es total, por lo que se cuenta con cobertura de las redes principales de radio y televisión del país.

Los programas habitacionales han tenido un fuerte incremento en la comuna de Curacaví, con un desarrollo importante de viviendas sociales en el área urbana, y varios loteos de parcelas residenciales o de agrado, con predios de 5000 m² y construcciones de buena calidad de edificación en el área rural.

Los servicios públicos están encabezados por la Municipalidad local, y cuentan con oficinas de Chilectra, EMOS, Carabineros, Bomberos, Gimnasio techado y Estadio; la educación en la comuna se imparte en 10 establecimientos de Enseñanza Básica y 2 de Enseñanza Media, más dos establecimientos de Educación Especial y Diferencial. La matrícula alcanza a 2545 alumnos, que reciben instrucción de 149 profesores.

La información disponible de 1983 señalaba que un 73 % de la población era clasificada como de extrema pobreza, y con una escolaridad no superior a 6º año básico. El Plan de Desarrollo de IFARLE reporta los resultados de un trabajo de UNICEF de medición de la Vulnerabilidad Infantil para la Región Metropolitana, el que asigna a esta comuna una alta vulnerabilidad, con posición 39 entre las 51 comunas de la Región. Se trata, en consecuencia, de un sector de magro desarrollo, que contrasta fuertemente con el status de la muy próxima ciudad capital del país.

14

2.- INFRAESTRUCTURA SANITARIA DE CURACAVI.

2.1.- ESTRUCTURA DE LA ADMINISTRACIÓN.

Los servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Curacaví pertenecen a la Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias S. A., EMOS S.A., cuya propiedad accionaria está en su casi totalidad en el holding de empresas sanitarias de la Corporación de Fomento de la Producción, CORFO. La sede de la empresa tiene asiento en Santiago, y se dispone de una administración provincial en Talagante y de una dotación de servicio local en Curacaví. Su personal local incluye un Supervisor y tres operarios de servicio, cuyas tareas se limitan a la operación rutinaria de los sistemas de agua potable y alcantarillado, que incluyen resguardo, operación y mantención de las instalaciones, debiendo recurrir a la acción de contratistas generales de la EMOS para labores de mayor complejidad.

2.2.- ORÍGENES DE LA INFRAESTRUCTURA.

Se cuenta con una serie de estudios y proyectos que han dado forma a la infraestructura de saneamiento de Curacaví, conforme al detalle siguiente:

- Proyecto DH 148, de Instalación del Servicio de Agua Potable, de 1936.
- Proyecto EMOS 9559, de Captación Campo Lindo. Año 1977.
- Estudio de Planes de Desarrollo de Curacaví, elaborado por IFARLE Consultores en Junio de 1992.

2.3.- SITUACIÓN PRESENTE DE LAS OBRAS DE SANEAMIENTO.

- **AGUA POTABLE.** El abastecimiento de agua potable se realiza desde dos sistemas independientes:

* Desde la Planta Curacaví se abastece el sector al poniente de la Plaza de Armas de la localidad, a partir de la producción de un dren y pozo de infiltración construidos en el lecho del estero Puangue hace más de 50 años, y cuya capacidad de producción actual es de unos 8 l/s, dependiendo del nivel freático local; se refuerza esta producción con un pozo profundo (N° 599) en el mismo recinto, de 10" de diámetro y 37,5 m. de profundidad, con una capacidad de bombeo de 17,5 l/s. Las cifras de caudal indicadas son estimaciones, toda vez que está descompuesto el medidor de caudal que registra la producción del pozo profundo, y la producción del dren no tiene medidor. Las aguas producidas son impulsadas hasta un estanque semienterrado de 300 m³, recibiendo la correspondiente dosificación de cloro para su desinfección.

* Desde la Planta Campo Lindo se surte al sector oriental de Curacaví, a partir de la producción de un pozo profundo (Nº 518) de 75 metros y 12" y 8" de diámetro de entubación, con capacidad para 33 l/s. El agua producida es medida y clorada en su tránsito al estanque de 500 m³, semienterrado, enclavado en la extremidad oriental de la localidad.

* Una tercera fuente fue el Pozo Lo Aguila, construido en el lecho del estero Puangue en una posición intermedia entre las dos captaciones ya reseñadas; las crecidas del estero en los años 80 han destruido esta instalación, diseñada para bombeo directo a la red. Al presente la empresa ha construido el Nuevo Pozo Lo Aguila, fuera de la caja del estero, el que ha rendido 90 l/s en sus pruebas, y que será habilitado mediante bomba de pozo profundo para unos 60 l/s, impulsión y nuevo estanque adyacente al de la Planta Curacaví, con lo que podrá cesar en sus operaciones esta antigua y obsoleta planta.

La napa subterránea es potente en la zona, se ubica relativamente superficial y su nivel, que se presenta entre 0 y 10 m. de profundidad, fluctúa entre 3 y 4 m. entre años secos y años lluviosos; la productividad específica de los pozos en el área está entre 2 y 2,5 l/s por metro de depresión. Como antecedente adicional, el "Estudio Hidrológico e Hidrogeológico del Proyecto Maipo", de la Comisión Nacional de Riego y efectuado en 1981, indica que en la cuenca del estero Puangue la explotación del acuífero presenta las siguientes cantidades:

TIPO DE EXPLOTACIÓN	CAUDAL DE EXPLOTACION
AGUA POTABLE	104 l/s
REGADIO	153 l/s
USO INDUSTRIAL	1 l/s
TOTAL	258 l/s

La red de distribución de Curacaví presentaba en 1988 un total de 47366 m. de cañerías, con diámetros desde 75 a 250 mm., y con materiales de acero (0,7 %), PVC (6,4 %) y asbesto cemento (92,9 %); las conexiones de agua potable ese año sumaban 1897, lo que indica un promedio de 25 m. de red por conexión. El Censo de 1982 detectó un densidad de 4,81 hab/viv., por lo que la red comprendía a 5,2 m. por habitante servido.

16

En los doce meses de 1990, según antecedentes de IFARLE, el servicio dio cuenta de:

-
- * 1048501 m³ de producción de agua potable (33,7 l/s)
 - * 618226 m³ de facturación de consumos (19,9 l/s)
 - * 59,0 % de eficiencia facturación/producción
 - * 1897 conexiones de agua potable
-

Si se considera que Curacaví registró 4,81 habitantes por vivienda en el Censo de 1982, y que en 1990 se contaba con 1897 conexiones de agua potable en total, se pueden establecer las dotaciones siguientes:

* Habitantes abastecidos :	9125
* Dotación de producción :	315 l/h/día
* Dotación de facturación :	186 l/h/día

El mes de mayor demanda es Enero, con 154 % del valor medio anual en 1990; según IFARLE, el factor de máximo consumo diario es $1,1 * 1,54 = 1,69$.

La cobertura del servicio detectada por IFARLE en 1987 es 97,0 %, y se estima que ha de aproximarse gradualmente a 100 % al establecerse parte importante de la población flotante en viviendas sociales que cuentan con su urbanización completa. La última información de la EMOS, de Octubre de 1992, indica un total de 2504 conexiones de Agua Potable, lo que indica que este 100 % de cobertura ya ha sido prácticamente alcanzado. La dotación de facturación registrada en los 10 primeros meses de 1992 es de 197 l/h/día, y la eficiencia de consumo/producción se ha estimado en 77,3 % para este período. El volumen facturado en estos 10 meses (550846 m³) en los arranques efectivamente leídos (1937 en promedio) permite calcular que el caudal medio del total de los arranques con consumo (2396 en promedio) asciende a 26,3 l/s.

- ALCANTARILLADO SANITARIO. El sistema es del tipo separado, y está formado por 21,78 Km. de colectores de hormigón de cemento comprimido, con diámetros entre 175 y 500 mm., construidos a partir de 1975, con 264 cámaras de inspección y 1573 conexiones domiciliarias de alcantarillado, descargando las aguas servidas a una planta elevadora en la orilla norte del estero Puangue, la que vierte el caudal sin tratamiento mediante una descargas superficial al estero de limpias aguas hasta ese punto. Resalta que la tasa de conexiones es $1573/2504 = 62,82$ % de la de agua

potable, por lo que los caudales de aguas servidas recolectados deben estar también, en primera aproximación, en similar proporción con la facturación de agua potable. Así, con un factor de recuperación de 0,8, se estima la recolección de aguas servidas en $26,3 * 0,6282 * 0,8 = 13,21$ l/s de caudal medio, equivalente a unos 1142 m³/día. La expresión de Harmon para el caudal máximo instantáneo esperable al presente de $0,6282 * 10785 = 6775$ habitantes señala un $Q = 3,12 * 13,21 = 41,2$ l/s. Son relevantes los siguientes hechos:

* Existe un déficit de conexiones del orden de 931 U.D., que ha de gravitar reduciendo las demandas de agua potable y la producción de aguas servidas; podrá esperarse aumentos de estas prestaciones en la medida que este déficit sea reducido.

* Las viviendas no conectadas a la red de alcantarillado emplean sistemas de disposición de aguas servidas con fosas sépticas y pozos de infiltración, o con pozos negros, todo lo cual afecta a la calidad de las aguas subterráneas.

* El aforo de caudales de aguas servidas descargados los días 29 y 30 de noviembre de 1992 promedió 20,9 l/s, mientras que la facturación de octubre por concepto de alcantarillado totalizó 30714 m³; con un factor de recuperación de 0,8, este volumen representa un caudal medio de sólo 9,5 l/s. Por otra parte, el aforo de caudales indicó un gasto mínimo de 11,5 l/s a las 5:30 A.M., hora en que la localidad prácticamente no tiene actividad. Según Metcalf & Eddy, en ciudades de los EE.UU el caudal mínimo es del orden de un 30 % del medio diario para una población de unos 7000 habitantes, lo que asimilado a Curacaví significaría un gasto de unos 3 l/s.

* Se puede establecer a partir de lo anterior que los caudales de aguas servidas están afectados por una significativa infiltración de aguas subterráneas, como resultado de la normalmente alta posición de la napa subterránea en los sectores aledaños al estero; el caudal de infiltración puede ser estimado en unos 8 a 10 l/s.

* Las descargas de tipo industrial son inexistentes en la práctica, toda vez que las agroindustrias y plantas avícolas están emplazadas en las afueras del área urbana; sólo se presentan pequeñas industrias de pastelería en la ciudad y una estación de servicio, sin descargas mayormente significativas.

* El Estudio de Plan de Desarrollo efectuado por IFARLE considera tratamiento en lagunas de estabilización y descarga en el estero Puangue. Se ha tenido la Norma NCh 1333 como referencia de calidad.

* Los caudales de estiaje del estero Puangue en el punto de descarga del alcantarillado de Curacaví han sido estimados en 30 l/s, como resultado de las extracciones para riego que se practican aguas arriba, lo que es comparable a los caudales de bombeo de la planta elevadora de aguas servidas.

* El estero Puangue presenta aguas cristalinas y presencia abundante de vida acuática en su curso aguas arriba de la descarga de alcantarillado, con presencia de pejerreyes y otros peces menores, y crustáceos pequeños de agua dulce, los que son predados por garzas y otras aves; no se puede descartar la pesca de pejerreyes, eventualmente contaminados, para su consumo humano.

* Las aguas limpias y fondo arenoso del estero han sido apropiados para el uso como balneario público de su curso, lo que últimamente ha sido limitado hasta el punto de descarga de las aguas servidas, con una pérdida para la comunidad. Para disminuir este daño es que la cañería de descarga de la planta elevadora fue prolongada en unos 300 hacia aguas abajo, pero se ha mantenido la cañería de descarga de los reboses emergencia de la planta en su ubicación original.

* 600 m. aguas abajo de la descarga el estero Puangue es cruzado por el canal Las Mercedes, lo que marca el límite de su área de riego y el comienzo de la zona de vertimiento de las recuperaciones de riego hacia el estero; la alta contaminación de estas aguas de riego imparte un gran deterioro al cauce natural, el que es creciente hacia aguas abajo. Sin embargo, debe esperarse a mediano plazo el tratamiento de las aguas servidas que contaminan este canal, con lo que la única fuente de contaminación con aguas servidas pasará a ser la descarga de Curacaví.

2.4.- CONCESIÓN VIGENTE.

EMOS detenta de hecho, mientras no sean formalizadas en rigor las concesiones definitivas que establece la ley (DFL 382), las concesiones de producción de agua potable, distribución de agua potable, recolección de aguas servidas, y disposición de aguas servidas; esta última se entiende por extensión de la de recolección. La formalización de estas concesiones está siendo desarrollada por EMOS, y la ejecución del Plan de Desarrollo de Curacaví es precisamente una acción requerida para esta normalización.

Las tarifas de servicio de agua potable y alcantarillado fueron autorizadas a EMOS para el conjunto de localidades afines que conforman el Grupo 3 mediante el Decreto Nº 34 del Ministerio de

Economía, Fomento y Reconstrucción, del 26 de Enero de 1990, y han sido actualizadas por el mecanismo de indexación que establece la Ley en Agosto de 1992, con las siguientes componentes en \$, detalladas en el Cuadro 2.2.-, sin inclusión de I.V.A.:

CUADRO Nº 2.2.- TARIFAS DE SERVICIOS SANITARIOS DE CURACAVÍ

TIPO DE CARGO	CONEXIÓN 1/2"
FIJO CLIENTELA	111,92
FIJO AGUA POTABLE	202,19
FIJO ALCANTARILLADO	103,47
VARIABLE/ M ³ AGUA POTABLE	46,83
VARIABLE/ M ³ ALCANTARILLADO	29,96

FUENTE : DECRETO TARIFARIO VIGENTE DESDE 6/AGOSTO/92.

Si bien no se cuenta en Curacaví con tratamiento de las aguas servidas, la tarifa calculada en este decreto para el metro cúbico de agua servida recolectada y con tratamiento en el conjunto de localidades que forman el Grupo 3 es de \$ 60,66, por lo que se infiere que se ha estimado en \$ 30,7 el cargo asignable a tratamiento.

2.5.- CONDICIÓN DEL ESTERO PUANGUE.

Ya ha sido indicado que el estero Puangue presenta aguas arriba de la descarga de aguas servidas de Curacaví una calidad de aguas que es apropiada para riego sin restricción, vida acuática y uso recreacional de acuerdo a lo prescrito por la Norma NCh 1333, dado que no recibe descargas contaminantes en su curso superior, y las recuperaciones de aguas de riego son prácticamente inexistentes ante al escasez de recursos de agua. La descarga de las aguas servidas marca un dramático cambio en el estero, que pierde su transparencia, acusa depósitos bentales y ciertamente presenta contenidos de coliformes fecales, DBO y Sólidos Suspendidos en exceso. Esta situación es agravada hacia aguas abajo con la incorporación de los derrames de riego de las aguas originadas en el Canal Las Mercedes, las que si bien reciben un cierto grado de tratamiento biológico en los terrenos de cultivo, terminan entregando sus contaminantes más persistentes y no degradables como detergentes y metales pesados de origen industrial. Como resultado, el estero Puangue ve acrecentado su caudal, pero con una pérdida de su calidad.

El valle del Puangue ha sido dividido para los efectos de regadío en tres sectores: Superior, Medio e Inferior, en los que el primero solamente se riega con recursos propios de la cuenca, y los dos últimos reciben aportes desde el río Mapocho. Es así que el sector Superior presenta una disponibilidad de suelos de aptitud agrícola que son susceptibles de ser puestos bajo riego que suman unas 1504 Há, existiendo proyectos de gran envergadura que incluyen esta área, entre otras, como objeto de tal mejoramiento. La tasa de riego considerada en esta área es de 11895 m³/Há al año. Se concibe que estas áreas, particularmente las emplazadas al poniente de Curacaví, pueden ser potenciales demandantes de las aguas servidas de la ciudad, debidamente tratadas.

3.- TÉRMINOS DE REFERENCIA DEL ESTUDIO: SUS OBJETIVOS.

De acuerdo a lo establecido en los Términos de Referencia de este Estudio, éste debe producir lo siguiente:

- Una recomendación bien definida para la o las instalaciones de tratamiento de las aguas servidas de Curacaví.
- Una recomendación sobre la forma institucional que ha de adoptar el agente que tome a su cargo la construcción y explotación del servicio público de tratamiento de las aguas servidas.
- * Una recomendación sobre los métodos a aplicar para lograr los retornos financieros de pago de la inversión inicial necesaria para lograr los dos objetivos precedentes.
- Una descripción de los cursos alternativos posibles para el plan desarrollado.
- Un análisis técnico, ambiental, económico, financiero, e institucional que demuestre la superioridad del plan propuesto sobre las alternativas configuradas.
- Una evaluación de la aplicabilidad del plan propuesto para que sirva de modelo reproducible en otras localidades de Chile.
- Recomendaciones sobre acciones que pueda emprender el gobierno nacional para impulsar soluciones de saneamiento en situaciones con problemas ambientales similares a los existentes en Curacaví.

En las partes siguientes de este Estudio son abordados los objetivos señalados.

CAPITULO III. POBLACION, CAUDALES Y CARACTERIZACION DE LAS AGUAS SERVIDAS DE CURACAVI.

1.- POBLACION Y SU TENDENCIA DE CRECIMIENTO

1.1.- ANTECEDENTES.

Se cuenta con la información de los censos desde 1940 a 1982 que señalan la población urbana y rural de la comuna de Curacaví, con la salvedad ya indicada anteriormente de que la cifra de 1992 se refiere sólo al total comunal, pero que ha sido estimada la cifra para lo urbano en función de las cifras del pre-censo de 1991, lo que se estima acertado. Otro antecedente disponible es la proyección de población hecha por IFARLE para el Plan de Desarrollo de EMOS, en 1991.

Por otra parte, el Plano Regulador de la Comuna de Curacaví presenta un área urbana que totaliza alrededor de 380 hectáreas urbanizables, para las que se puede esperar una densidad habitacional límite de 100 hab/Há, con una población de saturación resultante de unos 38000 habitantes. Dada la amplia disponibilidad de terrenos que se presenta en la actualidad, y la baja densidad (57,3 hab/Há según IFARLE) de las 197 hectáreas ya urbanizadas, ha de transcurrir un tiempo significativo antes de que esta saturación ocurra, a menos que se presenten intervenciones ajenas a la dinámica propia de la localidad para radicar, por ejemplo, parte del crecimiento del Gran Santiago en Curacaví.

1.2.- PROYECCIONES DE POBLACION.

Considerando como relevantes los datos censales desde 1952, se han hecho ajustes de curvas a estas cifras, del tipo parabólico de segundo grado, logarítmico, y recta, obteniéndose el mejor ajuste para la parábola cuadrática, por lo que se adopta este tipo de ajuste para proyectar la población. Cabe comentar que el ajuste de rectas representa una tasa geométrica decreciente en el tiempo, mientras que el ajuste logarítmico establece una tendencia aceleradamente creciente. Ver Cuadro 3.1.-, en el que se ha incluido la proyección de IFARLE como referencia, la que presenta gran similitud con la adoptada por INCO, pese a que no contaba con los datos del Censo de 1992 para su elaboración.

CUADRO 3.1.- DATOS CENSALES Y PROYECCIONES DE POBLACION.

AÑOS	CENSOS	PARABOLA	LOGARITMO	RECTA	IFARLE
1952	2351	2529	2682	2112	2112
1960	4030	3786	3641	3927	3927
1970	5910	5749	5337	6194	6194
1982	8256	8675	8445	8915	8915
1992	11785	11591	12379	11183	11207
1995		12550	13884	11863	12178
2000		14235	16809	12997	13908
2005		16028	20351	14131	15782
2010		17930	24639	15265	17802
2015		19940	29830	16399	19974
2020		22059	36115	17533	22302
2025		24285	43725	18666	

La tasa de crecimiento resultante de la modelación propuesta varía entre 1,60 % anual en 1992 a 1,94 % anual en 2020; se aprecia que se está muy distante de alcanzar la saturación del área urbana.

23

2.- CAUDALES DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS.

La producción de caudales de aguas servidas ha de pasar por los siguientes factores:

- * Consumo de agua potable
- * Factor de recuperación de aguas servidas respecto del consumo de agua potable
- * Tasa de conexiones de alcantarillado
- * Caudales de infiltración

2.1.- CONSUMO DE AGUA POTABLE.

La estadística de EMOS muestra una dotación de consumo medio real de agua potable de 197 l/h/día en el período Enero-Octubre de 1992. En los estudios de IFARLE se señala que en 1987 se verificó una dotación de 186 l/hab/día, la que habría bajado a 165 l/hab/día en 1990. Al respecto cabe hacer las siguientes consideraciones:

- * Existen al mes de Octubre de 1992 un total de 931 clientes con servicio de agua potable no conectados al sistema de alcantarillado; en su mayor parte se trata de pobladores de bajo nivel de ingresos.
- * Las tarifas de suministro de agua potable y recolección de aguas servidas aplicadas por EMOS al presente están deliberadamente por debajo de las tarifas de meta que permite la legislación, pero dentro de un programa de aumento en términos reales.
- * No se ha aplicado cargos por tratamiento de aguas servidas.

Lo anterior permite postular que, en general, no puede esperarse variaciones significativas de las dotaciones, ya que existen factores que apuntan tanto a su incremento (mejoría en la tasa de conexiones de alcantarillado, aumento del PGB del país) como a su disminución, (incorporación de clientes de bajo nivel de ingreso en forma mayoritaria, aumento de tarifas a los que los clientes de EMOS han demostrado ser sensibles, eventual cobro del tratamiento de las aguas servidas, la marginalidad de la comuna respecto del desarrollo del país). En este entendido, se considera razonable esperar una cierta disminución de la producción de aguas servidas, principalmente por la vía de la reducción de los consumos de agua potable; así, se postula una dotación de consumo de agua a futuro de 183 l/hab/día, invariante a lo largo del período de estudio. Esta cifra corresponde a 26,4 m³ por arranque y por mes, lo que está en el rango alto de consumos de la EMOS en su conjunto, y se compara bien con los 22,25 m³ que ha registrado la empresa como promedio facturado desde Enero a Octubre de 1992.

En relación a los factores de variación estacional de los caudales, está definido el mes de Enero como el de máximo consumo, con un 152 % del valor medio anual, mientras que el consumo de día máximo es a su vez generalmente estimado un 10 % superior al del mes de máximo consumo: $1,54 * 1,1 = 169,4$ %. Este factor es aplicable también a la producción de aguas servidas. El mes de mínimo consumo es Junio, con 77,2 % del consumo medio mensual. La ciudad cuenta actualmente con una macromedición confiable de sus consumos sólo en la planta de producción Campo Lindo, y no se dispone de estadísticas horarias de consumo en verano que permitan establecer el factor de caudal máximo horario, por lo que se puede adoptar la cifra convencional aplicada en Chile de 150 % del caudal del día de máximo consumo.

Un elemento de interés para este estudio es el análisis de acciones que pudieran disminuir el tamaño del sistema de tratamiento de las aguas servidas; en el caso de Curacaví no existen instalaciones de tipo industrial que pudieran ser significativas en la producción de caudales, y sobre las cuales se debería actuar para que adopten políticas de conservación que reduzcan sus efluentes de desechos. En consecuencia, sólo cabe esperar que los costos crecientes de los servicios tanto de agua potable como de alcantarillado tengan un efecto de control en la producción de las aguas servidas.

2.2.- FACTOR DE RECUPERACIÓN.

No se cuenta con mediciones suficientemente confiables de los caudales de agua potable producida y los descargados de aguas servidas, que permitan una buena determinación del porcentaje del agua potable que es recolectado en el alcantarillado. Se procede en este caso a adoptar la cifra que convencionalmente se emplea en nuestro país: 80 %.

2.3.- TASA DE CONEXIÓN AL ALCANTARILLADO PÚBLICO.

La tasa de conexiones que representan las 1572 U.D. actuales sobre 2503 viviendas con arranque de agua potable es de 62,8 %, y corresponde prácticamente a la cobertura local del servicio de alcantarillado en 1992. Este porcentaje representa ya un avance importante respecto del 49,3 % reportado por IFARLE en 1991, y es el resultado de la construcción acelerada de viviendas de tipo social en Curacaví, con su sistema de alcantarillado incorporado. Aún así, y debido a la existencia de sectores con dificultad para su desagüe gravitacional a la red de colectores, no puede esperarse una tasa comparable a la de conexiones de agua potable, por lo que se postula como hipótesis de trabajo lo siguiente:

* Tasa máxima de conexión de alcantarillado : 95 %

* Año en que se logra el 95 % de cobertura : 2000

26

2.4.- CAUDALES DE INFILTRACIÓN.

La apreciación en terreno es de que la infiltración de aguas subterráneas es significativa, lo que aparece confirmado en las mediciones nocturnas de caudal practicadas a fines de Octubre de 1992, en período en que la napa subterránea está bajo sus niveles máximos. Para los efectos de diseños se adoptará un valor de 10,6 l/s para el total de la red, asumiendo que la construcción de nuevas cañerías y cámaras de inspección ha de ser especialmente cuidadosa en obtener la necesaria estanqueidad. Las aguas de infiltración a la red de colectores originan una sobrecarga hidráulica sobre esta red, limitando su capacidad para aguas cloacales, y aumentan significativamente el tamaño y costo del sistema de tratamiento que se requiere. Por tal motivo ha de recomendarse el efectuar un estudio específico que determine la conveniencia de modificar la red de colectores existentes en la zona de napa freática más superficial, ya sea cambiando las cañerías de cemento comprimido por otras del tipo estanco (PVC o asbesto cemento) o con inserción de cañerías estancas de polietileno de alta densidad en el interior de las existentes, con reconexión de uniones domiciliarias. Tal procedimiento puede disminuir este aporte indeseado.

2.5. PROYECCIÓN DE CAUDALES.

Con los criterios y convenciones detallados precedentemente se estructura el siguiente Cuadro Nº 3.2.-, de proyección de caudales de aguas servidas para ser consideradas en su tratamiento. El desarrollo del estudio se hará para el total del caudal doméstico más el de infiltración, considerando que la importancia de esta infiltración será proporcionalmente menor al aumentar los caudales de aguas servidas.

CUADRO 3.2.- PROYECCIONES DE CAUDALES DE CURACAVI.

AÑOS	POBLACION	DOTACIÓN	Q MEDIO	COBERTURA	Q MEDIO	Q DE IN-	Q	M3 DÍA
		A. POT.	A. P.	ALC.	ALC.	FILTR.	TOTAL	MÁXIMO
		l/h/día	l/s		l/s	l/s	l/s	m3
1992	11591	183	24,6	62,82%	12,4	10,6	23,0	3.366
1993	11906	183	25,2	66,83%	13,5	10,6	24,1	3.527
1994	12226	183	25,9	70,85%	14,7	10,6	25,3	3.703
1995	12550	183	26,6	74,88%	15,9	10,6	26,5	3.879
1996	12878	183	27,3	78,90%	17,2	10,6	27,8	4.069
1997	13211	183	28,0	82,93%	18,6	10,6	29,2	4.274
1998	13548	183	28,7	86,95%	20,0	10,6	30,6	4.479
1999	13889	183	29,4	90,98%	21,4	10,6	32,0	4.684
2000	14235	183	30,2	95,00%	23,0	10,6	33,6	4.918
2001	14585	183	30,9	95,00%	23,5	10,6	34,1	4.991
2002	14939	183	31,6	95,00%	24,0	10,6	34,6	5.064
2003	15298	183	32,4	95,00%	24,6	10,6	35,2	5.152
2004	15661	183	33,2	95,00%	25,2	10,6	35,8	5.240
2005	16028	183	33,9	95,00%	25,8	10,6	36,4	5.328
2006	16400	183	34,7	95,00%	26,4	10,6	37,0	5.415
2007	16776	183	35,5	95,00%	27,0	10,6	37,6	5.503
2008	17157	183	36,3	95,00%	27,6	10,6	38,2	5.591
2009	17541	183	37,2	95,00%	28,3	10,6	38,9	5.693
2010	17930	183	38,0	95,00%	28,9	10,6	39,5	5.781
2011	18324	183	38,8	95,00%	29,5	10,6	40,1	5.869
2012	18721	183	39,7	95,00%	30,2	10,6	40,8	5.972
2013	19123	183	40,5	95,00%	30,8	10,6	41,4	6.059
2014	19530	183	41,4	95,00%	31,5	10,6	42,1	6.162
2015	19940	183	42,2	95,00%	32,1	10,6	42,7	6.250
2016	20355	183	43,1	95,00%	32,8	10,6	43,4	6.352
2017	20775	183	44,0	95,00%	33,4	10,6	44,0	6.440
2018	21198	183	44,9	95,00%	34,1	10,6	44,7	6.542
2019	21626	183	45,8	95,00%	34,8	10,6	45,4	6.645
2020	22059	183	46,7	95,00%	35,5	10,6	46,1	6.747
2021	22495	183	47,6	95,00%	36,2	10,6	46,8	6.850
2022	22936	183	48,6	95,00%	36,9	10,6	47,5	6.952
2023	23382	183	49,5	95,00%	37,6	10,6	48,2	7.055
2024	23831	183	50,5	95,00%	38,4	10,6	49,0	7.172
2025	24285	183	51,4	95,00%	39,1	10,6	49,7	7.274

27

3.- CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS SERVIDAS.

Se incluye el Cuadro Nº 3.3 con los principales resultados de los análisis de laboratorio llevados a cabo para caracterizar las aguas servidas de Curacaví y establecer sus parámetros que condicionan el tratamiento necesario. La campaña de recolección de muestras tuvo lugar el 29 y 30 de Octubre de 1992, con una duración de 24 horas entre las 21:30 y 19:32 horas, en período primaveral y con ausencia de precipitaciones. El muestreo corresponde al conjunto de las aguas servidas producidas y recogidas por los diferentes colectores.

CUADRO Nº 3.3.- RESUMEN DE ANALISIS DE AGUAS SERVIDAS.

HORA	CAUDAL (l/s)	DBO (mg/l)	pH	TEMPERATURA (°C)	C.FECALES CADA/100ml
21:30	19,9	77	7,4	19	$5,4 \cdot 10^7$
23:30	19,5	145	7,6	19	
01:30	15,5	28	7,3	19	$3,5 \cdot 10^7$
03:30	12,9	30	7,4	19	
05:30	11,2	10	7,3	18	$3,3 \cdot 10^4$
07:30	17,9	22	7,3	18	
09:30	21,7	190	7,8	19	$5,4 \cdot 10^7$
11:30	26,4	125	7,6	19	
13:30	29,8	180	7,4	20	$5,4 \cdot 10^7$
15:30	25,8	125	7,3	20	
17:30	25,8	170	7,3	20	$9,2 \cdot 10^4$
19:30	24,4	140	7,2	20	

3.1.- CAUDALES.

Los caudales aforados promedian 20,9 l/s, con una relación de mínimo/medio de 0,54, lo que es excesivo para una localidad pequeña, de corte rural y sin instalaciones industriales; se debe interpretar esto como consecuencia de un caudal base importante, de indudable origen en la infiltración desde la napa subterránea.

3.2.- CALIDAD DE LAS AGUAS.

Se aprecian en el Cuadro Nº 3.3.- los resultados de los análisis practicados, y son destacables las siguientes observaciones:

- Los caudales se presentan diluidos en forma muy significativa en las horas de mínimo caudal, con cargas de DBO, entre 10 como mínimo y 190 mg/l como máximo. El valor mínimo corresponde a aguas prácticamente limpias de contaminación orgánica.

- Los recuentos de coliformes no difieren mayormente de los valores normales en aguas servidas, siendo poco significativa la dilución en estos casos en que se miden órdenes de magnitud.
- La medición de pH confirma que no hay anomalías en la producción de aguas servidas que pudieran originarse en descargas industriales.

En resumen, ha de caracterizarse a las aguas servidas de Curacaví como aguas exclusivamente domésticas, altamente diluidas por agua de infiltración. Una política de aumento de conexiones domiciliarias y de empleo de medios para limitar la infiltración de aguas extrañas al sistema deberá elevar las concentraciones de contaminantes en las aguas servidas, particularmente en el sector sur de la red, más próximo al estero. Ha de propiciarse en la zona de napa más superficial el empleo en la red de cañerías nuevas de PVC o asbesto cemento para estos fines, y el recambio de las cañerías de hormigón de cemento comprimido existentes, que estén deterioradas o bajo el nivel freático, por cañerías de estos mismos materiales. En el caso de emplearse cañerías de asbesto cemento, deberá determinarse la acidez del suelo para asegurar su protección contra la corrosión por el suelo ácido, mediante envolturas de polietileno o el uso de cementos resistentes en su fabricación.

Los volúmenes de infiltración tienen un efecto negativo inmediato en el dimensionamiento de las obras de tratamiento de las aguas servidas, pero se considera que su importancia será decreciente en el tiempo.

3.3.- ESTANDARES APLICABLES A LA DESCARGA DE AGUA TRATADA.

La legislación chilena presenta a la Norma Nch 1333 de 1978 como única referencia de estándares exigibles para el vaciamiento de aguas contaminadas a cuerpos receptores sujetos a diferentes usos; la norma es en sí de bajas exigencias y comprende sólo una parcialidad de los parámetros que pueden afectar la calidad de cuerpos receptores. En el entendido de que sólo es factible el estero Puangue como cuerpo receptor de la descarga de aguas servidas de Curacaví, caben las siguientes apreciaciones.

Son aplicables al cuerpo receptor las restricciones de calidad para los usos clasificados en la norma como :

- b) agua para la bebida de animales
- c) riego
- d) Recreación y estética, en sus subcategorías de estética, recreación con contacto directo, y recreación sin contacto directo.
- e) Vida acuática.

Indirectamente podría considerarse que las captaciones subterráneas existentes para sistemas de agua potable aguas abajo de la descarga fuesen motivo para aplicar la categoría a), de agua para consumo humano, pero tanto la distancia a esas captaciones (varias decenas de kilómetros) como la relativa poca cantidad de agua descargada hacen inaplicable esta idea.

Las restricciones de la norma para uso en riego son satisfechas en cuanto a pH, que es aceptable entre 5,5 y 9,0, a la ausencia de metales pesados o tóxicos y elementos químicos en general que afecten al desarrollo de los vegetales, índice S.A.R., y pesticidas. La única objeción relevante está en la descarga de coliformes fecales, que ciertamente imparten al curso receptor recuentos superiores a los 1000/100ml exigibles para cultivos sin restricción, particularmente en la estación estival en que el riego alcanza su máxima intensidad y el caudal base del estero es comparable al caudal de las aguas servidas que le son incorporadas en Curacaví.

La subcategoría de uso estético impone restricciones de orden cualitativo y generales, como son el evitar la descarga de materias que sedimenten formando depósitos objetables, de desechos flotantes, aceite, espuma y otros sólidos, y de sustancias que produzcan color, olor, sabor o turbiedad objetables, las materias tóxicas o productoras de reacciones fisiológicas indeseables en seres humanos, peces, otros animales y plantas, y sustancias y condiciones en concentraciones que produzcan vida acuática indeseable. Atendiéndose a la letra de lo indicado, debe establecerse que el actual vertimiento de aguas servidas crudas viola francamente lo relativo a desechos flotantes, la formación de depósitos biológicamente activos, a la descarga de nutrientes que favorecen desarrollos de algas con pérdida de transparencia, producción de sabor, color y olores, a la descarga de patógenos que afectan a las diferentes formas de vida relacionadas al curso receptor.

La subcategoría de uso en recreación con contacto directo muestra sus exigencias en una tabla que establece pH entre 6,5 y 8,3, temperatura no superior a 30°C, visualización de disco Secchi a 1,2 m de profundidad como mínimo, ausencia de sólidos flotantes visibles y espumas no naturales, 5 mg/l como máximo de aceites y grasas emulsificadas, 100 Unidades de color (Pt-Co) como máximo y ausencia de colorantes artificiales, 50 unidades de turbiedad como máximo, 1000 coliformes fecales/100 ml. como máximo, y ausencia de sustancias que generen olores o sabores inconvenientes. El examen de estas exigencias indica que las descargas actuales son a lo menos violatorias de los requisitos bacteriológicos. Las exigencias señaladas precedentemente son parcialmente exigibles para la recreación sin contacto directo, por lo que no procede su análisis separado.

La categoría de uso del agua para vida acuática también establece en un cuadro una serie de exigencias que incluyen un nivel mínimo de oxígeno disuelto de 5 mg/l, pH entre 6 y 9, alcalinidad total no inferior a 20 mg/l (CaCO₃), un incremento máximo de 30 unidades en turbiedad y 3 °C de temperatura respecto a los valores basales, ausencia de colorantes artificiales, sólidos flotantes y espumas no naturales, incremento cero de sólidos sedimentables, y ausencia de detección visual y olor perceptible, cubrimiento de fondo, orilla o ribera, con hidrocarburos. Otras exigencias se refieren al nivel de quistes, protozoos o huevos, así como el nivel de nutrientes (P y N), los que se transfieren a la responsabilidad de la "autoridad competente", más limitaciones para la descarga de elementos y compuestos tóxicos, incluidos detergentes. En este caso se aprecia una falta de cumplimiento de las descargas presentes en cuanto al aumento de turbiedad, que es dramáticamente apreciable al incorporarse el penacho de aguas servidas de la impulsión en un curso que hasta ese punto presenta abundantes peces y límpido fondo arenoso, lo que se pierde con la descarga del material sedimentable, y eventualmente una disminución de los niveles de oxígeno disuelto en el fondo cubierto con sedimentos.

En relación a la regularización de la descarga de aguas servidas al estero Puangue, cabe establecer que deberá incorporarse un tratamiento que permita al cuerpo receptor mantenerse razonablemente libre de contaminación bacteriológica y patogénica de cualquier naturaleza, algas y elementos que constituyan nutrientes, DBO, fuentes de sedimentos, turbiedad, color u olor, y compuestos de la familia de los hidrocarburos. Tales exigencias implican un nivel de tratamiento secundario, cuyo efluente debe asegurar los niveles siguientes:

DBO, Soluble : 40 mg/l
S.S. : 30 mg/l
COLIFORMES F.: 1000/100 ml para riego irrestricto y recreación.
10000/100 ml para riego de empastadas o frutales.

El parámetro primordial ha de ser el recuento de coliformes, por su relación con las enfermedades entéricas que se desea controlar como objetivo fundamental de este proyecto. La eventual dilución en el cuerpo receptor podrá ser tenida en cuenta para alcanzar niveles perfectamente aceptables en caso de vertimientos al estero Puangue (Q mín. de 80 l/s) o Canal Las Mercedes (Q del orden de varios m³/s).

CAPITULO IV. ANÁLISIS INSTITUCIONAL.

1.- LEGISLACIÓN SOBRE LOS SERVICIOS SANITARIOS.

La institucionalidad que gobierna al subsector de los servicios sanitarios en Chile ha tenido una reciente evolución, y ya cuenta con el conjunto de disposiciones legales que se reseñan en el Cuadro Nº 4.1 adjunto; ha de tenerse presente que algunas de sus disposiciones han sufrido modificaciones menores. Puede estimarse que esta legislación deberá, en el momento oportuno, concordarse con la que se pueda establecer para la protección integral del ambiente. También puede presumirse que esto no ha de significar cambios significativos en los requerimientos ya establecidos, y muy probablemente ha de reforzar los imperativos del manejo de saneamiento adecuado dentro del contexto de la protección ambiental.

CUADRO Nº4.1.- LEGISLACIÓN SOBRE LOS SERVICIOS SANITARIOS.

DOCUMENTO	MATERIA	D.OFICIAL
DEC.MOP 316 (18/10/84)	REGLAMENTO PRESTACIÓN SERVICIOS DOM.	17/01/85
D.F.L. # 70 (30/03/88)	TARIFICACIÓN Y APORTES DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	30/12/88
D.F.L. # 382 (30/12/88)	LEY GENERAL DE SERVICIOS SANITARIOS	21/06/89
LEY 18 778 (17/01/89)	SUBSIDIO AL PAGO DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	02/02/89
D.S. # 786 (31/08/89)	REGLAMENTACIÓN DE LA LEY DE SUBSIDIO	19/10/89
D.S. 453 (12/12/89)	REGLAMENTACIÓN DEL D.F.L. # 70	17/01/90
LEY 18 902 (08/01/90)	CREACIÓN DE LA SUPERINTENDENCIA DE SERVICIO SANITARIOS	27/01/90
LEY 18 986	MODIFICACIÓN DE D.F.L. #382 Y D.F.L. #70	30/06/90
LEY 19 046	MODIFICACIÓN DE D.F.L. #382 Y D.F.L. #70	20/02/91
D.S. # 121 (11/06/91)	REGLAMENTACIÓN DE LAS CONCESIONES DE SERVICIOS PÚBLICOS SANITARIOS ESTABLECIDAS EN D.F.L. # 382	27/11/91
NORMA Nch 1333 (1978)	REQUISITOS DE CALIDAD DE AGUA PARA DIFERENTES USOS	-
DECRETO 350 MINSALUD	PROHÍBE RIEGO CON A. SERVIDAS EN R.M.	1983

2.- ACCIONES NECESARIAS PARA FORMALIZAR EL PROYECTO.

De acuerdo a los documentos reseñados en el Cuadro Nº 4.1, existe un conjunto definido de acciones administrativas que debe acometer el prestador de servicios sanitarios que busca obtener la concesión para la disposición y el tratamiento asociado de las aguas servidas de un conglomerado urbano. Aquí cabe distinguir entre dos casos:

- Instalación de servicio de tratamiento en una localidad que aún no cuenta con servicio de recolección de alcantarillado.
- Proyecto de tratamiento de aguas servidas ya recolectadas por un concesionario de recolección.

El primer caso sólo puede presentarse en pequeñas localidades, por lo general de menos de 10 000 habitantes, y escapa al presente análisis por ser objetivo del proyecto el subsanar los problemas de descargas de aguas servidas existentes con beneficios ambientales y/o económicos, y no el dotar de redes colectoras a una localidad para lograr su tratamiento. También ha de considerarse que las localidades con menos de 500 conexiones tienen un tratamiento especial, por lo que no procede su atención en este análisis.

Así, se ha reconocido las siguientes acciones necesarias para la obtención de la explotación de un servicio de tratamiento y disposición de las aguas servidas efluentes de un sistema de recolección urbano:

2.1.- FORMACIÓN DE UNA SOCIEDAD ANÓNIMA ABIERTA.

Suyo objetivo único ha de ser el establecimiento, construcción y explotación de los servicios públicos de saneamiento fijados en el D.F.L. # 382, y particularmente, en este caso, la disposición de las aguas servidas. Debe tenerse presente que la normativa establece una relación indisoluble entre la disposición y el tratamiento de las aguas servidas. La necesidad de esta estructura está dada en el Artículo 8º del D.F.L. # 382, como requisito para el otorgamiento de las concesiones de los servicios de saneamiento.

2.2.- IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

Debe buscarse y encontrarse la localidad que mejor se avenga a los objetivos de esta iniciativa, y definir sus condiciones presentes y futuras esperables. Aquí se debe puntualizar que tales objetivos comprenden:

- Normalizar una situación de descarga de aguas servidas que importe un deterioro ambiental significativo, particularmente en la propagación de enfermedades entéricas de transmisión de ciclo largo.
- Establecer los beneficios de potenciales reusos del agua tratada y, eventualmente, de los sub productos y efectos indirectos del tratamiento por aplicar.
- Considerar la capacidad de pago de la comunidad servida para generar los recursos que, de acuerdo con la cobranza de la tarifa por tratamiento, permita la recuperación de la inversión y el pago de los gastos operacionales y financieros.

En consecuencia, debe establecerse una serie de elementos que determinan la potencialidad del proyecto que se identifica, entre los cuales debe señalarse los siguientes:

- Planificación vigente del concesionario de los servicios de distribución de agua potable y recolección de aguas servidas, atendiendo a los caudales estimados de producción de aguas servidas, sus colectores y puntos de descarga, área de servicio contemplada en sus concesiones, y, en general, la política de servicio definida en los Planes de Desarrollo que la Ley establece como mandatorios para asegurar la orientación de largo plazo de los servicios.
- Planificación urbana para definir las áreas aptas para la construcción de sistemas de tratamiento, su reconocimiento y evaluación de su disponibilidad presente. Apreciación del impacto ambiental de las instalaciones en estos lugares.
- Identificación del mercado para reuso del agua tratada y utilización de sus sub productos. Si no existiese este mercado, ha de establecerse el o los cuerpos receptores con capacidad para recibir estas descargas, en acuerdo con la Norma Nch 1333.
- La predisposición de la empresa concesionaria de la recolección de las aguas servidas y de su disposición sin tratamiento para transferir esta última concesión, que detenta como extensión de la primera por la especial indicación de la Ley. Se debe mencionar que esta transferencia puede referirse al dominio o al derecho de explotación de la concesión, lo que ciertamente ha de ser establecido en esta circunstancia. La importancia de esta distinción estriba en que el segundo caso mantiene en el prestador primitivo las obligaciones de servicio de la concesión.

Cuando esta investigación preliminar haya definido el perfil más probable de proyecto, e indicado que no se encontrará dificultades insuperables, se podrá abordar su fase ejecutiva; en caso contrario, se ha de desestimarla.

2.3.- ACUERDO DE TRANSFERENCIA DE LA CONCESIÓN DE DISPOSICIÓN.

Procede acordar con la empresa recolectora de las aguas servidas sus condiciones para la transferencia del dominio o del derecho de explotación de la concesión. Cabe destacar que será posible que la empresa de recolección haga esta gestión en forma simultánea con uno o más postulantes a la concesión, e incluso mediante un mecanismo de licitación. En cualquier caso, será necesario que el aspirante a concesionario arribe a este acuerdo. Una parte importante de este acuerdo se refiere a la obligación del concesionario del servicio de agua potable en orden a recaudar la facturación del servicio de disposición final, lo que ciertamente ha de quedar definido en sus formas, al menos en principio, en este acuerdo.

2.4.- PREPARACIÓN DE LA SOLICITUD DE LA TRANSFERENCIA.

El Artículo 55º del Decreto # 121 establece en 8 ítemes el contenido de la solicitud de transferencia que ha de ser presentada por las dos partes en negociación a la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). Entre la documentación exigida ha de incluirse el programa de desarrollo de las obras que demandará el servicio de disposición final en un período de 15 años, ó 25 años cuando se exceda de 10 000 conexiones; en ambos casos se acompañará el anteproyecto de las obras requeridas en los primeros cinco años. Esto se detalla en los artículos 21º y 22º del decreto indicado. Los demás ítemes se refieren a:

- la identificación del servicio cuya concesión es transferida,
- la identificación de los solicitantes de la transferencia,
- la especificación de la concesión que es objeto de transferencia,
- la caracterización de las fuentes de agua en los casos de transferencias que las involucren,
- la identificación de las concesionarias que tienen relación con la que se negocia, incluyendo contratos de acuerdo para esta relación,
- plano de área de las concesiones de distribución de agua potable y redes recolectoras de aguas servidas,
- identificación de la naturaleza y antecedentes legales de los bienes involucrados en la transferencia.

2.5.- INFORME DE LA SISS AL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS(MOP).

Al cabo de 120 días desde su recepción, la SISS informará sobre la transferencia solicitada al MOP, en los términos definidos en el Artículo 23º del Decreto # 121, incluyendo una proposición del decreto de concesión cuando este informe sea favorable.

2.6.- DICTACIÓN DEL DECRETO DE CONCESIÓN.

En el plazo de 30 días desde la comunicación de la SISS, el MOP dictará el decreto que establece la concesión solicitada, con las especificaciones detalladas en el Artículo 26º del Decreto # 121, referentes a:

- Identificación de la concesionaria y tipo de concesión,
- Condiciones de prestación, que para disposición de aguas servidas detallará el cuerpo receptor, la concesionaria de recolección que aportará las aguas servidas, el punto de descarga, el sistema de tratamiento, los caudales característicos, y calidad del efluente,
- Normas generales aplicables,
- Naturaleza de los bienes afectos a la concesión,
- Programa de desarrollo y tarifado,
- Garantías de resguardo del cumplimiento tanto del plan de desarrollo como de prestación del servicio según normas.

2.7.- REDUCCIÓN A ESCRITURA PÚBLICA.

Se dispondrá de 15 días para reducir a escritura pública el decreto emitido por el MOP, tras lo cual se hará la publicación del extracto de esta reducción en el Diario Oficial.

2.8.-INSCRIPCIÓN EN EL REGISTRO DE CONCESIONES.

En los siguientes 30 días desde la publicación en el Diario Oficial se deberá inscribir en el Registro de concesiones de la SISS, para lo cual es requisito la entrega de las garantías cuyo monto fijó el decreto de concesión y calificadas en su naturaleza como suficientes por la SISS. El Artículo 28º del Decreto # 121 indica que podrán constituirse como garantías "boletas bancarias, pólizas de seguro, constitución de hipotecas de primer grado y cualquiera otra caución calificada como suficiente por la entidad normativa". Deberán ser extendidas a nombre de la SISS, de plazo indefinido o de duración superior a un año y renovables. La cuantía de las garantías ha de ser:

- Para cumplimiento del programa de desarrollo, un 3% de las inversiones presupuestadas, siempre que sean servicios de más de 500 conexiones.

- Para cumplimiento de las condiciones de prestación de servicio, 0,03 U.F. por cada conexión.

En todo caso, las garantías no deberán ser inferiores a 200 U.F. ni superiores a 15 000 U.F.

Las acciones reseñadas hasta este punto dan cuenta de las gestiones necesarias para la obtención del dominio de la concesión del servicio de disposición final o del derecho de explotación de este servicio.

3.- OBSTÁCULOS PREVISIBLES EN LA OBTENCIÓN DE UNA CONCESIÓN.-

De acuerdo a lo detallado para el desarrollo administrativo de la gestión de obtención del traspaso de una concesión, no se detectan impedimentos formales en la estructura institucional para su logro. Será suficiente para una tramitación expedita el cumplir los requisitos especificados en cuanto a presentación de documentos y cumplimiento de los plazos para las etapas de publicaciones e inscripciones necesarias. Esto supone, por cierto, que los estudios técnicos que conforman el Plan de Desarrollo satisfacen las exigencias de la SISS. En consecuencia, la responsabilidad del buen éxito de la gestión recae principalmente en el postulante a la concesión.

4.- POSICION DE LAS INSTITUCIONES PARTICIPANTES EN LA GESTIÓN.

Se examina a continuación la postura encontrada en los diferentes sectores con atingencia directa o indirecta en la gestión de traspaso de la concesión de disposición final.

4.1.- CORFO - EMOS.

En la generalidad de los casos son las empresas sanitarias filiales de CORFO las que detentan las concesiones de disposición de las aguas servidas de las ciudades con servicio de recolección de alcantarillado de aguas servidas, y es así en el caso particular de la Región Metropolitana. En el caso de Curacaví es la Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias, EMOS, la que debió asumir el servicio de agua potable inicialmente establecido por la entidad gubernamental que le dio origen, en la década de los años 30, y que ha tenido como denominaciones consecutivas las de Departamento de Hidráulica del Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Obras Sanitarias, y Servicio Nacional de Obras Sanitarias, SENDOS.

La EMOS se encuentra a la fecha desarrollando un estudio de definición de lo que ha de ser su política global de manejo de los servicios de recolección y disposición final de alcantarillado sanitario en el área de su jurisdicción, el que ha de ser terminado

37

a comienzos de 1994; en este estudio serán evaluadas todas las opciones razonables para los servicios, con un criterio amplio para acoger las soluciones que en cada caso sean demostradas como ventajosas. Así, se han configurado opciones por estudiar que van desde la mantención del estatus actual del servicio de Curacaví, hasta el traspaso de éste a concesionarios privados, con las diferentes posibilidades intermedias de manejo y propiedad compartidos.

La posición de EMOS es coincidente con la que ha proclamado la Sub Gerencia de Empresas Sanitarias de CORFO, en el sentido de propiciar cualquier solución que contribuya al saneamiento de las descargas de alcantarillado. Esta postura se justifica particularmente en el caso de Curacaví, que por su pequeño tamaño no logra gran prioridad frente a los proyectos de tratamiento de las aguas servidas de las numerosas ciudades de mayor tamaño de la Región, que experimentan problemas ambientales de importancia. Si a esto se agregan las restricciones de orden macroeconómico impuestas por la autoridad económica a los gastos de las empresas del estado, se aprecia que la alternativa de incorporar aportes no estatales para la solución de la disposición de las aguas servidas conforme a las exigencias del saneamiento constituye una vía atractiva para EMOS en orden a cumplir las funciones de servicio público que le corresponden. Queda por definir si esta solución ha de comprender el traspaso del dominio de la concesión de disposición, o el sólo derecho de su explotación, y si la nueva concesionaria será viable con un servicio de tratamiento que escasamente podría superar las 2000 conexiones iniciales; podrá ser necesario que dicha viabilidad requiera extender la concesión al sistema de recolección, y eventualmente a las concesiones de producción y distribución de agua potable, toda vez que habrá economías de escala para una empresa única en la localidad. Por otra parte, está dentro de las posibilidades que EMOS está estudiando el formar "paquetes" de servicios afines para su manejo conjunto, ya sea por sí misma o por otros concesionarios de carácter privado. Todo esto ha de ser definido en detalle y resuelto en las negociaciones directas entre la empresa y el solicitante del traspaso.

4.2.- SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS.

Esta entidad normativa y fiscalizadora ha de aprobar la gestión de traspaso en la medida que sean satisfechas las condiciones administrativas y las exigencias técnicas que salvaguarden las condiciones sanitarias de la prestación de servicio de tratamiento y su disposición final, lo que deberá controlar en el ejercicio de la explotación. Igualmente es responsabilidad de la SISS el control de las tarifas que han de solicitarse para el servicio de disposición, las que deberá contrastar con sus propias determinaciones a partir de una empresa modelo. También reside en la SISS la potestad de caducar las concesiones que no cumplan las exigencias administrativas o

técnicas acordadas, designando en este caso una administración provisional y licitando la concesión a nuevos prestadores. Así, el papel que juega este organismo del estado es la vigilancia de que las condiciones de monopolio natural que detentan los servicios sanitarios tengan como límite criterios de eficiencia objetivos, a la vez que salvaguardar los objetivos del saneamiento como un imperativo de política nacional.

Como organismo del Estado, la SISS acoge positivamente toda iniciativa que acelere la obtención de las metas de saneamiento, y en particular las soluciones que permiten superar las limitaciones estructurales de las empresas de CORFO para estos logros. Puede esperarse su reserva sobre la modalidad de traspaso del dominio de la concesión o del derecho de explotación del servicio de disposición final de las aguas servidas, por ser más efectivo el control que se ejerce sobre pocas grandes empresas (de CORFO en este caso) que sobre una multiplicidad de pequeñas empresas, algunas de las cuales ciertamente podrían estar más expuestas a caer en causales de caducidad que la entidad fiscalizadora no desea. El traspaso del derecho de explotación deja residentes en las empresas primitivamente concesionarias las responsabilidades del servicio contraídas, las que así deberán controlar a los receptores del derecho transferido. No es ajeno a esta circunstancia el hecho de que la SISS tiene asignadas una amplia serie de responsabilidades de diversa índole y una dotación de personal limitada para ello.

Un aspecto relevante de la posición de la SISS en relación con las concesiones de servicios de disposición final es el que se refiere a que se conserva la propiedad de las aguas servidas por parte de la empresa concesionaria de su recolección hasta el momento en que son descargadas a un cauce natural, en un tratamiento análogo al dado a las aguas de derrames de riego en la legislación de aguas. De este modo, se reserva el derecho de este concesionario a acordar con la parte peticionaria de la concesión de disposición final el traspaso de las aguas servidas para su tratamiento.

4.3.- MUNICIPALIDAD DE CURACAVÍ.

La Municipalidad de Curacaví no tiene una participación directa en la gestión de traspaso de la concesión que se analiza; en cambio, le corresponde actuar en las etapas de aprobación municipal y otorgamiento de los permisos de construcción de los proyectos para las instalaciones de tratamiento en su área jurisdiccional. En todo caso, su gestión hasta la fecha está marcada por una preocupación preferente por la solución efectiva de los problemas ambientales originados por las descargas de alcantarillado. Así, mediante aportes municipales se tiene en estudio una solución de planta de tratamiento de aguas servidas mediante contrato con la empresa consultora

39

Andinor, con la idea de aportar a la EMOS el diseño para la construcción de lagunas de estabilización, y con la esperanza de que esta construcción pueda ser financiada con aportes del Fondo Nacional de Desarrollo Regional u otra fuente gubernamental de financiamiento, ante la falta de oportunidad de que sea EMOS capaz de incluirla en sus limitados márgenes de inversión. Objetivamente, sería paradójal que no se autorice a EMOS la inversión como política restrictiva del gasto fiscal, y se comprometan fondos igualmente fiscales aunque de otra repartición para este mismo fin.

Una segunda fase de participación municipal está dada por su carácter de administradora del mecanismo de subsidio a los pagos de servicios de agua potable y alcantarillado de los sectores de más bajos ingresos, lo que le significa mantener registro de los clientes que califican para tal subsidio, y efectuar los pagos correspondientes a las empresas.

4.4.- BANCA PRIVADA.- El presente proyecto para Curacaví tiene considerada la participación de la banca privada como asignadora final de los recursos financieros puestos a disposición del proyecto, mediante los mecanismos de intermediación financiera. Se indagó la posición de la Asociación de Bancos e Instituciones Financieras de Chile, A.G., por medio de una reunión con su Gerente General, arribando a las conclusiones siguientes:

- Será del interés de los miembros de esta Asociación su participación en esta iniciativa, particularmente si sus términos no implican aportes financieros subsidiados.
- El interés mostrado se refuerza por la similitud de la iniciativa con las del sistema del sector de producción y distribución eléctrica, en que la estructura tarifaria garantizadora de los resultados operacionales ha hecho a las empresas de ese sector clientes privilegiados de la banca.
- El interés en participar no está condicionado al aporte extranjero del financiamiento, y podría contarse con financiamiento propio de los bancos nacionales si los términos de las operaciones son los comerciales habituales.
- Se presenta una posibilidad de emplear los recursos externos en establecer las garantías necesarias para que los bancos concedan sus créditos, y en este caso, mediante los mecanismos de "leverage", se puede obtener un efecto de multiplicación en la aplicación de estos fondos. Este último criterio no se concilia con la postura de la U.S.A.I.D., toda vez que el programa que respalda a este proyecto tiene considerada la colocación de la totalidad de los fondos necesarios para su materialización.

5.- AGENTES DE GESTIÓN POSIBLES.

En Curacaví son identificables como potenciales interesados en la gestión de la concesión del tratamiento y disposición de las aguas servidas sólo actores locales, toda vez que el tamaño de sus servicios sanitarios es reducido frente a otras posibilidades más promisorias en ciudades mayores y con soluciones de tratamiento de menos complejidad. Así, se considera los siguientes grupos como posibles interesados en el proyecto:

* Agricultores que pudiesen buscar como beneficio la obtención del caudal de agua tratada, con 100 % de seguridad, para emprender cultivos o plantaciones de mayor valor que los actuales usos en terrenos de secano. La justificación de este interés puede darla el mayor retorno obtenible de cultivos con riego asegurada contra cualquier período de sequía, en que la escasez de infraestructura de riego es crítica para inversiones de mayor costo, y arriesgaría la existencia de eventuales plantaciones valiosas o sus cosechas. La demanda de agua tratada puede ejercerse tanto por los terrenos que el proyecto de tratamiento ha estimado como principales metas para ello, ubicados entre la planta de tratamiento y el estero Puangue, como por agricultores ubicados en el área bajo riego del canal Las Mercedes pero que no poseen los derechos suficientes para cubrir sus necesidades; la descarga de las aguas tratadas al canal indicado permitiría su transporte y entrega a esto potenciales usuarios. La organización de mejores condiciones para emprender la iniciativa necesaria para materializar este proyecto es la Cooperativa Agrícola de Curacaví, que ha manifestado su interés con la sola reserva sobre la disposición y condiciones que pueda imponer la EMOS para traspasar el servicio a particulares.

* La Municipalidad de Curacaví tiene un especial interés en lograr el tratamiento de las aguas, pero está limitada en su accionamiento por el impedimento legal de iniciar actividades empresariales. No obstante, ha contratado la elaboración del proyecto respectivo, para aportarlo a la consecución de esta obra.

CAPITULO V. ALTERNATIVAS DE DISPOSICIÓN FINAL.

1. CONSIDERACIONES SOBRE REDUCCIÓN DEL CAUDAL DE AGUAS SERVIDAS.

Entre las soluciones innovadoras que se sugirieron durante la etapa de definición de este estudio, estaba la de reducir la magnitud del problema de contaminación ambiental por aguas servidas reduciendo el consumo de agua que va al alcantarillado mediante acciones tales como estímulos o castigos en la tarifa, la educación de la comunidad, el suministro e instalación a bajo costo de artefactos especiales, tales como estanques de WC de menor volumen u otros. Es procedente establecer que la baja tasa de conexiones de alcantarillado en Curacaví debe ser enfrentada aplicando la legislación vigente, que obliga a ejecutar los empalmes en toda propiedad con frente servido por colectores, y mediante la regularización de sectores sin una urbanización definitiva. El control de la producción de aguas servidas ha de darse principalmente por la elasticidad de los consumos de agua potable frente a la sostenida elevación de los niveles tarifarios impuesto por la ley de tarificación en aplicación parcial hasta la fecha; será resorte de los usuarios emplear métodos disponibles de economía de agua como respuesta a este encarecimiento, especialmente si se desarrollan campañas de promoción del tipo ya en ejecución por parte de EMOS. Por otra parte, las dotaciones de consumo de agua potable de Curacaví están en niveles ya reducidos en relación al resto de la Región Metropolitana, por lo que no podría esperarse cambios substanciales en este caso.

2.- ALTERNATIVAS CONFIGURADAS.

Para configurar alternativas de tratamiento de las aguas servidas de Curacaví es preciso reconocer que las aguas recuperadas sólo son factibles de reuso en regadío agrícola de las laderas de secano existentes al poniente de la localidad o una entrega al Canal Las Mercedes, pues por ahora no existen en el entorno inmediato potenciales usuarios para usos en minería o industria, y el sector oriental del vallecuenta con regadío del canal Las Mercedes. La eventual reutilización en riego implica a su vez un reciclaje del agua residual que se incorpora a las napas subterráneas, con un beneficio adicional. En consecuencia, serán los estándares de calidad de agua para regadío los que han de condicionar las exigencias para los efluentes del tratamiento. Subsidiariamente, se concibe que las aguas tratadas que no sean destinadas a regadío (en períodos lluviosos) deberán ser descargadas al estero Puangue, con los requisitos de calidad para recreación y sustento de la vida acuática, los que son prácticamente los mismos exigibles para riego. Así, el

parámetro de mayor relevancia es el NMP de coliformes fecales, que debe ser inferior a 1000/100ml.

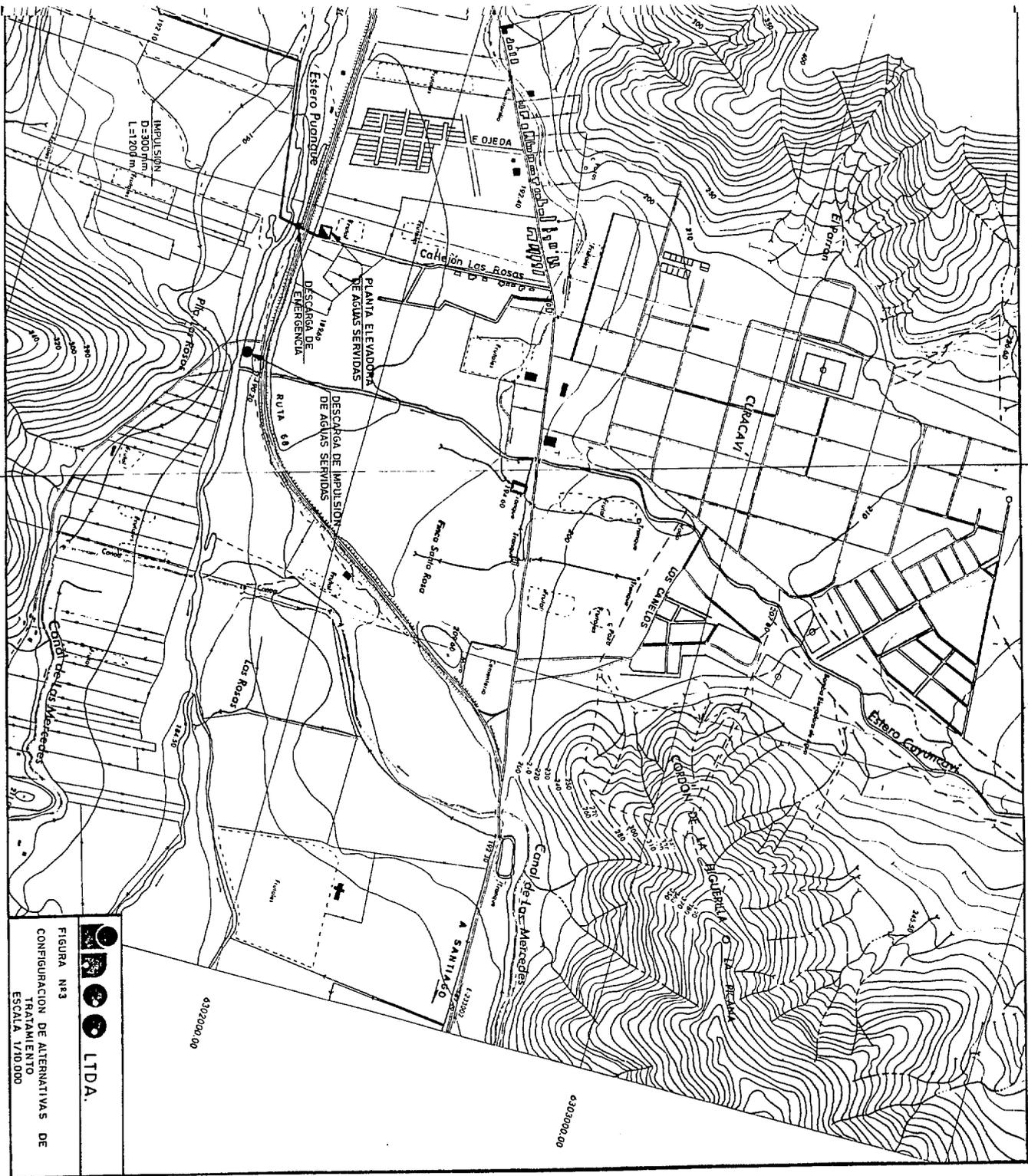
Las alternativas que se configuran para sistemas de tratamiento de las aguas servidas se centran en los procesos de tratamientos por aplicar, ya que no hay opciones mayormente diferentes en cuanto a cuerpo receptor y emplazamiento de las instalaciones: como cuerpo receptor ha de buscarse preferentemente el reuso en regadío, y alternativamente el estero Puangue cuando el riego es improcedente, mientras que el emplazamiento obligado de los sistemas de tratamiento está en las planicies del pié de monte existente entre el estero Puangue y los cerros que cierran el valle al sur de la localidad. La Figura 3 muestra este emplazamiento, así como los elementos complementarios de la configuración del sistema.

Para los efectos de precisar las inversiones y los períodos de operación, se considerará que las instalaciones son construidas en 1994, para entrar en servicio en 1995, y se extiende el periodo de análisis hasta el año 2025.

Como condición común para cualquiera de las alternativas se ha de mejorar la planta elevadora existente, que sólo permite entregar las aguas al nivel del estero Puangue; se considera su habilitación para alcanzar terreno con la cota suficiente para colocar la planta de tratamiento fuera del área inundable del valle y con la posibilidad de proporcionar los desniveles de operación del tratamiento, y entregar el efluente tratado a cota tal que se coloca bajo riego una superficie no inferior a 80 Hectáreas de secano. Este Estudio de Factibilidad ha considerado un emplazamiento a cota +200 (Ver Figura N°3) para posibilitar cualquier solución de riego en el valle: esto representa la alternativa de mayor costo de obras y explotación, por lo que bien podrá establecerse soluciones distintas en el estudio detallado que ejecuta ANDINOR para la I. Municipalidad de Curacaví, en particular si se emplean terrenos más bajos para la planta de tratamiento y con entrega de efluentes al Canal Las Mercedes. Los menores costos que esto puede representar podrán mejorar la rentabilidad del proyecto. Se detallan en lo siguiente los costos aquí considerados de este elemento común para cada alternativa:

- A.- Reconversión de la Planta Elevadora de las aguas servidas existente, para elevar el caudal máximo instantáneo, que variará desde 49 l/s en 1992 a 112 l/s en 2025, con una altura de elevación geométrica de 15 metros (entre cotas 185 y 200), más un margen de 10 m.c.a. para pérdidas singulares y de fricción en la impulsión hasta la planta de tratamiento. Se operará hasta el año 2005 con 2 bombas en paralelo de capacidad de elevación de 40 l/s a 25 metros de altura, y una potencia de 24 KW cada una, similares a la fabricada por KSB, modelo KRT K100-320/244U1G, e incorporando una tercera unidad idéntica a partir de ese año.

43



Las bombas tienen un rendimiento del orden del 70%, con lo que el consumo de energía resulta de 0,1 KWH/m³ elevado; su costo de suministro es de \$3653620 cada una, y se requieren 2 en 1995, las que deberán cambiarse en 2005 por 3 unidades nuevas. El año 2005 deberá también aumentarse la capacidad eléctrica de la Sub Estación existente desde 75 a 100 KVA, con un costo estimado en 37000 \$/KVA, que incluye el cambio de protecciones y medidores, a lo que debe sumarse también una provisión para montaje de las bombas y sus conexiones eléctricas, así como modificaciones en las conexiones hidráulicas y válvulas para la nueva capacidad de operación, ascendente en total a \$1,5 millones. En síntesis, la inversión en 1995 asciende a \$8807240, y ha de sumarse \$11885860 el año 2005; el gasto de mantención y supervisión se estima en 1450000 \$/año desde 1995 al 2004, y de 1817000 \$/año desde 2005 al 2025, y el costo de energía es de \$1,9 por cada metro cúbico elevado.

- B.- Impulsión desde Planta Elevadora a Planta de Tratamiento: si bien podrá variar dependiendo del emplazamiento final de la Planta de Tratamiento, se tiene como máxima longitud considerable 1200 metros, con empleo de cañerías de PVC Clase 4, con un diámetro optimizado de 300 mm., que mantiene la velocidad en aproximadamente 0,6 m/s para el caudal de bombeo mínimo Q = 40 l/s, y corresponde al diámetro económico para Q = 80 l/s, y que mantiene la pérdida de carga en el nivel pre establecido para Q máximo de 120 l/s. El costo de la cañería indicada ha sido calculado en 12790 \$/m, instalada, lo que totaliza \$ 16348000, y sus costos de mantenimiento se consideran incorporados junto al de los demás elementos del sistema.

2.1.- TRATAMIENTO EN ZANJAS DE OXIDACIÓN.

Esta alternativa se favorece de un menor requerimiento de terreno; su principal desventaja es el escaso período de retención, que impide una eficaz remoción de microorganismos, y debe complementarse con desinfección mediante cloración, cuyos efectos residuales en plantaciones de paltos (ahucates) son objetables. La superficie total necesaria es del orden de 3,5 Há. de terreno, y los elementos de costo principales son:

- A.- Planta de tratamiento mediante zanjales de oxidación, en dos etapas de construcción para 21 l/s nominales cada una, en 1994 y 1999, de 32 m. de longitud por 14 m. de ancho, y 2 m. de profundidad; los rotores son 3 iniciales, y se agregan 2 en 1999 y posteriormente uno más para terminar con 6 en 2025. El costo total de la inversión final en equipos y obras civiles es de \$565 millones

- B.- Abastecimiento eléctrico para la Planta de Tratamiento, incluyendo 800 metros de extensión de líneas de alta tensión y S/E de 50 KVA, con un costo de \$4940000.
- C.- Sistema de desinfección por cloración con capacidad final de 75 Kg. de cloro por día, comandado por un medidor del caudal efluente, con un costo total de \$ 7932000.
- D.- Cañería de Hormigón Vibrado, sin armaduras de refuerzo, de descarga a canal de regadío o estero adyacente a la ubicación de la Planta, de 300 m. de longitud, con D = 250 mm, y costo de 3884 \$/m., con un total de \$1165200.
- E.- Terrenos, urbanización y paisajismo del recinto de planta, la compra de 3 Há de suelo de seco a \$1,8 millones por cada Há, 2500 m. de cercos a 3000 \$/m, casa de 60 m² y oficina de 12 m², iluminación del recinto, forestación que aminore el impacto visual y de ruido, olores y otros, y la formación de caminos interiores; lo indicado se valora en \$25 millones.
- H.- Operación y mantención de la planta de tratamiento.

La inversión de la alternativa es de \$604,04 millones de pesos, y el costo de mantenimiento (2% de la obra civil más 0,5 % de los equipos) resulta de \$6,65 millones por año; el costo de operación es de \$10,6 millones por año, mientras el consumo anual de energía pasa de \$2,33 millones en 1995 a \$6,42 millones en 2025.

2.2.- ALTERNATIVA CON TRATAMIENTO EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.

Se detalla en el Capítulo VI el dimensionamiento de las lagunas de estabilización y su configuración de 4 lagunas facultativas primarias en operación en paralelo, más dos lagunas secundarias de operación en serie con las primeras, todas de 1 Há cada una, con un efluente que asegura la calidad necesaria para reuso irrestricto en riego, sin requerir desinfección. En Anexo N°2 se incluye el presupuesto de costos de construcción de las lagunas, que alcanza a 139 millones de pesos en obras, a los que ha de agregarse el costo de 9 Há de terrenos, que se cotizan en \$16,2 millones al precio medio vigente de \$1,8 millones por hectárea, con lo que la inversión llega a 155,2 millones de pesos. Este costo de inversión refleja las condiciones de clima apropiadas para este tipo de solución, ya que las temperaturas moderadas, la infiltración de agua freática restringida, y la insolación adecuada, permiten altas eficiencias operativas respecto de las de otras latitudes. En cuanto a los costos de operación y de mantención, han sido calculados básicamente en remuneraciones de personal a cargo, por \$10,58 millones de pesos al año, (Ver Anexo 2), por lo que el costo unitario ha de variar desde \$21/m³ en 1995 a \$8,6/m³ en 2025, al aumentar desde 502206 hasta 1-232833 los metros cúbicos anuales tratados.

46

2.3.- ALTERNATIVA CON TRATAMIENTO EN LAGUNAS ANAEROBIAS Y DESCARGA A LAGUNA PROFUNDAS DEL TIPO EMBALSE.

Esta configuración ha sido establecida por IFARLE Consultores, dentro de su análisis de Plan de Desarrollo para Curacaví para cubrir las demandas hasta el año 2017 (44 l/s), según los lineamientos del proyecto en ejecución para la Planta Santiago Poniente, y conforme a las técnicas desarrolladas por TAHAL, de Israel. Su propósito es dar un pretratamiento a las aguas servidas, para almacenarlas en un embalse por un largo período que asegure la remoción de patógenos de todo orden, incluidos quistes y helmintos, gracias a períodos de retención del orden de cinco meses, y posibilitar el reuso del agua en los siete meses de la temporada de riego, alcanzando así a regar con el doble del caudal medio anual de producción de las aguas servidas. Al igual que en los casos anteriores, se requiere una elevación desde Curacaví hasta el lugar de la Planta; el pretratamiento tiene lugar en 3 lagunas anaeróbicas de 0,25 Há cada una y con tasas volumétricas de 0,1 a 0,23 Kg DBO₅/m³ entre invierno y verano; la profundidad es de 4 m, y debe disponerse de operación en niveles variables para ajustar el volumen a los períodos de retención necesarios no inferiores a 2 días. Se ha contemplado la construcción inmediata de 2 lagunas, postponiendo la tercera para el año 2002. Se complementa las lagunas con lechos de secado de lodos de 1000 m² de superficie, y resulta una ocupación total de terreno de 5 Há. El efluente tratado preliminarmente es nuevamente elevado para su vaciamiento en el embalse que IFARLE dimensiona en 570 mil m³ ubicados en la quebrada que enfrenta al actual punto de descarga desde el costado sur del estero Puangue, con una profundidad máxima de 11 m., muro de 12 m. de altura y un espejo de agua del orden de las 12 Há. La actualización del costo de inversión presupuestado por IFARLE a Noviembre de 1992 alcanza a 765,0 millones de pesos, de los cuales un 52 % corresponde a la construcción del embalse. Los costos de operación y de mantención serán en todo caso superiores a los de la solución de lagunas facultativas.

Considerando que esta tercera alternativa requiere una inversión que cuadruplica la de las lagunas facultativas, para aumentar al doble la disponibilidad de agua para riego (en el mejor de los casos, ya que no se ha descontado la evaporación desde el embalse), y que los costos de operación, y en particular de una segunda elevación, son necesariamente superiores, se puede desechar esta solución sin mayor análisis.

Los detalles de costos se presentan en el Anexo N°1, y en el Capítulo IV siguiente se encuentran los dimensionamientos de los sistemas de tratamiento considerados.

El Cuadro siguiente resume los costos de las soluciones reseñadas precedentemente, en miles de pesos.

CUADRO Nº 5.1.- COSTOS DE ALTERNATIVAS (EN MILES DE PESOS).

AÑO	1995	2005
1.- P.ELEVADORA E IMPULSION		
- Bombas y Sub-estación	8 807	11 886
- Cañería de Impulsión	16 348	-
- Energía/m3	1,9	1,9
- Mantenición y Operación/año	1 450	1 817
2.- LAGUNAS FACULTATIVAS		
- Terrenos	16 200	-
- Ingeniería y Construcción	138 959	-
- Mantenición y Operación/año	10 580	10 580
3.- ZANJAS DE OXIDACION		
- Construcción en 2 etapas	449 040	155 000
- Mantenición y Operación	15 600	17 200
- Energía	2 331	6 415(*)

(*) : Corresponde al año 2025

2.4.- SITUACIÓN DEL TRATAMIENTO CON REDUCCIÓN DE LA INFILTRACIÓN.

Considerando la alta incidencia de los caudales de infiltración a la red de colectores sobre los costos de inversión y de operación del sistema de tratamiento, es necesario estimar los efectos de su reducción en las cifras de costo indicadas. Asumiendo que las funciones de costo de los sistemas de tratamiento son del tipo

$$C = a * Q^b$$

se puede establecer que el costo C_1 de un sistema de tratamiento para una capacidad reducida al $X\%$ de Q gracias al control de la infiltración es aproximadamente

$$C_1 = C * X^b$$

Aceptando que el factor de economía de escala "b" para plantas de tratamiento es del orden de 0,75, se construye la siguiente tabla con los porcentajes de reducción de costos estimados para los caudales reducidos:

48

CUADRO Nº 5.2.- EFECTOS DE REDUCCION DE INFILTRACION EN REDES.

PORCENTAJE DE REDUC- CIÓN DE INFILTRACIÓN	TAMAÑO DE PLANTA REDUCIDA	PORCENTAJE DE COSTO DE PLANTA INICIAL
10	90 %	92,4 %
20	80 %	84,6 %
30	70 %	76,5 %
40	60 %	68,2 %

La infiltración detectada en la descarga de Curacaví es del orden de los 10 l/s, y su eliminación permitiría rebajar la capacidad final de las plantas de tratamiento desde 50 a 40 l/s, vale decir, a un 80%, con un ahorro, en el caso de las lagunas, ascendente al 15,6 % de los 139 millones de pesos de inversión, que es de unos 22 millones de pesos. El esfuerzo de eliminación de la infiltración hacia los 22000 metros de las redes existentes puede ser de un costo superior a estos 22 millones de pesos, y el resultado puede ser una reducción importante pero no la eliminación total de la infiltración, por lo que será necesario un estudio más detallado de las causas y posibles soluciones de esta infiltración para determinar si es procedente su control. En todo caso, debe quedar muy en claro que las nuevas redes de alcantarillado que sean instaladas en esta localidad han de ser de una alta exigencia en el control de los caudales de infiltración.

CAPITULO VI. DIMENSIONAMIENTO DE SOLUCIONES DE TRATAMIENTO.

1.- ALCANCE DEL CAPITULO.

El presente Capítulo se refiere al dimensionamiento de las obras de tratamiento y disposición final de las aguas servidas de Curacaví, de acuerdo a las condiciones actuales y futuras hasta el año 2025, en atención a la calidad y cantidad de las Aguas Servidas producidas por Curacaví, y a los estándares exigibles al efluente tratado. Este dimensionamiento comprende soluciones con lagunas facultativas y zanjas de oxidación.

2. BASES DE CALCULO Y CRITERIOS DE DISEÑO PARA LAGUNAS .

2.1. BASES DE CALCULO.

Las bases de cálculo se adoptarán a partir de estadísticas de población, dotación, cobertura y los resultados de una campaña intensiva de aforo y muestreo a las aguas servidas de Curacaví, en lo que a calidad y caudal de las aguas servidas se refiere.

Esta última se ejecutó en fecha 29-30 de Octubre de 1992, para lo cual realizó una campaña de aforo y muestreo durante 24 horas en el pozo húmedo de la planta elevadora existente. Los resultados analíticos de dicha campaña se muestran en las tablas de resumen que se incluyen más adelante.

En virtud a los antecedentes recopilados y los resultados obtenidos en la campaña intensiva, se llegó a las siguientes bases de cálculo y criterios de diseño.

2.1.1. Población y Período de Previsión.

Para el diseño del sistema de tratamiento, se ha considerado un período de previsión a partir del año 1992 y con un horizonte definido a 33 años, vale decir al año 2025.

Para la proyección de población se cuenta con las estadísticas de población de los años 1952, 1960, 1970, 1982 y los datos parciales del censo de 1992. Los datos estadísticos, así como las poblaciones obtenidas a partir de tres tipos de proyección, se muestran en la tabla y gráfico siguientes.

TABLA Nº 6.1.
PROYECCIONES DE POBLACION
CURACAUI

AÑO	CENSO	PARABOLA	LOGARITMICA	RECTA
1952	2351	2529	2682	2112
1960	4030	3786	3641	3927
1970	5910	5749	5337	6194
1982	8256	8675	8445	8915
1992	11785	11591	12379	11183
1995	-	12550	13884	11863
2000	-	14235	16809	12997
2005	-	16028	20351	14131
2010	-	17930	24639	15265
2015	-	19940	29830	16399
2020	-	22059	36115	17533
2025	-	24285	43725	18666

A partir de la Tabla se puede apreciar que la proyección parabólica es la que mejor representa la tendencia de crecimiento poblacional de Curacaví, razón por la cual se la ha adoptado como base de cálculo para el presente estudio.

2.1.2. Caudales de Aguas Servidas y su Proyección.

Los caudales de aguas servidas adoptados corresponden a los siguientes criterios:

El estudio de IFARLE contabiliza 10894 [hab] para 2265 viviendas y 1082 [U.D.]. Suponiendo, a partir de estos datos, una densidad de vivienda de 4,81 [hab/viv], se tendrá que en la fecha de dicho estudio la cobertura de alcantarillado abarcaba a aproximadamente 5024 [hab].

Sin embargo, desde la fecha del estudio de IFARLE a la actualidad la población ha aumentado a 11785 [hab] según datos del censo de 1992, resultando en una diferencia de 891 [hab]. Asumiendo que esta última población está totalmente servida, la población actual servida alcanza a 6095 [hab], equivalente a un 52% del total.

Por otro lado, se efectuó un aforo de las aguas servidas durante la campaña intensiva, el que arrojó los siguientes resultados:

TABLA Nº 6.2.
CAMPAÑA DE AFORO DE LAS AGUAS SERVIDAS
CURACAVI
29-30 OCTUBRE DE 1992

HORA	TEMPERATURA °C	pH	CAUDAL (l/s)
21:30	19	7,4	19,9
23:30	19	7,6	19,5
01:30	19	7,3	15,5
03:30	19	7,4	12,9
05:30	18	7,3	11,2
07:30	18	7,3	17,9
09:30	19	7,8	21,7
11:30	19	7,6	26,4
13:30	20	7,4	29,8
15:30	20	7,3	25,8
17:30	20	7,3	25,8
19:30	20	7,2	24,4

El aforo realizado mostró un caudal medio de 20,9 [l/s], lo que se traduce, asumiendo una población servida de 6095 [hab] y un coeficiente de recuperación igual a 0,8, en una dotación de 370 [l/hab/día], valor sumamente alto en comparación a las dotaciones habituales de localidades similares a Curacaví. Ello lleva a suponer la existencia de caudales no despreciables de infiltración.

En cuanto a la dotación, el mismo estudio indica que el consumo facturado de agua potable en el año 1987 (para 1847 arranques domiciliarios) asciende a un máximo 79569 [m³/mes] lo que implica una media de 51668 [m³/mes]. Asumiendo la densidad de vivienda antes obtenida (4,81 [hab/viv]) se obtiene una dotación de 183 [l/hab/día], valor mucho más concordante con la dotación prevista por IFARLE

para el año 1990. Esto reafirma la hipótesis respecto de la existencia de caudales de infiltración.

Si para efectos del proyecto se asume una dotación de 183 [l/hab/día] y un coeficiente de recuperación de 0,8, el caudal actual de Aguas servidas ascenderá a 10,3 [l/s], resultando por diferencia un caudal de infiltración de 10,6 [l/s].

Si se analizan los resultados de la campaña se visualizan caudales de 12,9 [l/s] y 11,2 [l/s] a las 03:30 y 05:30 hrs. valores ligeramente superiores al del caudal de infiltración antes obtenido, lo que permitirá validar dicho valor.

En virtud a que se contempla un mejoramiento del sistema de alcantarillado de Curacaví en el corto plazo, se asumirá que la cobertura de alcantarillado aumentará linealmente hasta un 95% al año 2000, manteniéndose constante hasta el final del periodo de previsión. Igualmente se supondrá que el mejoramiento de la infraestructura presupone uniones estancas con lo que el caudal de infiltración debería ser del mismo orden del actual a lo largo de todo el periodo de previsión.

Así entonces, se puede construir la siguiente tabla de caudales.

TABLA Nº 6.3.
CAUDALES DE AGUAS SERVIDAS Y SU PROYECCION
CURACAVI

AÑO	POBL TOTAL [hab]	COBERTURA %	POBL SERVIDA [hab]	CAUDAL MEDIO A.S. [l/s]	CAUDAL INFILTR [l/s]
1992	11591	52	6.027	10,2	10,6
1995	12550	68	8.534	14,5	10,6
2000	14235	95	13.523	22,9	10,6
2005	16028	95	15.227	25,8	10,6
2010	17930	95	17.034	28,9	10,6
2015	19940	95	18.943	32,1	10,6
2020	22059	95	20.956	35,5	10,6
2025	24285	95	23.071	39,1	10,6

63

2.1.3. Demanda bioquímica de oxígeno.

Aprovechando la campaña intensiva desarrollada por esta Oficina Consultora, se efectuaron muestreos puntuales horarios y compuestos de los diversos parámetros de interés, entre los que destaca la DBO, cuyos resultados se presentan a continuación:

TABLA Nº 6.4.
VARIACIONES DE DBO Y CARGA ORGANICA
CURACAVI
29-30 OCTUBRE 1992

HORA	CAUDAL [l/s]	DBO [mg/l]
21:30	19,9	77
23:30	19,5	145
01:30	15,5	28
03:30	12,9	30
05:30	11,2	10
07:30	17,9	22
09:30	21,7	190
11:30	26,4	125
13:30	29,8	180
15:30	25,8	125
17:30	25,8	170
19:30	24,4	140

Se puede apreciar una DBO media ponderada del orden de 118 [mg/l]. Considerando una DBO nula en el caudal de infiltración, la concentración de DBO sin contar la infiltración asciende a aproximadamente 239 [mg/l], lo que se traduce en un aporte per capita del orden de 35 [grDBO/hab.día]. Esto es concordante con respecto a otras localidades similares a lo largo del país en las que normalmente los aportes no sobrepasan los 40 [grDBO/hab/día]. Debido a que una mejor

calidad de vida conlleva un cambio alimenticio en la población, y por lo tanto en la DBO, se asumirá un aporte de DBO de 40 [gr/hab/día] equivalente a 273 [mg/l] para las Aguas Servidas, por lo que considerando el caudal total, la DBO se expresará como:

$$DBO = (273 * Q_{a.s.} [l/s]) / (Q_{a.s.} + 10,6) \quad [mg/l]$$

2.1.4. Coliformes Fecales.

Estudios realizados en otras localidades con características similares a las del presente estudio, indican que la concentraciones medias son del orden de 10^7 [NMP/100ml].

Por otro lado, la campaña intensiva mostró los siguientes resultados:

TABLA Nº 6.5.
VARIACIONES HORARIAS DE COLIFORMES FECALES
CURACAVI
29 - 30 OCTUBRE 1992

HORA	C. FECALES [NMP/100ml]
21:30	$5,4 * 10^7$
01:30	$3,5 * 10^7$
05:30	$3,3 * 10^6$
09:30	$5,4 * 10^7$
13:30	$5,4 * 10^7$
17:30	$9,2 * 10^6$

Se puede apreciar que la media geométrica diaria corresponde a $2,35 * 10^7$ [NMP/100ml], valor bastante cercano al normalmente encontrado en otras localidades del país. En estricto rigor la cuantificación de coliformes fecales también está sujeta a la dilución por efecto del caudal de infiltración, por lo que la concentración de coliformes fecales sin considerar infiltración sería del orden de $4,8 * 10^7$ [NMP/100ml]. La concentración de coli fecales en función del caudal estará entonces dada por:

$$CF = (4,8 * 10^7 * Q_{a.s.} [l/s]) / (Q_{a.s.} + 10,6) \quad [NMP/100ml]$$

55

2.1.5. Temperatura.

Uno de los aspectos de mayor importancia en el diseño de los procesos de tratamiento de las aguas servidas, especialmente al adoptar soluciones con lagunas de estabilización, lo constituye la temperatura del líquido.

Se ha estimado procedente aplicar la correlación entre las temperaturas del aire y de las aguas servidas desarrollada en las lagunas del Centro Experimental de Capacitación e Investigación de Aguas, CEXAS, de Melipilla, muy próximo a Curacaví:

$$T_l = 2,2 + 1,2 T_a$$

donde T_l = Temperatura del Líquido, °C

T_a = Temperatura del Aire, °C

Evaluaciones en zonas de clima similar al de Curacaví han permitido definir la temperatura media del mes más frío del año igual a 10,6 °C y una temperatura media del mes más frío de la época de riego equivalente a 12,9 °C. Con esto las temperaturas del líquido quedan definidas como 14,9 y 17,7 °C respectivamente.

2.1.6. Tasa de Mortalidad Bacteriana, K_1 .

Otro aspecto de importancia en el diseño de lagunas de estabilización lo constituye la tasa de decaimiento bacteriano.

Diversos estudios realizados en torno a este aspecto en las lagunas de la zona central del país (Paine, CEXAS, Esmeralda de Melipilla, Putaendo, Llay Llay, Catemu etc.), han permitido delimitar el valor de esta tasa en $K_1 = 1,0$ 1/día, aproximadamente, a la temperatura estándar de 20 °C, el que se adoptará como base de cálculo para el presente estudio.

2.1.7. Máxima Carga Orgánica Admisible.

Una de las limitaciones para un normal funcionamiento del sistema en condiciones facultativas lo constituye la carga orgánica aplicada, la que no puede sobrepasar un máximo admisible, dependiente de la temperatura del agua, y en consecuencia variable a lo largo del año.

La función que correlaciona las variables arriba citadas está dada por:

$$COM_{td} = 357,4 \times 1,085^{(t-20)} \quad \text{donde}$$

COM_{td} = Máxima Carga Orgánica Admisible, KgDBO/Ha.día
 t = Temperatura del Agua, °C

2.1.8. Factor de Dispersión.

Este factor juega un papel incidente en el comportamiento de la laguna en lo que dice relación con el submodelo hidráulico. Depende fundamentalmente de la geometría de las unidades, especialmente en lo que a la longitud y ancho en el sentido del flujo se refiere.

57

2.2. CRITERIOS DE DISEÑO PARA LAGUNAS.

El criterio de diseño a aplicar estará basado en el modelo de flujo disperso, el que ha demostrado ser el que más se acerca al comportamiento real de las lagunas a lo largo de diversas evaluaciones efectuadas en lagunas de la zona central del país.

La expresión que gobierna al modelo de flujo disperso en el aspecto bacteriológico viene dada por:

$$N/N_0 = [4 a e^{(1/2d)}] / [\{ (1+a)^2 e^{(a/2d)} \} - \{ (1-a)^2 e^{(-a/2d)} \}]$$

donde N_0 = Coliformes Fecales Afluente , $N^0/100ml$
 N = Coliformes Fecales Efluente , $N^0/100ml$
 d = Factor de Dispersión
 a = $[1 + 4 K_{b,t} PR d]^{(1/2)}$
 $K_{b,t}$ = $K_{b,20^{\circ}C} \times 1,07^{(t-20)}$
 PR = Período de Retención, días

La misma expresión se utiliza para efectuar el análisis en el aspecto orgánico, reemplazándose N y N_0 por S y S_0 y $K_{b,t}$ por K_t respectivamente, donde S_0 y S corresponden a la DBO del afluente y efluente y K_t es la tasa de degradación de DBO a la temperatura t . Para obtener este último valor, se empleará la siguiente correlación:

$$K_t = K_{20^{\circ}C} \times 1,085^{(t-20)} \\ = 0,17 \times 1,085^{(t-20)}$$

La temperatura a considerar en el caso del abatimiento bacteriológico corresponden a la media del mes más frío de la época de riego con el fin de asegurar una concentración de coli fecales del efluente tratado no inferior a 1000 [NMP/100ml], valor exigido para riego irrestricto. Para definir la carga orgánica máxima, así como para el abatimiento de DBO, se empleará la temperatura media mensual más baja del año a fin de prevenir problemas de olor.

3. CONFIGURACION ADOPTADA PARA EL SISTEMA DE LAGUNAS.

El sistema de tratamiento estará conformado por un sistema de lagunas facultativas primarias en paralelo, diseñadas de modo que no se exceda la máxima carga orgánica y se obtenga una remoción significativa de coliformes y DBO, seguidas de un sistema de lagunas secundarias en serie, que den cuenta del abatimiento bacteriológico requerido.

Por otro lado, el sistema de lagunas primarias debe ser diseñado de tal manera que, por una parte se cumpla con la restricción de máxima carga orgánica admisible, y por otra no se sobrepase significativamente el largo máximo recomendado del orden de 200 [m] para cada unidad.

Así entonces, para cumplir las dos condiciones anteriores, una configuración de dos lagunas primarias en paralelo tendrá una geometría con una baja relación largo/ancho, situación que trae consigo un factor de dispersión desfavorable. Una configuración de cuatro lagunas en paralelo permite obtener unidades de un tamaño razonable con un bajo factor de dispersión y un carga orgánica aplicada menor a la carga máxima admisible, y hace más manejable al conjunto para cuando sea necesario tener alguna unidad fuera de servicio.

Luego, se adopta una configuración de cuatro lagunas primarias en paralelo y dos en serie de manera que se cumplan los objetivos de remoción bacteriológica y carga orgánica.

4. DIMENSIONAMIENTO DE LAS LAGUNAS.

De acuerdo a las bases de cálculo, criterios de diseño y lo descrito en los puntos anteriores, se procede a continuación a efectuar el dimensionamiento y evaluación del sistema de lagunas primarias en paralelo.

TABLA Nº 6.6.
DIMENSIONAMIENTO Y VERIFICACION DEL SISTEMA DE
LAGUNAS FACULTATIVAS EN PARALELO
CURACAVI

POBLACION	hab	23071
CAUDAL AF. TOTAL	l/s	49,7
	m ³ /d	4294,1
CARGA ORGANICA TOTAL	KgDBO/día	923,2
	mg/l	215
COLI FECALES AFLUENTE	No./100ml	3,78e+07
Tº MEDIAS AGUA		
MES MAS FRIO EPOCA RIEGO	ºC	17,7
MES MAS FRIO	ºC	14,9
FACTOR DE DISPERSION: d		0,190
CARGA ORGANICA MAXIMA	Kg DBO/Ha-d	236
CARGA ORGANICA APLICADA	Kg DBO/Ha-d	233
PERIODO RETENCION: T	días	15,65
N/No		1,48e-03
S/So		0,239
COLI FECALES EFLUENTE	No./100ml	56111
DBO SOLUBLE EFLUENTE	mg/l	51,3
DBO TOTAL EFL. (FINAL)	mg/l	87,2
LARGO MEDIO	m	205,0
RELACION LARGO/ANCHO		5
ANCHO MEDIO	m	41,0
PROFUNDIDAD	m	2
# DE UNIDADES		4
TALUD INTERIOR	Horiz:Vert	3

60

continuación Tabla N°6.6.

VOLUMEN NETO TOTAL	m3	67.181
AREA TOTAL LAGUNAS	Has	3,97
VOLUMEN C/UNIDAD	m3	16795
AREA C/UNIDAD	Has	0,99
LARGO BASAL	m	199
ANCHO BASAL	m	35
LARGO SUPERFICIAL	m	211
ANCHO SUPERFICIAL	m	47

Se puede apreciar que tratando el total de las aguas servidas al final del período de previsión, las cuatro lagunas producen una calidad bacteriológica del efluente del orden de 56000 [NMP/100ml], lo que dista mucho de satisfacer las condiciones de diseño y obliga a descartar esta alternativa.

A continuación se presenta el dimensionamiento de las lagunas en serie, las que permiten dar cuenta del abatimiento bacteriológico requerido bajo un criterio modular de diseño.

TABLA Nº 6.7.
DIMENSIONAMIENTO Y VERIFICACION DEL SISTEMA DE
LAGUNAS FACULTATIVAS EN SERIE
CURACAVI

CAUDAL	l/s	49,7
	m ³ /día	4294
CARGA ORGANICA TOTAL	KgDBO/día	374
	mg/l	87,2
COLI FECALES AFLUENTE	No./100ml	56111
FACTOR DE DISPERSION: d		0,190
CARGA ORGANICA MAXIMA	Kg DBO/Ha-d	236
CARGA ORGANICA APLICADA	Kg DBO/Ha-d	189
PERIODO RETENCION: T	días	7,82
N/No		1,72e-02
S/So		0,457
COLI FECALES EFLUENTE	No./100ml	967
DBO SOLUBLE EFLUENTE	mg/l	39,9
DBO TOTAL EFL. (FINAL)	mg/l	67,8
LARGO MEDIO	m	205
RELACION LARGO/ANCHO		5
ANCHO MEDIO	m	41,0
PROFUNDIDAD	m	2
# DE UNIDADES		2
TALUD INTERIOR	Horiz:Vert	3
VOLUMEN NETO TOTAL	m ³	33.591
AREA SUP. LAGUNAS	Has	1,98
VOLUMEN C/UNIDAD	m ³	16795
AREA SUPERFICIAL C/U	Has	0,99

El diseño anterior permite cumplir con los requerimientos de riego irrestricto por cuanto la calidad final del efluente tratado al final del período de previsión es ligeramente menor a los 1000 [NMP/100ml] requeridos como concentración efluente de coliformes fecales, sin considerar ningún efecto de dilución. Por otro lado, el tiempo de retención total en el sistema al final del período de previsión es del orden de 23,5 [días], mayor a los 20 [días] recomendados para un abatimiento total de parásitos y Helminetos.

5. ALTERNATIVAS CONVENCIONALES DE TRATAMIENTO.

Como alternativa de tratamiento, y en virtud al relativamente alto requerimiento de terreno del sistema no convencional, se analiza a continuación la posibilidad de emplazar un sistema convencional de tratamiento, el que si bien tiene costos de operación y mantenimiento más elevados que los de las lagunas, presentan un requerimiento de terreno significativamente menor.

Existen diversas alternativas de tratamiento convencional entre las que destacan filtros biológicos y lodos activados. Estos últimos tienen varias versiones, de las cuales las más aplicadas son las de tipo convencional, aeración extendida y de alta tasa.

Dadas las características del presente estudio, en lo que se refiere tanto a la población, magnitud de caudales y aporte orgánico de las aguas servidas, se considera que la alternativa mediante lodos activados en su versión de aeración extendida es la que presenta las condiciones técnicas y económicas más apropiadas. Se contempla el dimensionamiento de un sistema de zanjas de oxidación, cuyas características se presentan a continuación.

Las aguas servidas crudas entran primeramente a un tratamiento preliminar, el que considera las componentes unitarias de cámara de rejillas, desarenación y medidor de caudal. Luego, ingresan a una cámara de premezclado, donde se mezclan con los lodos de recirculación provenientes del sedimentador secundario para ingresar conjuntamente al tanque de aeración, donde tiene lugar la degradación biológica por parte de la población microbiana mantenida al interior del mismo a una concentración dada.

El efluente del tanque de aeración es enviado al sedimentador secundario, desde donde se recolecta el agua servida clarificada para enviarla a un estanque de contacto, donde tiene lugar el abatimiento bacteriológico a través de desinfección por cloro antes de ser evacuada al cuerpo receptor.

Por otro lado, parte del lodo decantado en el sedimentador es recirculada al tanque de premezclado, a objeto de mantener una proporción dada entre los microorganismos y el sustrato al interior

del tanque de aereación. El resto de los lodos son enviados a un espesador, desde donde pasan a los lechos de secado o filtros prensa, donde se deshidratan hasta una humedad que permita su transporte y disposición final.

El dimensionamiento del estanque de aeración se efectúa como el factor de carga como parámetro de dimensionamiento, que debe encontrarse en el rango 0,05 a 0,15 [Kg DBO/Kg SSLM/día]. El criterio tradicional consiste en dimensionar una unidad que opere con un factor de carga igual a 0,05 [Kg DBO/Kg SSLM/día] al principio del período de previsión y verificar que el factor de carga sea menor a 0,15 [Kg DBO/Kg SSLM/día] al final del período de previsión. Dado que la carga orgánica ([Kg DBO/día]) al final del período de previsión es 4,4 veces la carga orgánica inicial, no es posible bajo los anteriores criterios diseñar un estanque que opere satisfactoriamente a lo largo de todo el período de previsión.

En virtud a lo anterior se diseñarán dos unidades de igual volumen, la primera de las cuales operará hasta el año 1999, debiendo la segunda entrar en funcionamiento en el año 2000.

Las bases de cálculo para el dimensionamiento de la planta de tratamiento convencional serán entonces las siguientes.

POBL. SERVIDA [hab]	CAUDAL INFILTR [l/s]	CAUDAL MEDIO A.S. [l/s]	CAUDAL MEDIO TOTAL [l/s]	CAUDAL MAXIMO HORARIO [l/s]	CAUDAL MAX HOR TOTAL [l/s]	DBO [mg/l]
6027	10,6	10,2	20,8	32,3	42,9	117
13041	10,6	22,1	32,7	62,7	73,3	159
13523	10,6	22,9	33,5	64,7	75,3	169
23071	10,6	39,1	49,7	101,3	111,9	215

En el cálculo de la DBO se ha asumido que ésta aumenta linealmente en el período de análisis desde 35 [gr/ha/día] hasta 40 [gr/hab/día].

A continuación se presenta el dimensionamiento de la zanja de oxidación.

5.1. CAMARA DE PREMEZCLADO Y TANQUE DE AERACION

Se diseñan dos unidades, cada una correspondiente a una zanja de oxidación.

TABLA Nº6.8
CAMARA DE PREMEZCLADO

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Volumen	m ³	44
Profundidad	m	3,6
Longitud	m	3,5
Ancho	m	3,5

TABLA Nº 6.9.
DIMENSIONAMIENTO ZANJAS DE OXIDACION

DESCRIPCION	UNIDAD	1992	1999	2000	2025
CAUDAL AFLUENTE	m ³ /día	1797	2825	2894	4294
CONCENTRACION DBO AFLUENTE	mg/l	117	159	169	215
CALIDAD REQUERIDA DEL EFLUENTE	mg/l	30	30	30	30
CARGA ORGANICA	Kg/día	211	450	490	923
FACTOR DE CARGA	KgDBO/Kg SSLM día	0,069	0,146	0,080	0,150
SOLIDOS SUSP. LICOR MEZCLADO	Kg/m ³	3,5	3,5	3,5	3,5
VOLUMEN REQUERIDO	m ³	880	880	1760	1760
TIEMPO DE RETENCION	hr	11,8	7,5	14,6	9,8
TEMPERATURA DEL AGUA	°C	18	18	18	18
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	msmn	200	200	200	200
CONC. OX. SAT. EN COND. STAND.	mg/l	10,16	10,16	10,16	10,16
CONC. OX. SAT. EN COND. CAMPO	mg/l	9,17	9,17	9,17	9,17
DEMANDA OX. POR SINTESIS	Kg/día	79	183	202	397

65

continuación Tabla N°6.9

DEMANDA DE OX. ENDOGENA	Kg/día	308	308	616	616
DEMANDA DE OX. POR NITRIFIC.	Kg/día	95	203	221	415
DEMANDA OXIGENO TOTAL	Kg/día	481	693	1038	1428
DEMANDA OXIGENO ADOPTADA	Kg/día	602	866	1298	1786
EFIC ROTOR COND. STANDARD	Kg O2/m hr	2,40	2,40	2,40	2,40
EFIC ROTOR COND. CAMPO	Kg O2/m hr	2,17	2,17	2,17	2,17
LONGITUD REQUERIDA ROTOR	m	11,6	16,7	25,0	34,4
LONGITUD ADOPTADA ROTOR	m	12	18	30	36
ANCHO ADOPTADO	m	6	6	6	6
NUMERO DE ROTORES		2	3	5	6
EFICIENCIA CORREGIDA ROTOR	Kg O2/m hr	2,09	2,01	1,80	2,07
POTENCIA TOTAL	Kw/m	0,8	0,7	0,7	0,8
	Kw	9,6	12,6	21,0	28,8
POTENCIA EFECTIVA	Kw	11	15	24	33
CONSUMO DE ENERGIA	Kwh/día	266	349	582	798
POT. REQ. A MAX. INMERSION	Kw/m	1,5	1,5	1,5	1,5
	Kw	9,0	9,0	9,0	9,0
POTENCIA EFECTIVA POR MOTOR	Kw	10,4	10,4	10,4	10,4
POTENCIA MOTOR (POR ROTOR)	Kw	15	15	15	15
NUMERO DE UNIDADES		1	1	2	2
DIMENSIONES ADOPTADAS					
PROFUNDIDAD	m	2	2	2	2
ANCHO	m	14	14	14	14
LARGO	m	32	32	32	32

5.2 SEDIMENTACION SECUNDARIA

El diseño de los sedimentadores secundarios se efectúa sobre la base de tasa superficial, la cual se recomienda sea del orden de 1 [m³/m²/hr] en condiciones de caudal máximo horario.

Para el período comprendido hasta el año 1999 funcionará una unidad, debiendo entrar en operación la segunda unidad a partir del año 2000.

TABLA Nº6.10
SEDIMENTACION SECUNDARIA

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
Diámetro unitario	m.	18
Altura Util Pared Vertical	m.	3
Angulo Inclinação Piso	º	7,5
Area Unitaria	m ²	254,5
Volumen Unitario	m ³	915
Tasa Superficial a Q _{máx} 1999 (1 unidad)	m ³ /m ² /hr	1,04
2025 (2 unidades)		0,79
Tasa Superficial a Q _{medio} 1999 (1 unidad)	m ³ /m ² /hr	0,46
2025 (2 unidades)		0,35

5.3 ESPESADOR DE LODOS

Se diseña una unidad, la cual operará durante todo el período de previsión.

TABLA N°6.11
ESPESADOR DE LODOS

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR
CARGA ORGANICA FUTURA	(Kg DBO/día)	923
CARGA ORGANICA PRESENTE	(Kg DBO/día)	211
PRODUCCION DE LODO	(Kg lodo/Kg DBO)	1
ANGULO INCLINACION PISO		5
ALTURA	(m)	5
DIAMETRO	(m)	7
DIAMETRO ESPESADOR	(m)	7
AREA ESPESADOR	(m ²)	38.5
VOLUMEN ESPESADOR	(m ³)	196.35
HUMEDAD LODO SECUNDARIO	(%)	99.2
CANT LODOS SECOS SEDIM	(Kg/m ³)	8
VOL LODOS A Qfut	(m ³ /día)	115
VOL LODOS A Qpte	(M ³ /día)	26
HUMEDAD LODO ESPESADO	(%)	97.5
CANT LODOS SECOS ESPESADOS	(Kg/m ³)	25
VOL LODOS ESPESADOS A Qfut	(m ³ /día)	37
VOL LODOS ESPESADOS A Qpte	(m ³ /día)	8
TASA SUP A Qfut	(Kglodo/m ² /día)	23.98
TASA SUP A Qpte	(Kglodo/m ² /día)	5.48
DIAS ESPESAMIENTO A Qfut		2.19
DIAS ESPESAMIENTO A Qpte		20.13

**TABLA N°6.12
BOMBEO RETORNO DE LODOS**

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	
		1992	2025
Caudal Medio Afluyente	l/s	20,8	49,7
Caudal de Bombeo (1,5 Q)	l/s	31,2	74,6
Altura Elevación Estimada	m.	5	
Número de Bombas (1 en stand-by)		2	
Capacidad de cada Bomba	l/s	80	
Eficiencia de las Bombas	%	60	75
Potencia Bombas	KW	2,5	4,9
Potencia incl. eficiencia motor y variaciones	KW	2,9	5,3
Consumo Energía	KWH/día	70	127
Potencia Motor	KW	7	

5.4. ESTANQUE DE CONTACTO.

Caudal Medio 2025	m ³ /h.	179
Período de Retención	minutos	30
Volumen Requerido	m ³	89,5
Número de Canales		18
Ancho de Canales	m.	0,5
Largo Util Estanque	m.	10
Ancho Util Estanque	m.	9
Profundidad	m.	1

5.5. LECHOS DE SECADO.

Población	habitantes	23071
Tasa de Diseño	m ² /habitante	0,1
Area Neta	m ²	2307
Area Neta Adoptada	m ²	2400
Nº Lechos		20
Largo Unitario	m.	20
Ancho Unitario	m.	6

CAPITULO VII. EVALUACION ECONOMICA.

1. METODOLOGÍA.

Curacaví está ubicada entre dos grandes centros de consumo, Santiago y Valparaíso, contando con condiciones de suelo y clima para todo tipo de cultivos. El desarrollo agrícola local, sin embargo, se encuentra limitado por escasez de agua de riego.

La planta de tratamiento proyectada permitiría una fuente constante para la irrigación de un área de aptitud agrícola, actualmente sin uso alternativo (sólo agricultura de subsistencia).

Se ha considerado que la superficie regada por el proyecto podría ser cultivada con hortalizas, debido a la proximidad de los centros de consumo.

Se supone que el precio del agua sería equivalente a la disposición a pagar de los agricultores por el agua, la que correspondería a los excedentes agrícolas posibles de obtener por metro cúbico de agua.

El proyecto ha sido evaluado económicamente considerando como beneficio sólo el ingreso por venta de las aguas servidas tratadas. No se consideró como ingreso las tarifas correspondientes al tratamiento del agua.

Los costos estimados corresponden a la inversión en la construcción de la planta de tratamiento y sus costos de operación estimados durante el horizonte de evaluación (10 años), para ambas alternativas técnicas (lagunas y zanjas de oxidación).

2. RESULTADOS OBTENIDOS.

2.1. Ingresos unitarios.

El análisis de los precios y rendimientos hortícolas permiten suponer que los ingresos medios de una hectárea regada en Curacaví serían cercanos a los US\$ 9.100 por hectárea al año, en tanto que los costos ascenderían a US\$5.600, aproximadamente, con un excedente agrícola promedio de US\$3.500 por hectárea¹.

Se ha supuesto que el caudal requerido para regar una hectárea de hortalizas es de 0.7 l/s, basado en el sistema de riego por aspersión. Con estas condiciones, el requerimiento total de agua ascendería a 22.000 m³ al año. En consecuencia, el excedente agrícola por metro cúbico es de US\$ 0.16, lo que correspondería al precio de mercado del agua.

Al sumar los ingresos por descontaminación (tarifa de tratamiento) con los ingresos por venta de agua tratada, el ingreso total es de US\$ 0.22 por metro cúbico. No obstante, como se indicó anteriormente, este mayor valor no se considera en la evaluación.

2.2. Costos unitarios.

Los costos unitarios de tratamiento de las aguas, para ambas alternativas técnicas, se aprecian en el siguiente cuadro:

¹Promedios aproximados obtenidos de los precios, rendimientos y costos de los principales cultivos hortícolas, detallados en el Anexo de Evaluación Económica.

CUADRO Nº 7.1.- COSTOS UNITARIOS DE TRATAMIENTO.

	Alternativa Lagunas	Alternativa Zanjas
Inversión (US\$)	480.000	1.264.000
Costo anual capital (US\$) (1)	70.000	185.000
Costo anual operación (US\$ Miles)	32.000	50.000
Costo total anual (US\$ Miles)	102.000	235.000
Producción (m3/año)(2)	750.000	750.000
Costo unitario (US\$/m3)	0.14	0.31

- (1) Se considera una vida útil de 15 años, con una tasa de descuento del 12%.
- (2) Producción inicial.

2.3. Rentabilidad del proyecto.

Se observa que el precio estimado de venta de las aguas tratadas es superior al costo de tratamiento en lagunas, por lo que el proyecto podría ser rentable aún con tarifa nula; ello indica que el hecho de descontaminar las descargas del alcantarillado de Curacaví, con el objeto de reutilizarlas en la agricultura, constituye en sí una decisión económicamente rentable, teniendo como beneficio adicional la descontaminación (cuyo precio es la tarifa de tratamiento)

La tasa de rentabilidad del proyecto ha sido estimada en 20% anual, con un valor actualizado neto de US\$180.000, considerando una tasa de descuento de 12% anual, como se detalla en el Anexo Nº1.

ANEXO Nº 1
EVALUACION ECONOMICA

TABLA Nº1

Precios de las principales hortalizas

HORTALIZAS/AÑOS		83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	PROMEDIO
AJ	\$/Kg	744.36	653.07	597.95	725.11	814.67	938.83	1011.38	1041.31	959.58	1054.02	854.03
AJO	\$/1000 UND	8384.32	7662.60	10815.76	9243.07	7839.77	7366.32	13230.99	17493.67	9766.94	9249.68	10105.31
ARVEJA VERDE	\$/Saca 25 Kilos	4268.50	4718.22	4078.40	5015.13	5698.61	5425.67	5149.05	5697.90	6402.16	5088.77	5154.24
CEBOLLA	\$/100 UND	1743.83	892.53	1006.57	816.48	2261.50	1201.11	668.14	2013.52	1100.72	2838.19	1454.26
CHOCLO	\$/100 UND	4295.83	4021.90	3950.79	3936.22	4124.87	4142.14	4960.11	3958.45	4590.44	3996.69	4197.74
MELONES	\$/100 UND	4774.60	7124.84	6017.62	6948.44	7316.52	14198.13	11266.77	12109.81	9975.05	8950.49	8868.23
SANDIAS	\$/100 UND	38543.93	30604.50	30785.20	26161.74	54118.44	40400.45	31421.48	50586.44	26505.71	42615.67	37174.36
ZAPALLO	\$/100 UND	86716.59	58668.32	69141.66	75041.39	73985.56	94491.94	66640.95	153715.57	79155.74	99663.84	85722.16
TOMATE	\$/Caja 20 Kilos	2768.12	2666.41	2260.47	2403.61	2999.18	2829.99	2712.47	2669.52	2797.23	3037.01	2714.40

76

TABLA Nº2
Rendimiento de las principales hortalizas

HORTALIZAS	RENDIMIENTOS
AJI	8 [MKg/HA]
AJO	180 [MUNIDADES/HA]
ARVEJA VERDE	5 [MKg/HA]
CEBOLLA	120 [MUNIDADES/HA]
CHOCLO	30 [MUNIDADES/HA]
MELONES	10 [MUNIDADES/HA]
SANDIAS	5 [MUNIDADES/HA]
ZAPALLO	3 [MUNIDADES/HA]
TOMATE	28 [MKg/HA]

TABLA N°3

Cálculo de los ingresos totales de las principales hortalizas

HORTALIZAS	RENDIMIENTOS (1)		PRECIO (2)		INGRESO (3)
			[UNIDADES/Hó/año]		[US\$/Hó/año]
AJÍ	8	[MKg/HA]	854	[\$/Kg]	29,606
AJO	180	[MUNIDADES/HA]	10,105	[\$/1000 UNID]	7,882
ARVEJA VERDE	5	[MKg/HA]	5,154	[\$/Saco 25 Kilos]	4,467
CEBOLLA	120	[MUNIDADES/HA]	1,454	[\$/100 UNID]	7,562
CHOCLO	30	[MUNIDADES/HA]	4,198	[\$/100 UNID]	5,457
MELONES	10	[MUNIDADES/HA]	8,868	[\$/100 UNID]	3,843
SANDIAS	5	[MUNIDADES/HA]	37,174	[\$/100 UNID]	8,054
ZAPALLO	3	[MUNIDADES/HA]	85,722	[\$/100 UNID]	9,287
TOMATE	28	[MKg/HA]	2,714	[\$/Caja 20 Kilos]	16,467

NOTA: a) Ingresos (3) = Rendimiento (1) * Precio (2) * .65 * 2.5 [cosechas/año] / 375 [US\$/\$]

b) Se usa el factor .65 ya que los precios entregados por ODEPA son al por mayor y no de productores.

c) Se usa el factor 2.5 ya que es el número de cosechas promedio sembradas al año.

86

TABLA 4.0
Costos operacionales desglosados de las principales hortalizas (requerimientos)

	Insumos				Gastos Faenas			
	Semilla (*)	Fertilizantes (Kg/Há)			Pesticidas	Trabajo	Tractor	Animales
	(US\$/Há)	Nitro	Fósforo	Potasio	(US\$/Há)(*)	(JHo/Ha)	(JTr/Ha)	(JAn/Tr)
Tomate		110	90	50		137	12	6
Ajos		45	90			92	8	
Cebollas		70	90			115	14	
Alcachofas		150	100	130		40	8	4
Espárragos		60	30			57	6	
Arvejas verdes		100	25			57	10	3
Porotos verdes		30	70			59	126	3
Choclo		100	90			28	9	2
Melón		120	70			13	26	10
Sandía		80	46			65	11	11
Ají/Pimentón		70	46			104	7	6
Coliflor/Repollo		80	70			116	8	
Zanahoria		120	40			114	12	
Precio Unitario (US\$)	q1	500	500	500	q1	10	8	2

(*) Estimación

TABLA 4.1

Costos operacionales de las principales hortalizas desglosados (Costos de producción [US\$/Há/Cosecha])

	Semilla (*) (US\$/Há)	Fertilizantes (Kg/Há)			Pesticidas (US\$/Há)(*)	Total Insumos (Kg/Há)	Gastos Faenas			Total costos faenas	Total gasto directo (US\$/Há/Cos.)	Costo Ind. 15%	Total Gasto (US\$/Há/Cos.)
		Nitro	Fósforo	Potasio			Trabajo (JHo/Ha)	Tractor (JTr/Ha)	Animales (JAn/Tr)				
Tomate	1,000	55	45	25	500	1,625	1,370	96	12	1,478	3,103	465	3,568
Ajos	300	23	45	0	500	868	920	64	0	984	1,852	278	2,129
Cebollas	300	35	45	0	500	880	1,150	112	0	1,262	2,142	321	2,463
Alcachofas	500	75	50	65	500	1,190	400	64	8	472	1,662	249	1,911
Espárragos	500	30	15	0	500	1,045	570	48	0	618	1,663	249	1,912
Arvejas verdes	200	50	13	0	500	763	570	80	6	656	1,419	213	1,631
Porotos verdes	200	15	35	0	500	750	590	1,008	6	1,604	2,354	353	2,707
Choclo	200	50	45	0	500	795	280	72	4	356	1,151	173	1,324
Melón	200	60	35	0	500	795	130	208	20	358	1,153	173	1,326
Sandía	200	40	23	0	500	763	650	88	22	760	1,523	228	1,751
Ají/Pimentón	500	35	23	0	500	1,058	1,040	56	12	1,108	2,166	325	2,491
Coliflor/Repolo	300	40	35	0	500	875	1,160	64	0	1,224	2,099	315	2,414
Zanahoria	300	60	20	0	500	880	1,140	96	0	1,236	2,116	317	2,433
Promedio													2,159

(*) Estimación

Fuente: Anuario del Campo, Fichas de evaluación de cultivos.

92

TABLA Nº4.2

Costos operacionales de las principales hortalizas

Productos	Costos (US\$/Hó/cosecha)	Costos anuales 2.5*(US\$/Hó/cosecha)
AJI	2,414	6,035
AJO	2,129	5,323
ARVEJA VERDE	1,631	4,078
CEBOLLA	2,463	6,158
CHOCLO	1,324	3,310
MELONES	1,326	3,315
SANDIAS	1,751	4,378
ZAPALLO	1,539	3,846
TOMATE	3,568	8,920

TABLA Nº5

Costo total de producción (US\$/Há/año)

Producto	Costo de operación	Costo total
	[US\$/Há/año]	[US\$/Há/año]
AJI	6,035	6,389
AJO	5,323	5,676
ARVEJA VERDE	4,078	4,431
CEBOLLA	6,158	6,511
CHOCLO	3,310	3,664
MELONES	3,315	3,669
SANDIAS	4,378	4,731
ZAPALLO	3,846	4,200
TOMATE	8,920	9,274

NOTA:

a) Costo de capital: - Inversión igual a 2,000 [US\$/Há]

- Vida útil = 10 años

- Tasa de interés = 12 % .

b) C. total [US\$/Há/AÑO] = C. de operación [US\$/Há/año] + C. Capital [US\$/Há/año]

12

TABLA Nº 6

Porcentaje de incidencia de cada hortaliza en relación al área cultivada total del país.

HORTALIZAS	AREA CULTIVADA EN TODO EL PAIS [Hé]	Incidencia
		[%]
Ají	1,390	2.12
ajo	1,540	2.34
Arveja verde	3,620	5.51
Cebolla	10,447	15.90
Choclo	11,653	17.74
Melones	5,100	7.76
Sandías	6,383	9.72
Zapallo	5,581	8.50
Tomate	11,012	16.76
Otros	8,967	13.65
TOTAL	65,693	100.00

TABLA Nº 7

Excedente agrícola US\$/Há/año

HORTALIZAS	INGRESO	COSTO	INGRESOS TOTAL	COSTOS TOTAL	EXCEDENTE AGRICOLA
	[US\$/Há/año]	[US\$/Há/año]	[US\$/Há/año]	[US\$/Há/año]	[US\$/Há/año]
Ají	29,606	6,389	725	157	569
Ajo	7,882	5,676	214	154	60
Arveja verde	4,467	4,431	285	283	2
Cebolla	7,562	6,511	1,393	1,199	193
Choclo	5,457	3,664	1,121	753	368
Melones	3,843	3,669	345	330	16
Sandías	8,054	4,731	906	532	374
Zapallo	9,287	4,200	914	413	500
Tomate	16,467	9,274	3,197	1,800	1,396
TOTAL	92,626	48,547	9,100	5,621	3,479

NOTA: a) Ingreso total = Ingreso * porcentaje de incidencia (tabla Nº 6)

a) Costo total = Costo * porcentaje de incidencia (tabla Nº 6)

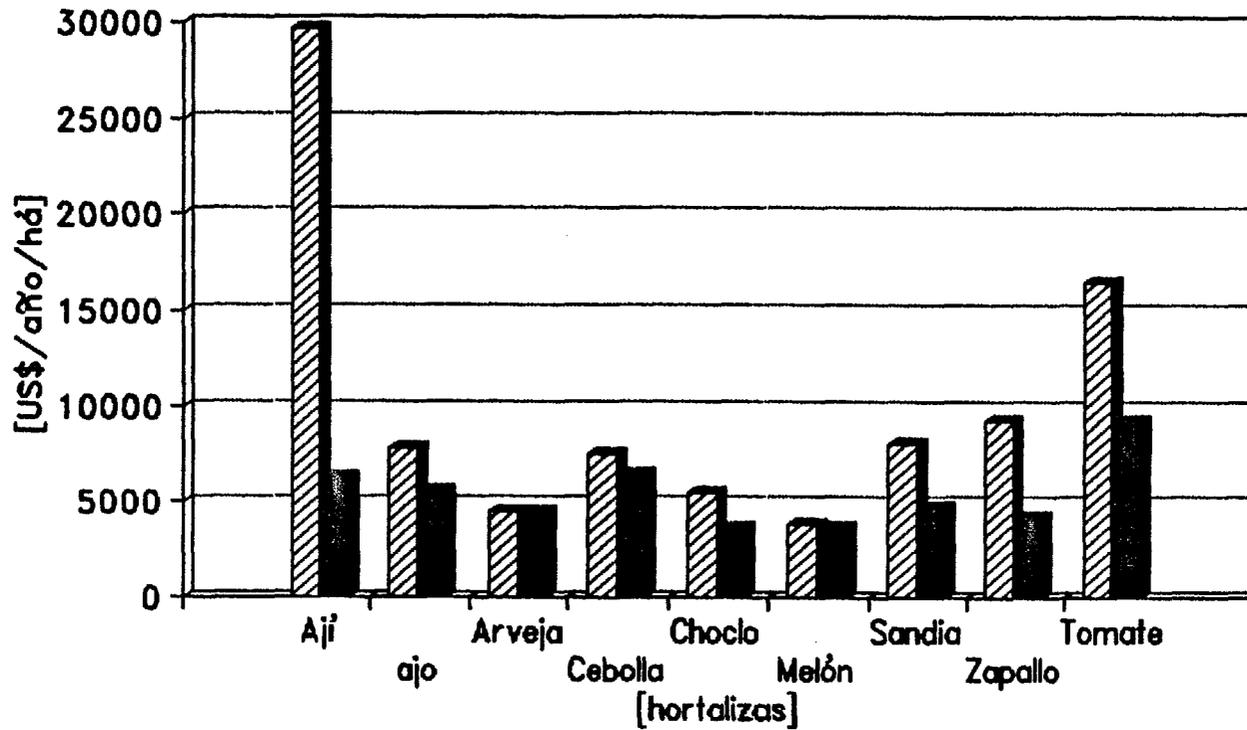
TABLA Nº 8

Disposición a pagar por el agua de la agricultura

Ingresos totales ponderados	[US\$/Há/año]	9,100
Costos totales ponderados	[US\$/Há/año]	5,621
Excedente agrícola		3,479
Requerimiento de agua	l/s	0.70
	[m3/año]	22,075
Disposición a pagar	US\$/m3	0.16

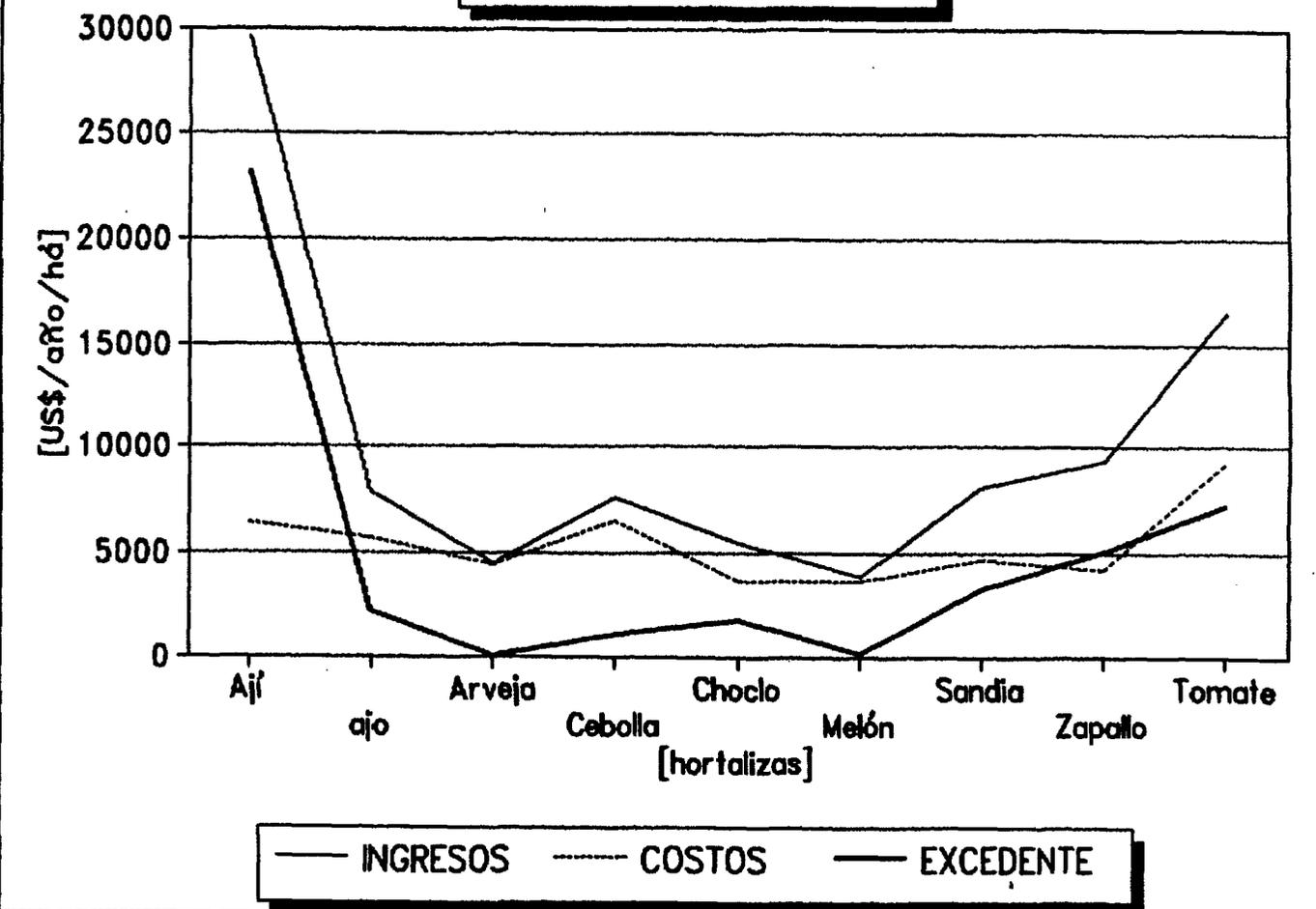
84

FIGURA Nº 1
INGRESOS Y COSTOS HORTICOLAS



▨ INGRESOS ■ COSTOS

**FIGURA Nº 2
EXCEDENTE AGRICOLA**



A.1.1185

98

TABLA Nº 9

Costos de inversión (en miles de pesos)

	ANO 1994	ANO 2000	ANO 2005
1.- Mejoramiento del bombeo (ambas soluciones)			
- Bombas y rehabilitación	8,807		11,886
- Impulsión	16,348		
2.- Tratamiento en lagunas de estabilización			
- Compra de terrenos	16,200		
- Diseño/construcción (1º etapa)	138,959		
3.- Tratamiento en zanjas de oxidación			
- Diseño/construcción (2 etapas)	449,040	155,000	
- Consumo eléctrico (año)	2,331		6,415

TABLA Nº 10

Costos de operación mantención (en miles de pesos)

	(M\$)
1.- Sistema de bombeo (ambas soluciones)	
- Mantención y operación desde 1995 a 2004	1, 450
- Mantención y operación desde 2004 a 2025	1, 817
2.- Tratamiento en lagunas de estabilización	
- Mantención y operación desde 1995 a 2025	10, 580
3.- Tratamiento en zanjas de oxidación	
- Consumo eléctrico (\$/M3)	2.92
- Personal y análisis	9, 597
- Mantención por año (1995/1999)	5, 000
- Mantención por año (2000/2025)	8, 600

88

TABLA Nº 11
Evaluación de alternativa Nº 1 (privado)
(Cifras en dólares)

ANOS	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
M3/año		835,704	876,701	920,851	965,002	1,009,152	1,059,610
Ingresos							
* Venta de agua		131,717	138,178	145,137	152,095	159,054	167,007
TOTAL		131,717	138,178	145,137	152,095	159,054	167,007
Costos							
* operación		32,959	32,959	32,959	32,959	32,959	32,959
* Inversión	480,837						
TOTAL	480,837	32,959	32,959	32,959	32,959	32,959	32,959
Excedente	(480,837)	98,758	105,219	112,178	119,136	126,095	134,048

NOTAS:

- (1) VAN 178,916 (US\$)
- (2) TIR 20%
- (3) Valor residual del proyecto.
- (4) Para el cálculo de los ingresos por venta de agua la tarifa utilizada es de 50 \$/l

TABLA Nº 11

Evaluación de alternativa Nº 1 (privado)

(Cifras en dólares)

ANOS	2001	2002	2003	2004	2005
M3/año	1, 075, 378	1, 091, 146	1, 110, 067	1, 128, 989	
Ingresos					
* Venta de agua	169, 492	171, 977	174, 959	177, 942	
TOTAL	169, 492	171, 977	174, 959	177, 942	
Costos					
* operación	32, 959	32, 959	32, 959	32, 959	
* Inversión					(3) 96167.4
TOTAL	32, 959	32, 959	32, 959	32, 959	
Excedente	136, 533	139, 018	142, 000	144, 983	(3) 96167.4

NOTAS:

(1) VAN

(2) TIR

(3) Valor residual del proyecto.

(4) Para el cálculo de los ingresos por venta de agua la tarifa utilizada es de 50 \$/l

90

TABLA Nº 12
Evaluación de alternativa Nº 2 (privado)
 (Cifras en dólares)

ANOS	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
M3/año		835,704	876,701	920,851	965,002	1,009,152	1,059,610
Ingresos							
* Venta de agua		131,717	138,178	145,137	152,095	159,054	167,007
TOTAL		131,717	138,178	145,137	152,095	159,054	167,007
Costos							
* operación		50,650	50,978	51,331	51,684	52,038	56,825
* Inversión	1,264,520						413,300
4	1,264,520	18,749	19,120	19,941	19,862	20,233	435,504
Excedente	(1,264,520)	112,968	119,058	125,196	132,233	138,821	(268,497)

NOTAS:

(746,605) (US\$)

(1) VAN

-4%

(2) TIR

(3) Valor residual del proyecto.

(4) Para el cálculo de los ingresos por venta de agua la tarifa utilizada es de 50 \$/l.

TABLA Nº 12

Evaluación de alternativa Nº 2 (privado)

(Cifras en dólares)

ANOS	2001	2002	2003	2004	2005
M3/año	1, 075, 378	1, 091, 146	1, 110, 067	1, 128, 989	
Ingresos					
* Venta de agua	169, 492	171, 977	174, 959	177, 942	
TOTAL	169, 492	171, 977	174, 959	177, 942	
Costos					
* operación	56, 951	57, 077	57, 228	57, 380	
* Inversión					(3) 4118224
4	22, 575	22, 946	23, 317	23, 688	
Excedente	146, 917	149, 031	151, 642	154, 254	(3) 418224

NOTAS:

(1) VAN

(2) TIR

(3) Valor residual del proyecto.

(4) Para el cálculo de los ingresos por venta de agua la tarifa utilizada es de 50 \$/l

16
A.1.17

ANEXO Nº 2

ANTECEDENTES DE COSTOS

**LAGUNAS ESTABILIZACION CURACAVI
PRESUPUESTO ESTIMATIVO**

ITEM	DESIGNACION	UNID.	CANTIDAD	P.U. (\$)	P.T. (\$)
1.- MOVIMIENTO DE TIERRAS					
1.1	Escarpe	m3	8,085	432	3,492,720
1.2	Excavación formación lagunas	m3	35,946	1,112	39,971,952
1.3	Relleno construcción diques	m3	28,242	1,100	31,066,200
1.4	Impermeabilización lagunas	m2	6,965	675	4,701,375
1.5	Excavación zanja	m3	944	710	670,240
1.6	Relleno de excavaciones	m3	885	1,000	885,000
1.7	Retiro de excedentes	m3	3,749	576	2,159,194
Sub Total					82,946,681
2.- SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACION Y PRUEBA DE CAÑERIAS					
Cañería de cemento comprimido					
2.1	D = 250 mm	m	391	3,884	1,518,695
2.2	D = 300 mm	m	160	4,633	741,270
2.3	D = 400 mm	m	472	12,710	5,999,214
Sub Total					8,259,180
3.- OBRAS DE HORMIGON					
3.1	Cámara de rejás	G1	1	400,000	400,000
3.2	Cámara aforador de caudal	G1	1	115,000	115,000
3.3	Estructura llenado lagunas	Nº	6	420,000	2,520,000
3.4	Estructura descarga lagunas	Nº	6	550,000	3,300,000
3.5	Cámara de inspección	Nº	14	110,000	1,540,000
Sub Total					7,875,000
4.- URBANIZACION DEL RECINTO					
4.1	Casa plantero	G1	1	4,500,000	4,500,000
4.2	Cierre del recinto	m	1,160	5,000	5,800,000
4.3	Camino interiores	G1	1	350,000	350,000
Sub Total					10,650,000
5.- OBRAS ELECTRICAS					
5.1	Obras elctricas	G1	1	3,610,000	3,610,000
Sub Total					3,610,000
6.- OBRAS VARIAS					
6.1	Indicadores de nivel	Nº	6	20,000	120,000
6.2	Llenado y puesta en marcha	G1	1	300,000	300,000
6.3	Compuerta acero inox. 304	Nº	14	10,000	140,000
Sub Total					560,000
OBRAS CIVILES					113,900,860
DISEÑO (5 %)					5,695,043
INSPECCION (7 %)					7,973,060
IMPREVISTOS (10 %)					11,390,086
TOTAL \$MN					138,959,049

1 US\$ = Ch\$ 380

93 A.2.1

COSTOS DE MANTENCION Y OPERACION DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION

ELEMENTOS DE COSTO

Inversión Obras Civiles (\$)	113,900,860
Area Neta Ocupada (Ha)	8.1
Operario (\$/año)	1,440,000
Químico (\$/año)	3,600,000
Administrativo (\$/año)	1,920,000
Ingeniero (\$/año)	6,960,000
PERSONAL	8,544,000
N° Operarios (0.6*√Há)	2.0
Funcionario Químico	0.5
Administrativo	0.2
Ingeniero Jefe	0.5
ANALISIS QUIMICOS (\$130.000/há/año)	1,053,000
MANTENCION (1% Inversión)	113,901
ENERGIA	
(12.000+8000*√Há)KWH/AÑO)*25\$/KWH	869,200
T O T A L (\$/año)	10,580,101

PRESUPUESTO ESTIMATIVO ZANJA DE OXIDACION CURACAVI

UNIDAD	COSTOS OBRAS CIVILES (\$)	COSTOS EQUIPOS (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Tratamiento Preliminar	11,540,752	46,899,988	58,440,740
Aereación	39,421,546	211,943,150	251,364,696
Sedimentación Secundaria	27,799,946	18,146,677	45,946,623
Espesador	5,479,826	11,873,963	17,353,789
Secado de Lodos	80,256,720		80,256,720
Cloración	23,297,246		23,297,246
Urbanización	82,630,256		82,630,256
Adquisición del terreno	6,474,888		6,474,888
		INVERSION	565,764,959
		DISEÑO CIVIL (5%)	28,288,248
		DISEÑO ELECTRICO (1%)	5,657,650
		INSPECCION (7%)	39,603,547
		IMPREVISTOS (10%)	56,576,496
		TOTAL	695,890,899
		TOTAL US\$	1,807,509