



**ESTUDIO TARIFARIO AGUAS EMPRESA DE SERVICIO SANITARIO
AGUAS SANTIAGO PONIENTE
4º PROCESO**

**ANEXO
TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS**

Santiago, Octubre de 2007



9.8 Gastos de Operación y Mantenición en Tratamiento de Aguas Servidas

9.8.1 Introducción

En este capítulo se resume la determinación de los gastos eficientes asociados a la operación y mantención de la planta de tratamiento de aguas servidas consideradas para satisfacer la demanda de autofinanciamiento.

Los gastos se determinan de acuerdo a la tecnología de tratamiento adoptada para la planta de Aguas Santiago Poniente S.A. y que corresponde a Lodos Activados.

Los conceptos de gastos considerados para la planta de tratamiento de aguas servidas son los siguientes:

- Energía eléctrica
- Productos químicos
- Transporte y disposición de lodos
- Monitoreos ambientales y control de procesos
- Mantención
- Personal
- Seguridad

Todos los gastos que se indican en este informe corresponden a gastos totales para satisfacer la demanda de la Empresa.

9.8.2 Demanda de Autofinanciamiento

En cuanto a la demanda de autofinanciamiento, a diferencia de lo que ocurre con las inversiones, los valores relevantes para la determinación de gastos corresponden a los promedios anuales y no los valores punta. La demanda considerada es la siguiente:

DEMANDA DE AUTOFINANCIAMIENTO PTAS AGUAS SANTIAGO PONIENTE

| PTAS | Carga media anual kgDBO5/día | Qmedio anual l/s | Q Maximo l/s |
|------------------------------|---------------------------------|---------------------|-----------------|
| AGUAS SANTIAGO PONIENTE S.A. | 1.364 | 26.34 | 75.67 |



9.8.3 Gastos de Operación y Mantenimiento de PTAS

A continuación se presenta los gastos asociados a la planta de tratamiento de de aguas servidas para satisfacer la demanda de la Empresa.

9.8.3.1 Gastos en Energía Eléctrica

La metodología empleada considera sólo aquellos gastos indispensables para el desarrollo de las funciones operacionales (operación y mantenimiento). Por lo tanto, se consideran los gastos de operación y mantenimiento desde el punto de vista de la empresa modelo, la que administra sus recursos en forma eficiente, minimizando los costos estrictamente a las necesidades de la empresa.

La empresa suministradora de energía eléctrica involucrada en este estudio corresponde a Chilectra Metropolitana.

Las tarifas eléctricas al 31 de Diciembre de 2006 se han obtenido de la página web correspondiente a la empresa distribuidora de energía eléctrica.

La determinación del costo de la energía eléctrica implica determinar tanto el consumo de energía (kWH) como el cargo por potencia (kW), además de la incorporación del cargo fijo. En general, la valorización de la energía eléctrica consumida por una instalación es:

$$\text{EE} = \text{Cargo fijo (\$/cliente/mes)} + \text{Consumo de Energía (kWH)} * \text{Cargo por energía (\$/kWH)} + \text{Consumo de potencia (kW)} * \text{Cargo por potencia (\$/kW/mes)}$$

Para los efectos de cuantificar ya sea las potencias como la energía consumida por cada unidad de proceso, se tabulan los consumos obtenidos de algunas plantas de tratamiento de diferentes tamaños.

a) Consumo de Energía para el Pretratamiento

Los valores de consumo por este concepto se presentan en la siguiente tabla:

Consumo de energía en proceso de pretratamiento.

| Caudal l/s | Potencia Instalada | hr/día uso | KWH/año |
|------------|--------------------|------------|---------|
| 10 | 2 | 24 | 17.520 |
| 50 | 3 | 24 | 26.280 |
| 100 | 4 | 24 | 35.040 |
| >100 | 6 | 24 | 52.560 |



b) Consumo de Energía en Tratamiento Biológico

De acuerdo con la experiencia el consumo de energía en la etapa de tratamiento secundario es de 1.5 kWh/kg DBO afluente, fundamentalmente destinados a suministrar energía a los sopladores y aireadores, lo que incluye el tratamiento preliminar (aireación del desgrasador) y el bombeo de lodos (recirculación, purga de lodos).

c) Consumo de Energía en la Desinfección

Para la desinfección, se estima que el consumo de energía es el indicado en la tabla a continuación, para aquellas plantas con tecnología de tratamiento de Lodos Activados.

Consumo de energía en proceso de desinfección.

| Caudal l/s | Equipos kW | Climatización kW | hr/día uso | KWH/año | Potencia Instalada |
|------------|------------|------------------|------------|---------|--------------------|
| 20 | 0,5 | 0,8 | 24 | 11.388 | 1,3 |
| 40 | 1,1 | 0,8 | 24 | 16.644 | 1,9 |
| 100 | 1,5 | 0,8 | 24 | 20.148 | 2,3 |
| 200 | 2,5 | 0,8 | 24 | 28.908 | 3,3 |
| >200 | 3,5 | 0,8 | 24 | 37.668 | 4,3 |

Estos índices de gasto considera la energía requerida para la adición de cloro gas, más la de climatización necesaria

d) Energía para la Deshidratación de Lodos

De instalaciones existentes se obtiene que se requiere 0,614 kW/(m³/h) (Filtro de Banda de 4,3 Kw/hr, con capacidad de 7 m³/hora). Se supone un máximo de 12 horas de funcionamiento y una concentración de lodo a la salida del espesador de 2,5%. Con lo anterior se obtiene:

- 0,025 kWh/kg de lodo seco



e) Otros Consumos de Energía

Otros consumos, como iluminación interior y exterior son los indicados en la siguiente tabla.

Consumo de energía por otros conceptos

| Caudal l/s | Nº Luminarias | KWH/día iluminación | Consumos menores KWH/día | Total otros KWH/año | Potencia Instalada |
|------------|---------------|---------------------|--------------------------|---------------------|--------------------|
| 5 | 1 | 4,8 | 2,40 | 2.628 | 0,5 |
| 10 | 2 | 9,6 | 4,80 | 5.256 | 1,0 |
| 30 | 3 | 14,4 | 4,80 | 7.008 | 1,2 |
| 50 | 4 | 19,2 | 9,60 | 10.512 | 2,0 |
| 100 | 7 | 33,6 | 14,40 | 17.520 | 3,2 |
| 200 | 12 | 57,6 | 14,40 | 26.280 | 4,2 |
| >200 | 12 | 57,6 | 19,20 | 28.032 | 4,8 |

Estos índices consideran el consumo referido a luminarias y otros consumos menores

f) Tarifas Eléctricas

Las tarifas eléctricas vigentes para las empresas distribuidoras de energía eléctrica, a Diciembre de 2006, para tarifas AT.3, son los indicados en la siguiente tabla:

Tarifas eléctricas a Diciembre de 2006. (valores sin IVA)

| Empresa Distribuidora de Energía Eléctrica | Área | Tarifa Cargo Fijo (\$/mes) | Tarifa Cargo Energía (\$/KWh) | Tarifa Cargo Potencia Presente en Punta (\$/KW/mes) |
|--|------|----------------------------|-------------------------------|---|
| CHILECTRA METROPOPLITANA | 1A | 781,25 | 33,98 | 5.841,72 |

Con estos parámetros de consumo y con las tarifas eléctricas, se calculan los costos de energía.



g) Resumen de Gastos de Energía de PTAS

Los gastos en energía eléctrica resultantes de aplicar los criterios anteriores se presenta en la tabla siguiente.

Resumen Gastos de Energía

| PTAS | Tecnología | Consumo Energía KWH/año | Potencia Instalada KW | Empresa | GastoEE Total MM\$/año |
|-------------------------|------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| AGUAS SANTIAGO PONIENTE | Lodo Act. | 806.099 | 115 | CHILECTRA METROPOLITANA | 35,48 |

9.8.3.2 Productos Químicos

A continuación se presentan los gastos de productos químicos determinados, considerando la planta diseñada para satisfacer la demanda de autofinanciamiento Q*. Se cuantifican los recursos necesarios para cubrir el gasto de productos químicos asociado a las actividades que son netamente asignables y atribuibles al tratamiento de aguas servidas.

a) Metodología y Datos de Entrada

La metodología empleada considera sólo aquellos gastos indispensables para el desarrollo de las funciones operacionales (operación y mantenimiento). Por lo tanto, se consideran los gastos de operación y mantenimiento desde el punto de vista de la empresa modelo, la que administra sus recursos en forma eficiente, minimizando los costos estrictamente a las necesidades de la empresa.

La determinación del costo de los productos químicos se realiza a través de relaciones basadas en la aplicaciones de dosificaciones de productos químicos vinculadas a un inductor, generalmente el caudal (volumen por unidad de tiempo o peso). En general, la valorización de los productos químicos es del tipo:

| |
|--|
| $\text{Consumo (kg/año)} = \text{Dosificación (mg/L)} * \text{Caudal (L/s)} * 86.400 \text{ (s/día)} * 365 \text{ (días/año)} / 1.000.000 \text{ (mg/kg)}$ |
|--|

El consumo de productos químicos considera las características de pureza de los diferentes productos comerciales empleados.

Las dosificaciones aplicadas dependen de la tecnología de tratamiento utilizada y se resumen a continuación.



b) Cloración

En general se considera una dosificación de 5 mg/l de cloro para la desinfección. El precio unitario del cloro considerado es 122 \$/kg, corresponde al precio promedio calculado en base a la información enviada por la empresa.

La pureza considerada para el producto comercial es del 10 % (Hipoclorito de Sodio).

c) Polímero para espesamiento de lodos

Se utiliza en la planta de lodos activados que cuentan con sistemas de deshidratación mecánica.

Dosificación y precio de polímeros

| | | |
|--------------|-------|----------------|
| Dosificación | 5,2 | g/kg lodo seco |
| Precio | 1.515 | \$/Kg |

El precio indicado corresponde al precio promedio calculado en base a la información enviada por la empresa.

d) Sulfato Aluminio

Se utiliza en la planta de lodos activados para remoción de fósforo.

Dosificación y precio de Sulfato de Aluminio

| | | |
|--------------|------|-------|
| Dosificación | 71,7 | mg/lt |
| Precio | 55.3 | \$/Kg |

El precio indicado corresponde al precio promedio calculado en base a la información enviada por la empresa.



e) Polímero para remoción de Fosforo

Se utiliza en la planta de lodos activados para remoción de fosforo.

Dosificación y precio de polímero para remoción de Fosforo

| | | |
|--------------|---------|-------|
| Dosificación | 0,42 | mg/lt |
| Precio | 1.849,8 | \$/Kg |

El precio indicado corresponde al precio promedio calculado en base a la información enviada por la empresa.

f) Presentación de Resultados

Los gastos en productos químicos resultantes de aplicar los criterios anteriores se presenta en la tabla siguiente.

Gasto en Productos Químicos PTAS

| PTAS | Tratamiento | Gasto en Cloro MM\$/año | Gasto en Polímero MM\$/año | Gasto en Sulfato Aluminio MM\$/año | Gasto en Polímero remoción de Fosforo MM\$/año | Gasto Neto P. Qcos. \$/año |
|-------------------------|-------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|--|----------------------------------|
| AGUAS SANTIAGO PONIENTE | Lodo Act. | 5,06 | 6,54 | 3,29 | 0,61 | 15,51 |

9.8.3.3 Transporte y Disposición de Lodos

A continuación se presenta la valorización de los gastos de transporte y disposición de lodos generados por la PTAS. Se valoriza el costo unitario, en términos de \$/ton, de transportar y disponer los lodos generados por la PTAS, considerando un lugar de disposición aprobado por la autoridad ambiental, de acuerdo a las bases del proyecto.

a) Producción de lodos

En el caso de la PTAS de Aguas Santiago Poniente se trabajó considerando un índice de producción de lodos de 0,8 kg de lodo seco por cada kg de DBO₅ removida, índice de uso habitual en ingeniería de procesos de tratamiento de aguas servidas.

Para la planta de lodos activados se asumió una humedad final de lodo a disponer de 80%.



b) Metodología y datos de entrada

Los costos de este ítem dependerán de la distancia a un vertedero autorizado, así como las cantidades de lodo a retirar.

Para realizar la valoración se consideraron los siguientes valores de Disposición y Transporte de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas.

| Item | Unidad | Costo |
|-------------|-----------|--------|
| Disposición | \$/Ton | 8.836 |
| Transporte | \$/km/Ton | 127,18 |

c) Resultados: Transporte y disposición de lodos

En la tabla siguiente se resumen los costos de transporte y disposición de lodos para la PTAS de Aguas Santiago Poniente. S.A.

| Planta | Tecnología | Costo Transporte de Lodos MM\$/año | Costo Disposición de Lodos MM\$/año | Costo Total Tpte & Disp. De Lodos MM\$/año |
|-------------------------|------------|------------------------------------|-------------------------------------|--|
| AGUAS SANTIAGO PONIENTE | Lodo Act. | 8,35 | 8,29 | 16,63 |

9.8.3.4 Monitoreo Ambiental y Control de Procesos

En este punto se presenta la determinación de los gastos de análisis, monitoreos ambientales y control de procesos, ya sea para calidad de agua como para lodos generados, con el propósito de dar cumplimiento a los requerimientos ambientales solicitados por la autoridad y también aquellos necesarios para el control interno de la PTAS, ya sea para insumos y gastos de operación. En resumen, se procederá a valorizar el costo unitario, en términos de UF/mes.



Metodología

a) Identificación de los Requerimientos de Monitoreo

Para determinar los costos monitoreo se debe identificar la normativa o resolución que debe cumplir la PTAS. Para la calidad de lodos, se considera lo establecido en el Anteproyecto de Reglamento para el Manejo de Lodos No Peligrosos de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la que se encuentra orientada a regular el uso y manejo de lodos no peligrosos en la agricultura, cuando sus condiciones físicas, químicas y biológicas lo permitan

Para el tratamiento final, la planta deben cumplir con D.S. SEGPRES N°90/00. La siguiente tabla resume los monitoreos consideradas en tratamiento final.

| Exigencias de Monitoreo | |
|-------------------------|--|
| Monitoreo | Tratamiento Final |
| Aguas | Monitoreo establecido en Oficio Ord. SISS N° 1056/033 para la verificación del cumplimiento del DS 90 |
| Lodos | Plan de Monitoreo inicial establecido para la caracterización de lodos generados y monitoreos con frecuencia establecida para verificación del cumplimiento del Anteproyecto de Reglamento para el Manejo de Lodos No Peligrosos de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) |

b) Cuantificación del Número de Análisis

- Parámetros de monitoreo de calidad de efluente

Para plantas con tratamiento final, su aplicación es el D.S N°90/00, que realizan muestreos compuestos durante 24 horas continuas, para el análisis de los parámetros indicados por el programa de monitoreo ajustado a los requerimientos establecidos en el oficio Ord. SISS N°1056/033, indicados en la siguiente tabla:

Parámetros y frecuencias de monitoreo

| Caudal (m3/h) | Parámetros | | | | | | | | | | | | Muestreo (Mensual) | |
|----------------|------------|-----|----|----|-----|-----|----|----|-----|-----|----|----|--------------------|------|
| | DBO5 | SST | NT | PT | AyG | NKT | PE | CF | TCE | TCM | pH | T° | COMP | PUNT |
| Q < 570 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 |
| 570 < Q < 2280 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 5 | 4 |
| Q > 2280 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 0 | 4 | 8 | 4 | 4 | 4 | 4 | 6 | 8 |

Fuente: oficio Ord. SISS N°1056/033



Donde:

| | | | |
|---|------------------|---|---|
| ➤ | DBO ₅ | : | Demanda biológica de oxígeno en 5 días. |
| ➤ | SST | : | Sólidos suspendidos totales. |
| ➤ | Nt | : | Nitrógeno total. |
| ➤ | Pt | : | Fósforo total. |
| ➤ | AyG | : | Aceites y Grasas |
| ➤ | NKT | : | Nitrógeno Kjeldahl |
| ➤ | PE | : | Poder Espumógeno. |
| ➤ | CF | : | Coliformes Fecales. |
| ➤ | TCE | : | Tetracloroetano. |
| ➤ | TCM | : | Triclorometano. |
| ➤ | T° | : | Temperatura. |
| ➤ | COMP | : | Muestra compuesta |
| ➤ | PUNT | : | Muestra Puntual |

- Parámetros de Monitoreo Calidad de Lodo

La causal del monitoreo de la calidad de los lodos generados de una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas se debe a la relevancia de su composición bacteriológica y al posible uso que se le puede dar como mejorador de suelos.

Los análisis de lodos no presentan la misma frecuencia de medición para todas las localidades, debido a que dependen del tipo de tratamiento al que está sometido. Para el monitoreo y análisis de lodos existe el Anteproyecto de Reglamento para el manejo de Lodos No Peligrosos de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), El que tiene como objeto el regular el manejo sanitario de lodos no peligrosos provenientes de plantas de tratamiento de aguas.

Los controles de proceso exigidos por el oficio Ord. SISS N°670/04 no requieren periodicidad de envío ni acreditación del laboratorio que realiza el ensayo. Estos son controles que tienen por objetivo asegurar la entrega del servicio de tratamiento integral de aguas servidas (tratamiento de agua y lodo) y su utilización corresponde, como se indica en el documento, en instancias de fiscalización del mal manejo o tratamiento del lodo, constituyéndolos como registros de los controles de proceso. Se debe señalar que este instructivo excluye a las plantas de tratamiento cuya tecnología consista en lagunas facultativas y aireadas.

Para todas las plantas los parámetros de medición son los mismos, la diferencia recae en el número de muestras y en el punto de control. Este programa estandarizado de control de lodos se elaboró en base a lo establecido en el Anteproyecto de Reglamento para el manejo de Lodos No Peligrosos de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

Este consta de un muestreo inicial cuyo objetivo es el caracterizar los lodos generados en las plantas de tratamiento, para posteriormente llevar a cabo muestreos trimestrales para el control de éstos



Muestreo Inicial de lodos

| Análisis | Unidad | Nº de Muestras |
|--------------------|--------|----------------|
| Coliformes Fecales | NMP/gr | 1 |
| Humedad | % | 1 |
| pH | - | 1 |
| Fósforo | mg/kg | 1 |
| Nitritos | mg/kg | 1 |
| Nitratos | mg/kg | 1 |
| Nitrógeno Kjeldahl | mg/kg | 1 |
| Nitrógeno Total | mg/kg | 1 |
| Potasio | mg/kg | 1 |
| Arsénico | mg/kg | 1 |
| Cadmio | mg/kg | 1 |
| Cobre | mg/kg | 1 |
| Mercurio | mg/kg | 1 |
| Molibdeno | mg/kg | 1 |
| Niquel | mg/kg | 1 |
| Selenio | mg/kg | 1 |
| Zinc | mg/kg | 1 |
| Sólidos Totales | mg/kg | 1 |
| Sólidos Volátiles | mg/kg | 1 |

Muestreo trimestral de lodos

| Análisis | Unidad | Nº de Muestras |
|--------------------|--------|----------------|
| Coliformes Fecales | NMP/gr | 1 |
| Humedad | % | 1 |
| pH | - | 1 |

c) Valorización de Programas de monitoreo

Para proceder a la valorización de los respectivos programas de monitoreo, se consultaron precios unitarios utilizados para el monitoreo de calidad de agua correspondientes a Laboratorios de Análisis que se encuentra ubicado de la Región Metropolitana.

Cabe señalar que el muestreo y transporte al laboratorio, ya sea puntual o compuesto para el análisis de Agua y lodos será realizado por personal de la empresa.

En las siguientes tablas se detalla los precios unitarios ocupados para cada monitoreo:



Precios Unitarios Monitoreo calidad de agua

| Análisis | Precio Unitario (UF) |
|-----------------|-----------------------------|
| DBO5 | 0,48 |
| SST | 0,15 |
| NKT | 0,22 |
| PT | 0,21 |
| AyG | 0,40 |
| PE | 0,30 |
| CF | 0,58 |
| TCE | 0,97 |
| TCM | 0,97 |
| pH | 0,036 |
| T | 0,036 |

Precios Unitarios de monitoreo inicial de lodos

| Análisis | Precio Unitario (UF) |
|--------------------|-----------------------------|
| Coliformes Fecales | 0,38 |
| Humedad | 0,0 |
| pH | 0,03 |
| Fósforo | 0,209 |
| Nitritos | 0,44 |
| Nitratos | 0,18 |
| Nitrógeno Kjeldahl | 0,29 |
| Nitrógeno Total | 0,22 |
| Potasio | 0,18 |
| Arsénico | 0,43 |
| Cadmio | 0,20 |
| Cobre | 0,20 |
| Mercurio | 0,45 |
| Molibdeno | 0,26 |
| Niquel | 0,20 |
| Selenio | 0,50 |
| Zinc | 0,20 |
| Sólidos Totales | 0,15 |
| Sólidos Volátiles | 0,10 |



Precios Unitarios de monitoreo trimestral de lodos

| Análisis | Precio Unitario (UF) |
|--------------------|-----------------------------|
| Coliformes Fecales | 0,38 |
| Humedad (%) | 0,12 |
| pH | 0,03 |

d) Control de Procesos

Se ha considerado un monto anual de \$ 550.091 (UF 30). Estos cubren necesidades de análisis, insumos etc. que no requieren una certificación y que cumplen una labor de apoyo a la operación regular las PTAS.

e) Resultados: Monitoreo Ambiental y Control de Procesos

En la tabla siguiente, se presenta el costo total de análisis de monitoreo ambientales y control de procesos para la planta de tratamiento de aguas servidas de la empresa Sanitaria Aguas Santiago Poniente S.A.

| PTAS | Gastos en Monitoreo Ambiental y Control de Procesos (M\$/año) | | | |
|-------------------------|--|--------------------------|----------------------------|--------------|
| | Análisis de agua | Análisis de lodos | Control de procesos | TOTAL |
| Aguas Santiago Poniente | 2.048 | 0.113 | 0.550 | 2.711 |

9.8.3.5 Mantenición

Para estimar los costos de mantención de la planta de tratamiento de aguas servidas se emplearon los porcentajes habituales a las inversiones.

En la tabla a continuación se observan los costos asociados a la mantención, determinados con los porcentajes presentados anteriormente.

| Planta | Tecnología | Gasto en Mantención MM\$/año |
|-------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| AGUAS SANTIAGO PONIENTE | Lodos Act. | 10,57 |



9.8.3.6 *Personal*

A continuación se presenta el personal asociado a la operación y mantención de la planta de tratamiento de aguas servidas.

Personal operativo de PTAS

| ITEM | Nº | Jornada |
|--------------------------------|----|---------|
| Administración | | |
| Jefe de Planta | 1 | 0,5 |
| Jardinero | 1 | 0,4 |
| Operación | | |
| Ingeniero Electromecanico | 1 | 0,25 |
| Operador Calificado | 3 | 1 |
| Seguridad | | |
| Guardia seguridad Nocturno (*) | 1 | 1 |



La siguiente tabla muestra las funciones y tareas establecidas para cada uno de los cargos mencionados:

| Cargos | Descripción del cargo |
|----------------------------|--|
| Jefe de Planta | Responsable de la operación del tratamiento de aguas servidas y de la infraestructura a su cargo. Planifica y administra las actividades haciendo uso eficiente de los recursos para efectuar el tratamiento de agua servidas evacuadas por los clientes dentro de las normas de calidad y seguridad establecidas. Supervisa y controla contratos de prestación de servicios a terceros. |
| Operador Calificado | Realiza la operación del sistema de tratamiento, manteniendo la correcta funcionalidad del proceso de tratamiento de aguas servidas, administra los equipos a su cargo y corrige parámetros operacionales optimizando el funcionamiento del sistema de tratamiento. Se requiere de profesional de carreras intermedias de 2 años o estudios específicos, más de 1 año de duración y experiencia superior a 3 años. |
| Electromecánico | Responsable de la reparación y mantención de los equipos y maquinaria en la planta, Coordina la mantención eléctrica y mecánica requerida por la empresa, desmonta, repara y regula motores eléctricos y similares. Repara bobinados de todo tipo, puede leer e interpretar planos de montaje e instalación de motores eléctricos o componentes. Descubre los defectos con ayuda de instrumentos. Posee calificación técnica para el desarrollo de su trabajo. Se requiere como mínimo profesional de carreras intermedias de 2 años o estudios específicos, más de 1 año de duración y experiencia superior a 3 años. |
| Jardinero | Realiza labores de mantención de prados y jardines del recinto de la PTAS |

La tabla siguiente muestra las remuneraciones mensuales brutas para los cargos establecidos para el control y operación de las PTAS.

Remuneraciones consideradas.

| Cargo | Remuneración bruta mensual (\$) |
|---------------------|--|
| Jefe de Planta | 1.250.143 |
| Electromecánico | 1.011.133 |
| Operador Calificado | 547.364 |
| Jardinero | 314.914 |

(*) Seguridad

Se considera un gasto de seguridad correspondiente a un contrato con una empresa especialista en el área, que provea de los servicios de un guardia nocturno, cuyo monto alcanza a \$ 825.137 mensuales.

De acuerdo a todo lo anterior se determino los siguientes gastos anuales de personal de operación y mantención de PTAS.



| PTAS | Jefe de Planta M\$/año | Jardinero M\$/año | Operador Calificado M\$/año | Electro- mecánico M\$/año | Guardia Seguridad M\$/año | Gasto Total M\$/año |
|----------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| AGUAS SANTIAGO PONIENTE | 7.500 | 1.511 | 19.705 | 3.033 | 9.901 | 41.652 |



ANEXO

TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS

1. Introducción

El presente anexo tiene por objeto presentar el modelamiento y valorización de la planta de tratamiento de aguas servidas de la concesionaria Aguas Santiago Poniente S.A., considerando la demanda de autofinanciamiento como variable central e incorporando variables específicas y particulares para la determinación del tamaño óptimo y eficiente de la empresa modelo que definirá las tarifas de autofinanciamiento de los próximos 5 años para la empresa concesionaria en estudio.

Las tecnologías adoptadas por la SISS en este proceso de tarificación, buscan entregar una clara señal de incorporación de tecnologías eficientes tanto técnica como económica, adoptadas para la modelación.

En nuestro país, luego del explosivo aumento en la cobertura de tratamiento de aguas servidas ocurrido en la última década, se observa una marcada tendencia al uso de tecnologías convencionales del tipo lodos activados.

En efecto, de acuerdo a los antecedentes de la SISS, se tiene que cerca del 50% de las plantas en actual funcionamiento y un 77% de aquellas proyectadas para los próximos 7 años corresponde a lodos activados, abarcando poblaciones desde unos 3.000 hasta más de 1 millón de habitantes.

Este antecedente, en conjunto con las características del entorno en el cual se emplazara la planta, permite definir como una óptima alternativa de solución para este caso una planta de Lodos Activados.

2. Demanda de autofinanciamiento para PTAS

Sobre la base de la facturación en m³ asociados al servicio de recolección de aguas servidas y de la población saneada, consideradas para el escenario de autofinanciamiento, se ha calculado la demanda de autofinanciamiento para las variables que determinan el dimensionamiento de las plantas de tratamiento de aguas servidas: la carga orgánica (kg DBO₅/día) y los caudales medios y máximo horario (l/s).



3. Carga orgánica

Para el cálculo de la carga orgánica se ha considerado la metodología establecida en las Bases Tarifarias. A partir de la población saneada y de la carga unitaria de origen doméstico (medida en g DBO₅/habitante/día) se determina la carga orgánica proveniente de la población a la que se agrega la carga proveniente de los establecimientos industriales, estimada a partir de la información enviada por la empresa a la Superintendencia dentro del protocolo de intercambio de información PROCOF¹.

La carga proveniente de los establecimientos industriales se depura de aquellos excesos por sobre el límite que establece la norma respectiva (300 mg/l de DBO₅): Este exceso de carga puede ser objeto de convenios entre la empresa sanitaria y el establecimiento industrial, lo que corresponde a un servicio no regulado.

Para la estimación de los excesos de carga orgánica asociados a convenios de Riles establecidos de acuerdo a lo que establece el DS MOP 609/98, se han supuesto constantes tanto la tasa de descarga de carga en exceso por cliente industrial al año base, como la relación de clientes industriales sobre los clientes residenciales al año base, aplicando dichas relaciones a la proyección de los clientes no residenciales al período de autofinanciamiento.

De este modo, respecto del parámetro carga orgánica, se establece una demanda regulada y una demanda no regulada. De acuerdo a lo que establecen las Bases Tarifarias, las plantas se dimensionan para satisfacer la demanda total: regulada más no regulada y posteriormente se consideran, proporcionalmente, sólo los costos referidos a la parte regulada.

4. Caudales

El caudal máximo horario se determina a partir del caudal medio de aguas servidas y el coeficiente máximo horario, determinado de acuerdo a lo que establece la NCh 1105. El caudal medio de aguas servidas, por su parte, se determina a partir de la facturación del servicio de recolección y disposición de aguas servidas y del coeficiente de recuperación que, de acuerdo lo que establecen las Bases Tarifarias, se consideró igual a 0,8.

¹ La empresa no informa convenios en la Tabla 9.2 solicitada en el Anexo de las Bases Tarifarias, sin embargo dentro de la información de controles directos informados por la empresa a la Superintendencia para los años 2005 y 2006 se registran convenios con la empresa Bredenmaster.



5. Resumen de la demanda de autofinanciamiento

En el cuadro siguiente se resume la demanda de autofinanciamiento considerada para el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas servidas. Los valores de la tabla corresponden a las condiciones de diseño.

DEMANDA DE AUTOFINANCIAMIENTO

| PTAS | Población Diseño | Carga Regulados kgDBO ₅ /día | Riles Exceso Convenios kgDBO ₅ /día | Carga Diseño kgDBO ₅ /día | Qmedio diseño l/s | QMH l/s | Población Equivalente |
|-------------------------|---------------------|---|---|--|-------------------------|------------|--------------------------|
| Aguas Santiago Poniente | 28.016 | 1.120,6 | 243,4 | 1.364,0 | 26,34 | 75,67 | 28.016 |

6. Escenarios a Tarificar

De acuerdo a lo que establecen las Bases Tarifarias, en lo que respecta a la planta de tratamiento de aguas servidas se considera el siguiente escenario para el cálculo tarifario.

- En aquellos sistemas que cuenten con soluciones de tratamiento que permiten dar cumplimiento DS N° 90/2000, se determinará la tarifa asociada a la solución más eficiente para dar cumplimiento a dicha norma.

7. Tecnologías de tratamiento adoptadas

De acuerdo a lo indicado anteriormente, la Superintendencia ha orientado su estudio a incorporar tecnologías eficientes de tratamiento de aguas servidas. Para realizar esta selección se han tenido en cuenta los siguientes puntos:

- Analisis de la capacidad de dilución en el cuerpo receptor, determinada por la Dirección General de Aguas. Evaluación de la alternativa de aprovechar esta capacidad de dilución, situación que contempla el D.S. SEGPRES N°90/00.
- Considerando las variables relevantes se seleccionan aquellas tecnologías capaces de dar cumplimiento a los requisitos establecidos en D.S. SEGPRES N°90/00, en particular lodos activados (convencionales o en la modalidad de aireación extendida), lagunas aireadas multicelulares y plantas de tratamiento primario con desinfección. Esta última en el caso que exista una capacidad de dilución suficiente en el cuerpo receptor.
- Se consideran tecnologías con soluciones probadas, existentes en el país.
- Considerando las alternativas factibles en cada caso, se selecciona aquella que presenta el menor costo de largo plazo.



En la tabla siguiente se muestra la tecnología adoptada en el presente caso.

TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO ADOPTADA

| PTAS | Tecnología Seleccionada |
|-------------------------|-------------------------|
| Aguas Santiago Poniente | Lodo Act. |

8. Capacidad de dilución

El D.S. SEGPRES N°90/2000 establece que es posible aprovechar la capacidad de dilución de los cauces receptores a través del establecimiento de requisitos de calidad efluentes menos exigentes que en aquellos casos en que no existe capacidad de dilución.

De acuerdo a la información recopilada, la planta de tratamiento de Aguas Santiago Poniente descarga a un curso superficial sin capacidad de dilución.

En términos generales, la tecnología del tipo lodos activados en todos sus variantes permite altos niveles de remoción de contaminantes, necesarios para descargas sin capacidad de dilución.

Con lo anterior, la SISS ha seleccionado como la alternativa más eficiente, la tecnología de Lodo Activado con Aireación Extendida.



9. Valorización de PTAS de lodos activados

9.1. Generalidades

Considerando que en presente caso se trata de una descarga de aguas servidas que se realiza a un curso superficial sin capacidad de dilución, se requiere en general de una etapa de tratamiento biológico de las aguas. Bajo este supuesto y considerando además un uso eficiente del terreno, se ha seleccionado la tecnología de lodos activados para el tratamiento de aguas servidas de la empresa Aguas Santiago Poniente.

9.2. Metodología de Valorización

La metodología para la valorización de los costos de inversión de la planta de tratamiento del tipo lodos activados consistió en el desarrollo de una función de costos sobre la base de los costos reales de las plantas construidas en los últimos años.

La selección de la metodología está determinada por la existencia de un importante número de plantas de esta tecnología construidas en Chile recientemente.

El trabajo consistió en identificar y levantar, para cada planta, cada una de las variables que pudiesen tener influencia en el costo de inversión. Posteriormente se depuraron los presupuestos de las plantas de modo de hacerlos comparables entre sí.

A través de un análisis estadístico se seleccionó aquellas variables que mejor explican el costo de inversión de la planta y al mismo tiempo se depuró la base de puntos, eliminando aquellas observaciones extremas.

También se eliminó de la base de puntos aquellas plantas cuyos procesos de licitación han sido objeto de reparos en procesos de fiscalización desarrollados por esta Superintendencia.

Finalmente se adoptó la mejor relación que representase los costos de inversión de las plantas en función de las variables seleccionadas.

La función desarrollada permite estimar los costos de inversión de las plantas modeladas de lodos activados.

9.3. Desarrollo de la función de costos para la tecnología de lodos activados

a) Consideraciones generales

Con la finalidad de obtener información oficial de las empresas relacionada con precios de PTAS construidas en el país, la Superintendencia solicitó, a las concesionarias, información de las plantas.

Por otra parte, la Superintendencia como organismo regulador y fiscalizador del sector sanitario chileno, ha desarrollado acciones de fiscalización tendientes a observar la transparencia en los procesos de licitación de las plantas de tratamiento ocurridos en el país.



Es así como se ha obtenido información de más de 104 plantas de tratamiento de aguas servidas construidas en el país, con la cual se construyó una herramienta de valorización, basado en el tratamiento estadístico de estos datos.

El listado de PTAS revisadas para la construcción de la herramienta de valorización se presenta a continuación:

| Nº | PTAS | Nº | PTAS |
|----|---------------|----|-----------------------|
| 1 | Los Queñes | 53 | Frutillar |
| 2 | Canela Alta | 54 | Parral |
| 3 | Algarrobito | 55 | Tongoy |
| 4 | Putú | 56 | Paine-Buín |
| 5 | El Peñón | 57 | La Ligua |
| 6 | Quitratue | 58 | Castro |
| 7 | Quilaco | 59 | Chonchi |
| 8 | Paihuano | 60 | Rio Bueno-La Union |
| 9 | Quilleco | 61 | Cauquenes |
| 10 | Cobquecura | 62 | Calbuco |
| 11 | Yerbas Buenas | 63 | Ancud |
| 12 | Lumaco | 64 | Quellón |
| 13 | Santa Clara | 65 | Pto. Varas-Llanquihue |
| 14 | Peralillo | 66 | San Felipe |
| 15 | Contulmo | 67 | Coyhaique |
| 16 | San Ignacio | 68 | Los Andes |
| 17 | Curepto | 69 | Los Angeles |
| 18 | Sotaquí | 70 | Curicó |
| 19 | Retiro | 71 | Chillán |
| 20 | Pemuco | 72 | Talca |
| 21 | Coltauco | 73 | Quillota |
| 22 | Mafil | 74 | Rancagua |
| 23 | San Pablo | 75 | Chañaral Alto |
| 24 | Puerto Cisnes | 76 | Guañaqueros |
| 25 | Los Muermos | 77 | Curanipe |
| 26 | Monteaguila | 78 | Futaleufú |
| 27 | Quillón | 79 | Mauñín |
| 28 | Cochrane | 80 | Corral |
| 29 | Fresia | 81 | Lago Ranco |
| 30 | Chile Chico | 82 | Rinconada-Calle Larga |
| 31 | Vilcun | 83 | Balmaceda |
| 32 | Rio Negro | 84 | Puerto Chacabuco |
| 33 | Paillaco | 85 | Puerto Ibañez |
| 34 | Yungay | 86 | Gualleco |
| 35 | Huepil | 87 | Puerto Aysén |
| 36 | Santa Juana | 88 | Barrancas |
| 37 | Quirihue | 89 | Las Hortensias |



| Nº | PTAS | Nº | PTAS |
|----|--------------------------|-----|--------------|
| 38 | Los Alamos | 90 | Canela baja |
| 39 | Lanco | 91 | Arauco |
| 40 | San José de la Mariquina | 92 | San Carlos |
| 41 | Teno | 93 | Mulchén |
| 42 | Los Lagos | 94 | Nacimiento |
| 43 | Panguipulli | 95 | Bulnes |
| 44 | Purranque | 96 | Yumbel |
| 45 | Dalcahue | 97 | Coihueco |
| 46 | San José de Maipo | 98 | Hualqui |
| 47 | Laja-San Rosendo | 99 | Cabrero |
| 48 | Cañete | 100 | Villa Alegre |
| 49 | Traiguén | 101 | Pelarco |
| 50 | El Monte | 102 | Rauco |
| 51 | Puerto Natales | 103 | Chanco |
| 52 | Santa Cruz | 104 | San Javier |

b) Fiscalización de los procesos de licitaciones de PTAS

Los procesos de fiscalización de licitaciones de PTAS desarrollados en los años 2002-2003 por la Superintendencia buscaron controlar el que los procesos de adjudicación de las obras y equipos requeridos para la habilitación de las PTAS cumplieran con dos lineamientos básicos y reconocidos por organismos como la Contraloría General de la República:

- Igualdad de los proponentes.
- Estricto apego a las bases de licitación.

Bajo la consideración de observar e internalizar este efecto en la valorización de las plantas de tratamiento, es que se ha considerado excluir del panel de datos aquellas plantas de tratamiento de aguas servidas en que la Superintendencia observó una tergiversación de uno o ambos principios de los procesos de licitación.

c) Panel de datos de PTAS

En la siguiente tabla se observan los puntos (PTAS) utilizados por la Superintendencia para la construcción de la herramienta de valorización. Este listado no considera las plantas excluidas del panel por concepto de la observación de los procesos de licitación, ni aquellas construidas con anterioridad al año 2000, ni los puntos clasificados como *outliers*.

Cabe destacar además que, aunque el estudio de los presupuestos incorporó la revisión de gran parte de las PTAS del país, sólo se utilizaron en la valorización, aquellas construidas y por construir a partir del año 2000 en adelante, con el propósito de presentar una función de costos que represente valores contemporáneos.



El listado de PTAS utilizadas para la construcción de la herramienta de valorización se presenta a continuación:

| Nº | PTAS | Nº | PTAS |
|----|-----------------------|----|--------------------------|
| 1 | Puerto Ibañez | 39 | Castro |
| 2 | Corral | 40 | Calbuco |
| 3 | Mauñín | 41 | Ancud |
| 4 | Cabrero | 42 | Talca |
| 5 | Hualqui | 43 | Lumaco |
| 6 | Barrancas | 44 | Vilcun |
| 7 | Balmaceda | 45 | San José de la Mariquina |
| 8 | Futaleufú | 46 | Panguipulli |
| 9 | Pelarco | 47 | Guanaqueros |
| 10 | Rauco | 48 | Purranque |
| 11 | Chanco | 49 | San José de Maipo |
| 12 | Villa Alegre | 50 | Traiguén |
| 13 | Coihueco | 51 | Frutillar |
| 14 | Rinconada-Calle Larga | 52 | Paine-Buín |
| 15 | Yumbel | 53 | La Ligua |
| 16 | Bulnes | 54 | Chonchi |
| 17 | San Javier | 55 | Quellón |
| 18 | Nacimiento | 56 | Pto. Varas-Llanquihue |
| 19 | Mulchén | 57 | Paihuano |
| 20 | San Carlos | 58 | Quilleco |
| 21 | Arauco | 59 | Santa Clara |
| 22 | Puerto Chacabuco | 60 | Peralillo |
| 23 | Lago Ranco | 61 | San Ignacio |
| 24 | Rio Negro | 62 | Sotaquí |
| 25 | Paillaco | 63 | Pemuco |
| 26 | Dalcahue | 64 | Coltauco |
| 27 | Rio Bueno-La Union | 65 | Curanipe |
| 28 | Puerto Aysén | 66 | Monteaguila |
| 29 | Quilaco | 67 | Fresia |
| 30 | Cobquecura | 68 | Yungay |
| 31 | Mafil | 69 | Huepil |
| 32 | San Pablo | 70 | Santa Juana |
| 33 | Los Muermos | 71 | Quirihue |
| 34 | Quillón | 72 | Los Alamos |
| 35 | Lanco | 73 | Laja-San Rosendo |
| 36 | Los Lagos | 74 | Cañete |
| 37 | El Monte | 75 | San Felipe |
| 38 | Parral | 76 | Los Andes |



Con el panel de datos fue posible realizar el tratamiento estadístico de los datos de estas plantas que consideraran el cumplimiento del D.S. SEGPRES N°90/00, para elaborar así una herramienta de valorización que permita obtener el precio de una PTAS como una obra tipo.

d) Función de costos

A partir del análisis de los puntos señalados se llegó a la siguiente función de costos:

$$\text{Ln (Inversión)} = 7,700462 + 0,286719 * \text{Ln (C.Org)} + 0,257171 * \text{Ln (Qmáx)} + 0,270398 * (\text{TipoTrat})$$

En que

- Inversión: Inversión neta de la PTAS (Lodos Activados), [UF];
- C. Org.: Carga orgánica, [KgDBO₅/día];
- Qmáx: Caudal máximo horario;
- Tipo Trat: Variable dicotómica =
e (2,71828...) para Plantas Convencionales o Media Carga con digestión aeróbica y sin sedimentación primaria;
1 para plantas en Modalidad Aireación Extendida.

9.4. Valorización de las PTAS de lodos activados

De la aplicación de la función de costos desarrollada se obtienen los siguientes costos de inversión para las plantas de lodos activados.

| Región | PTAS | Tratamiento | Carga de Diseño Total kgDBO ₅ /día | Caudal Máx. Horario l/s | Inversión (UF) |
|--------|-------------------------|-------------|--|----------------------------|-------------------|
| RM | Aguas Santiago Poniente | Lodo Act. | 1.364 | 75.67 | 58.042 |

9.5. Costo Total de Inversión de Plantas de Tratamiento de Lodos Activados

A continuación se resume el costo de inversión de la planta de tratamiento modelada de lodos activados. A través de la función de costos se recogen los costos totales incluidos los costos indirectos. Para efectos de presentación de los resultados se trabaja con los porcentajes estándares de costos indirectos que se utilizan en el proceso tarifario:



- Instalación de Faena: 3% (aplica sobre los costos directos)
- Gastos Generales: 20% (aplica sobre los costos directos más las instalaciones de faena)
- Utilidades: 10% (aplica sobre los costos directos más las instalaciones de faena)
- Ingeniería: 2% (aplica sobre el costo directo, más las instalaciones de faena y más los gastos generales y las utilidades.)
- Inspección: 4% (aplica sobre el costo directo, más las instalaciones de faena y más los gastos generales y las utilidades.)

Para la determinación del costo total de inversión, se toman los costos determinados con la función de costos, se descuenta la instalación de faenas, los gastos generales y utilidades y la ingeniería, para obtener un costo directo. A este costo directo se suma las singularidades y luego se aplican todos los porcentajes de costos indirectos señalados, incluida la inspección técnica de las obras.

El procedimiento descrito se aplica para cada una de las componentes del costo directo definidas en las Bases Tarifarias: Equipos, Tuberías y Accesorios, Obras Civiles e Instalaciones Eléctricas. Para determinar la proporción de cada unas de las componentes se trabajó con valores típicos observados en este tipo de PTAS.

De acuerdo al detalle anterior se obtiene el siguiente costo total de inversión para la planta de tratamiento del tipo lodos activados de Aguas Santiago Poniente.

| Región | PTAS | Tratamiento | COSTO TOTAL (UF) | | | | |
|--------|-------------------------|-------------|------------------|-------|--------|-------|------------|
| | | | EQ | TA | OC | IE | Total (UF) |
| RM | Aguas Santiago Poniente | Lodo Act. | 22.075 | 2.213 | 26.560 | 7.193 | 58.042 |

9.6. Descuentos por Convenios de Riles en Inversiones

De acuerdo a lo que establece el punto 6 del Anexo de las Bases, en el caso de la existencia de servicios no regulados, como es el caso de los convenios a que se refiere del DS MOP 609/98, se ha tomado sólo la fracción del CTLP correspondiente a los servicios regulados de acuerdo al procedimiento definido en las mismas bases.

Estos convenios permiten a la empresa recibir los excesos de carga contaminante, para determinados parámetros, por sobre los límites que establece la norma respectiva para establecimientos industriales que descargan sus residuos líquidos en el alcantarillado de la empresa.



9.7. Convenios en Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas

En el caso de las plantas de tratamiento de aguas servidas, estos excesos de carga generan un sobredimensionamiento de la infraestructura por lo que corresponden a la categoría 2 de servicios no regulados, definida en el punto 6.2 del Anexo de las Bases.

En estos casos, se determinó los costos de inversión requeridos para satisfacer la demanda total (regulada y no regulada), se considera sólo una fracción de estos costos en el CTLP del servicio regulado. Dicha fracción se determina de acuerdo a la siguiente expresión, definida en las Bases.

$$\text{FRAC2} = \text{Dda}(\text{SR}) / (\text{Dda}(\text{SR}) + \text{Dda}(\text{SNR}))$$

Donde:

FRAC2: Corresponde a la fracción del costo que se debe considerar para el servicio regulado, del valor de la obra o del gasto o recurso que se comparte entre el servicio regulado y el servicio no regulado.

Dda(SR): Corresponde a la demanda anual representativa del servicio regulado. Se considera la demanda de autofinanciamiento.

Dda(SNR): Corresponde a la demanda anual del servicio no regulado.

De manera equivalente esta fracción se puede calcular como:

$$\text{FRAC2} = 1 - \text{descuento por convenios}$$

En que el “descuento por convenios” representa la fracción de la demanda no regulada respecto de la demanda total.

En cuanto a las fracciones de demanda no regulada a considerar, se han determinado de acuerdo a los datos presentados en el punto 5 de este informe.

De acuerdo a todo lo anterior se tiene los siguientes descuentos por servicios no regulados en plantas de tratamiento de aguas servidas.

DESCUENTOS POR CONVENIOS DE RILES EN PTAS

| PTAS | Tecnología | FRAC2 Fracción de costo a servicio regulado |
|------|------------|---|
| ASP | Lodo Act. | 82,2% |