



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

# **RESUMEN EJECUTIVO ESTUDIO DE SOLUCIONES DE SANEAMIENTO RURAL**



**SANTIAGO, Mayo de 2007**



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**INDICE**

|   | <b>PAG.</b> |
|---|-------------|
| <b>1.INTRODUCCIÓN</b>   | <b>2</b>    |
| <b>2.LEGISLACIÓN, REGLAMENTACIÓN, NORMATIVA Y EXIGENCIAS</b>  | <b>3</b>    |
| <b>2.1.AGUA POTABLE RURAL</b>   | <b>3</b>    |
| <b>2.2.SANEAMIENTO RURAL.</b>   | <b>5</b>    |
| <b>2.2.1 INSTITUCIONES INVOLUCRADAS.</b>  | <b>6</b>    |
| <b>2.2.2 MARCO REGULATORIO LEGAL APLICABLE AL SECTOR URBANO Y RURAL.</b>  | <b>8</b>    |
| <b>2.2.3 NORMATIVA VIGENTE</b>  | <b>10</b>   |
| <b>3.CATASTRO INSTITUCIONAL</b>   | <b>12</b>   |
| <b>4.DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO DE SOLUCIONES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO RURAL</b> | <b>14</b>   |
| <b>4.1.INTRODUCCIÓN</b>   | <b>14</b>   |
| <b>4.2.DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO DE SANEAMIENTO.</b>   | <b>15</b>   |
| <b>4.2.1 INFORMACIÓN BÁSICA.</b>  | <b>15</b>   |
| <b>4.2.2 ESTRUCTURACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO</b>  | <b>17</b>   |



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**5.ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN COMUNIDADES RURALES CON POBLACIÓN CONCENTRADA, SEMI-CONCENTRADA O DISPERSA.**

19

**5.1.GENERALIDADES**

19

**5.2.FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y COMPONENTES UNITARIAS REQUERIDAS DE TRATAMIENTO.**

19

**5.3.BASES DE CÁLCULO GENERALES.**

20

**5.4.CARACTERÍSTICAS Y TAMAÑO DE LA SOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.**

21

**5.5.GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.**

22

**6.RECOLECCION, TRATAMIENTO Y DISP. DE AGUAS SERVIDAS.**

23

**6.1.INTRODUCCION.**

23

**6.2.EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE AGUAS SERVIDAS.**

23

**6.2.1. SISTEMAS RURALES DESCENTRALIZADOS.**

23

**6.2.1.1. ANALISIS DE CONDICIONES DE BORDE EN SISTEMAS RURALES DESCENTRALIZADOS.**

23

**6.2.1.2. VARIABLES ASOCIADAS AL TRATAMIENTO EN SISTEMAS DESCENTRALIZADOS DE AGUAS RESIDUALES.**

24

**6.2.1.3. PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LAS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO EN SISTEMAS DESCENTRALIZADOS DE AGUAS RESIDUALES.**

27

**6.2.1.3.1. FOSAS SEPTICAS.**

27

**6.2.1.3.2. OTRAS SOLUCIONES INDIVIDUALES.**

30

**6.3.ANALISIS CRITICO DE LAS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO Y SU APLICABILIDAD A SISTEMAS DESCENTRALIZADOS.**

32

**6.4.SISTEMAS RURALES CENTRALIZADOS.**

35

**6.4.1 ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO Y ADOPCION DE LAS MISMAS.**

36

**6.4.2 COSTOS DE INVERSION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

47



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

## **6.5.PRINCIPALES CONCLUSIONES**

**52**



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>7.DEFINICIÓN ÁMBITO RURAL</b>   | <b>53</b> |
| <b>6.6.SERVICIOS DE AGUA POTABLE RURAL</b>   | <b>54</b> |
| <b>6.7.ASPECTOS RELEVANTES A CONSIDERAR EN EL ÁMBITO SOCIAL</b>                                | <b>55</b> |
| <b>7.DETERMINACIÓN DE TARIFA MÍNIMA PARA AGUA POTABLE Y AGUAS<br/>SERVIDAS</b>                 | <b>58</b> |
| <b>7.1.INTRODUCCIÓN.</b>   | <b>58</b> |
| <b>7.2.METODOLOGÍA DE CÁLCULO AP Y AS</b>  | <b>59</b> |
| <b>7.3.CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS AGUA POTABLE RURAL (AP).</b>                                 | <b>60</b> |
| <b>7.4.CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS.</b>                           | <b>62</b> |
| <b>8.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.</b>   | <b>65</b> |
| <b>8.1.INTRODUCCIÓN.</b>   | <b>65</b> |
| <b>8.2.DEFINICIÓN DE LA ORGANIZACIÓN.</b>  | <b>68</b> |
| <b>8.3.RESPONSABILIDAD DEL ESTADO EN GARANTIZAR QUE LAS COOPERATIVAS<br/>CUMPLAN SU LABOR.</b> | <b>71</b> |



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

## **1.INTRODUCCIÓN**

La División de Desarrollo Regional de la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, en el marco del Programa de Infraestructura para el Desarrollo Territorial (PIRDT), ha impulsado el desarrollo del estudio “Soluciones de Saneamiento Rural”, el que tiene como objetivo principal normalizar las soluciones de carácter sanitario en asentamientos rurales (poblaciones con menos de 1.000 habitantes).

La normalización de las alternativas técnicas de solución encontradas para su aplicación a los distintos escenarios del ámbito rural, contempla soluciones sostenibles en el tiempo, en principio operadas y administradas por los mismos beneficiarios. Al respecto, se debe destacar que las soluciones que deban dar cuenta de poblaciones no dispersas, exigirán que la operación y administración por parte de la población beneficiada se efectúe bajo un sistema definido (Comité, Cooperativa) que cuente con Regulación Orgánica establecida y adecuada a sus objetivos.

Los objetivos específicos más importantes del estudio son los siguientes:

- Analizar la legislación, reglamentación, normativa y exigencias existentes respecto a las soluciones sanitarias para el ámbito rural atingentes al presente estudio.
- Estimar la demanda de soluciones de agua potable y saneamiento rural en términos territoriales y diversos escenarios de población involucrada.
- Analizar y Seleccionar las alternativas más adecuadas de solución de abastecimiento de agua potable y tratamiento y disposición de aguas servidas en comunidades rurales semiconcentradas o dispersas, considerando aspectos técnicos, financieros, sociales y ambientales.
- Identificar las obras necesarias y definición de diseños tipo para los sistemas de saneamiento en el ámbito rural para ser sometidos a la aprobación técnica de los organismos responsables.
- Proponer, desde el punto de vista social-técnico-económico, los requisitos necesarios para dar a las soluciones planteadas sostenibilidad en el tiempo, caracterizando a la organización que debiera recibir la infraestructura construida.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

## **2.LEGISLACIÓN, REGLAMENTACIÓN, NORMATIVA Y EXIGENCIAS**

En este punto se describe la legislación, reglamentación, normativa y exigencias existentes respecto a las soluciones sanitarias para el ámbito rural que se encuentran vigentes a la fecha, tanto en lo referido a la producción, tratamiento y distribución de agua potable como recolección, disposición y tratamiento de las aguas servidas.

### **2.1.AGUA POTABLE RURAL.**

En lo referido al Agua Potable del Sector Rural, la primera conclusión global que se puede extraer una vez efectuado el desarrollo de las principales actividades del estudio, es que no existe ninguna Institución del Estado con competencia exclusiva en materia de servicios sanitarios en el sector.

Después de 40 años en que se suministra agua potable en el sector rural, dicho Programa se sigue llevando adelante solamente con la voluntad política del Gobierno y parlamentarios de los distritos rurales. Al respecto, cabe destacar que las localidades rurales no fueron incluidas en la Ley Sanitaria, que fijó la institucionalidad del Sector Sanitario, debido probablemente a que los servicios rurales no tendrían capacidad de autofinanciamiento. De hecho, las Empresas Sanitarias actualmente atienden sólo el sector Urbano (donde vive el 85% de la población) y se rigen por la Ley Sanitaria y una institución reguladora (Superintendencia de Servicios Sanitarios).

En el sector Rural, el sistema funciona mediante Comités y Cooperativas, los que son fiscalizados por el Ministerio de Salud en lo referido a la calidad de servicio y también por el Departamento de Cooperativas del Ministerio de Economía en el caso de las Cooperativas. El funcionamiento de las Cooperativas y Comités de Agua Potable Rural ha ayudado fuertemente a mejorar la organización social de la población rural en términos de solidaridad, participación y fomento del desarrollo de otras organizaciones. Sin embargo, se pudo apreciar que cuando las localidades crecen por encima de cierto tamaño, la relación de los usuarios con el Comité tiende a asemejarse más a la que se tiene en el área Urbana con una empresa sanitaria.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Otra debilidad del Sistema Rural es su alta dependencia del Estado, puesto que si bien está previsto que éste invierta en la infraestructura, tiene que disponer adicionalmente recursos por los siguientes conceptos.

- Asesoría a los Comités prácticamente en forma permanente.
- Rehabilitaciones y mejoramientos (generados por problemas de mantenimiento de las obras ante un inadecuado cuidado por parte del Comité).
- Falta de pago del servicio sea por nivel de pobreza de la población rural o por el hecho que la asamblea de la Cooperativa no acepta subir las tarifas en beneficio de los usuarios por debajo del valor de un mínimo aceptable para el buen funcionamiento del sistema.

A la luz de lo anterior, y a objeto de asegurar continuidad en el funcionamiento y desarrollo de los servicios sanitarios del sector rural, el país requiere a juicio de esta Consultora de una “Institucionalidad del Sector” (tal como en otro momento de la historia se desarrolló exitosamente para el sector urbano), donde esté claramente separado el rol de la explotación y prestación de los servicios con respecto al rol regulador del Estado.

El mejor ejemplo ilustrativo lo constituyen las empresas sanitarias concesionarias del servicio de agua potable y de la recolección y disposición de aguas servidas en el sector urbano, las que son fiscalizadas y controladas por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), que es el organismo encargado de establecer normas, otorgar las concesiones (asociadas a un determinado territorio operacional), aprobar los planes de desarrollo de las empresas sanitarias y fijar las tarifas del sector. Las empresas deben dar cumplimiento a su Plan de Desarrollo y tienen la obligación de dar servicio en su área de concesión y la tarifa que cobran se fija con el criterio de Costo Marginal de Largo Plazo. El marco legal del sector sanitario está principalmente constituido por los siguientes cuerpos legales: Ley General de Servicios Sanitarios (DFL N° 382/88), Ley de Tarifas de Servicios Sanitarios (DFL MOP N° 70/88), Ley de Subsidio al pago de consumo de agua potable y servicio de alcantarillado (Ley N° 18.778) y Ley que crea la Superintendencia de Servicios Sanitarios (Ley 18.902).

A los servicios de Agua Potable Rural (APR) se les aplica parcialmente la normativa contenida en el DFL N° 382, de 1988, del MOP, Ley General de Servicios Sanitarios; estando excluidos del régimen de explotación bajo concesión y del régimen tarifario aplicado a los servicios públicos que entregan el servicio a través de las redes exigidas por la urbanización (empresas sanitarias concesionarias).





**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

Los proyectos de Agua Potable Rural surgen del Programa de Inversiones elaborado por el Ministerio de Obras Públicas (MOP), sin perjuicio de que a lo largo de su desarrollo la participación de otras instituciones en el desarrollo de los APR es cada vez mayor. La propiedad de los sistemas de APR es estatal y la administración y operación de los mismos está a cargo principalmente de sistemas de administración comunitaria, constituidos en Comités o Cooperativas asociados a cada sistema o servicio de APR. Una componente clave en la estructura organizacional del Programa de APR es la Unidad Técnica, la que actúa a nivel regional y que básicamente en la mayoría de los casos es delegada en la Empresa Sanitaria de la región y en algunas regiones a la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), aún cuando en algunas localidades, los municipios se responsabilizan de esta tarea. Estos organismos técnicos son contratados para prestar asesoría técnica y en su calidad de tales, son responsables de la ejecución del proyecto (desde su fase de preinversión hasta la recepción de la obra) y de la Asistencia Técnica al Comité de APR durante la operación del proyecto ejecutado.

## **2.2.SANEAMIENTO RURAL.**

Actualmente, algunas localidades rurales organizadas que tienen resuelto su servicio de abastecimiento de agua potable y cuyo comité de administración funciona adecuadamente, han avanzado por iniciativas municipales en la solución de los sistemas de alcantarillado, con algún tipo de solución de tratamiento y disposición de las aguas servidas (fosa séptica y pozo de infiltración) para las localidades pequeñas y sistema de tratamiento más convencional en aquellas donde es posible técnica y económicamente.

La inexistencia de una entidad pública responsable ha provocando problemas especialmente en la administración y asistencia técnica a los servicios. La SISS, según la ley sólo tiene competencia para regular el sector urbano, quedando inhabilitada en la actualidad para regular en este aspecto todo el territorio.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Ponencia La Comunidad Como Agente De Cambio: Programa Nacional De Agua Potable En Chile; Denisse Charpentier Castro, María Angélica Alegría Calvo.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

### **2.2.1 INSTITUCIONES INVOLUCRADAS.**

Una vez delimitado el entorno del Sector Rural tanto en lo que dice relación con el Agua Potable como el Saneamiento, se presenta a continuación un resumen ordenado alfabéticamente de las principales instituciones relacionadas directa o indirectamente con dichos aspectos.

- **Comisión Nacional del Medio Ambiente.** Vela por el cumplimiento de la normativa medioambiental.
- **Comités de Agua Potable Rural.** Los Comités de Agua Potable Rural se rigen por la Ley N° 19.418, de 1995, Ley sobre Juntas de Vecinos y demás Organizaciones Comunitarias, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado, fue fijado por D.S. N° 58, del 9 de enero de 1997.
- **Consumidores.** No tienen una directa participación en el esquema de regulación, pero tratándose del sistema de Agua Potable Rural intervienen organizados mediante Comités o Cooperativas como destinatarios finales o beneficiarios de los respectivos sistemas de agua potable rural.
- **Cooperativas de Agua Potable Rural.** Son cooperativas aquellas empresas que de conformidad con los principios de la autoayuda, autoadministración y autorresponsabilidad, tienen por objeto mejorar las condiciones económicas de sus socios. Las cooperativas disponen de un marco regulatorio propio, constituido por la ley del ramo (DFL N°5 de 2004 Ministerio de Economía) y un reglamento, además de normas e instrucciones de carácter contable y administrativo, dictadas por el Departamento de Cooperativas para perfeccionar el funcionamiento de las cooperativas.
- **Empresas Sanitarias.** Conforme lo dispone el Art. 52 Bis del DFL 382, ellas podrán establecer, construir, mantener y explotar sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas en el ámbito rural, bajo la condición de no afectar o comprometer la calidad y continuidad del servicio público sanitario.
- **MIDEPLAN.** Tiene como rol el Análisis de Inversiones contenido en la metodología de formulación y evaluación de proyectos de agua potable y en el Manual SEBI (referido a la formulación de proyectos de agua potable rural y saneamiento rural) y su evaluación en el Sistema nacional de Inversiones.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- **Ministerio de Economía.** Dentro de sus funciones le corresponde la fijación de las tarifas del sector urbano, a proposición de la Superintendencia de Servicios Sanitarios.
- **Ministerio de Obras Públicas.** Le corresponde la administración de la legislación en materia de recursos hídricos, la asignación de los derechos de agua y la aprobación de los derechos de concesión para establecer, construir y explotar servicios sanitarios. El Ministerio de Obras Públicas, sin perjuicio de la participación de otras entidades estatales y privadas, es también responsable de la planificación, ejecución y desarrollo del programa de Agua Potable Rural, cuyo objetivo es otorgar el servicio de agua potable a la población rural concentrada y no concentrada.
- **Ministerio de Salud.** Aprueba los diseños de abastecimiento de agua potable y tratamiento de aguas servidas, además de autorizar su funcionamiento una vez construidos.
- **Superintendencia de Servicios Sanitarios.** Tiene competencia en el sector urbano, donde realiza funciones relativas al otorgamiento de Concesiones Sanitarias, Fiscalización de los prestadores sanitarios, Cálculo de Tarifas y control de Riles.

A continuación se enunciará el conjunto normativo relacionado con Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Rural, debiendo destacar que en estricto rigor, la mayor parte de esta normativa ha sido elaborada para el Sector Urbano, pero que en la práctica ha ido implementándose en el Sector Rural frente a la escasa regulación disponible.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**2.2.2 MARCO REGULATORIO LEGAL APLICABLE AL SECTOR URBANO Y RURAL.**

En el siguiente cuadro se resumen las normas atinentes separadas por sector Urbano, Rural y ambos Sectores:

| <b>Sector Urbano</b>   | <b>Sector Rural</b>  | <b>Sector Urbano y Rural</b>  |
|--|--|---|
| <b>Ley 18.902</b> 1990 Superintendencia de Servicios Sanitarios  | <b>Ley N° 18.777</b> 1989 Autoriza al Estado para desarrollar actividades empresariales en materia de agua potable y alcantarillado  | <b>D.F.L. 382</b> 1988 Ley General de Servicios Sanitarios Ministerio de Obras Públicas |
| <b>DS N° 121</b> 1991 Aprueba el Reglamento de la Ley General de Servicios Sanitarios  | <b>Ley N° 18.778</b> 1989 Establece Subsidio al Pago de Consumo de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado de Aguas Servidas.  | <b>Ley 19.300</b> 1994 Bases Generales del Medio Ambiente                               |
| <b>Ley N° 18.885</b> 1989 Autoriza al Estado para desarrollar actividades empresariales en materia de agua potable y alcantarillado, | <b>Ley N° 19.338</b> de 1994, que modifica la Ley N° 18.778, además su reglamento que fue aprobado por el D.S. N° 195 del 19/02/99 y que incorpora el subsidio a la inversión. | <b>DFL 1122</b> 1981 Código de Aguas  |
| <b>D.F.L. N° 70</b> 1988 Ley de tarifas de Servicios Sanitarios  | <b>Ley N° 19.418</b> , de 1995, Ley sobre Juntas de Vecinos y demás Organizaciones Comunitarias  | <b>D.F.L. 725</b> 1968 Código Sanitario   |
|  | <b>DFL N°5</b> de 2004 Ministerio de Economía  | <b>Nch 1.333</b> 1978 Requisitos de Calidad de Agua para Diferentes Usos.               |



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

| <b>Sector Urbano</b> | <b>Sector Rural</b> | <b>Sector Urbano y Rural</b>   |
|----------------------|---------------------|--|
|                      |                     | <b>D.S. 90/00.</b> Norma de emisión para la regulación de contaminantes  |
|                      |                     | <b>DS N° 50 2002</b> Aprueba el reglamento de instalaciones domiciliarias de agua potable y de alcantarillado                            |
|                      |                     | <b>DS N° 609/98.</b> Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes  |
|                      |                     | <b>DS N° 46/02.</b> Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas   |
|                      |                     | <b>Decreto N°996 Nch 777 1971</b> Agua potable, fuentes de abastecimiento y obras de captación, terminología, clasificación y requisitos |
|                      |                     | <b>D.S. 735 1.969</b> Requisitos del Agua para Consumo Humano.   |
|                      |                     | <b>Circular N° 27 1979</b> Actualización de normas sobre el control de cloro residual en las redes de agua potable.                      |



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

### **2.2.3 NORMATIVA VIGENTE**

- **Nch 1.333 Of. 78 (1978) Instituto Nacional de Normalización. Requisitos de Calidad de Agua Para Diferentes Usos**

Corresponde a la principal norma de requisitos de calidad de agua para usos determinados existente en Chile, y establece requisitos de calidad para el uso de las aguas en riego, recreación (con y sin contacto directo), protección de la vida acuática y estética.

- **D.S. 90 (2000). Norma de Emisión para La Regulación de Contaminantes Asociados a Las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales.**

Tiene como objetivo prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan a estos cuerpos receptores. Se otorga mediante este decreto a la Superintendencia de Servicios Sanitarios, a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante y a los Servicios de Salud, según corresponda, la facultad de fiscalizar y velar por el cumplimiento de esta norma.

- **DS N° 46 (2002). Ministerio Secretaría General de la Presidencia Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas**

Tiene como objetivo prevenir la contaminación de las aguas subterráneas, mediante el control de la disposición de los residuos líquidos que se infiltran a través del subsuelo al acuífero.

- **Nch 409 Norma sobre calidad del agua potable**

Establece los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos que debe cumplir el agua potable destinada a la bebida (proveniente de cualquier sistema de abastecimiento), junto con los procedimientos de inspección y muestreo para verificar el cumplimiento de lo anterior.

- **Nch 777 Agua potable, fuentes de abastecimiento y obras de captación, terminología, clasificación y requisitos**

Establece una clasificación de las fuentes de agua potable según diferentes parámetros de calidad establecidos en la misma.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- **Decreto 735 Reglamento de los Servicios de Agua destinados al Consumo Humano.**

Contiene disposiciones para los servicios de agua potable a fin de garantizar una purificación eficiente, y evitar contaminaciones en la distribución.

- **Reglamento General de Alcantarillados Particulares**

En lo sustancial, se refiere a la manera de disponer de las aguas servidas caseras, en las ciudades, aldeas, pueblos, caseríos u otros lugares poblados en la que no exista una red de alcantarillado público y de todas las casas habitación u otros edificios públicos o particulares, urbanos o rurales, destinados o destinables a la habitación o a ser ocupados para vivir o permanecer, transitoria o indefinidamente, que no pueden descargar sus aguas residuales a alguna red pública existente.

- **Reglamento para Tratamiento de Aguas Servidas Mediante Estanques Sépticos**

Reglamento aprobado mediante DS N° 288 de 1969, del Ministerio de Salud, en que se autoriza el uso del sistema de tratamiento primario de aguas servidas mediante la utilización de estanques sépticos prefabricados y elementos accesorios de asbesto-cemento en ciudades y sectores urbanos sin alcantarillado público, y en las zonas suburbanas y rurales, en la forma y condiciones que se señalan.

En el caso de las ciudades y sectores urbanos sin alcantarillado público, la aprobación de los proyectos de instalación de fosas sépticas prefabricadas se ajustará al DS N° 267 de 1980 Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y de Alcantarillado Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Se aplican además las normas y disposiciones citadas anteriormente del Código Sanitario, vale decir, la Circular N° 4/B de 1995 Reglamento de Alcantarillados Particulares y la normativa de emisión vigente.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

### **3.CATASTRO INSTITUCIONAL**

Durante el desarrollo del estudio, se realizaron una serie de reuniones con diversas instituciones relacionadas con aspectos ambientales, técnicos, económicos y/o normativos de abastecimiento de agua potable y saneamiento rural.

Las instituciones con que se sostuvieron Reuniones de Coordinación fueron las siguientes.

- Ministerio de Obras Públicas, MOP.
- Ministerio de Planificación y Cooperación, MIDEPLAN.
- Subsecretaría de Desarrollo Regional, SUBDERE.
- Ministerio de Salud, MINSAL.
- Corporación de Fomento a la Producción, CORFO.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS.
- Programa Chile-Barrio.
- Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, AIDIS, Capítulo Chileno.

Los aspectos analizados y las consecuentes conclusiones obtenidas de las Reuniones sostenidas con las Instituciones mencionadas fueron múltiples, y a nivel de lineamientos generales, la mayoría de las instituciones coinciden en los siguientes aspectos:

Las principales diferencias existentes entre los comités y las cooperativas radican en las mayores exigencias administrativas que las Cooperativas deben cumplir para administrar sus recursos y bienes, lo que se traduce en una mejor gestión.

Los sistemas de Aguas Servidas construidas en sectores rurales donde opera un comité o cooperativa, debieran ser gestionadas por estas mismas, debiendo para ello recibir previamente la correspondiente capacitación tanto en términos técnicos como de gestión. Entre las razones que justifican dicho planteamiento, se encuentran las siguientes:

- Se aprovecharía la experiencia de las organizaciones que llevan administrando exitosamente por años los sistemas de agua potable para efectuar gestión integral de saneamiento.
- Frente a la instalación de un sistema de aguas servidas en una localidad, se debe intervenir previamente el sistema de agua potable.
- En los servicios sanitarios, ambos sistemas (AP y AS) se encuentran naturalmente unidos a través de la cuenta, lo cual sería extensivo al ámbito Rural.





**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

La SUBDERE compone una mesa con MINSAL, MINVU, Hacienda, MIDEPLAN, y el MOP, cuyo objetivo es proponer una institucionalidad política establecidos que se conviertan en una Ley que regule el Sector Rural.

Durante la segunda etapa del proyecto, se programaron visitas a Comités y Municipios que efectúan Gestión de Servicios de Agua Potable y/o Saneamiento, donde se verificó la información recabada anteriormente. Los casos catastrados, fueron los siguientes:

Comuna de San Pedro, Provincia de Melipilla, Región Metropolitana: Se visitaron las Instalaciones del Sistema de Aguas Servidas a manos de la Ilustre Municipalidad de San Pedro y se entrevistó a personal del Comité que administra el Servicio APR de San Pedro El Yali.

Comuna de Pichidegua, Provincia de Cachapoal, VI Región: Se entrevistó a la Gerente de Pataguacop Ltda., cooperativa a cargo del Sistema de AP y de AS. Se visitaron las instalaciones de ambos Servicios.

Comuna de Cholchol (Ex Comuna de Nueva Imperial), Provincia de Cautín, Región Metropolitana: Se visitó la Comunidad Pedro Cayuqueo, Sector Dollinco, sector donde el año 2002 se realizó la ejecución de pozos de pequeño diámetro mediante perforación manual.

Comunas de Olmué y Limache, Provincia de Quillota, V Región. Se visitaron las instalaciones de AP a cargo de la Cooperativa de Servicios Sanitarios Los Maitenes y el sistema de AS administrado por la Ilustre Municipalidad de Limache.

Los casos catastrados representan distintas realidades y por lo tanto, enfrentan necesidades y problemáticas diferentes dependiendo de sus características. Sin embargo, existen conclusiones que parecen ser comunes al ámbito rural:

Es necesario superar limitaciones culturales que impiden que la recaudación por conceptos de Servicios de AS sea la óptima.

Los sistemas de Aguas Servidas construidas en sectores rurales donde opera un comité o cooperativa, debieran ser gestionadas por estas mismas.

A mayor tamaño del Comité o Cooperativa, mayor es su capacidad de gestión. En este sentido, se debiese promover la agrupación de comités que presenten cercanía geográfica con el objeto de alcanzar economías de escala.

Es necesario proveer de apoyo y soporte técnico permanente, así como asesoría continua en la gestión administrativa y financiera del proyecto.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**4.DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO DE SOLUCIONES DE  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO RURAL**

**4.1.INTRODUCCIÓN**

Se ha estimado la demanda (déficit) sanitaria rural existente en el país, entendiéndose por ésta la población rural que habita en comunidades concentradas, semi-concentradas o dispersas, distribuidas por región y territorio, que requieren soluciones de abastecimiento de Agua Potable y solución al Tratamiento y Disposición de las aguas servidas.

El análisis identificó el escenario en que el déficit es abastecimiento de agua potable y saneamiento de aguas servidas y aquel que contando con suministro y abastecimiento de Agua Potable, requiere solamente tratamiento y disposición de aguas servidas. La población así estimada, distribuida a nivel nacional y regional, corresponde a la población objetivo del presente Estudio.

La información se obtuvo de antecedentes y Bases de Datos existentes en la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, en el Departamento de Programas Sanitarios de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas y en el Instituto Nacional de Estadísticas, INE.

De entre ellas, la última entidad cuenta con información correspondiente al censo 2002, la cual considerando la amplitud de la información, el grado de detalle que es posible obtener y la confiabilidad de la misma, se ha adoptado como la base de la estadística de población y sus principales características.

Cabe destacar para los objetivos del presente Estudio, que el INE segrega la composición de la población a nivel nacional según la siguiente clasificación.

**CUADRO N°1**

**Composición de la Población a Nivel Nacional, según el INE.**

| TIPO   | CLASIFICACIÓN | RANGO DE POBLACION                          |
|--------|---------------|---|
| URBANA | CIUDAD        | > 5.000 habitantes                          |
|        | PUEBLO        | 5.000 – 1.000 habitantes                    |
| RURAL  | ALDEA         | 1.000 – 300 habitantes                      |
|        | CASERÍO       | < 300 hab y > 3 viviendas cercanas entre sí |
|        | OTROS         |   |



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARÍA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**4.2.DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO DE SANEAMIENTO.**

**4.2.1 INFORMACIÓN BÁSICA.**

La información disponible del Censo 2002 del INE en relación al tipo de abastecimiento de agua y disposición de las aguas servidas a nivel nacional, tanto urbano como rural, puede resumirse del siguiente modo.

**CUADRO N°2**

**Resumen de Viviendas Según Abastecimiento de Agua. Año 2002**

|               | <b>VIVIENDAS PARTICULARES OCUPADAS</b> |                   |                              |                   |                          |                   |
|---------------|--|-------------------|------------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|
|               | <b>CON AGUA POR CAÑERÍA</b>            |                   | <b>SIN AGUA POR CAÑERÍAS</b> |                   | <b>VIVIENDAS TOTALES</b> |                   |
|               | <b>N°</b>                              | <b>Habitantes</b> | <b>N°</b>                    | <b>Habitantes</b> | <b>N°</b>                | <b>Habitantes</b> |
| <b>URBANA</b> | 3.347.095                              | 12.799.856        | 12.639                       | 41.257            | 3.359.734                | 12.841.113        |
| <b>RURAL</b>  | 420.086                                | 1.551.124         | 119.628                      | 407.889           | 539.714                  | 1.959.013         |
| <b>TOTAL</b>  | 3.767.181                              | 14.350.980        | 132.267                      | 449.146           | 3.899.448                | 14.800.126        |

Fuente : INE. Censo 2002

**CUADRO N°3**

**Resumen de Viviendas Según Disposición de Aguas Servidas. Año 2002**

|               | <b>VIVIENDAS PARTICULARES OCUPADAS</b> |                   |                                      |                   |                          |                   |
|---------------|--|-------------------|--------------------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|
|               | <b>CONECTADO A ALCANTARILLADO</b>      |                   | <b>SIN CONEXIÓN A ALCANTARILLADO</b> |                   | <b>VIVIENDAS TOTALES</b> |                   |
|               | <b>N°</b>                              | <b>Habitantes</b> | <b>N°</b>                            | <b>Habitantes</b> | <b>N°</b>                | <b>Habitantes</b> |
| <b>URBANA</b> | 3.251.715                              | 12.451.162        | 108.019                              | 389.951           | 3.359.734                | 12.841.113        |
| <b>RURAL</b>  | 273.337                                | 1.015.195         | 266.377                              | 943.818           | 539.714                  | 1.959.013         |
| <b>TOTAL</b>  | 3.525.052                              | 13.466.357        | 374.396                              | 1.333.769         | 3.899.448                | 14.800.126        |

Fuente : INE. Censo 2002



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

La información anterior se encuentra radicada en el segmento de **viviendas particulares ocupadas** que al momento del Censo se encontraban con moradores, lo que implica que aquellas viviendas del tipo colectivas (Hoteles – Hospitales – Residenciales – Regimientos – Cárceles – Iglesias, etc.) no fueron consideradas, permitiendo explicar en parte las diferencias obtenidas con respecto al total nacional.

De esta forma, el déficit existente en cuanto a soluciones de agua potable en el Sector Urbano es de un 0,32 % y en cuanto a disposición de aguas servidas de un 3,03 %, lo que se puede atribuir mayoritariamente a un problema de cobertura, toda vez que en las proximidades de la población afectada existen sistemas de agua potable y/o alcantarillado de aguas servidas que pueden absorber dichas necesidades, pero que potencialmente aun no se concretan.

En el ámbito Rural, el déficit existente en cuanto a soluciones de Agua Potable alcanza a un 20 % y en Alcantarillado a un 48,1 % , lo que debe su origen entre otros a la inexistencia de sistemas de agua potable o alcantarillado de aguas servidas en las proximidades de la población objetivo. Adicionalmente, se debe considerar que el escenario de la población actual con déficit, está estructurado mayoritariamente en base a población semi concentrada o dispersa.

Finalmente, resulta importante destacar dos aspectos, relativos a la localización de la población rural a lo largo del territorio nacional:

- Aproximadamente el 92% de la población Rural sin abastecimiento de Agua Potable se ubica entre la IV y X Regiones del país.
- Las regiones con mayor proporción de población Rural sin abastecimiento corresponden a la VIII , IX y X., en las cuales la proporción del sector rural sin abastecimiento sobrepasa el 50 %.

Se debe considerar que los índices que se obtienen en las regiones VIII, IX y X pueden explicarse en gran parte por la mayor presencia de asentamientos Semi dispersos o Dispersos, debido a las mejores condiciones de vida que presentan estas regiones (mayor disponibilidad de recursos, condiciones climáticas más benignas, vías de comunicación y desarrollo de la actividad económica) frente a las más extremas del país.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

#### **4.2.2 ESTRUCTURACIÓN DE LA POBLACIÓN OBJETIVO**

En relación a la estructuración de la población objetivo, se puede concluir lo siguiente.

- a) La población rural total del país alcanza aproximadamente a los 2.026.322 habitantes, de los cuales 407.628 corresponden al universo total de población con demanda por sistemas de Agua Potable Rural y 1.552.801 a la población con demanda por Saneamiento Rural.
- b) El tamaño máximo de agrupaciones de vivienda con necesidad de solución de abastecimiento de Agua Potable resulta ser en forma mayoritaria menor a 100 viviendas (tan solo existe 3 caseríos con 102, 121 y 157 viviendas que no cuentan con abastecimiento de Agua por red ).
- c) Un segmento importante de la población Rural objetivo del estudio se congrega bajo la denominación **Otros Asentamientos**, y está conformado por Asentamientos Mineros, Fundo, Estancia, Hacienda, Parcela, Hijuera, Comunidad Indígena, Comunidad Agrícola, Campamento de Trabajadores, Veranada, Majada y Aguada.
- d) Existe un segmento de aproximadamente 293.521 habitantes, ubicados principalmente en el segmento **Otros Asentamientos** que quedan excluidos de la población objetivo del estudio por cuanto subclasificaciones como asentamientos mineros, fundos, estancias, haciendas y campamentos de trabajadores tienen actividades económicas que llevan asociado en general el requerimiento de suministro de agua potable y disposición de aguas servidas.
- e) Estadísticas de los servicios de agua Potable Rural hoy día en operación, sitúan la población beneficiada por estos en aproximadamente 1.325.173 hab, de los cuales aproximadamente 180.000 disponen de soluciones de Alcantarillado de Aguas Servidas (correspondientes a 105 servicios).

Considerando que uno de los principales objetivos del presente estudio, consiste en disponer de un conjunto de soluciones sencillas y de costo reducido para satisfacer de la demanda por solución de Agua Potable y Saneamiento en el ámbito rural, y que las soluciones tipo cuyo tamaño se debe adecuar a la demanda sin variar sustancialmente su concepción, esta Consultora propone adoptar la siguiente estructuración de la demanda:

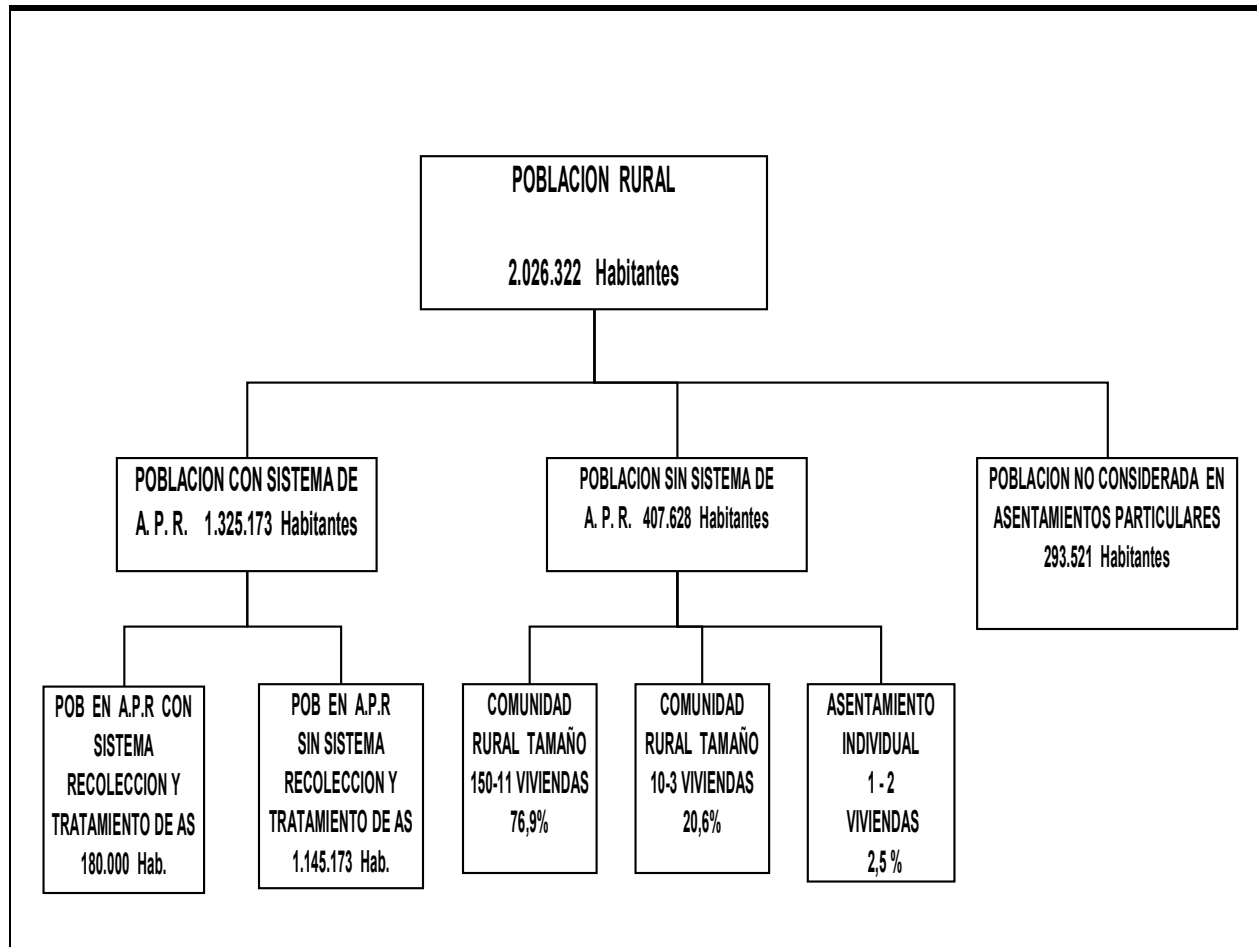


**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**GRAFICO N°1**

**Esquema de Solución para el saneamiento Rural**





**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**5.ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN  
COMUNIDADES RURALES CON POBLACIÓN CONCENTRADA, SEMI-  
CONCENTRADA O DISPERSA.**

**5.1.GENERALIDADES**

A continuación se abordan los diseños que darán solución a la demanda por abastecimiento de Agua Potable en el ámbito Rural.

Para ello, resulta necesario resaltar dos premisas básicas que debe considerar cualquier tipo de solución para proveer un servicio normalizado de Captación, Tratamiento y Distribución de Agua Potable.

- a) Continuidad del abastecimiento.
- b) Calidad del Agua producida.

Estas dos premisas son el distintivo universal de un sistema de Agua Potable, y si se considera adicionalmente el grado de avance que tiene hasta el momento en abastecimiento de Agua Potable en el sector Rural del país, cualquier solución, por económica que sea, deberá considerar en su estructuración los elementos necesarios que permitan cumplir con ambos requisitos.

Lo anterior lleva a que si bien en general existen formas alternativas de abastecimiento de agua en el sector Rural, no podrán considerarse aquellas que ofrezcan continuidad de servicio o una calidad del agua que califique como potable a todo evento.

**5.2.FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y COMPONENTES  
UNITARIAS REQUERIDAS DE TRATAMIENTO.**

La Fuente de Abastecimiento constituye uno de los factores más determinantes de un sistema de Agua Potable, por lo cual se deben evaluar las distintas posibilidades de fuentes de abastecimiento que correspondan a las características específicas del sector en el que se emplazará la población a abastecer de Agua Potable.

En general, la elección del tipo de fuente deberá considerar entre otras condiciones, el respaldo que ella posee (Informe Hidrogeológico) para poder dar cuenta de una explotación de la fuente durante todo el año y por el periodo de previsión definido.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Básicamente, las fuentes son del tipo Superficial o Subterránea, y los sistemas de abastecimiento de agua y su consecuente explotación, considerando el origen de las mismas, puede resumirse del siguiente modo.

- **Fuentes Subterráneas** Pozo, Noria, Dren, Sondaje, Punteras.
- **Fuentes Superficiales** Vertiente, Estero, Río.

Para cada fuente se deberá realizar la evaluación de los parámetros presentes en el agua y el grado de cumplimiento de la Norma de calidad de agua, definiéndose finalmente con ello el tipo de Fuente, el grado requerido de tratamiento y las alternativas viables de aplicar.

Otro componente de importancia a considerar cuando se trata de aguas superficiales, es la necesidad de incorporar un proceso de Filtración, lo que de ocurrir obligará necesariamente a incurrir en mayores costos de Inversión y Operación de los sistemas.

### **5.3.BASES DE CÁLCULO GENERALES.**

En relación a Bases de Cálculo y Criterios Generales de Diseño de los sistemas de Agua Potable Rural, esta Consultora propone adoptar las siguientes, muchas de las cuales poseen el respaldo de haber sido consideradas con resultados exitosos en el Programa Nacional de Agua Potable Rural desarrollado en el País.

|                                     |               |
|-------------------------------------|---------------|
| Dotación media de consumo           | 100 l/hab/día |
| Densidad habitacional               | 4 hab/viv     |
| Tasa de crecimiento de la población | 1,2 % anual   |

No obstante, se debe considerar que las Bases de Cálculo deberán adoptarse primordialmente en base a las características propias de cada solución más que al estricto tamaño de la población beneficiada. Dicho de otra forma, el diseño propuesto para una solución individual deberá cumplir las mismas exigencias que aquel definido para una población concentrada.





**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

#### **5.4. CARACTERÍSTICAS Y TAMAÑO DE LA SOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.**

De acuerdo a los antecedentes obtenidos del Censo 2002 del INE analizando el tamaño máximo esperado para nuevas soluciones de Agua Potable se encuentra concentrado en conjuntos de menos de 100 viviendas (tan solo 10 asentamientos aproximadamente sobrepasan este tamaño).

Considerando lo anterior, en el presente punto se desarrollarán soluciones tipo para tres niveles de demanda, a partir de cuyos Costos de Inversión y Operación y Mantenimiento se podrán visualizar los asociados a todo el rango de interés del estudio.

Los 3 niveles de demanda a analizar, obedecen al siguiente detalle.

- Solución Concentrada : Tamaño medio de 100 Viviendas. ( 150 – 11 Viv.)
- Solución Semi Concentrada : Tamaño medio de 10 Viviendas. ( 10 – 3 Viv. )
- Solución Individual : 1 Vivienda. ( 2 – 1 Viv. )

De acuerdo con lo anterior, los requerimientos para cada caso considerando las Bases de Cálculo adoptadas, obedecen al siguiente detalle:

**CUADRO N° 5.1**  
**Demanda de Agua Potable según tamaño de la Población**

| ITEM                                  | CASOS            |                 |                |
|---------------------------------------|------------------|-----------------|----------------|
|                                       | Caso 1 : 100 Viv | Caso 2 : 10 Viv | Caso 3 : 1 Viv |
| <b>Q medio ( l/s )</b>                | 0,59             | 0,06            | 0,006          |
| <b>Q max. Diario ( l/s )</b>          | 0,88             | 0,09            | 0,009          |
| <b>Q max. Horario ( l/s )</b>         | 1,32             | 0,13            | 0,013          |
| <b>Q bombeo ( l/s )</b>               | 1,76             | 0,18            | 0,02           |
| <b>Capacidad de la Fuente ( l/s )</b> | 1,76             | 0,18            | 0,02           |
| <b>Volumen de Regulación ( m3 )</b>   | 15               | 1,6             | 0,15           |

Fuente: Elaboración propia.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

### **5.5.GENERACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.**

Las alternativas factibles de implementar en servicios de Agua Potable, se desarrollaron poniendo énfasis en que la estructuración de soluciones tipo deberán tener la debida flexibilidad frente al numero de usuarios. Asimismo, el análisis técnico-económico de la fuente y tipo de tratamiento a adoptar por cada solución, considerará las diferentes alternativas tecnológicas factibles de implementar.

A partir de los resultados de cada alternativa, se procedió a definir la solución de agua potable para las condiciones de demanda calculadas, la que para mejor visualización se vertió a un esquema con la disposición de los distintos elementos constituyentes de la solución.

Asimismo, para la definición y selección de alternativas del equipamiento eléctrico de cada solución propuesta, se consideraron en forma relevante los siguientes aspectos.

- Facilidad de operación.
- Facilidad de mantención.
- Confiabilidad del sistema.
- Suministro de repuestos.
- Factibilidad de ampliación futura.

Una vez efectuado el análisis de las alternativas factibles de desarrollar, se presenta a continuación un conjunto de 6 (seis) Soluciones Tipo de abastecimiento de Agua Potable, las que dan cuenta de los aspectos más relevantes que controlan el diseño e independizan del tamaño de la solución, de manera de poder realizar ajustes de tamaños de la solución sin variar sustancialmente su concepción básica.

En apéndice N° 1 de esta presentación se indican los prototipos de solución definidos para cada caso.

En apéndice N° 2 de esta presentación se indican los Costos promedio de Inversión de los distintos tipos de solución definidos para cada caso.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

## **6.RECOLECCION, TRATAMIENTO Y DISP. DE AGUAS SERVIDAS.**

### **6.1.INTRODUCCION.**

El objetivo principal de esta parte del estudio consiste en normalizar las soluciones de carácter sanitario en asentamientos rurales, entendiéndose por este concepto, poblaciones con menos de 1.000 habitantes, y que se configuran como Aldeas, Caseríos, Asentamientos Mineros, Fundos, Estancias, Haciendas, Parcelas, Hijuelas, Comunidades Indígenas, Comunidades Agrícolas, Campamentos de Trabajadores, Veranadas, Majadas, Aguadas o Viviendas Aisladas.

Asimismo, es importante destacar que los asentamientos rurales pueden corresponder a localidades concentradas o dispersas, lo que incidirá significativamente en el tipo de soluciones de saneamiento a implementar.

### **6.2.EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE AGUAS SERVIDAS.**

A objeto de delimitar el marco conceptual bajo los objetivos del estudio, se decidió segregar los sistemas de tratamiento en **Centralizados y Descentralizados, vale decir, los que cuentan y no cuentan con redes de alcantarillado, sean sistemas de tratamiento colectivos o individuales.**

#### **6.2.1. SISTEMAS RURALES DESCENTRALIZADOS.**

##### **6.2.1.1. ANALISIS DE CONDICIONES DE BORDE EN SISTEMAS RURALES DESCENTRALIZADOS.**

Los sistemas de recolección y tratamiento de las aguas servidas provenientes de sistemas rurales del tipo centralizado, vale decir, que cuentan con redes de alcantarillado, pueden ser homologables a los de pequeñas comunidades urbanas.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Distinto es el caso de sistemas rurales descentralizados (que no cuentan con redes de alcantarillado), cuya recolección, tratamiento y vertimiento o reutilización de sus aguas residuales obedecen a otros criterios.

Los sistemas rurales descentralizados son aplicados cuando se dan entre otras, las siguientes condiciones.

- Baja densidad habitacional.
- Distancia de la comunidad o las instalaciones con otros alcantarillados existentes.
- Imposibilidad de la comunidad para afrontar el costo de un sistema convencional de manejo de aguas residuales.

Por otro lado, desde el punto de vista del orden de magnitud de la población a tratar, los sistemas descentralizados involucran en general alguno de los siguientes escenarios.

- Residencias Individuales.
- Conjuntos Residenciales.
- Sistemas Comunitarios.

El manejo descentralizado de aguas residuales en sistemas comunitarios consta en general de Fosas Sépticas (para la retención de sólidos) y la utilización de tuberías de diámetro pequeño para transportar el efluente clarificado.

Las plantas compactas y de diseño individual son usadas para grandes caudales donde existe personal disponible para la operación.

#### **6.2.1.2. VARIABLES ASOCIADAS AL TRATAMIENTO EN SISTEMAS DESCENTRALIZADOS DE AGUAS RESIDUALES.**

En general, los elementos o componentes que comprende un sistema descentralizado de las aguas residuales corresponden a los siguientes.

- Tratamiento Preliminar.
- Recolección de Aguas Residuales.
- Alternativas de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Disposición o Reutilización del efluente tratado.
- Manejo de Lodos.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

A pesar de que las componentes son las mismas que las de los sistemas centralizados, la diferencia radica en la tecnología utilizada, por lo cual se presenta a continuación un resumen de los aspectos más relevantes asociados a cada ítem.

- **Tratamiento Preliminar de las Aguas Residuales.**

El objetivo del Tratamiento Preliminar de las aguas residuales es remover Sólidos gruesos, Aceites y Grasas, Arenas y otros materiales flotantes o sedimentables, de modo que el agua residual pueda ser tratada eficientemente y reutilizada o vertida sin ningún riesgo.

En muchos casos, el uso de Fosas Sépticas individuales en el punto de origen puede considerarse como una parte integral de un sistema descentralizado, ya que en dicha componente los sólidos se independizan del efluente de la Fosa Séptica.

- **Recolección de las Aguas Residuales.**

En zonas donde el incremento en la densidad residencial ha llegado al punto en que deja de ser factible el uso de sistemas individuales locales para el tratamiento y disposición de los efluentes, con frecuencia es necesaria alguna forma de recolección de las aguas residuales. En algunos lugares, el uso de alcantarillados convencionales por gravedad es contraproducente, ya que se incrementa el uso de dispositivos para la conservación del agua. El caudal mínimo requerido para la operación de redes de alcantarillado de flujo por gravedad es un inconveniente en grandes proyectos con lento desarrollo o en zonas donde la conservación del agua reduce significativamente los caudales de agua residual.

En muchos casos, el agua requerida para el funcionamiento apropiado de los sistemas convencionales de flujo por gravedad supera el agua ahorrada mediante medidas de conservación.

- **Alternativas de Tratamiento de las Aguas Residuales.**

A objeto de delimitar el espectro de alternativas, se puede establecer en primer lugar que todo sistema descentralizado posee algún sistema de evacuación de sus aguas servidas, generalmente de baja calidad sanitaria del efluente, como pozos negros o letrinas.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Las alternativas de tratamiento más comúnmente adoptadas corresponden a las siguientes.

- Pozo Negro.
- Letrina (Standard o mejorada con pozo ventilado)
- Letrina Abonera Seca.
- Caseta Sanitaria con Fosa Séptica y Red de Drenaje o Pozo Absorbente.

El Pozo Negro prácticamente no realiza tratamiento y su efluente no muestra características que hagan recomendable su adopción.

Las Letrinas tienen en general una vida útil corta y requieren ser trasladadas una vez que se copó su capacidad (aproximadamente cada 5 años). Adicionalmente, no pueden ser adaptadas a sistemas de disposición más efectivos.

En cuanto a las Fosas Sépticas, corresponden conceptualmente a un Tratamiento Primario, alcanzando eficiencias de remoción del orden de 75 – 80 y 25 – 40 % en términos de Sólidos Suspendedos y DBO respectivamente.

La principal ventaja con respecto a los Pozos Negros y Letrinas consisten en que se constituyen en una solución más higiénica y permite instalar dependencias de Baño y Cocina, confiriéndole un nivel de calidad de vida superior. Adicionalmente, las Fosas Sépticas pueden ser incorporadas a un sistema centralizado (de implementarse).

En consecuencia, y considerando el actual estado del arte en lo que a tratamiento y disposición de aguas servidas se refiere, se considerará el análisis de alternativas viables de tratamiento a partir de los sistemas en base a Fosas Sépticas.

A la luz de lo anterior, las componentes unitarias más utilizadas para el tratamiento de aguas residuales en sistemas pequeños y descentralizados (sujetos en general a limitaciones económicas) obedecen al siguiente detalle.



CUADRO 6.1  
ALTERNATIVAS TÍPICAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
EN SISTEMAS PEQUEÑOS DESCENTRALIZADOS.

| TIPO DE TRATAMIENTO | ALTERNATIVA  |
|---------------------|--|
| Primario            | Fosas Sépticas   |
|                     | Tanques Imhoff   |
| Primario Avanzado   | Fosa Séptica – Cámara de Filtración.                         |
|                     | Fosa Séptica – Reactor de Cultivo Fijo                       |
| Secundario          | Tratamiento Biológico Aeróbico.                              |
|                     | Tratamiento Aeróbico / Anaeróbico                            |
|                     | Filtro de Arena de Flujo Intermitente                        |
|                     | Filtro de Grava con recirculación                            |
|                     | Lagunas  |
| Avanzado            | Humedales artificiales                                       |
|                     | Tratamiento en el suelo                                      |
|                     | Filtros de lecho empacado, intermitentes y con recirculación |
|                     | Filtración rápida  |
|                     | Desinfección   |

### 6.2.1.3. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO EN SISTEMAS DESCENTRALIZADOS DE AGUAS RESIDUALES.

#### 6.2.1.3.1. FOSAS SEPTICAS.

Dentro del espectro de alternativas de tratamiento de Aguas Servidas mostrado en el numeral anterior, una de las soluciones de más amplia difusión en sistemas pequeños y descentralizados lo constituyen las Fosas Sépticas, por lo que se presenta a continuación un análisis de las principales características y criterios de diseño utilizados.

Una Fosa Séptica se usa para recibir la descarga de agua residual proveniente de residencias individuales y de otras instalaciones sin red de alcantarillado. Las Fosas Sépticas son tanques prefabricados que ofician como tanque combinado de sedimentación y desgrasado y como tanque de almacenamiento de lodos que se digieren en el fondo por digestión anaeróbica sin mezcla ni calentamiento, constando en general de las siguientes componentes.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- Un tanque o contenedor hermético para recolectar y licuar las excretas.
- Un recipiente cubierto para recolectar el efluente.
- Una tubería del orden de 2,5 pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de longitud, provista de una T abierta en uno de sus extremos.
- Una tubería de ventilación, similar a la usada en estufas que emplean gas o madera como combustible, que conecta la Fosa con el aire exterior.

Se han desarrollado varias relaciones empíricas para estimar el tamaño de las Fosas Sépticas, recomendando varios autores un tamaño mínimo de 750 galones (2,8 m<sup>3</sup>).

No obstante, el volumen dependerá en gran medida del caudal afluente al sistema, el que estará compuesto por las aguas servidas propiamente tales, Aguas de Infiltración y Aguas Lluvia, aporte de RILES, etc.

En consecuencia, más que adoptar volúmenes mínimos o recomendados, el dimensionamiento de la Fosa Séptica debe considerar fundamentalmente como criterio de diseño el Período de Retención de la masa líquida, considerado generalmente como de 1 (un) día.

Adicionalmente, los restantes Criterios de Diseño a adoptar dicen relación con las siguientes variables y sus valores comúnmente adoptados.

CUADRO 6.2

| PARAMETRO DE DISEÑO                       | Unidad    | Valor |
|---|-----------|-------|
| Coef. Reducción Volumen Lodo Digerido     |           | 0,25  |
| Contribución Lodo                         | l/hab/día | 1     |
| Período Almacenamiento Lodo               | días      | 365   |
| Coef. Reducción Volumen Lodo en Digestión |           | 0,5   |
| Período Digestión                         | días      | 60    |





**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

A modo ilustrativo, se presenta a continuación un ejemplo en que se efectúa el dimensionamiento de una Fosa Séptica para las siguientes Bases de Cálculo.

| Población<br>(Hbtes) | Viviendas<br>(N°) | Dotación<br>(l/h/d) | CAUDAL (l/s)  |              |           |             |
|----------------------|-------------------|---------------------|---------------|--------------|-----------|-------------|
|                      |                   |                     | Medio ASD (1) | Infiltración | A. Lluvia | Medio Total |
| 6                    | 1                 | 100,0               | 0,007         | 0,000        | 0,000     | 0,007       |

(1) Con Coeficiente de Recuperación R = 0,95

Los Criterios de Diseño adoptados para el dimensionamiento de la Fosa Séptica obedecen al siguiente detalle.

| PARAMETRO DE DISEÑO                       | Unidad    | Valor |
|---|-----------|-------|
| Número de Compartimentos                  |           | 2     |
| Período Retención masa líquida            | días      | 1     |
| Coef. Reducción Volumen Lodo Digerido     |           | 0,25  |
| Contribución Lodo                         | l/hab/día | 1     |
| Período Almacenamiento Lodo               | días      | 365   |
| Coef. Reducción Volumen Lodo en Digestión |           | 0,5   |
| Período Digestión                         | días      | 60    |

El dimensionamiento de la Fosa Séptica aplicando los Criterios de Diseño adoptados a las Bases de Cálculo, entrega los siguientes resultados.

| DIMENSIONES                               | Unidad         | Valor |
|---|----------------|-------|
| Largo                                     |                |       |
| Primer compartimento                      | m.             | 1,23  |
| Segundo Compartimento                     | m.             | 0,62  |
| TOTAL                                     | m.             | 1,85  |
| Ancho                                     | m.             | 0,62  |
| Profundidad Util                          | m.             | 1,2   |
| Volumen Util                              | m <sup>3</sup> | 1,36  |
| Area Util                                 |                | 1,14  |
| Revancha                                  | m.             | 0,3   |
| Altura Sup. Líquido bajo Tubería Afluente | m.             | 0,1   |



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Analizando los resultados mostrados en la tabla anterior, se puede apreciar que para las condiciones de borde adoptadas, el mínimo volumen requerido de la Fosa Séptica es de 1,36 m<sup>3</sup>.

Por otro lado, las variaciones diarias y horarias de determinados parámetros de las Bases de Cálculo exigirán considerar un volumen adicional de Fosa Séptica.

De igual modo, determinados criterios de diseño adoptados, pueden mostrar alguna variación producto de las características específicas de la población a servir (Contribución Lodo, etc.) y de las aguas residuales que generen (Coeficientes de Reducción del Volumen Lodo Digerido y del Lodo en Digestión, etc.).

Considerando lo señalado anteriormente, se adoptará un 20 % de volumen adicional, con lo cual el volumen mínimo de fosa a considerar será del orden de 1,63 m<sup>3</sup>.

Por otro lado, los proveedores del mercado ofertan en general volúmenes estandarizados de Fosa Séptica. En el caso del ejemplo (densidad adoptada 6 hab/vivienda), los distintos proveedores ofrecen volúmenes que varían entre 1,2 y 2,0 m<sup>3</sup> de capacidad, recomendando un volumen mínimo de 1.5 m<sup>3</sup> en atención a la seguridad del diseño, frecuencia real de limpieza, etc.

Considerando el volumen mínimo de 1,6 m<sup>3</sup> de capacidad obtenido a partir del diseño, se adoptará un volumen comercial de Fosa Séptica de 2,0 m<sup>3</sup> de capacidad.

Finalmente, el dimensionamiento de la Fosa Séptica deberá considerar lo establecido en el DS 236/26 (Reglamento de Alcantarillados Particulares) donde sea pertinente.

#### **6.2.1.3.2. OTRAS SOLUCIONES INDIVIDUALES.**

A objeto de poder contar con información técnica de alternativas de tratamiento distintas a las Fosas Sépticas, se presenta un resumen de los tipos de tratamiento individuales disponibles en el mercado local.

Considerando que las diversas tecnologías están asociadas en muchos casos al Know How de los proveedores, se presenta a continuación en forma referencial, un resumen de las tecnologías y los proveedores asociados.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- **TRATAMIENTO EN BASE A LODOS ACTIVADOS.**

El mercado ofrece soluciones individuales de tratamiento en base a lodos activados, pudiendo incluir Tratamiento Preliminar (retención de sólidos y/o separación de Aceites y Grasas), Secundario (Aeración y Sedimentación) y Desinfección de efluente, el que puede ser utilizado para riego o infiltración subsuperficial. Asimismo, el circuito de lodos puede incluir Espesador y/o Digestor.

- **TRATAMIENTO EN BASE A CULTIVO SUSPENDIDO.**

El sistema de tratamiento En base a cultivo suspendido puede incluir tratamiento preliminar (Desgrasador), Fosa Séptica (cuya función es la Sedimentación de Sólidos y Digestión Anaeróbica de lodos), Filtro Biológico Activado (cuyas funciones son: Oxidación de la materia orgánica e Impulsión del efluente hacia una cancha de filtración en elevación o un drenaje a distancia de las fosas), Clorador/Repartidor a Drenes (cuyas funciones son: Desinfección de las aguas servidas tratadas y Repartición en tubos de drenaje (2 ó 3) de las aguas servidas tratadas para infiltración).

- **OTROS TIPOS DE TRATAMIENTO.**

- **HIDROPLANTA DOMICILIARIA. GANTER & ERRAZURIZ.**

El tratamiento comienza con una Fosa Séptica, cuyo objetivo es lograr una decantación de los sólidos presentes. Seguidamente, el efluente es ingresado a un tratamiento biológico que funciona en forma natural, llamado HidroPlanta, que es una laguna con plantas acuáticas flotantes incorporadas.

Finalmente, el efluente del sistema HidroPlanta es sometido a Desinfección por Cloración y posterior Decloración (de requerirse).

El proveedor establece que para un adecuado funcionamiento del sistema se deberán evacuar anualmente los lodos de la fosa séptica, pues un paso de sólidos al sistema HidroPlanta puede estropear su funcionamiento.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**– BAÑO ECOLOGICO. TERRITORIO SUR.**

El baño ecológico es un sistema de disposición de excretas, que separa la orina y las excretas in situ, por medio de una taza separadora, sin usar agua para su operación.

El sistema se basa en la alternancia de dos cámaras, de manera que mientras una está en uso, la otra permanece en reposo.

La materia fecal queda separada de las aguas servidas, orina y suelo, permitiendo así su descomposición en una de las cámaras aisladas del ambiente, que adquiere temperatura y ventilación gracias a la captación de energía solar.

El baño puede ser integrado a viviendas existentes y constituye una solución completa que incluye lavamanos, ducha y tina.

**6.3. ANALISIS CRITICO DE LAS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO Y SU APLICABILIDAD A SISTEMAS DESCENTRALIZADOS.**

Al igual que en el caso del Agua Potable, no es posible definir la tecnología de tratamiento a implementar solamente en función de la población, toda vez que también dependerá de otros factores como la calidad requerida por la normativa de emisión en función del escenario de descarga, la altura de la napa, etc., pudiendo darse casos en que en una misma localidad se deban contemplar diferentes soluciones debido a la presencia de napa subterránea en distintos niveles.

Para ilustrar lo anterior, se presenta a continuación un ejemplo de aplicación de Fosas Sépticas en una localidad (cuyo análisis técnico económico no permitió la instalación de una red de Alcantarillado), donde se debieron definir 3 soluciones individuales para dar cuenta de distintos niveles de napa subterránea presente.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Las Bases de Cálculo que permitieron el dimensionamiento de las soluciones obedecen al siguiente detalle.

| Densidad<br>[hab/viv] | Dotación<br>[l/hab/día] | Coefficiente<br>Recuperación |
|-----------------------|-------------------------|------------------------------|
| 6                     | 100                     | 0,95                         |

| DBO<br>[gr/hab/día] |
|---------------------|
| 30                  |

| Parámetro                   | Razón Parámetro/DBO |
|-----------------------------|---------------------|
| Sólidos Suspendidos Totales | 1,00                |
| Nitrógeno Kjeldahl Total    | 0,25                |
| Fósforo Total               | 0,05                |
| Aceites y Grasas            | 0,20                |

Por otro lado, para la implementación de las alternativas de tratamiento y disposición de las aguas servidas tratadas, se consideró satisfacer las siguientes condiciones de borde.

- Instalación del sistema a no menos de 20 metros de cualquier fuente destinada al suministro de agua de bebida, a excepción de las norias que tengan los beneficiarios, las que quedarán fuera de servicio.
- Excluir la incorporación de Aguas Lluvia al sistema.

Analizada la viabilidad conceptual de emplazamiento de las alternativas de tratamiento y las consecuentes componentes unitarias asociadas, se llegó a las siguientes definiciones.

| Nivel Napa Subterránea | Solución Contemplada  |
|------------------------|---|
| $x > 2$ m.             | Fosa Séptica + Infiltración por Drenes  |
| $1 < x < 2$ m.         | Fosa Séptica + Sedimentación Secundaria, + Desinfección (por Cloro) + Infiltración por Drenes                   |
| $x < 1$ m.             | Fosa Séptica + Sedimentación Secundaria + Desinfección (por Cloro) + Bombeo (a Riego o Infiltración por Drenes) |



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Como se puede apreciar de la tabla anterior, donde la napa subterránea se encuentra a más de 2 m por debajo del nivel del terreno, se pudo aplicar la solución tradicional, consistente en instalar Fosas Sépticas seguidas de una Red de Drenaje.

Donde la napa subterránea se encontraba entre 1 y 2 m por debajo del nivel de terreno, se hizo necesario considerar tratamiento complementario incluyendo Desinfección, y donde se encontraba a menos de 1 m. del nivel de terreno, se consideró la misma solución anterior pero incorporando elevación de las aguas servidas tratadas para poder disponerlas a Riego o Infiltración.

Efectuado el dimensionamiento de las soluciones arriba definidas, las componentes unitarias asociadas a cada escenario (excluyendo todos los implementos adicionales requeridos como Geotextiles, etc.), obedecen al siguiente detalle.

**NAPA FREATICA A MAS DE 2 METROS DE LA COTA DE TERRENO.**

- Fosa Séptica Vertical de 2.000 litros.
- Drenes de Infiltración (mínimo 25 metros, absorción 36 l/m<sup>2</sup>/día).

**NAPA FREATICA ENTRE 1 Y 2 METROS DE LA COTA DE TERRENO.**

- Fosa Séptica Vertical de 2.000 litros.
- Cámara de Decantación de 1.000 litros.
- Cloración.
- Drenes de Repartición (mínimo 25 metros, absorción 36 l/m<sup>2</sup>/día).

**NAPA FREATICA A MENOS DE 1 METRO DE LA COTA DE TERRENO.**

- Fosa Séptica Vertical de 2.000 litros.
- Cámara de Decantación de 1.000 litros.
- Cloración.
- Elevación (bombeo).
- Sistema de Disposición.
- Drenes de Infiltración (mínimo 25 metros, absorción 36 l/m<sup>2</sup>/día).
- Red de Riego.

En el Apéndice 3 del presente Resumen, se presenta el Lay Out de las soluciones delineadas anteriormente



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Asimismo, en el Apéndice 4 del presente Estudio se presenta el Detalle de los Costos de Inversión, Operación y Mantenimiento, cuyo resumen obedece al siguiente detalle.

| Nivel Napa Subterránea | Solución Contemplada  | COSTOS            |   |               |
|------------------------|---|-------------------|---|---------------|
|                        |   | INVERSION<br>[UF] | OPERAC Y MANTENIM<br>[UF/año]    [UF/mes] |               |
| x > 2 m.               | Fosa Séptica + Infiltración por Drenes                                | <b>24,8</b>       | <b>0,867</b>                              | <b>0,0723</b> |
| 1 < x < 2m.            | Fosa Séptica + Sedim Secundaria + Desinf + Infiltr por Drenes         | <b>40,5</b>       | <b>1,994</b>                              | <b>0,1662</b> |
| x < 1 m.               | Fosa Séptica + Sedim Secundaria + Desinf + Bombeo (a Riego o Infiltr) | <b>58,6</b>       | <b>3,194</b>                              | <b>0,2660</b> |

Los resultados obtenidos en la tabla anterior, permiten concluir que las soluciones adoptadas en función de los requerimientos específicos ante la presencia de napa subterránea, hacen variar significativamente los costos tanto de Inversión como de Operación y Mantenimiento.

A la luz de lo anterior, las principales conclusiones a que se puede arribar son las siguientes.

- Al igual que en el caso del Agua Potable, no es posible definir la tecnología de tratamiento a implementar solamente en función de la población, toda vez que también dependerá de otros factores como la calidad requerida por la normativa de emisión en función del escenario de descarga, la altura de la napa, etc.
- Los costos del tratamiento individual crecen significativamente en la medida que se requiere mayor grado de tratamiento (60% incorporando Sedimentación Complementaria y Desinfección y 140 % incorporando adicionalmente elevación)

#### **6.4.SISTEMAS RURALES CENTRALIZADOS.**

A diferencia de los sistemas Descentralizados analizados en el numeral anterior, las tecnologías aplicables a los sistemas Centralizados (vale decir, aquellos que cuentan con Red de Alcantarillado) Rurales son homologables a las aplicadas en localidades Urbanas.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

#### **6.4.1 ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO Y ADOPCION DE LAS MISMAS.**

- **ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO**

Con respecto a las alternativas propiamente tales, el tratamiento biológico de las aguas residuales puede clasificarse en Convencionales y No Convencionales. Los procesos convencionales abarcan aquellos que involucran mecanización de los sistemas, en tanto que los sistemas no convencionales no involucran mecanización y requieren grandes áreas de terreno (p.e. Lagunas de Estabilización).

Las alternativas de tratamiento propiamente tales pueden englobarse en dos áreas, constituidas por tratamientos del tipo **Biológico** y **Fisicoquímico**. A su vez, las primeras pueden clasificarse en Tratamientos Biológicos del Tipo **Convencional** y **No Convencional**.

Los sistemas No Convencionales prescinden de mecanización, pero requieren grandes áreas de terreno (Lagunas de Estabilización Facultativas, Lagunas Anaeróbicas, “Wetlands”, etc.), en tanto que los sistemas Convencionales involucran mecanización de los sistemas y se dividen a su vez según el tipo de cultivo que se trate, en Cultivo Fijo y Suspendido.

En lo referido a los sistemas en base a Cultivo Fijo (biomasa adherida en forma de película a un medio de soporte) denominados genéricamente Lechos Bacterianos, las versiones más difundidas la constituyen los Biofiltros o Filtros Percoladores y los Biodiscos o Contactores Biológicos Rotatorios (CBR).

En cuanto a los sistemas en base a Cultivo Suspendido (biomasa llamada licor mezclado en suspensión en un estanque), denominado genéricamente como Lodos Activados, las versiones más difundidas la constituyen los Lodos Activados por Aeración Extendida, a Media Carga y Convencionales.

Por otro lado, una alternativa que también puede considerarse también como Convencional en base a Cultivo Suspendido, la constituyen las Lagunas Aeradas (o aireadas), cuyas versiones más difundidas corresponden a Lagunas Aeradas a Mezcla Completa, Lagunas Aeradas Multicelulares y Lagunas Aeradas Facultativas.

Finalmente, y a diferencia de las alternativas biológicas, el Tratamiento Fisicoquímico no involucra el mejoramiento de la calidad de las aguas servidas por medio de un proceso biológico, sino fundamentalmente por reacción física y química sobre la base de adición de reactivos específicos.





**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Estos sistemas cuentan con componentes unitarias de tratamiento de tipo físico (sedimentación, flotación, filtración, etc.) donde tienen lugar reacciones estequiométricas ante la adición de ciertos reactivos dados (coagulantes, polielectrolitos, polímeros etc.).

Considerando lo anteriormente establecido, el espectro de alternativas de sistemas de Tratamiento de Aguas Servidas del tipo Centralizado puede sistematizarse del siguiente modo.

- **BIOLOGICOS.**
  - Sistemas No Convencionales.
    - Lagunas de Estabilización Facultativas.
    - Lagunas Anaeróbicas.
    - Wetlands.
  - Sistemas Convencionales.
    - Cultivo Fijo.
      - Biofiltros o Filtros Percoladores.
      - Biodiscos o Contactores Biológicos Rotatorios.
    - Cultivo Suspendido.
      - Aeración Extendida.
      - A Media Carga.
      - Convencionales.
    - Lagunas Aeradas.
      - A Mezcla Completa.
      - Multicelulares.
      - Facultativas.
- **FISICOQUIMICO.**

Las alternativas del tipo No Convencional son en general sistemas naturales, y en la mayoría de ellos no se cuenta con variables operativas que permitan controlar el sistema, no pudiendo en consecuencia asegurar la calidad exigida por la normativa vigente como promedio diario en forma estable. En el actual estado del arte en el país, ello las torna inviables como solución, especialmente considerando el número mínimo de muestras mensuales de control exigidas. Adicionalmente, ante cualquier desestabilización del sistema la calidad del efluente puede deteriorarse por largos períodos de tiempo.

Las alternativas de tratamiento del tipo **Convencional** presentan también un amplio espectro de posibilidades, dentro de las cuales, las de tecnología establecida más importantes son las siguientes:



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- **CULTIVO SUSPENDIDO AERÓBICO (LODOS ACTIVADOS).**

En estos sistemas, la biomasa se mantiene en agitación en un Estanque de Aeración desde donde pasa a una unidad de Sedimentación. La biomasa sedimentada es devuelta parcialmente al tratamiento biológico para mantener una población microbiana adecuada, y una parte se purga del sistema como lodo en exceso.

- **CULTIVO FIJO (LECHOS BACTERIANOS).**

Los Lechos Bacterianos son reactores de Cultivo Fijo, donde los microorganismos se desarrollan adheridos a un lecho o medio de soporte (el cual puede ser fijo o móvil) en forma de superficies de cultivo, asemejando una carpeta biológica (mucílago o capa mucilaginoso). El material del medio de soporte puede ser roca, madera o plástico, teniéndose entre 45 y 200 m<sup>2</sup> de superficie específica por cada metro cúbico para el desarrollo de la carpeta biológica.

El sustrato es aplicado en forma intermitente y alternado con períodos de aeración en los cuales se produce la fase de respiración de los microorganismos.

- **TRATAMIENTO FISICOQUIMICO.**

A diferencia de las alternativas Biológicas (por cultivo fijo o suspendido) detalladas anteriormente, el tratamiento Físicoquímico no involucra el mejoramiento de la calidad de las aguas servidas por medio de un proceso biológico, sino fundamentalmente por reacción física y química sobre la base de adición de reactivos específicos.

El dimensionamiento de este sistema responde fundamentalmente al comportamiento de los aguas servidas frente a ciertas componentes unitarias de tratamiento de tipo físico (sedimentación, flotación, filtración, etc.) y a reacciones estequiométricas ante la adición de ciertos reactivos dados (coagulantes, polielectrolitos, polímeros etc.).

La adición de coagulantes permite la aglomeración de las partículas presentes en las aguas servidas, formándose partículas de mayor tamaño, llamadas flóculos, que son más fáciles de remover que las partículas de las aguas servidas crudas. La mayor o menor formación de flóculos, así como su tamaño y peso, dependerá del tipo y cantidad de floculante empleado.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

• **ADOPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS EN EL SECTOR RURAL**

A la luz de lo descrito en los numerales anteriores, se puede concluir que los sistemas Centralizados de tratamiento de aguas servidas del sector Rural, que pueden dar cuenta de la normativa vigente, presentan las siguientes características.

- Las alternativas de tratamiento de aguas servidas del tipo Biológico Convencional en las versiones de Lodos Activados por Aeración Extendida son las que mejor se adecuan, puesto que son las que cuentan con mayores variables operativas de control y pueden alcanzar el grado de tratamiento más restrictivo exigido por la normativa vigente.
- Las alternativas de tratamiento en base a Lagunas Aeradas, deben corresponder a la configuración definida anteriormente (Laguna Aerada a Mezcla Completa con un Tiempo de Retención no inferior a 3 [días], seguida de dos Lagunas de Sedimentación parcialmente aeradas en serie, cada una con un Tiempo de Retención entre 1 y 2 días descontando el volumen ocupado por el lodo en las Lagunas de Sedimentación). Dicha configuración tiene mayor simplicidad operativa que la alternativa en base a Lodos Activados por Aeración Extendida y permite la deshidratación discontinua de lodos (p.e. una vez al año durante la época de verano), pero exige de un estricto seguimiento operacional si debe dar cuenta de la calidad más restrictiva exigida por la normativa vigente.
- Las alternativas de Cultivo Fijo (Biofiltros y Biodiscos) tienen menor costo de operación que las de Cultivo Suspendido, pero no alcanzan el grado de remoción de estas últimas, lo que implica que si se debe dar cuenta de la calidad más restrictiva exigida por la normativa vigente, no pueden asegurar su cumplimiento a todo evento. Adicionalmente, al considerar los Biodiscos, determinados tipos de aguas servidas deben estar sujetos a pretratamiento obligado (especialmente cuando contienen una cantidad apreciable de grasas y aceites), puesto que de no hacerlo los biodiscos se pueden desequilibrar cuando los esfuerzos al eje no están simétricamente distribuidos a lo largo de la componente. Adicionalmente, presentan un alto costo de Mantenimiento, debido principalmente a fallas en los motorreductores y los ejes. De hecho la experiencia a escala nacional en localidades con esta tecnología no muestran operación adecuada, estando la mayoría de ellos fuera de servicio.
- Las alternativas en base a Tratamiento Fisicoquímico no alcanzan el grado de remoción de las demás alternativas, implican una operación intensa (manipulación y dosificación constante de reactivos), generan lodos menos aptos para disposición que las demás alternativas y llevan asociados potenciales riesgos ambientales y de salud que no tornan viable su adopción como planta adecuada.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Considerando lo anterior, las alternativas de tratamiento Centralizado aplicables en el sector Rural cuando se debe dar cuenta de la normativa vigente, son a juicio de esta Consultora las del tipo Biológico Convencional en las versiones de **Lodos Activado por Aeración Extendida** y **Lagunas Aeradas Multicelulares**.

- **LODOS ACTIVADOS POR AERACION EXTENDIDA.**

En términos generales, los Lodos Activados constituyen un sistema en que se mantiene determinada biomasa en agitación en un estanque de aeración, donde tiene lugar el tratamiento biológico. Siguiendo el circuito de la fase líquida, el agua servida cruda llega a la planta ingresando al tratamiento preliminar (rejas, desgrasado y desarenación), luego de lo cual se mezcla con los lodos activados de recirculación y se distribuye a los tanques de aeración. El licor mezclado formado en los tanques de aeración se separa del efluente tratado en las componentes unitarias de sedimentación secundaria para retornarlo parcialmente al tratamiento biológico de modo de mantener una población que permita una adecuada razón alimento /microorganismos (F/M), y purgar el resto del sistema como lodo en exceso. El efluente final se desinfecta mediante cloración y se descarga al curso receptor.

En cuanto al circuito de la fase sólida, el material resultante del tratamiento preliminar (material cribado y arenas) se transporta periódicamente fuera de la planta para su disposición final.

Los lodos activados de exceso provenientes de un proceso por Aeración Extendida estarán estabilizados, por lo cual no necesitarán estabilización adicional y serán espesados para posteriormente ser secados mecánicamente antes de ser conducidos a canchas de acopio, desde donde se transportan a su disposición final.

El comportamiento esperado del sistema en términos de remoción de los parámetros de interés, obedece al siguiente detalle.

| <b>PARAMETRO</b>   | <b>% REMOCION</b>  |  |
|--------------------|--------------------|--|
| DBO                | 90 – 95            |  |
| Nitrógeno Total    | 15 – 30<br>70 – 95 | Tratamiento Secundario Convencional.<br>Incluyendo Desnitrificación.   |
| Fósforo Total      | 10 – 25<br>70 – 90 | Tratamiento Secundario Convencional.<br>Incluyendo remoción adicional de N y P ó<br>Remoción Química de Fósforo. |
| Coliformes Fecales | 60 – 90            |  |



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En términos bacteriológicos, la remoción alcanzada no es suficiente para dar cuenta de lo establecido por la normativa vigente, por lo cual esta configuración debe incorporar Desinfección al final del sistema de tratamiento.

- **LAGUNAS AERADAS.**

- **LAGUNAS AERADAS A MEZCLA COMPLETA.**

En las Lagunas Aeradas a Mezcla Completa, se provee aeración artificial a un nivel tal que satisfaga los requerimientos necesarios de oxígeno, y a una potencia tal que todos los sólidos se mantengan en suspensión. Esto hace que este proceso pueda ser asimilado a un lodo activado sin recirculación.

Los sólidos en suspensión salen con el efluente, por lo que se requieren componentes unitarias complementarias para la Sedimentación de lodos, los que se digirán anaeróticamente en las unidades, permitiendo adicionalmente obtener una baja producción de lodos.

Desde el punto de vista de los criterios de dimensionamiento, y considerando que las Lagunas Aeradas a Mezcla Completa pueden ser asimiladas a un proceso de lodos activados sin recirculación, se cuenta con Criterios de Diseño claramente definidos, exponiéndose a continuación los más relevantes, de acuerdo a la metodología presentada por Pedro Alem en el Seminario "Tecnologías de Tratamiento de bajo Costo", Santiago 1993.

- Profundidad usual                    2,5 – 5 [m]
    - Período de Retención                2 – 5 días
    - Demanda de Oxígeno                1,25 [KgO2/KgDBO]

Por otro lado, la laguna posterior de Sedimentación tiene por objetivo acumular y digerir anaeróticamente los sólidos. Se estima una reducción de volumen por digestión anaeróbica de un 50-60 % el primer año y del orden de 40% el segundo año. El lodo debe ser purgado en forma continua o semicontinua para no acumular más que lo que se dispone para tales efectos.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

El comportamiento esperado del sistema en términos de remoción de los parámetros de interés, obedece al siguiente detalle.

| PARAMETRO          | % REMOCION  |
|--------------------|---|
| DBO                | 50 – 60<br>80 – 90 incluyendo Laguna Sedimentación. |
| Nitrógeno          | No Nitrifica  |
| Fósforo            | No remueve  |
| Coliformes Fecales | 90 – 99   |

En términos bacteriológicos, la remoción alcanzada no es suficiente para dar cuenta de lo establecido por la normativa vigente, por lo cual esta configuración debe incorporar Desinfección al final del sistema de tratamiento.

- **LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES.**

El sistema en base a Lagunas Aeradas Multicelulares está configurado en base a 2 etapas secuenciales, la primera de las cuales está destinada a remover la materia orgánica biodegradable de las aguas servidas (en una primera laguna) y la segunda para la sedimentación, estabilización y almacenamiento de los sólidos sedimentados (en dos o más lagunas en serie).

En la primera etapa, se requiere mantener todo los Sólidos en suspensión, por lo que se exige una potencia de mezcla ( $W/m^3$ ) que asegure la mezcla completa, en tanto que en la segunda etapa se debe alcanzar suspensión parcial de los sólidos a una potencia de aeración adecuada.

Desde el punto de vista de los criterios de dimensionamiento, y considerando que las Lagunas Aeradas Multicelulares también pueden ser asimiladas a un proceso de lodos activados sin recirculación, se cuenta con Criterios de Diseño claramente definidos, siendo los más relevantes los siguientes.

- Laguna Aerada a Mezcla Completa.
  - Tiempo Retención 2 a 3 días
  - Demanda de Oxígeno 1,25 [ $KgO_2/KgDBO$ ]
  - Capacidad Mezcla 5 – 6  $W/m^3$ .



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- Lagunas Parcialmente Aeradas
  - Tiempo Retención 0,7 – 1,0 día
  - Capacidad de Mezcla 1 – 2 W/m<sup>3</sup>

El comportamiento esperado del sistema en términos de remoción de los parámetros de interés, obedece al siguiente detalle.

| PARAMETRO          | % REMOCION  |
|--------------------|---|
| DBO                | 50 – 60<br>80 – 90 incluyendo Lagunas Parcialmente Aeradas. |
| Nitrógeno          | No Nitrifica  |
| Fósforo            | No remueve  |
| Coliformes Fecales | 90 – 99   |

- **ANALISIS DEL GRADO DE REMOCION DE LAS LAGUNAS AERADAS Y EL CUMPLIMIENTO DEL DS 90/00.**

Analizando los numerales anteriores, se puede apreciar que el grado de remoción de DBO de las Lagunas Aeradas Facultativas es menor al que alcanzan las Lagunas Aeradas a Mezcla Completa y Lagunas Aeradas Multicelulares, lo que sumado a las características de su propia configuración no permite asegurar que se alcance la calidad establecida al efluente a todo evento.

En cuanto al resto de las Lagunas Aeradas (Mezcla Completa y Multicelulares), cualquiera de las configuraciones entregará una calidad de efluente en el rango de 30 a 40 mg/l, pudiendo algunas muestras llegar a valores más elevados cuando ocurran eventos como ascenso de sólidos de la zona de lodo de las lagunas de sedimentación donde tiene lugar la estabilización anaeróbica, por lo que es difícil producir un efluente final inferior a 35 mg/l de DBO a todo evento.

En relación a la remoción de Nitrógeno y Fósforo, ninguna de las alternativas de lagunas aeradas remueve más de un 10% ya que básicamente todo el lodo volátil biodegradable será destruido en el sistema, liberando el Nitrógeno y Fósforo removidos en el agua servida en el proceso de síntesis.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Considerando lo anteriormente establecido, el análisis comparativo del grado de remoción alcanzado por las diferentes alternativas en término de los parámetros de interés mostrado anteriormente, puede resumirse del siguiente modo.

| PARAMETRO                   | GRADO REMOCION [%] |              |              |                 |
|-----------------------------|--------------------|--------------|--------------|-----------------|
|                             | L Activado         | LAMComp      | LAMultic     | LAF             |
| DBO                         | 90 -95             | 80 -85       | 80 -85       | 70 -80          |
| Sólidos Suspendidos Totales | 90 -95             | 80 -90       | 80 -90       | 80 -90          |
| Nitrógeno Kjeldahl Total    | Nitrif Completa    | No nitrifica | No nitrifica | Nitrif. parcial |
| Fósforo Total               | 10 -25             | No remueve   | No remueve   | Mínima          |

Finalmente, cabe destacar que para el escenario de descarga a cuerpos de agua con dilución, pueden considerarse otras alternativas de tratamiento como Tratamiento Biológico por Cultivo Fijo, pero cuyos costos de inversión y operación no serán inferiores a las de Lagunas Aeradas Multicelulares.

Otros tipos de tratamiento como Primario solo o Químicamente Asistido (CEPT) aún pudiendo tener costos de Inversión y/u Operación más bajos, llevan asociados potenciales riesgos ambientales y de salud que no tornan viable su adopción como planta eficiente, por lo cual no se recomienda considerarlas como alternativas viables.

Las configuraciones de tratamiento señaladas y la definición de las alternativas de tratamiento a adoptar en función de los escenarios de descarga (y la correspondiente normativa asociada en términos de calidad del efluente) pueden resumirse del siguiente modo:





**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- Cuando la descarga se efectúa a un **Cuerpo de Agua Sin Capacidad de Dilución y no hay exigencia de remoción de Nutrientes**, los sistemas de tratamiento que pueden cumplir con la calidad del efluente presentan las siguientes características.
  - **Lagunas Aeradas Multicelulares.** Cumplen con los parámetros establecidos por la normativa con una concentración afluente propia de aguas servidas domésticas (máximo 250 mg/l), equivalente a un porcentaje de remoción de DBO requerido menor o igual al 85 %
  - **Lodos Activados por Aeración Extendida.** Cumplen con los parámetros establecidos por la normativa en forma independiente de la calidad de afluente.
- Cuando la descarga se efectúa a un **Cuerpo de Agua Sin Capacidad de Dilución y hay exigencia de remoción de Nutrientes**, los sistemas de tratamiento que pueden cumplir con la calidad del efluente presentan las siguientes características.
  - Aún cuando el diseño del tratamiento en base a Lagunas Aeradas Multicelulares definido anteriormente se realice desde el lado de la seguridad, el sistema tiene capacidad reducida de remoción de nutrientes, por lo que el cumplimiento o no de lo prescrito por la normativa dependerá de la concentración de estos parámetros en el afluente. Si se debe reducir NKT, ello lleva asociada la necesidad de complementar el tratamiento, normalmente por Stripping del Amoníaco o por medio de Cloración. La primera alternativa es descartada por los costos asociados y la necesidad de vigilancia operacional permanente, en tanto que la adición de Cloro exige cantidades que tornar la solución técnica, ambiental y económicamente inviable.
  - El sistema de tratamiento en base a Lodos Activados por Aeración Extendida cumple con los parámetros críticos establecidos por la normativa en forma independiente de la calidad de afluente y sin necesidad de incorporar componentes adicionales o variables que tornen la solución inviable técnica o ambientalmente.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Lo anterior puede sistematizarse de acuerdo al siguiente detalle.

- DBO
  - Grado de remoción > 85% Lodo Activado.
  - Grado de remoción < 85% Laguna Aerada.
- NKT
  - Remoción < ó = 10% Laguna Aerada.
  - Si la diferencia de concentración entre  
afluente y la norma es menor a 2,5 mg  
NKT/L Laguna Aerada con  
adición de Cloro
- PT
  - Remoción > 10% Lodo Activado.
  - Laguna Aerada Remoción 0,075 grP/grDBO
  - Lodo Activado Remoción 0,01 grP/grDBO

A la luz de lo anterior, la principal conclusión a que se puede arribar es que al igual que en el caso del Saneamiento Descentralizado, no es posible definir la tecnología de tratamiento a implementar solamente en función de la población, toda vez que también dependerá de otros factores como la calidad requerida por la normativa de emisión en función del escenario de descarga, etc.

En cuanto a los costos de Inversión de los sistemas de tratamiento, resultan significativamente altos dado el orden de población involucrada (en general menor a 1000 habitantes).

A continuación se presentan a modo ilustrativo 2 gráficos con Costos resultantes de dimensionar sistemas de Tratamiento con Costos Unitarios de la zona Central del país (IV y VII regiones).



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

#### **6.4.2 COSTOS DE INVERSION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Al igual que en el caso de los sistemas Descentralizados, no es posible definir los Costos de Inversión de la tecnología de tratamiento solamente en función de la población, toda vez que también dependerán de otros factores como las condiciones geográficas locales, precios unitarios de la zona, etc.

No obstante, y a objeto de contar con costos referenciales de las alternativas de tratamiento aplicables al sector Rural, se elaboró un Modelo de Costos, estructurado en base a Modelos Principales y Modelos Auxiliares.

Considerando el rango de población del análisis, los Modelos Principales considerados corresponden a las siguientes tecnologías.

- Lodos Activados por Aeración Extendida.
- Lagunas Aeradas Multicelulares.

Los Modelos Auxiliares contemplan planillas referidas a la valorización de la infraestructura requerida como Cañerías de distintos materiales en todos los diámetros comerciales, Planta Elevadora de Aguas Servidas, Estanques Circulares y Rectangulares de Hormigón Armado, Curvas de Costos de Equipos, etc.

El resto de los elementos de Costo se completó con Planillas más simples que permiten obtenerlos a través de parámetros específicos de diseño, como por ejemplo.

- Cámara de Rejas, por rango de Caudal.
- Canaleta Parshall por rango de Caudal.
- Instalaciones Eléctricas por rango de Potencia.
- Edificios, Bodegas, Galpones y Casetas por área (m<sup>2</sup>).

Una vez efectuados los dimensionamientos de los sistemas de tratamiento para las distintas poblaciones servidas, se procedió a la valorización de los Costos de Inversión de cada una de ellas por medio del Modelo de Costos, considerando las características específicas de las localidades analizadas de la zona central del país.

En el Modelo, los Costos de Inversión de las PTAS propiamente tales se subdividieron básicamente en Obras Civiles y Equipos, de acuerdo al siguiente detalle.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

• **OBRAS CIVILES.**

Los costos de Obras Civiles se calcularon sobre la base de las cubicaciones de las obras proyectadas a nivel de Ingeniería Conceptual y los respectivos precios unitarios referenciales.

Las obras incluidas en el análisis de Costos de Inversión de los sistemas de tratamiento son las siguientes.

- Tratamiento Preliminar (Cámara de Rejas manual o mecanizada).
- Tratamiento Biológico.
- Desinfección.
- Tratamiento, Deshidratación y Disposición de Lodos.
  - Lechos de Secado para Lagunas Aeradas Multicelulares.
  - Espesamiento y Deshidratación mecanizada en PTAS en base a Lodos Activados para poblaciones mayores a 1.000 habitantes.
- Edificaciones y Obras de Urbanización.
  - Control y Comando, Bodega y Grupo Electrónico.
  - Galpón insonorizado para Sopladores (los Generadores se consideraron con insonorización incorporada).
  - Sala Cloración.
  - Camino Acceso.
  - Urbanización del recinto PTAS, incluyendo caminos interiores y cierros.
  - Red Agua Potable.
  - Alcantarillado del recinto.

• **EQUIPOS.**

Los Costos de los Equipos contemplados para cada alternativa de tratamiento dimensionada, se calcularon sobre la base de cotizaciones de los distintos ítems que obran en poder de esta oficina consultora.

Considerando la población asociada y el número de alternativas analizadas, la metodología consistió en obtener cotizaciones para distintos tamaños de cada equipo considerado, a partir de los cuales se generó la consecuente Curva de Costos en función de la variable asociada (p.e. Sopladores por Potencia [HP ó KW], etc.).



Una vez generada la Curva, se pueden obtener los Costos de Inversión de los Equipos en función del requerimiento que arrojó el dimensionamiento, los que fueron alimentados directamente a la Planilla de Presupuesto.

- **DESGLOSE DE LOS COSTOS DE INVERSION.**

Considerando que los Costos de Inversión puedan ser utilizados para decisiones estratégicas, se desglosarán del siguiente modo.

- **INFRAESTRUCTURA DE AGUAS SERVIDAS.**
  - **CONDUCCIONES.**
    - Emisario Afluente.
    - Emisario de Descarga.
  - **PLANTAS ELEVADORAS DE AGUAS SERVIDAS (PEAS).**
  - **PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS.**
    - Costos Directos
      - Costos Directos A.
        - Urbanización
        - Edificaciones
        - Obras Civiles
        - Interconexiones Hidráulicas.
        - Equipos
        - Obras Eléctricas
        - Montaje Equipos (10 % Costo de los Equipos y Obras Eléctricas)
        - Obras Especiales (Según localidad)
      - Costos Directos B
        - Costos Directos A.
        - Puesta en Marcha (3 % de los Costos Directos A).
    - Costos Indirectos
      - Gastos Generales y Utilidades (32 % Costos Directos)
      - Ingeniería e Inspección de Obras (9 % Costos Directos)
      - Instalación de Faenas (1,5 % de los Costos Directos).



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

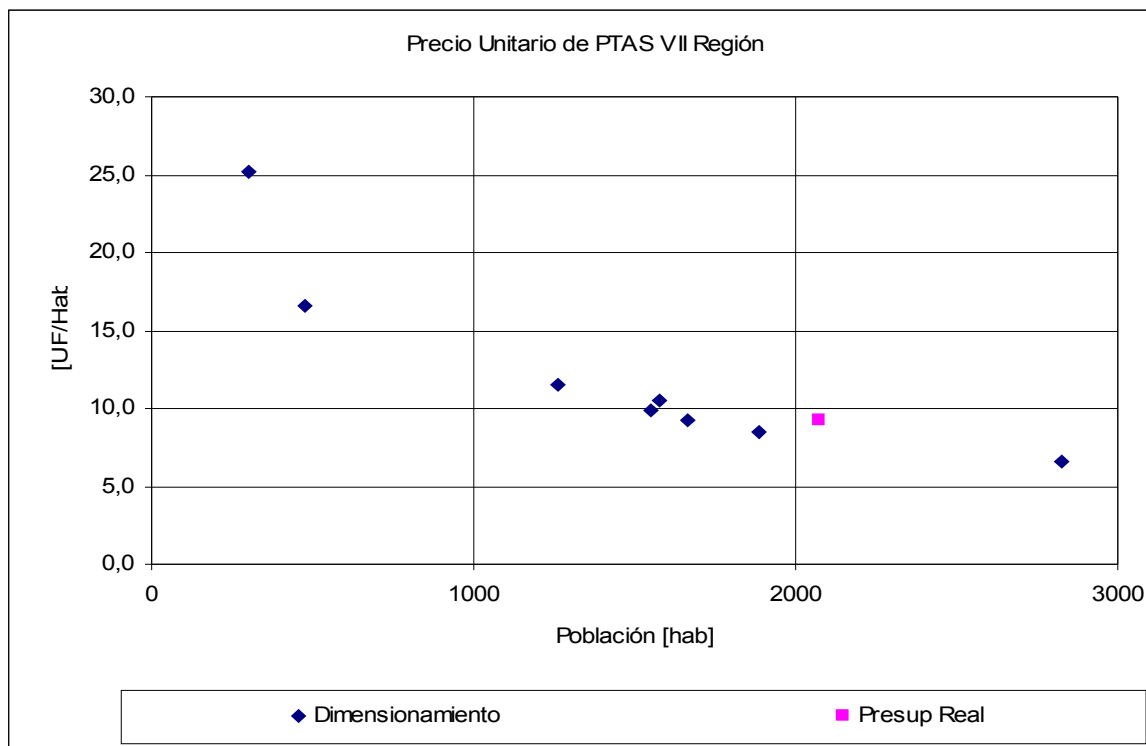
La estimación de los Costos de las PTAS obedecerá a la siguiente relación.

$$\text{Costo Total} = \text{CD} * (1 + \text{IF}) * (1 + \text{GGyU}) * (1 + \text{INGyITO})$$

- **OTRAS INVERSIONES.**
  - Terreno.
- **INFRAESTRUCTURA DE APOYO.**
  - Macromedidores.
  - Equipo Generador.

En el gráfico siguiente se muestran los Costos referenciales para Plantas en base a Lodos Activados por Aeración Extendida y Lagunas Aeradas Multicelulares.

**COSTOS REFERENCIALES PLANTAS EN BASE A LODOS ACTIVADOS POR  
AERACION EXTENDIDA**



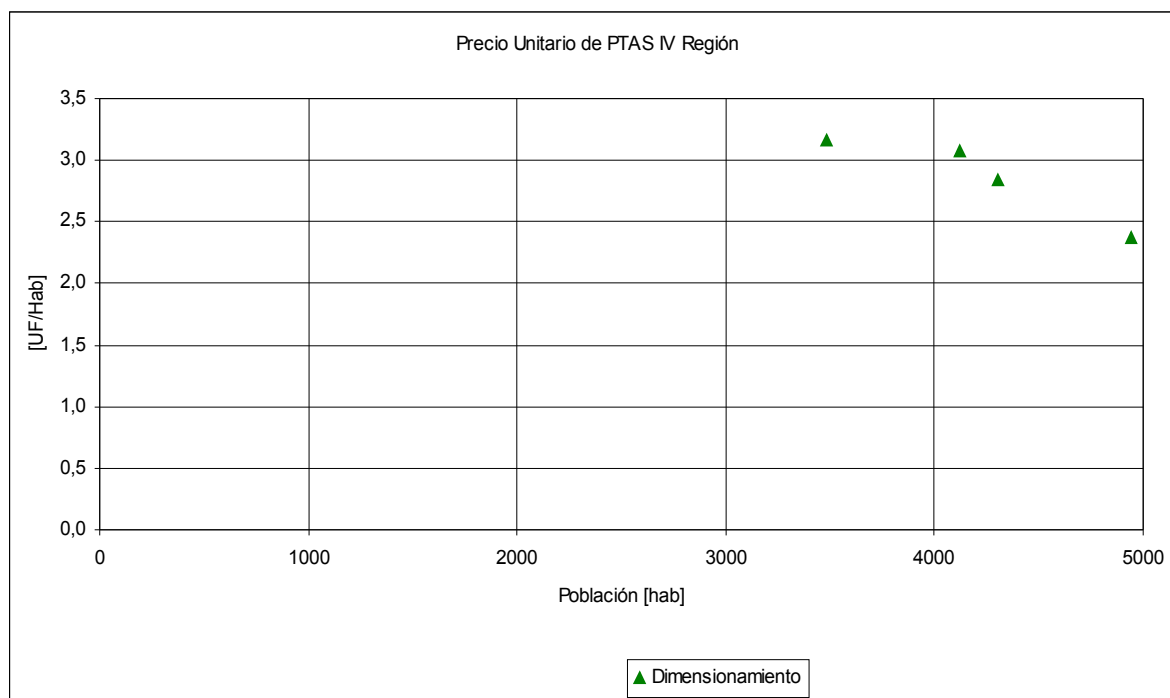


**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Analizando el gráfico anterior, se puede apreciar que los Costos Unitarios [UF/habitante] de Inversión de Lodos Activados resultan elevados, debiendo destacar que es viable efectuar reducciones al evaluar plantas Compactas en base a Lodos Activados (en consideración a que los dimensionamientos se hicieron considerando componentes unitarias separadas), pero siempre dentro del rango encontrado.

**COSTOS REFERENCIALES PLANTAS EN BASE A  
LAGUNAS AERADAS MULTICELULARES**



Al igual que en el caso anterior, los costos de Inversión referenciales señalados resultan elevados, pero menores a los de los sistemas en base a Lodos Activados.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

## **6.5.PRINCIPALES CONCLUSIONES**

Como se puede apreciar del análisis ilustrativo mostrado para poblaciones de localidades de la zona central del país, los Costos de Inversión y Operación referidos a sistemas de tratamiento que deben dar cuenta de la normativa vigente resultan más caros mientras más pequeña sea la población.

En el caso de las poblaciones del sector rural, ello se torna más dramático, puesto que los Costos de Inversión de sistemas de tratamiento en base a Lodos Activados se encuentran entre 11 y 5 UF/Hab para poblaciones entre 1.000 y 5.000 habitantes.

En el caso de las Lagunas Aeradas Multicelulares, los Costos de Inversión son más bajos que los de Lodos Activados (60 – 75 %), al igual que los Costos de Operación. Si a ello se suma el hecho que los lodos de estos sistemas permanecen en la laguna por un año antes de ser evacuados (a diferencia de los Lodos Activados que requieren remoción continua de lodos) y que tienen mayor simplicidad operativa, se aprecia la conveniencia de considerar esta alternativa como solución para el sector rural.

Asimismo, el ejemplo ilustrativo muestra que no es posible definir la tecnología de tratamiento a implementar solamente en función de la población, toda vez que también dependerá de otros factores como las condiciones locales, calidad requerida por la normativa de emisión en función del escenario de descarga, etc.





**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

## **8.DEFINICIÓN ÁMBITO RURAL**

En este punto se abordó el análisis y caracterización de los sistemas de Abastecimiento de Agua Potable Rural existentes en localidades con población rural concentrada, en lo que dice relación con factores asociados a su gestión, tipo de organización y tamaño de los servicios, etc. Sobre esta base, se propone tanto un tipo de organización adecuada como las condiciones y requerimientos necesarios para la implementación de nuevas soluciones de Saneamiento Rural en localidades rurales semi concentradas y dispersas.

Para este desarrollo se consideraron los siguientes aspectos:

El Agua Potable Rural y el Saneamiento son abordados teniendo en cuenta que el agua es:

- Un bien Social
- Un Recurso Natural
- Un bien económico

El conjunto de instituciones, leyes, reglamentaciones normativas, recursos humanos y bienes relacionados con la prestación de los Servicios de AP y Saneamiento, los que presentan las siguientes características especiales:

- Los servicios son básicamente locales, propios de cada localidad.
- Los Servicios son Monopólicos, por razones técnicas y económicas
- La prestación de los servicios es una actividad industrial
- La rentabilidad es baja.

Sostenibilidad y Sustentabilidad de los proyectos

Comunidad: Si bien las alternativas técnicas de las soluciones están determinadas por la caracterización geográfica y la disponibilidad técnica y económica, no es menos cierto que las alternativas organizacionales estarán dadas por las características culturales, étnicas, etareas, y demográficas; la diversidad social y de género existente; las modalidades de organización y la participación de los distintos grupos sociales locales

A la luz de lo anterior, es necesario tener en cuenta que, la implementación de todo proyecto de saneamiento ambiental generará cambios importantes en la vida de las personas y, por ende, provocará impactos sociales. Un proyecto será más eficiente y logrará mejores resultados, aceptación y sentido de pertenencia, si la comunidad está involucrada en la identificación de las necesidades, capacidades, oportunidades y limitaciones locales frente al proyecto.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Los servicios de agua serán mejor sostenidos, desarrollados y utilizados por las comunidades cuando se den las siguientes condiciones.

- Si las instituciones y las políticas adoptadas les posibilitan el participar en el servicio desde el comienzo.
- Si se toman decisiones informadas acerca del tipo de gestión del servicio y los sistemas de financiamiento.
- Si se desarrollan capacidades para mantener y gestionar los servicios de manera tal que las cargas y los beneficios sean compartidos equitativamente.

Por último, la autosostenibilidad de los servicios es producto de un trabajo técnico y administrativo que involucra tanto a operadores como a la comunidad. Por ello, *deben darse las condiciones adecuadas para que los operadores adopten y potencien habilidades y capacidades técnicas, administrativas y de gestión empresarial de los servicios rurales.*

## 6.6.SERVICIOS DE AGUA POTABLE RURAL

El número de servicios de Agua Potable Rural existentes a Diciembre de 2005, asciende a 1.432, 149 de las cuales son de carácter peri urbano. La distribución regional de estos Servicios según el número de Arranques puede resumirse del siguiente modo:

| Región       | Arranques   |            |            | Total servicios |
|--------------|-------------|------------|------------|-----------------|
|              | Menos250    | 251 a 499  | 500 o más  |                 |
| I            | 27          | 1          | 0          | 28              |
| II           | 3           | 1          | 1          | 5               |
| III          | 28          | 2          | 0          | 30              |
| IV           | 124         | 24         | 7          | 155             |
| V            | 105         | 26         | 10         | 141             |
| VI           | 123         | 49         | 22         | 194             |
| VII          | 195         | 51         | 15         | 261             |
| VIII         | 126         | 21         | 13         | 160             |
| IX           | 138         | 8          | 8          | 154             |
| X            | 138         | 23         | 10         | 171             |
| XI           | 25          | 3          | 1          | 29              |
| XII          | 3           | 2          | 0          | 5               |
| RM           | 53          | 25         | 21         | 99              |
| <b>Total</b> | <b>1088</b> | <b>236</b> | <b>108</b> | <b>1432</b>     |

Fuente: MOP



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Según el cuadro anterior, se puede apreciar que los APR tipificados como pequeños tienen presencia en todas las regiones del país, concentrándose entre la IV y la X región. De igual modo, los sistemas tipificados como medianos y grandes, también encuentran presencia mayoritaria en las mismas regiones, debiendo destacar que los sistemas grandes no se encuentran presentes en la I, III y XII regiones.

Por otro lado, desde el punto de vista organizacional, existen a nivel nacional 1187 Comités que operan servicios de Agua Potable Rural en 255 comunas, con presencia en todas las regiones del país.

De igual modo, de un total de 147 cooperativas inscritas, 124 se encuentran operando sistemas de APR en 77 comunas pertenecientes a la IV, V, VI, VII, VIII y XIII regiones.

## **6.7.ASPECTOS RELEVANTES A CONSIDERAR EN EL ÁMBITO SOCIAL**

A la luz de las entrevistas realizadas y la información disponible recopilada, los siguientes aspectos se consideran relevantes del ámbito social:

- Falta soporte y apoyo técnico permanente para la mantención de la infraestructura, lo que se traduce actualmente en falta de capacitación de los operadores para dar solución a problemas mayores relacionados con la operación y mantención de los Equipos electromecánicos de los sistemas de tratamiento.

Adicionalmente, se debe considerar el apoyo que este tipo de servicios requiere en relación a la gestión administrativa y financiera del servicio, especialmente en lo referido a estructurar tarifas que contemplen aspectos como la reposición o reemplazo de infraestructura y las ampliaciones que el servicio necesariamente experimentará en su vida útil.

- Se debe estructurar y completar un marco legal y regulatorio que incorpore conceptos como “áreas de concesión”, “tarifas eficientes”, “obligaciones y deberes del administrador”, etc.

Dichos conceptos se encuentran incorporados hoy en día a la gestión de las grandes empresas a través del marco legal que las rige.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

No obstante, no se trata de traspasar cabalmente la totalidad de los conceptos presentes en la gestión de las concesionarias, sino más bien en detectar los aspectos más relevantes y adecuarlos a la realidad del mundo rural, especialmente aquellos que constituyen un aporte a la gestión de los APR.

- Se debe considerar el apoyo y respaldo técnico – financiero en virtud del grado de aislamiento que el servicio tenga.

El apoyo técnico y la mantención preventiva y correctiva de los equipos resulta de vital importancia en casos de aislamiento donde el centro poblado más próximo se encuentra muy retirado y de difícil acceso.

- Se debe considerar ponderadamente la calificación técnica de un operador de Agua Potable Rural con respecto a la de un operador a cargo de un sistema de Alcantarillado y tratamiento de aguas servidas.

En el primer caso, aun cuando los equipos presentes en algunos casos requieren un conocimiento experto para la adecuada mantención y reparación de estos, la calificación del operador no requiere un conocimiento mayor de ciertos procesos.

No ocurre lo mismo al evaluar el conocimiento requerido para el tratamiento de las aguas servidas, donde la inexperiencia de un operador puede ocasionar el colapso del sistema de tratamiento o al menos el deterioro de la calidad del efluente, el que de estar sujeto a la normativa vigente, puede generar procesos de multa por incumplimiento de tratamiento.

Un aspecto que obedece a una tendencia actual a nivel de las concesionarias y que vale la pena considerar como forma de apoyo a los servicios rurales (particularmente en el caso del Tratamiento de las aguas servidas), lo constituye la externalización de las labores de apoyo y mantenimiento de los servicios.

Esta modalidad puede llevar al empleo de mano de obra local con capacitación adecuada y supervisión por parte de un ente externo.

En la medida que se agrupe un conjunto de servicios que involucren una población total atractiva, este escenario se tornará más conveniente para un operador externo. Ello es válido también para Comités o Cooperativas que operan otros servicios de Agua Potable Rural de la región o fuera de ella.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

•La información base del análisis corresponde a servicios de Agua Potable Rural ubicados en localidades rurales concentradas o semiconcentradas. Al respecto, se debe destacar que son los servicios de menor tamaño (hasta 250 arranques domiciliarios) los que presentan menores niveles de gestión, y que el Déficit actual de soluciones dice relación precisamente con escenarios del tipo Disperso, lo cual hace prever que se enfrentarán los mismos o mayores riesgos en la gestión de los servicios.

•Desde la perspectiva del tipo de organización requerida para la operación y mantenimiento de los sistemas, se puede establecer razonablemente, que se debe tender a la utilización del tipo de organizaciones existentes en el ámbito rural.

Si se consideran los Comités y Cooperativas como organizaciones ligadas a la comunidad con casi 40 años de experiencia, la Cooperativa aparece en principio como un tipo de organización más idónea en términos de estructura organizacional. Adicionalmente, la reforma a la Ley de Cooperativas posibilitará definir el ser institución con o sin fines de lucro y abrirá también la posibilidad de que los Comités de APR se constituyan en Cooperativas, facilitando y agilizando los trámites para la obtención de esta personalidad jurídica.

•La gestión de los servicios a implementar puede mejorar significativamente si se adoptan medidas simples y básicas como las siguientes.

- Desarrollar una campaña adecuada de información y divulgación hacia la comunidad.
- Crear conciencia en la población en torno a los beneficios y costos del desarrollo sanitario de la localidad
- Hacer participar a la comunidad y organizaciones sociales existentes en las decisiones y modo de implementar las soluciones.
- Generar comunicación interactiva con las organizaciones operadoras de servicios existentes –están presentes en todas las regiones del país– de modo que aporten su experiencia.
- Generar instancias de Capacitación Técnica y de Gestión.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Finalmente, cabe destacar que en los puntos detallados anteriormente adquiere particular relevancia el papel del Municipio, el que se constituye en instancia de coordinación de los servicios públicos cuando desarrollan su labor en el territorio comunal, oficiando de instancia articuladora de los planes de desarrollo comunal<sup>2</sup>.

## **7.DETERMINACIÓN DE TARIFA MÍNIMA PARA AGUA POTABLE Y AGUAS SERVIDAS**

### **7.1.INTRODUCCIÓN.**

En la actualidad, los Servicios Rurales de Agua Potable corresponden a una prestación de servicios particulares y no de un servicio público, por lo cual no están sujetos a fijación tarifaria ni se rigen por la Ley de Tarifas que se aplica a los servicios públicos sanitarios.

Por otro lado, un objetivo básico de las Cooperativas y Comités a cargo de la gestión del Saneamiento (APR y Saneamiento) lo constituye el financiamiento de los Costos de Operación y capitalización para Reposiciones, lo que se debe efectuar a través del pago de la Tarifa por parte de los usuarios.

Las visitas a terreno realizadas a Servicios de APR representativos, han permitido constatar que los usuarios son reacios al pago de tarifas por concepto de Saneamiento, ya que no perciben los beneficios directos de contar con la disposición y tratamiento de las aguas servidas.

Para considerar la sustentabilidad técnica operativa del sistema, el precio a pagar (Tarifa) debería financiar los costos de administración, mantenimiento y de operación del sistema, y permitir un fondo de financiamiento para la adecuada reposición de equipos.

---

<sup>2</sup> El municipio tiene como finalidad el satisfacer las necesidades de la comunidad local y asegurar su participación en el progreso económico, social y cultural de la comuna. Sus actividades deben estar orientadas, en el caso de los proyectos a actividades tales como la Elaboración de Programas y Proyectos específicos para el desarrollo comunal, que permitan postular a la asignación de recursos regionales, sectoriales y otros, Apoyar técnicamente a las organizaciones comunales (tanto urbanas como rurales) en la postulación a proyectos de carácter participativo, o a la obtención de beneficios individuales y colectivos tales como pavimentos participativos, agua potable, electrificación rural, vivienda, regularización de títulos de dominio, mejoramiento de caminos rurales, etcétera, Diseñar, implementar y mantener archivos de los planes, programas y proyectos elaborados por esta comunidad; Etc.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En el presente capítulo se efectúa una estimación de la Tarifa Promedio Mínima que deberá pagar cada vivienda por los servicios de Agua potable y Saneamiento. Es importante destacar que las estimaciones realizadas en este capítulo son a nivel promedio y que tienen por objetivo poder contar con un rango de precios a pagar más que un costo exacto.

Se debe destacar que los 6 escenarios analizados para el Agua Potable son representaciones de condiciones medias, y que la Tarifa que de ella se genere es referencial, pudiendo tener variaciones en las obras y dimensiones de los sistemas debido a las características específicas de cada caso en particular (precios unitarios de energía eléctrica, adquisición y transporte de los productos químicos u otros en la zona geográfica, calidad del agua, cantidad de arranques etc.) En virtud a lo anterior, la Tarifa Referencial deberá ser validada o modificada en forma particular, en analogía a lo que ocurre con la Ley de Tarifas.

El análisis que sigue a continuación considera que entre 1 a 12 viviendas las soluciones son individuales, debido a que el MOP no ha invertido en soluciones que abordan menos de 12 Viv/Km. Se ha considerado para este estudio que es razonable pensar que cuando hay 15 viviendas los sistemas tengan costos de administración y de personal adecuado para manejar las plantas respectivas.

## **7.2.METODOLOGÍA DE CÁLCULO AP Y AS**

Se realizará una estimación promedio de la tarifa mínima de los servicios sanitarios de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Servidas y desagregados por los siguientes tres niveles de demanda:

- Solución Concentrada                      Tamaño medio de 100 Viviendas
- Solución Semiconcentrada              Tamaño medio de 15 Viviendas
- Solución Dispersa (Individual)        1 Vivienda

La tarifa tendrá por objetivo cubrir los costos que implica administrar, operar, mantener, y reponer los sistemas de Agua Potable Rural y Saneamiento y su determinación metodológica lleva asociados los siguientes pasos.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

1.- Cálculo del Costo Promedio Anual de los siguientes ítems.

- Costos de Administración.
- Costos de Operación.
  - Consumo de Energía Eléctrica.
  - Consumo de Productos Químicos.
  - Remuneración de personal
- Costos de Mantenimiento
- Costos de Mejoramiento.

2.- Estimación de gastos promedio mensuales, teniendo en consideración los costos del sistema de APR y Tratamiento de Aguas Servidas.

3.- Determinación de la tarifa mínima Mensual considerando los Costos Mensuales Totales y un Fondo de Reposición.

- Costos Mensuales Totales (CMenT)                      100 %
- Fondos de Reposición (FRep)                              25% CMenT

Tarifa Mínima Mensual                      CMenT + FRep

4.- Determinación de la Tarifa mínima del m<sup>3</sup>, considerando la cantidad de arranques conectados y un consumo mínimo por arranque de 10 m<sup>3</sup> para el caso del AP y 8 m<sup>3</sup> para el caso de AS.

### **7.3.CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS AGUA POTABLE RURAL (AP).**

#### **CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS AP CASOS 1 AL 6**

Los resultados obtenidos de la tarifa mínima para los 6 escenarios graficados en el Apéndice 1, muestran que el costo de operación es el más importante para cada nivel de demanda (100, 15 y 1 vivienda), cuyo ítem más importante es el de remuneraciones. Sin embargo, para los casos del 3 al 6, en particular el de 1 vivienda, el costo más importante es el costo de mantenimiento.





**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En el siguiente cuadro se resumen las tarifas mínimas estimadas para cada caso y escenario, el que obedece al siguiente detalle.

**CUADRO N°2**

**Resumen de las Tarifas Mínimas Estimadas para cada Caso y Escenario**

| Casos | Nivel         |              |            |
|-------|---------------|--------------|------------|
|       | 100 Viviendas | 15 Viviendas | 1 Vivienda |
| 1 y 2 | 441           | 921          | 581        |
| 3 y 4 | 402           | 762          | 367        |
| 5 y 6 | 433           | 877          | 458        |

A la luz de la tabla anterior, se puede apreciar que la tarifa más alta en AP corresponde a los casos 1 y 2 en el nivel de 15 viviendas con un total de 921 \$/m<sup>3</sup>, en tanto que la tarifa mínima corresponde a los casos 3 y 4 para el nivel de una vivienda con un valor de 367 \$/m<sup>3</sup>.

Si se analiza el nivel de 100 viviendas la dispersión de la tarifa entre los casos es baja, fluctuando entre \$ 400 y \$ 440. Este valor se puede explicar por cuanto que ante una mayor concentración se producen economías de escalas más altas y por lo tanto tarifas menores.

Por otro lado, se deberían esperar menores tarifas cuando hay una mayor cantidad de viviendas conectadas al sistema de Agua Potable. No obstante, existe un punto de inflexión donde la curva cambia de pendiente, debido a que también implica mayor cantidad de obras asociadas y un sistema más complejo.

En el siguiente gráfico se muestra la relación existente entre precios y cantidad de viviendas para los Casos 1 y 2.

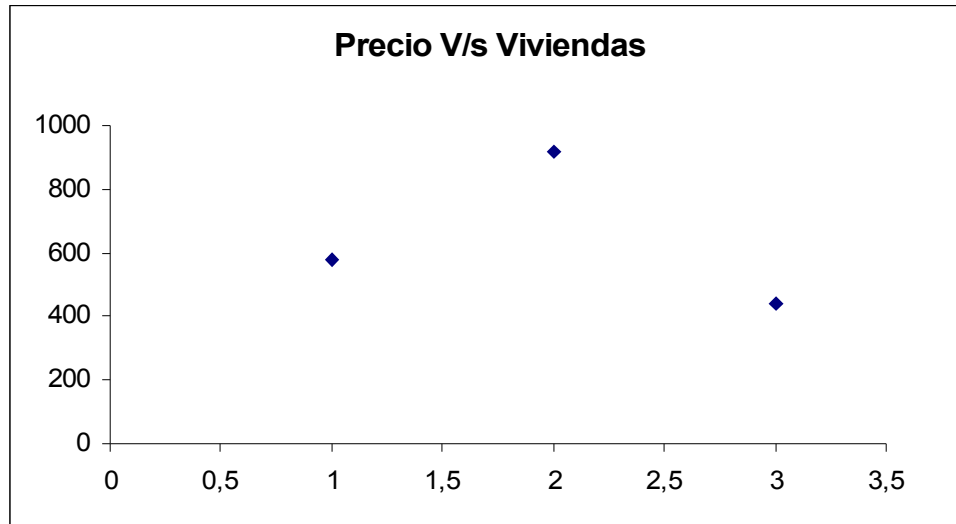


**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**CUADRO N°3**

**Relación entre precios y cantidad de viviendas para los Casos 1 y 2**



#### **7.4.CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS.**

El costo de operación es el más importante del costo total tanto para las soluciones individuales, como para soluciones en base a Lodos Activados y Lagunas Aereadas Multicelulares.

#### **CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS AS INDIVIDUAL.**

La solución individual es independiente de la cantidad de viviendas, por lo que independientemente de ello, se tendrá la misma tarifa. Por lo anterior, en los siguientes cuadros se muestra los resultados obtenidos utilizando la misma metodología de cálculo que en el sistema de agua potable.

En el siguiente cuadro se muestra el cálculo de la tarifa mínima mensual por m<sup>3</sup>, para lo cual se asume un consumo promedio de 8 m<sup>3</sup> por arranque.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**CUADRO N°4**

**Tarifa Mínima Mensual por m3 para los 3 Escenarios de Solución Individual**

| Tarifa Mínima Mensual por m3     | Individual |       |       |
|----------------------------------|------------|-------|-------|
|                                  | X>2        | 1<X<2 | x<1   |
| Tarifa Mínima Mes 8 m3           | 2.102      | 4.832 | 7.740 |
| N° de Arranques                  | 1          | 1     | 1     |
| Tarifa Mínima por arranque       | 2.102      | 4.832 | 7.740 |
| Consumo Mínimo por Arranque (m3) | 8          | 8     | 8     |
| Tarifa Mínima por m3 (\$)        | 263        | 604   | 968   |

Nota: X>2 la napa se encuentra a más de 2 m. por debajo del nivel del terreno

1<X<2 la napa se encuentra entre 1 y 2 m. por debajo del nivel del terreno

X>1 la napa se encuentra a menos de 1 m. por debajo del nivel del terreno

A la luz de la tabla anterior, se puede apreciar que la tarifa mínima se da donde la napa se encuentra a más de 2 m con un valor de 263 \$/m<sup>3</sup>, luego la más alta se encuentra donde la napa está a menos de 1 m con 968 \$/m<sup>3</sup>.

## **CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS LODOS ACTIVADOS**

Para la estimación de la presente tarifa se ha utilizado las siguientes partidas de costos:

### Costos Fijos

- Personal: administración y de operación.
- Gastos Administrativos
- Mantenimiento

### Costos Variables

- Energía Eléctrica
- Reactivos
- Retiro y Transporte de Lodos
- Polímeros
- Control de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

En cuanto al N° de arranques se utiliza una densidad habitacional de 4 hab/viv..

A luz de lo calculado se infiere que los pesos relativos en general se mantienen en ciertos niveles, debiendo destacar que los costos fijos tienen una menor participación en la medida que aumenta la población, debido a que sus costos se reparten entre más habitantes.

En el siguiente cuadro se muestra el cálculo de la tarifa mínima mensual por m<sup>3</sup>:

**CUADRO N°5**  
**Cálculo de la Tarifa Mínima Mensual por m<sup>3</sup> Lodos Activados**

| <b>Pobla</b> | <b>Costos Mens</b> | <b>N° de Arranques</b> | <b>Tarifa Minima por Arranque</b> | <b>Consumo por Arranque (m<sup>3</sup>)</b> | <b>Tarifa Minima por m<sup>3</sup> (\$)</b> |
|--------------|--------------------|------------------------|-----------------------------------|---|---|
| 873          | 2.506.103          | 219                    | 11.443                            | 10  | 1.144                                       |
| 1.375        | 2.899.110          | 344                    | 8.428                             | 10  | 843   |
| 1.478        | 2.928.730          | 370                    | 7.915                             | 10  | 792   |
| 2.843        | 3.356.022          | 711                    | 4.720                             | 10  | 472   |
| 3.687        | 3.802.244          | 922                    | 4.124                             | 10  | 412   |
| 4.250        | 4.052.012          | 1.063                  | 3.812                             | 10  | 381   |
| 5.036        | 3.582.767          | 1.259                  | 2.846                             | 10  | 285   |
| 6.445        | 3.989.319          | 1.612                  | 2.475                             | 10  | 247   |

A la luz de la tabla anterior, se puede apreciar que la tarifa mínima se da con una población 6.445 habitantes, con un valor de 247 \$/m<sup>3</sup>, en tanto que la más alta se encuentra con una población de 873 habitantes con 1.144 \$/m<sup>3</sup>.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

## **CÁLCULO DE TARIFAS MÍNIMAS LAGUNA AERADA MULTICELULAR**

En el siguiente cuadro se muestra el cálculo de la tarifa mínima mensual por m<sup>3</sup>:

**CUADRO N°6**

**Calculo de la Tarifa Mínima Mensual por m<sup>3</sup> Laguna Aerada Multicelular**

| <b>Pobla</b> | <b>Costos Mens</b> | <b>N° de Arranques</b> | <b>Tarifa Minima por Arranque</b> | <b>Consumo por Arranque (m<sup>3</sup>)</b> | <b>Tarifa Minima por m<sup>3</sup> (\$)</b> |
|--------------|--------------------|------------------------|-----------------------------------|---|---|
| 1.432        | 2.246.002          | 358                    | 6.274                             | 10  | 627   |
| 4.312        | 3.072.163          | 1.078                  | 2.850                             | 10  | 285   |
| 6.068        | 3.864.703          | 1.517                  | 2.548                             | 10  | 255   |
| 6.446        | 3.773.360          | 1.612                  | 2.341                             | 10  | 234   |

A la luz de la tabla anterior, se puede apreciar que la tarifa mínima se da con una población 6.446 habitantes, con un valor de 234 \$/m<sup>3</sup>, en tanto que la más alta se encuentra con una población de 1.432 habitantes con 627 \$/m<sup>3</sup>.

## **8.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.**

### **8.1.INTRODUCCIÓN.**

Las Bases de Cálculo adoptadas en el Informe, fueron generadas producto de un acucioso análisis de todos los antecedentes disponibles y su adopción es a juicio de esta Consultora consistente y realista. Aún cuando pueden existir fuentes de información o estadísticas distintas a las utilizadas, constituyen un marco adecuado para poder visualizar el actual estado del arte del Saneamiento Rural del país y una plataforma base a partir de la cual se podrán afinar determinados aspectos con antecedentes o criterios adicionales que pudieran surgir.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Análogamente, los aspectos Técnicos (Bases de Cálculo, Criterios de Diseño y Dimensionamiento) y Económicos (Valorización) referidos tanto al suministro, tratamiento y distribución del Agua Potable como a la recolección, tratamiento y disposición de Aguas Servidas, fueron definidos en base a Bases de Cálculo y Criterios de Diseño meridianamente consensuados, a partir de los cuales se efectuó un análisis “in extenso” del espectro disponible de tecnologías de Agua Potable y Aguas Servidas, detallando las razones técnicas y económicas que llevaron a la adopción de las mismas y su consecuente Dimensionamiento y Valorización. Pudiendo existir criterios que no sean coincidentes con los señalados en el Informe, se considera que constituyen un marco base que contempla las tecnologías más establecidas.

En lo relacionado con el análisis a nivel conceptual del Modelo de Gestión del Saneamiento Rural, se constituye a juicio de esta Consultora en un aspecto de relevante importancia para viabilizar la implementación de un Saneamiento Rural debidamente consolidado y asegurar la sostenibilidad de la Inversión tanto en los Sistemas de Agua Potable como de Aguas Servidas del sector, cuyo análisis y las correspondientes conclusiones y recomendaciones, pueden resumirse del siguiente modo.

Para comprender de mejor manera el entorno legal, normativo y técnico del Modelo de Gestión requerido para el Saneamiento del sector Rural, se puede establecer que el actual estado del arte en lo referido al manejo del Saneamiento Rural, presenta las siguientes características.

- No existe actualmente un Programa Nacional de Saneamiento Rural que sea equiparable al Programa Nacional de Agua Potable Rural impulsado exitosamente por el MOP, donde se cuente con una partida presupuestaria, definida previa y específicamente para la instalación de Sistemas de Saneamiento Rural. En consecuencia, no existe un financiamiento explícito para el Saneamiento Rural.
- Al momento, no existe una Planificación y menos objetivos específicos a alcanzar en términos de aumentar la actual cobertura de Saneamiento Rural, lo que ocasiona claras falencias en los siguientes aspectos.
  - Criterios de Diseño específicos.
  - Normas Específicas Aplicables.
  - Gestión Financiera (Tarifas y Otros).
  - Entes Reguladores de los sistemas de Saneamiento Rural.
  - Definición clara de atribuciones en la Fiscalización de los servicios de Saneamiento Rural existentes.
  - Definición clara relativa a los requisitos, autorizaciones y aprobaciones de los Diseños. Al momento es la Autoridad Sanitaria quien realiza la aprobación del Proyecto y la autorización de las obras, en virtud a la autorización sanitaria expresa establecida en el Decreto con Fuerza de Ley N° 1.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

- Los medios de financiamiento que actualmente utilizan las comunidades rurales para obtener fondos para implementar el Saneamiento, obedecen a distintos caminos, siendo los más comúnmente utilizados los siguientes.
  - **Financiamiento del Diseño de Saneamiento.** Es práctica común que la correspondiente Municipalidad postule al FNDR los fondos requeridos para esta actividad. Solo en casos puntuales (grandes APR), la Cooperativa cuenta con financiamiento propio para el diseño.  
En determinados casos, las Cooperativas más grandes pueden acceder directamente a la Intendencia Regional en busca de financiamiento para el diseño.
  - **Financiamiento de la Construcción de la Obra de Saneamiento.** Con el diseño aprobado y con todos los permisos obtenidos, la Cooperativa concurre normalmente a la municipalidad correspondiente, para que esta incluya en las postulaciones a FNDR o fondos regionales el financiamiento de la construcción de las Obras de Saneamiento.  
Sin embargo esta postulación puede sufrir demoras dependiendo del tamaño de la población beneficiada, número de proyectos anuales postulados por la Municipalidad, etc.
- Los problemas de operación de los Sistemas de Saneamiento Rural existentes son significativos, encontrándose incluso algunos sistemas de tratamiento de Aguas servidas detenidos, con el consecuente deterioro de la calidad de las aguas servidas que se disponen crudas a los cuerpos receptores. Al respecto, se debe destacar que una operación adecuada de los Sistemas de Tratamiento, requiere necesariamente de personal especializado, no necesariamente disponible en el sector Rural.

Asimismo, los sistemas de tratamiento requieren de un programa de control y mantención de Equipos e Instrumentos, y un monitoreo permanente de la calidad del efluente para adoptar las medidas correctivas en forma oportuna.

A la luz de lo anterior, es fácil comprender que el Saneamiento Rural no está regulado, normado ni fiscalizado de manera adecuada, por lo cual el aspecto más relevante a considerar dice relación con dotarlo de una institucionalidad operativa que permita alcanzar sus objetivos a cabalidad.

Para ello, es fundamental evaluar la organización interna que se requiere en las instituciones encargadas (Comités o Cooperativas), para que puedan realizar a cabalidad su cometido en todas las realidades propias del sector Rural a lo largo del país.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

La Organización definida está basada fundamentalmente en las opiniones vertidas por las Instituciones entrevistadas y las diversas experiencias emanadas de los Comités o Cooperativas encargadas de los sistemas existentes de agua potable rural y en algunos casos de tratamiento y disposición de aguas servidas.

## **8.2.DEFINICIÓN DE LA ORGANIZACIÓN.**

La definición de la proposición de organización para llevar a cabo las funciones relacionadas con los servicios de AP y AS a cabalidad, tendrá su base en un análisis a nivel micro (estudio de casos) y antecedentes históricos que develan la génesis de la situación y su problemática.

Una primera consideración de importancia, la constituye la necesidad de definir desde el punto de vista legal una estructura orgánica que permita una adecuada Gestión del Saneamiento Rural tanto en lo referido a la Fiscalización, Movimiento Contable y otros, como también a la organización interna requerida para tales efectos.

Al respecto, se debe destacar que solamente se podrá dar cuenta de una adecuada gestión si se efectúa bajo un sistema definido (Comité, Cooperativa) que cuente con **Regulación Orgánica** establecida y adecuada a sus objetivos. A juicio de esta Consultora, solamente bajo tal marco es posible impedir que el déficit en infraestructura de disposición de aguas servidas domésticas sea un obstáculo al desarrollo económico del territorio asociado al sector rural.

Asimismo, se considera que los sistemas de Saneamiento deberán en principio ser operados y administrados por los mismos beneficiarios, toda vez que ello traerá asociadas las siguientes ventajas.

- Generará ocupación de Mano de Obra Local.
- Permitirá contar con personal estable, sin las complicaciones de una administración externa de la zona.
- Generará incentivos para operar bajo el concepto de microempresa, etc..

Analizando los requerimientos anteriormente delineados, se puede apreciar que una Cooperativa tiene una ventaja importante con respecto a los Comités, toda vez que su configuración exige un Directorio, Juntas de Vigilancia, Administración Contable y Asambleas que permitan tomar decisiones en forma colectiva, con responsabilidades legales establecidas.

Adicionalmente, y tal como se fundamenta en el capítulo 6 del presente Informe, la reforma de la Ley de Cooperativas posibilitará el convertirlas en institución, quedando con un cuerpo legal más idóneo para garantizar la sostenibilidad y sustentabilidad de la inversión.





**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

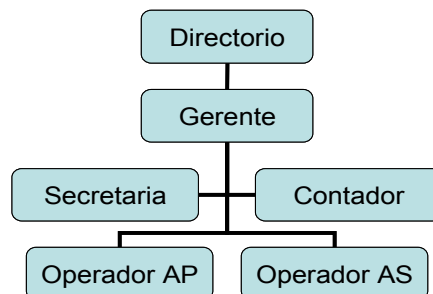
Por otro lado, en la reunión sostenida por esta Consultora con el Departamento de Cooperativas del Ministerio de Economía, se trató específicamente el tema de las organizaciones encargadas de administrar Sistemas de Saneamiento Rural, donde se señaló que se pretende realizar modificaciones a la actual Ley de Cooperativas con los siguientes objetivos.

- Reconocer en la Ley la especificidad de los distintos tipos de Cooperativas existentes (Agua Potable Rural, Ahorro y Préstamo, Electricidad, etc.)
- Distinguir dentro de lo anterior, los tamaños y capacidades necesarias para dar cumplimiento a los objetivos, lo que se materializaría en definitiva en definir requerimientos específicos en función de capacidades requeridas.
- Adoptar medidas de fortalecimiento de las Cooperativas, impulsadas por el Departamento de Cooperativas y la SUBDERE.

A la luz de lo anterior, queda claro y consensado que la organización que de mejor manera puede administrar y gestionar los sistemas de Agua Potable y Aguas Servidas en el sector Rural la constituyen las Cooperativas, debiendo efectuarse previamente las modificaciones planteadas anteriormente y asegurando el contar con el apoyo por parte del Estado.

Consecuente con lo anterior, y dependiendo del tamaño, la organización interna de una Cooperativa puede ir desde una estructura mínima, requerida por Ley, hasta una en que la gestión está separada de la administración, bajo un organigrama básico como el que se señala a continuación.

**FIGURA N°** ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..2



**Organigrama Básico para una Cooperativa**



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

El requerimiento del personal estará en función de la complejidad de los sistemas a administrar, siendo las labores y actividades que deben abordar las Cooperativas de APR al menos las siguientes.

- Administración del Personal.
- Facturación y Cobranza.
- Operación de los sistemas de AP y AS.
- Mantenimiento de los sistemas de AP y AS.
- Inversión en Reposición requerida para la cabal operación de los sistemas.

En referencia a como mejorar las economías de escala Asociados a la gestión del Saneamiento Rural, es conveniente que una Empresa, Microempresa o incluso Cooperativa administre varios Comités y/o Cooperativas de ubicación geográfica cercana, lo que permitirá tener una mayor capacidad de negociación ante los proveedores de los insumos requeridos para las distintas plantas, contar con un sistema integrado Horizontal para los cobros, facturación (utilizar un sistema computacional para todos) y otros.

Asimismo, es consenso que una misma entidad (Cooperativa u otra) administre simultáneamente los servicios de AP y AS, en consideración no solo a la economía de escala que se produce al integrar estos componentes productivos, sino también a que ello implicará un solo responsable legal de todo el Saneamiento Rural.

Lo anteriormente establecido, se ve refrendado con la exitosa experiencia en el sector Urbano de una única empresa encargada de administrar, operar y mantener simultáneamente los servicios de Agua Potable y Aguas Servidas. A juicio de esta Consultora, la gran experiencia que han adquirido las Cooperativas y Comités en el sector Rural, permitiría que detenten tal responsabilidad, con apoyo del Estado tanto en los aspectos de Inversión como de Capacitación permanente.

Es necesario destacar que una serie de Cooperativas, no pueden ni podrán en el futuro realizar estas actividades sin el apoyo de un tercero, que para efectos de análisis, se considerará que corresponde al Estado, el que podrá realizar las labores de apoyo a través de su estructura o a través de terceros, especialmente en lo que a Capacitación y transferencia tecnológica se refiere. Desde ese punto de vista, el Ministerio de Salud ofrece su infraestructura para efectuar dichas labores, la que a través de sus Postas Rurales abarca todo el territorio nacional, restando definir la estructura del personal de apoyo técnico encargada de dichas labores.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**8.3. RESPONSABILIDAD DEL ESTADO EN GARANTIZAR QUE LAS  
COOPERATIVAS CUMPLAN SU LABOR.**

Dada las diferencias de tamaño de las Cooperativas a lo largo del sector Rural del país, es recomendable que el Estado tome roles y responsabilidades relacionadas con los siguientes puntos:

- **Normativas.** El Estado debe velar por el servicio que se da en el ámbito rural, como son la calidad del agua, preservación del entorno ambiental, nivel del servicio etc.
- **Fiscalizadoras.** El Estado debería cumplir un rol fiscalizador considerando recurso humano al respecto.
- **Apoyo a la Gestión.** El Estado debería ampliar la participación de actores que cumplan las tareas que actualmente realizan las Unidades Técnicas (Concesionarias), como por ejemplo la Capacitación y Transferencia tecnológica a ser realizada por otras Instituciones Competentes como el Ministerio de Salud.
- **Apoyo en el Uso del Servicio y la Disposición a Pagar.** Como se señaló anteriormente, el Estado deberá financiar los Costos de Inversión del Saneamiento Rural. Se considera adecuado que adicionalmente, el Estado elabore una estrategia que permita crear el hábito del uso del Servicio y la disposición a pagar el consecuente costo asociado. Para ello, el Estado podría subsidiar los Costos de Operación del Saneamiento durante la etapa inicial de operación del servicio (p.e. 1 año). Este aspecto cobra especial relevancia en la medida que los servicios tienen menor tamaño.

Considerando que el MOP realiza al presente esta función parcialmente en el Agua Potable, se considera necesario y adecuado desde el punto de vista técnico y económico que amplíe su espectro de acción a las Aguas Servidas, de modo de contar con una sola Institución a cargo del Saneamiento Rural en su integridad.

Santiago, Mayo de 2007.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

## **APÉNDICE 1**

### **SOLUCIONES DE AGUA POTABLE**





**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**Alternativas de Solución Tipo.**

Se presenta a continuación un conjunto de 6 (seis) Soluciones Tipo de abastecimiento de Agua Potable, las que dan cuenta de los aspectos más relevantes que controlan el diseño e independizan del tamaño de la solución, de manera de poder realizar ajustes de tamaños de la solución sin variar sustancialmente su concepción básica.

La caracterización de cada solución se ha realizado considerando principalmente los tres siguientes aspectos que controlan el diseño.

- Tipo de Fuente.
- Tipo de Estanque de Regulación.
- Topografía relativa de las componentes unitarias.

**Se debe reiterar que la solución a adoptar, dependerá en definitiva de las condiciones particulares que presenta en cada caso el entorno de la población a beneficiar.**

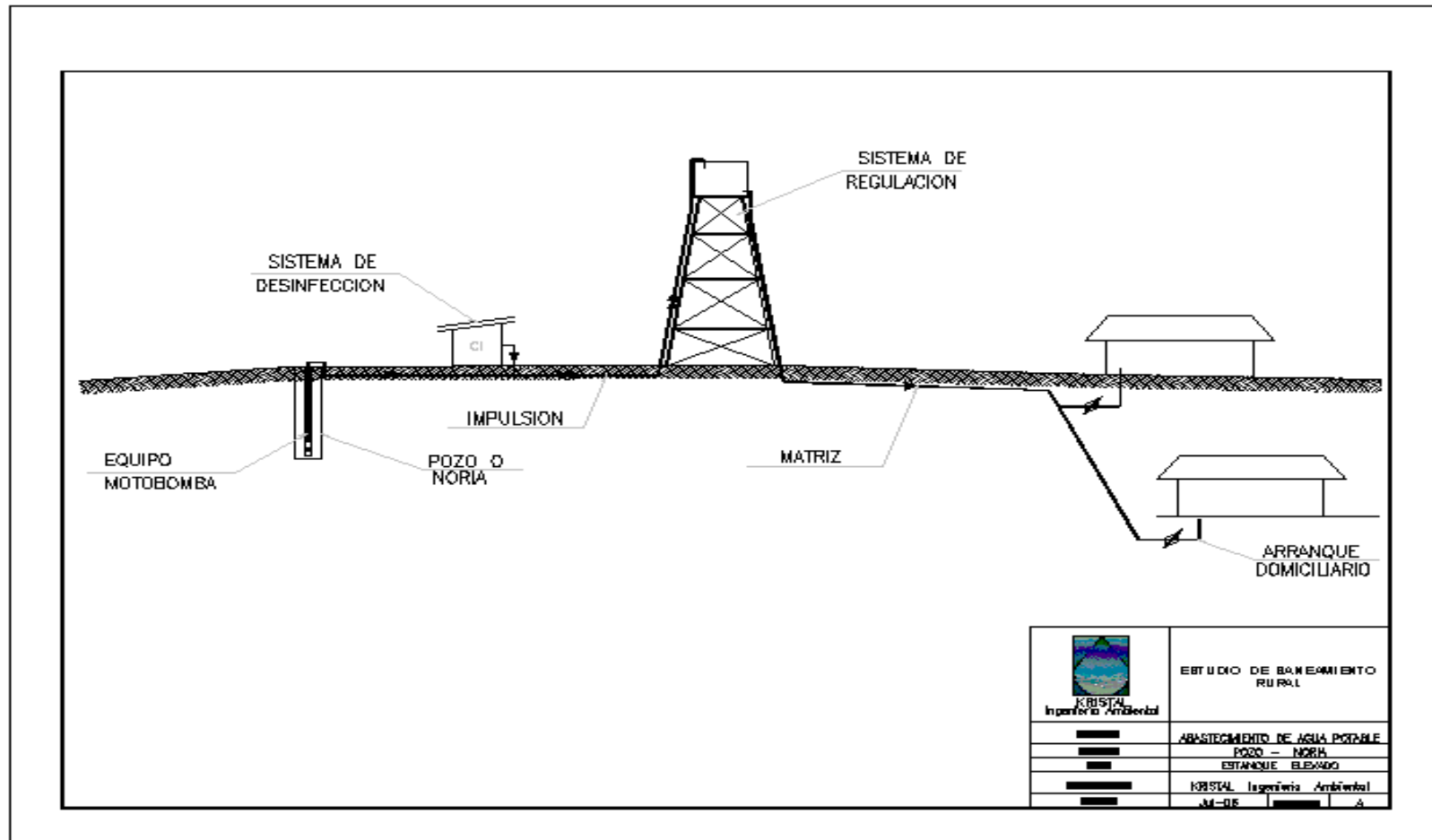
Al respecto, existen variantes que se deberán considerar al aplicar cualquiera de los 6 diseños base, y dicen relación principalmente con aspectos de la calidad de agua y los tratamientos específicos que se deben considerar para cada caso. Dichas variantes no modifican en su concepción básica los 6 diseños presentados.



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**Caso N° 1. Abastecimiento desde Fuente Subterránea con Estanque Elevado**

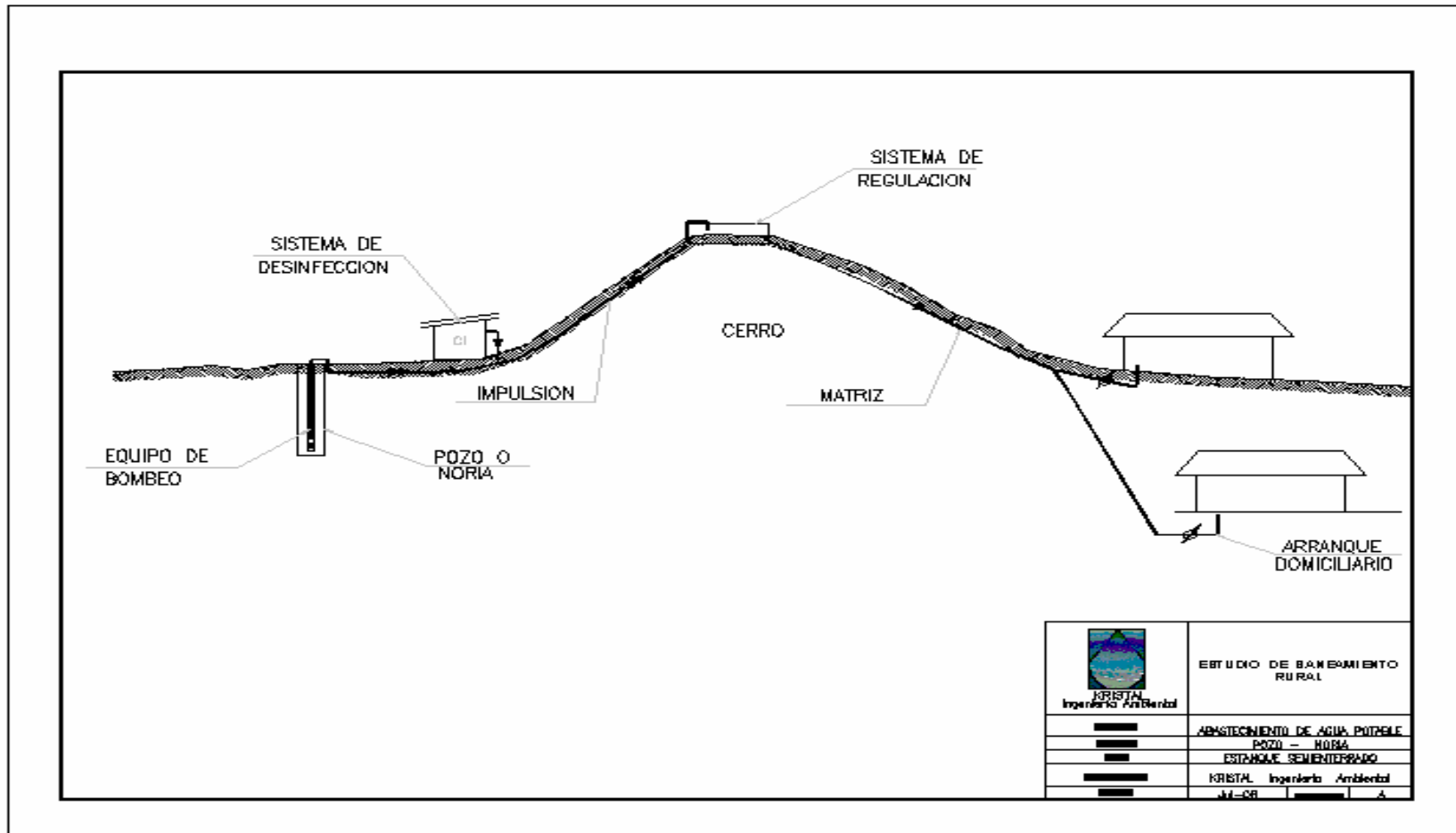




**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**Caso N° 2. Abastecimiento desde Fuente Subterránea con Estanque Enterrado.**

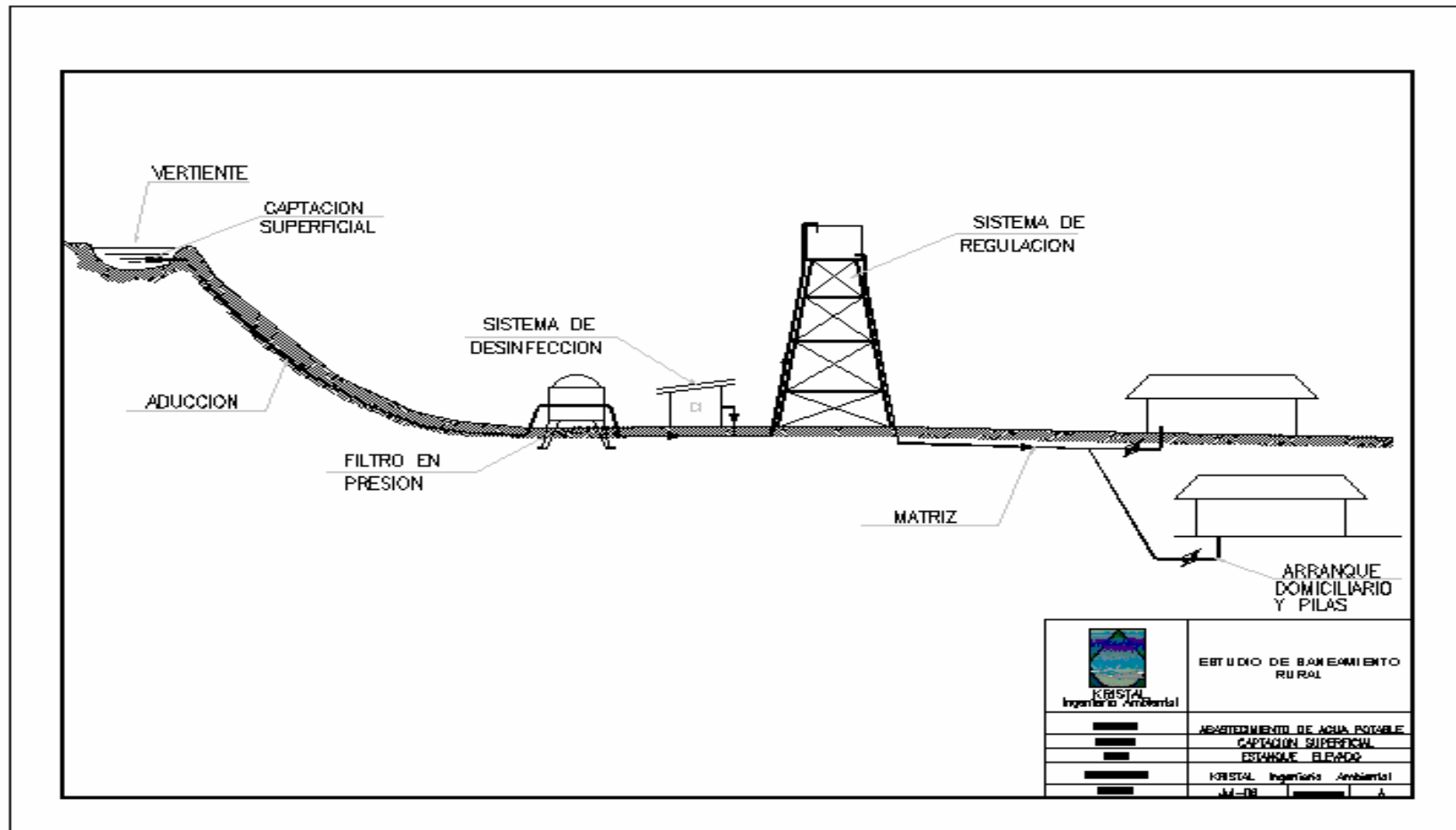




**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**Caso N° 3. Abastecimiento desde Fuente Superficial Gravitacional con Estanque Elevado.**



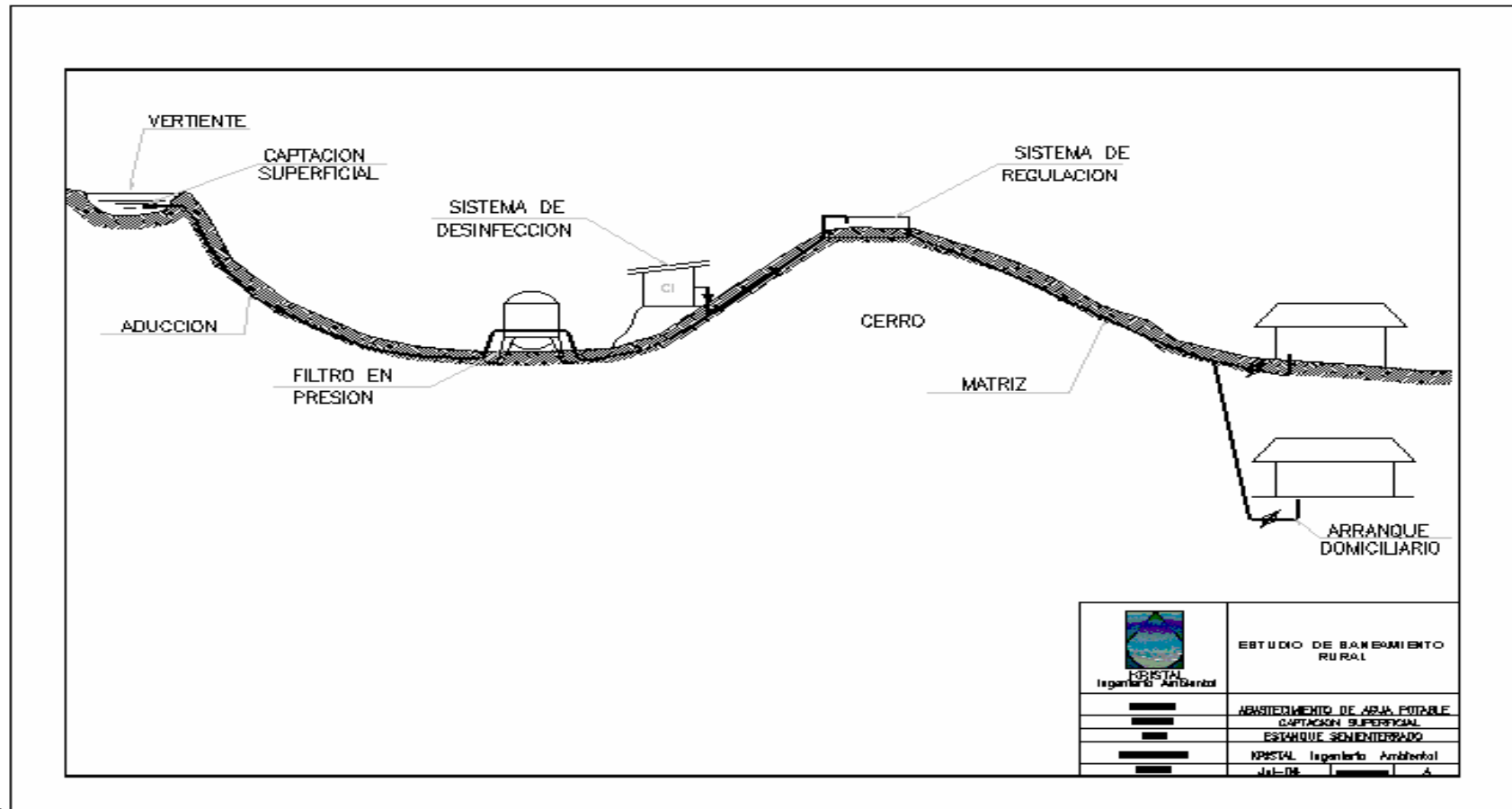




**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**Caso N° 4. Abastecimiento desde Fuente Superficial Gravitacional con Estanque Enterrado.**

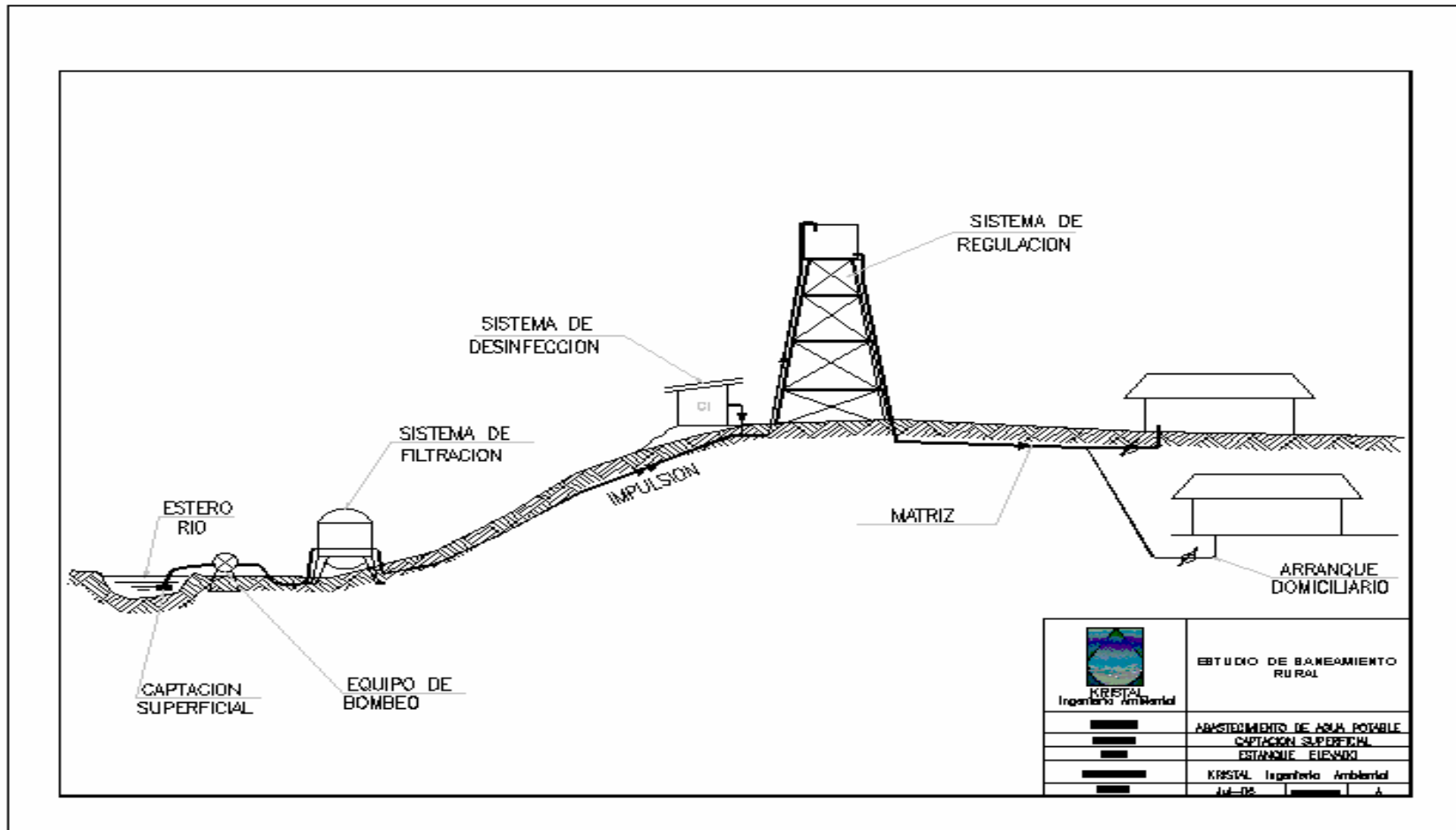




**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**Caso N° 5. Abastecimiento desde Fuente Superficial con Impulsión a Estanque Elevado.**

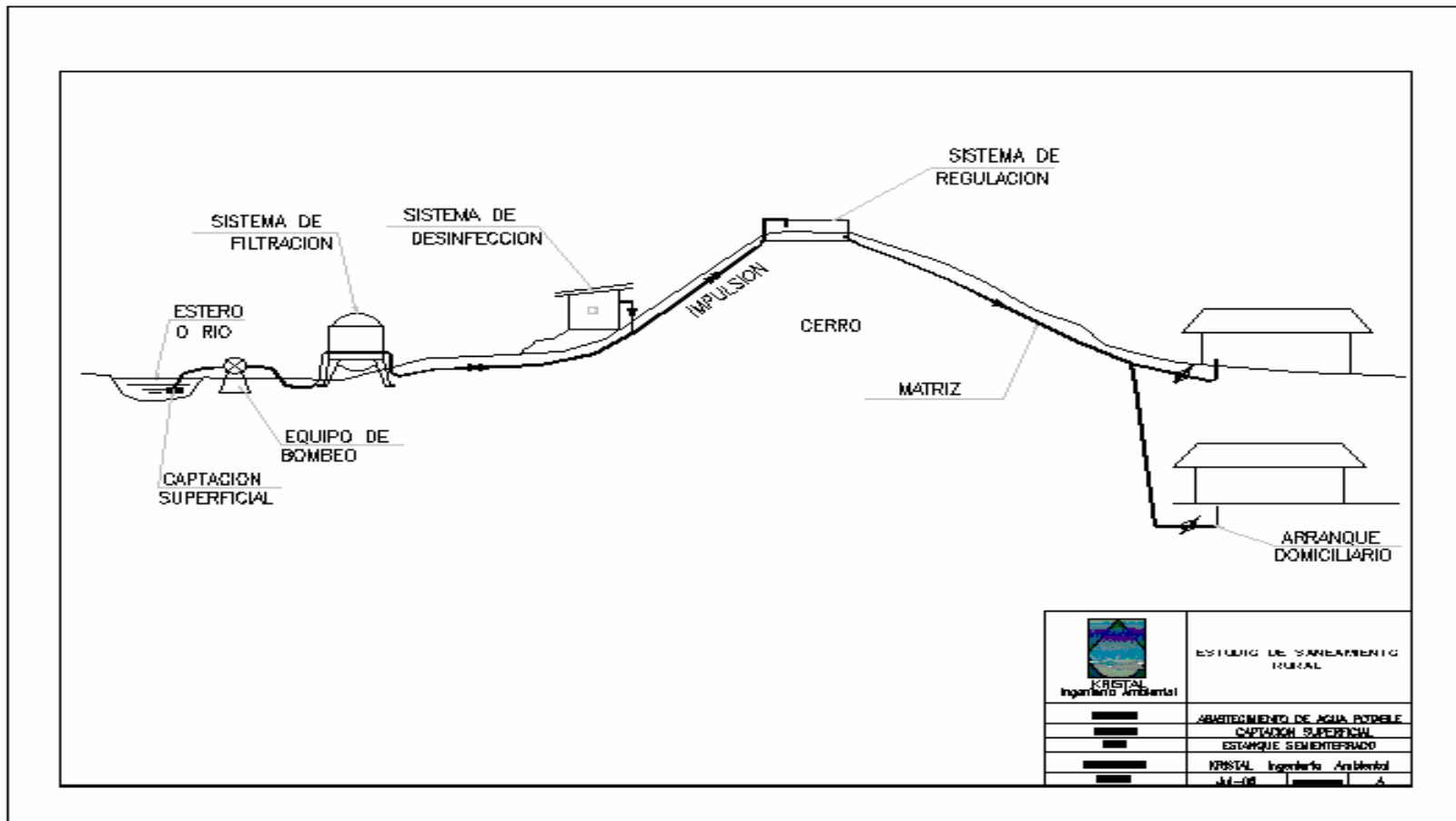




**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**Caso N° 6. Abastecimiento desde Fuente Superficial con impulsión a Estanque Enterrado.**





**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

## **APENDICE 2**

### **INVERSIÓN PROMEDIO DE SOLUCIONES DE AGUA POTABLE**





**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

### **Costos de Inversión de soluciones de Agua Potable**

Considerando que resulta extremadamente difícil poder fijar costos de inversión a nivel nacional para la instalación de servicios de Agua Potable Rural, se ha evaluado una situación promedio de costos de inversión en función del tamaño del servicio a instalar y las características de cada uno (Casos). Se ha considerado como material base de la red, cañerías de PVC y en estanques de regulación, Hormigón armado, Estanques Metálicos o Estanque Plásticos.

A continuación se indican los costos de inversión resultante por caso estudiado:



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**CUADRO N° 1**

**Costos de Inversión de Servicios de Agua Potable según Caso N° 1**

**RESUMEN PRESUPUESTO  
100 VIVIENDAS**

| <b>OBRAS DE CONSTRUCCION</b>                                    | <b>COSTO<br/>( UF )</b> |
|---|-------------------------|
| A.- CAPTACION SUBTERRANEA                                       | 1.042                   |
| B.- CAÑERIA IMPULSION   | 269                     |
| C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.                            | 281                     |
| D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.                                     | 104                     |
| E.- ESTANQUE DE REGULACION.                                     | 777                     |
| F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.                            | 5.174                   |
| G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS                                    | 338                     |
| H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN<br>Y MANTENCION DEL SERVICIO. | 101                     |
| I.- TERRENOS.   | 173                     |
| <b>TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS</b>                               | <b>8.260</b>            |

**RESUMEN PRESUPUESTO  
15 VIVIENDAS**

| <b>OBRAS DE CONSTRUCCION</b>                                    | <b>COSTO<br/>( UF )</b> |
|---|-------------------------|
| A.- CAPTACION SUBTERRANEA                                       | 706                     |
| B.- CAÑERIA IMPULSION   | 209                     |
| C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.                            | 281                     |
| D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.                                     | 104                     |
| E.- ESTANQUE DE REGULACION.                                     | 436                     |
| F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.                            | 2.407                   |
| G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS                                    | 257                     |
| H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN<br>Y MANTENCION DEL SERVICIO. | 101                     |
| I.- TERRENOS.   | 173                     |
| <b>TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS</b>                               | <b>4.674</b>            |

**RESUMEN PRESUPUESTO  
1 VIVIENDA**

| <b>OBRAS DE CONSTRUCCION</b>                                    | <b>COSTO<br/>( UF )</b> |
|---|-------------------------|
| A.- CAPTACION SUBTERRANEA                                       | 92                      |
| B.- CAÑERIA IMPULSION   | 11                      |
| C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.                            | 49                      |
| D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.                                     | 37                      |
| E.- ESTANQUE DE REGULACION.                                     | 58                      |
| F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.                            | 0                       |
| G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS                                    | 41                      |
| H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN<br>Y MANTENCION DEL SERVICIO. | 7                       |
| I.- TERRENOS.   | 0                       |
| <b>TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS</b>                               | <b>293</b>              |



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**CUADRO N° 2**

**Costos de Inversión de Servicios de Agua Potable según Caso N° 2**

**RESUMEN PRESUPUESTO  
100 VIVIENDAS**

| <b><u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u></b>                             | <b><u>COSTO<br/>( UF )</u></b> |
|---|--------------------------------|
| A.- CAPTACION SUBTERRANEA                                       | 1.042                          |
| B.- CAÑERIA IMPULSION   | 269                            |
| C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.                            | 281                            |
| D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.                                     | 104                            |
| E.- ESTANQUE DE REGULACION.                                     | 323                            |
| F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.                            | 5.174                          |
| G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS                                    | 338                            |
| H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN<br>Y MANTENCION DEL SERVICIO. | 101                            |
| I.- TERRENOS.   | 173                            |
| <b>TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS</b>                               | <b>7.806</b>                   |

**RESUMEN PRESUPUESTO  
15 VIVIENDAS**

| <b><u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u></b>                             | <b><u>COSTO<br/>( UF )</u></b> |
|---|--------------------------------|
| A.- CAPTACION SUBTERRANEA                                       | 706                            |
| B.- CAÑERIA IMPULSION   | 209                            |
| C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.                            | 281                            |
| D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.                                     | 104                            |
| E.- ESTANQUE DE REGULACION.                                     | 252                            |
| F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.                            | 2.407                          |
| G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS                                    | 257                            |
| H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN<br>Y MANTENCION DEL SERVICIO. | 101                            |
| I.- TERRENOS.   | 173                            |
| <b>TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS</b>                               | <b>4.489</b>                   |

**RESUMEN PRESUPUESTO  
1 VIVIENDA**

| <b><u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u></b>                             | <b><u>COSTO<br/>( UF )</u></b> |
|---|--------------------------------|
| A.- CAPTACION SUBTERRANEA                                       | 92                             |
| B.- CAÑERIA IMPULSION   | 11                             |
| C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.                            | 49                             |
| D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.                                     | 37                             |
| E.- ESTANQUE DE REGULACION.                                     | 24                             |
| F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.                            | 0                              |
| G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS                                    | 41                             |
| H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN<br>Y MANTENCION DEL SERVICIO. | 7                              |
| I.- TERRENOS.   | 0                              |
| <b>TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS</b>                               | <b>259</b>                     |



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**CUADRO N° 3**

**Costos de Inversión de Servicios de Agua Potable según Caso N° 3**

**RESUMEN PRESUPUESTO  
100 VIVIENDAS**

| <b><u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u></b>                             | <b><u>COSTO<br/>( UF )</u></b> |
|---|--------------------------------|
| A.- CONSTRUCCIÓN CAPTACION SUPERFICIAL                          | 312                            |
| B.- CAÑERIA ADUCCION  | 373                            |
| C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.                            | 281                            |
| D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.                                     | 348                            |
| E.- ESTANQUE DE REGULACION.                                     | 741                            |
| F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.                            | 5.174                          |
| G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS                                    | 103                            |
| H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN<br>Y MANTENCION DEL SERVICIO. | 101                            |
| I.- TERRENOS.   | 173                            |
| <b>TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS</b>                               | <b>7.607</b>                   |

**RESUMEN PRESUPUESTO  
15 VIVIENDAS**

| <b><u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u></b>                             | <b><u>COSTO<br/>( UF )</u></b> |
|---|--------------------------------|
| A.- CONSTRUCCIÓN CAPTACION SUPERFICIAL                          | 242                            |
| B.- CAÑERIA ADUCCION  | 281                            |
| C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.                            | 245                            |
| D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.                                     | 284                            |
| E.- ESTANQUE DE REGULACION.                                     | 417                            |
| F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.                            | 2.407                          |
| G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS                                    | 103                            |
| H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN<br>Y MANTENCION DEL SERVICIO. | 101                            |
| I.- TERRENOS.   | 173                            |
| <b>TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS</b>                               | <b>4.254</b>                   |

**RESUMEN PRESUPUESTO  
1 VIVIENDA**

| <b><u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u></b>                             | <b><u>COSTO<br/>( UF )</u></b> |
|---|--------------------------------|
| A.- CONSTRUCCIÓN CAPTACION SUPERFICIAL                          | 108                            |
| B.- CAÑERIA ADUCCION  | 89                             |
| C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.                            | 75                             |
| D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.                                     | 96                             |
| E.- ESTANQUE DE REGULACION.                                     | 58                             |
| F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.                            | 0                              |
| G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS                                    | 43                             |
| H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN<br>Y MANTENCION DEL SERVICIO. | 7                              |
| I.- TERRENOS.   | 0                              |
| <b>TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS</b>                               | <b>476</b>                     |





**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**CUADRO N° 4**

**Costos de Inversión de Servicios de Agua Potable según Caso N° 4**

**RESUMEN PRESUPUESTO  
100 VIVIENDAS**

| <b><u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u></b>                             | <b>COSTO<br/>( UF )</b> |
|---|-------------------------|
| A.- CONSTRUCCIÓN CAPTACION SUPERFICIAL                          | 312                     |
| B.- CAÑERIA ADUCCION  | 373                     |
| C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.                            | 281                     |
| D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.                                     | 348                     |
| E.- ESTANQUE DE REGULACION.                                     | 323                     |
| F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.                            | 5.174                   |
| G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS                                    | 103                     |
| H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN<br>Y MANTENCION DEL SERVICIO. | 101                     |
| I.- TERRENOS.   | 173                     |
| <b>TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS</b>                               | <b>7.189</b>            |

**RESUMEN PRESUPUESTO  
15 VIVIENDAS**

| <b><u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u></b>                             | <b>COSTO<br/>( UF )</b> |
|---|-------------------------|
| A.- CONSTRUCCIÓN CAPTACION SUPERFICIAL                          | 242                     |
| B.- CAÑERIA ADUCCION  | 281                     |
| C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.                            | 245                     |
| D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.                                     | 284                     |
| E.- ESTANQUE DE REGULACION.                                     | 252                     |
| F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.                            | 2.407                   |
| G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS                                    | 103                     |
| H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN<br>Y MANTENCION DEL SERVICIO. | 101                     |
| I.- TERRENOS.   | 173                     |
| <b>TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS</b>                               | <b>4.088</b>            |

**RESUMEN PRESUPUESTO  
1 VIVIENDA**

| <b><u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u></b>                             | <b>COSTO<br/>( UF )</b> |
|---|-------------------------|
| A.- CONSTRUCCIÓN CAPTACION SUPERFICIAL                          | 108                     |
| B.- CAÑERIA ADUCCION  | 89                      |
| C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.                            | 75                      |
| D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.                                     | 96                      |
| E.- ESTANQUE DE REGULACION.                                     | 24                      |
| F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.                            | 0                       |
| G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS                                    | 43                      |
| H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN<br>Y MANTENCION DEL SERVICIO. | 7                       |
| I.- TERRENOS.   | 0                       |
| <b>TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS</b>                               | <b>442</b>              |



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**CUADRO N° 5**

**Costos de Inversión de Servicios de Agua Potable según Caso N° 5**



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**RESUMEN PRESUPUESTO  
100 VIVIENDAS**

| <b>OBRAS DE CONSTRUCCION</b>                                    | <b>COSTO<br/>( UF )</b> |
|---|-------------------------|
| A.- CAPTACION SUPERFICIAL CON ELEVACION                         | 650                     |
| B.- CAÑERIA IMPULSION   | 373                     |
| C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.                            | 281                     |
| D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.                                     | 348                     |
| E.- ESTANQUE DE REGULACION.                                     | 777                     |
| F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.                            | 5.174                   |
| G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS                                    | 338                     |
| H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN<br>Y MANTENCION DEL SERVICIO. | 101                     |
| I.- TERRENOS.   | 173                     |
| <b>TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS</b>                               | <b>8.215</b>            |

**RESUMEN PRESUPUESTO  
15 VIVIENDAS**

| <b>OBRAS DE CONSTRUCCION</b>                                    | <b>COSTO<br/>( UF )</b> |
|---|-------------------------|
| A.- CAPTACION SUPERFICIAL CON ELEVACION                         | 475                     |
| B.- CAÑERIA IMPULSION   | 255                     |
| C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.                            | 281                     |
| D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.                                     | 291                     |
| E.- ESTANQUE DE REGULACION.                                     | 436                     |
| F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.                            | 2.407                   |
| G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS                                    | 257                     |
| H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN<br>Y MANTENCION DEL SERVICIO. | 101                     |
| I.- TERRENOS.   | 173                     |
| <b>TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS</b>                               | <b>4.676</b>            |

**RESUMEN PRESUPUESTO  
1 VIVIENDA**

| <b>OBRAS DE CONSTRUCCION</b>                                    | <b>COSTO<br/>( UF )</b> |
|---|-------------------------|
| A.- CAPTACION SUPERFICIAL CON ELEVACION                         | 66                      |
| B.- CAÑERIA IMPULSION   | 8                       |
| C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.                            | 49                      |
| D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.                                     | 96                      |
| E.- ESTANQUE DE REGULACION.                                     | 58                      |
| F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.                            | 0                       |
| G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS                                    | 41                      |
| H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN<br>Y MANTENCION DEL SERVICIO. | 7                       |
| I.- TERRENOS.   | 0                       |
| <b>TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS</b>                               | <b>325</b>              |

CUADRO N° 6



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

Costos de Inversión de Servicios de Agua Potable según Caso N° 6

**RESUMEN PRESUPUESTO**  
**100 VIVIENDAS**

| <b><u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u></b>                             | <b><u>COSTO</u></b><br><b><u>( UF )</u></b> |
|---|---|
| A.- CAPTACION SUPERFICIAL CON ELEVACION                         | 650   |
| B.- CAÑERIA IMPULSION   | 373   |
| C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.                            | 281   |
| D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.                                     | 348   |
| E.- ESTANQUE DE REGULACION.                                     | 323   |
| F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.                            | 5.174                                       |
| G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS                                    | 338   |
| H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN<br>Y MANTENCION DEL SERVICIO. | 101   |
| I.- TERRENOS.   | 173   |
| <b>TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS</b>                               | <b>7.761</b>                                |

**RESUMEN PRESUPUESTO**  
**15 VIVIENDAS**

| <b><u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u></b>                             | <b><u>COSTO</u></b><br><b><u>( UF )</u></b> |
|---|---|
| A.- CAPTACION SUPERFICIAL CON ELEVACION                         | 475   |
| B.- CAÑERIA IMPULSION   | 255   |
| C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.                            | 281   |
| D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.                                     | 291   |
| E.- ESTANQUE DE REGULACION.                                     | 252   |
| F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.                            | 2.407                                       |
| G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS                                    | 257   |
| H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN<br>Y MANTENCION DEL SERVICIO. | 101   |
| I.- TERRENOS.   | 173   |
| <b>TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS</b>                               | <b>4.492</b>                                |

**RESUMEN PRESUPUESTO**  
**1 VIVIENDA**

| <b><u>OBRAS DE CONSTRUCCION</u></b>                             | <b><u>COSTO</u></b><br><b><u>( UF )</u></b> |
|---|---|
| A.- CAPTACION SUPERFICIAL CON ELEVACION                         | 66  |
| B.- CAÑERIA IMPULSION   | 8   |
| C.- CASETA DE TRATAMIENTO Y COMANDO.                            | 49  |
| D.- SISTEMA DE TRATAMIENTO.                                     | 96  |
| E.- ESTANQUE DE REGULACION.                                     | 24  |
| F.- SISTEMA GENERAL DE DISTRIBUCION.                            | 0   |
| G.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS                                    | 41  |
| H.- PRUEBA DE CONJUNTO, OPERACIÓN<br>Y MANTENCION DEL SERVICIO. | 7   |
| I.- TERRENOS.   | 0   |
| <b>TOTAL GENERAL DE LAS OBRAS</b>                               | <b>291</b>                                  |



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

## **APÉNDICE 3**

### **LAY OUT DE LAS SOLUCIONES**

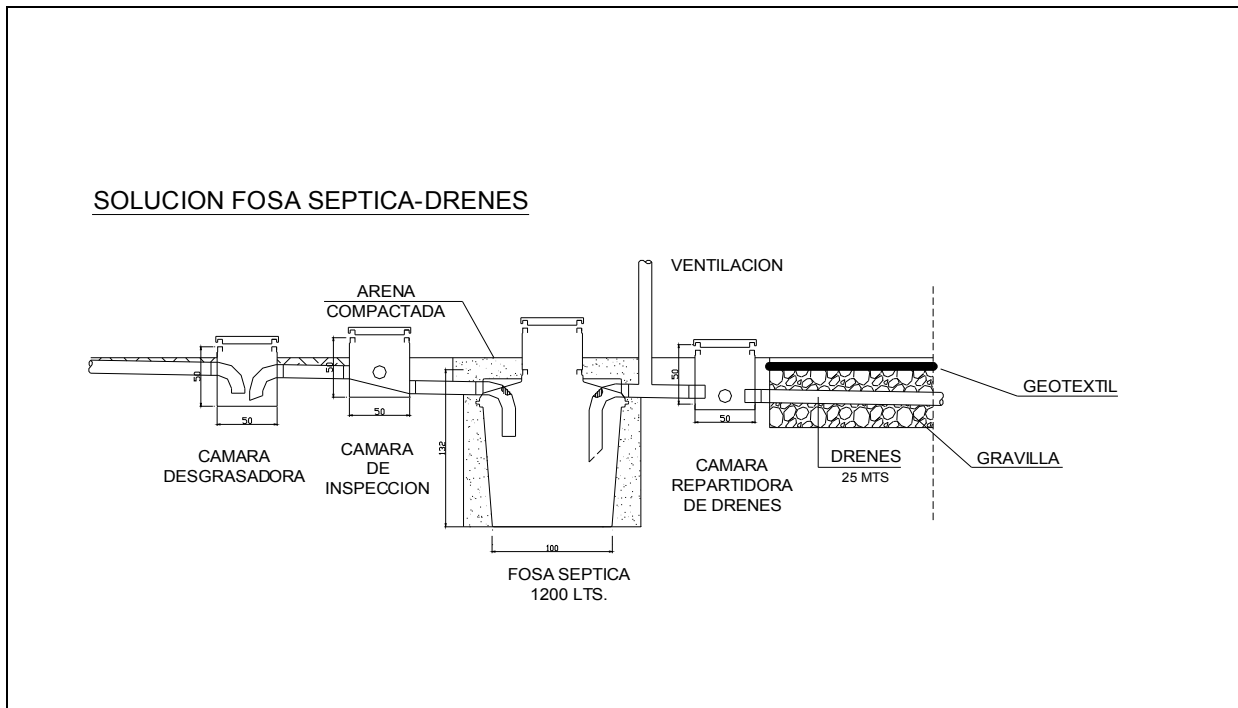




**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**SOLUCION 1.  
FOSA SÉPTICA + INFILTRACIÓN POR DRENES.**

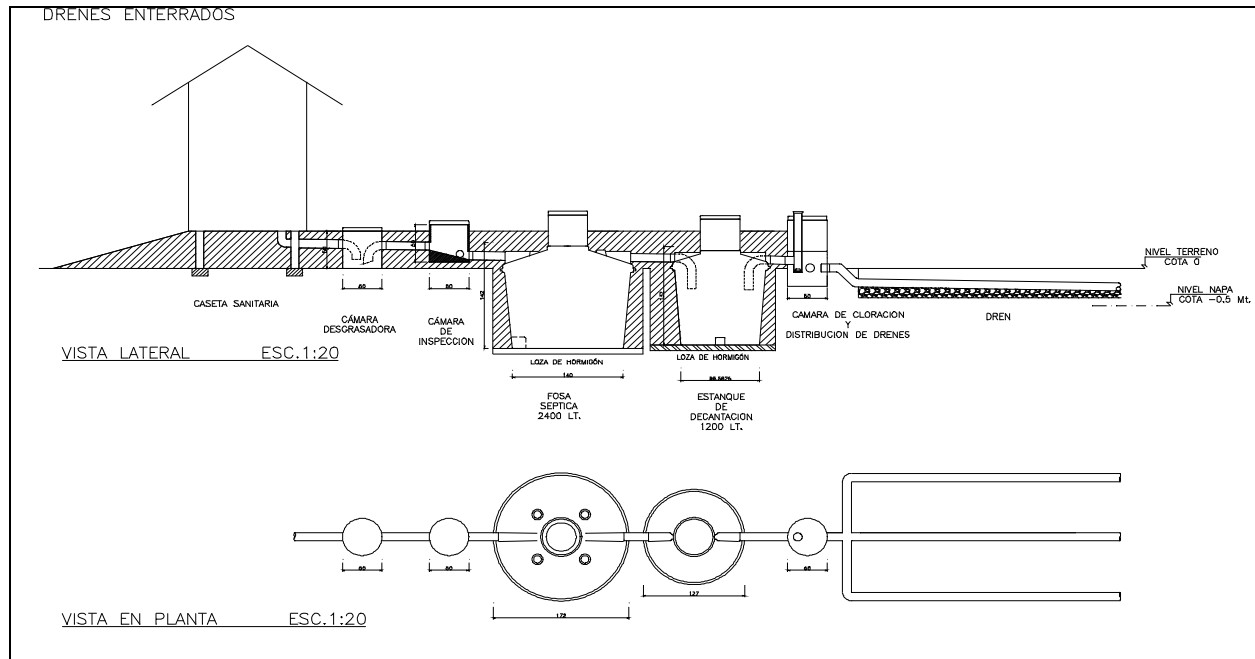




**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**SOLUCION 2.  
FOSA SÉPTICA + SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA +  
DESINFECCIÓN (POR CLORO) + INFILTRACIÓN POR DRENES.**

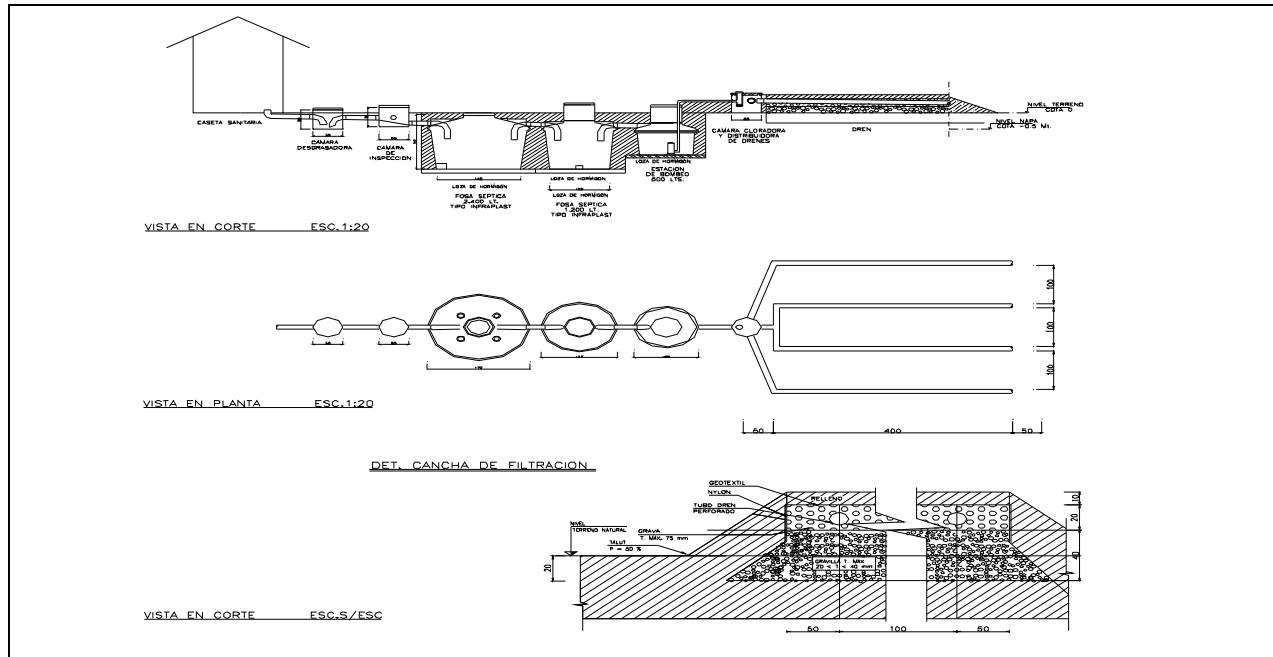




**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**SOLUCION 3.  
FOSA SÉPTICA + SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA + DESINFECCIÓN  
(POR CLORO) + BOMBEO (A RIEGO O INFILTRACIÓN POR DRENES).**



Para la estimación de los Costos de Inversión y Operación y Mantenimiento, se consiguió un Presupuesto Referencial de la Empresa Provedora INFRAPLAST, la que puede resumirse del siguiente modo.





**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**SOLUCION 1.  
FOSA SÉPTICA + INFILTRACIÓN POR DRENES.**

• **COSTOS INVERSION.**

| ITEM                               | UNIDAD  | CANTIDAD       | PRECIO [\\$] |         |                   |
|------------------------------------|---|----------------|--------------|---------|-------------------|
|                                    |   |                | UNITARIO     | TOTAL   |                   |
| <b>1.</b>                          | <b>COMPONENTE</b>   |                |              |         |                   |
| 1.1                                | Fosa Séptica Vertical 2400 Lts                                    | un             | 1            | 204.400 | 204.400           |
| 1.2                                | 15 mt <sup>s</sup> de drenes (absorción 75 l/m <sup>2</sup> /día) | m <sup>l</sup> | 15           | 1.200   | 18.000            |
| 1.3                                | Geotextil   | m <sup>2</sup> | 15           | 720     | 10.800            |
|                                    | <b>SUB TOTAL 1</b>  |                |              |         | <b>\$ 233.200</b> |
| <b>2.</b>                          | <b>MATERIALES E INSTALACION</b>                                   |                |              |         |                   |
| 2.1                                | Gravilla  | m <sup>3</sup> | 6            |         |                   |
| 2.2                                | Arena   | m <sup>3</sup> | 3            |         |                   |
| 2.3                                | Mano de Obra  |                |              |         |                   |
|                                    | <b>SUB TOTAL 2</b>  |                |              |         | <b>\$ 195.000</b> |
| <b>TOTAL NETO (NO INCLUYE IVA)</b> |   |                |              |         | <b>\$ 428.200</b> |
|                                    |   |                |              |         | <b>UF 248</b>     |

• **COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

|                                       | COSTO MANTENCION ANUAL           | FRECUENCIA  | COSTO [\\$] | COSTO ANUAL      |
|---------------------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|------------------|
| 1.1                                   | Limpieza con Camión Limpia Fosas | Cada 2 años | 30.000      | 15.000           |
| <b>TOTAL ANUAL (NO INCLUYE IVA)</b>   |                                  |             |             | <b>\$ 15.000</b> |
|                                       |                                  |             |             | <b>UF 0,867</b>  |
| <b>TOTAL MENSUAL (NO INCLUYE IVA)</b> |                                  |             |             | <b>\$ 1.250</b>  |
|                                       |                                  |             |             | <b>UF 0,0723</b> |



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**SOLUCION 2.  
FOSA SÉPTICA + SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA +  
DESINFECCIÓN (POR CLORO) + INFILTRACIÓN POR DRENES.**

• **COSTOS INVERSION.**

| ITEM                               | UNIDAD  | CANTIDAD       | PRECIO [S] |         |                   |
|------------------------------------|---|----------------|------------|---------|-------------------|
|                                    |   |                | UNITARIO   | TOTAL   |                   |
| <b>1.</b>                          | <b>COMPONENTE</b>                                     |                |            |         |                   |
| 1.1                                | Fosa Séptica Vertical 2400 Lts                        | un             | 1          | 204.400 | 204.400           |
| 1.2                                | Cámara Secundaria Decantación 1200 Lts                | un             | 1          | 122.000 | 122.000           |
| 1.3                                | Clorador – Repartidor de Drenes                       | un             | 1          | 35.000  | 35.000            |
| 1.4                                | 25 mts de drenes (absorción 36 l/m <sup>2</sup> /día) | ml             | 25         | 1.200   | 30.000            |
| 1.5                                | Geotextil   | m <sup>2</sup> | 20         | 720     | 14.400            |
|                                    | <b>SUB TOTAL 1</b>                                    |                |            |         | <b>\$ 405.800</b> |
| <b>2</b>                           | <b>MATERIALES E INSTALACION</b>                       |                |            |         |                   |
| 2.1                                | Gravilla  | m <sup>3</sup> | 10         |         |                   |
| 2.2                                | Arena   | m <sup>3</sup> | 3          |         |                   |
| 2.3                                | Cemento para loza en fondo excavaciones               | kg             | 350        |         |                   |
| 2.4                                | Malla ACMA  | m <sup>2</sup> | 5          |         |                   |
| 2.5                                | Cintas de sujeción                                    | ml             | 16         |         |                   |
| 2.6                                | Mano de Obra  |                |            |         |                   |
|                                    | <b>SUB TOTAL 2</b>                                    |                |            |         | <b>\$ 295.500</b> |
| <b>TOTAL NETO (NO INCLUYE IVA)</b> |   |                |            |         | <b>\$ 701.300</b> |
|                                    |   |                |            |         | <b>UF 40,5</b>    |

• **COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

|                                       | COSTO MANTENCION ANUAL           | FRECUENCIA             | COSTO [UF] | COSTO ANUAL      |
|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------|------------|------------------|
| 1.1                                   | Limpieza con Camión Limpia Fosas | Cada 2 años            | 30.000     | 15.000           |
| 1.2                                   | Cloración*                       | 1 tableta cada 15 días | 750        | 19.500           |
| <b>TOTAL ANUAL (NO INCLUYE IVA)</b>   |                                  |                        |            | <b>\$ 34.500</b> |
|                                       |                                  |                        |            | <b>UF 1,994</b>  |
| <b>TOTAL MENSUAL (NO INCLUYE IVA)</b> |                                  |                        |            | <b>\$ 2.875</b>  |
|                                       |                                  |                        |            | <b>UF 0,1662</b> |



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**SOLUCION 3.  
FOSA SÉPTICA + SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA + DESINFECCIÓN  
(POR CLORO) + BOMBEO (A RIEGO O INFILTRACIÓN POR DRENES).**

• **COSTOS INVERSION.**

| ITEM                               | UNIDAD   | CANTIDAD | PRECIO [ \$ ] |         |                     |
|------------------------------------|--|----------|---------------|---------|---------------------|
|                                    |  |          | UNITARIO      | TOTAL   |                     |
| <b>1.</b>                          | <b>COMPONENTE</b>  |          |               |         |                     |
| 1.1                                | Fosa Séptica Vertical 2400 Lts   | un       | 1             | 204.400 | 204.400             |
| 1.2                                | Cámara Secundaria Decantación 1200 Lts.  | un       | 1             | 122.000 | 122.000             |
| 1.3                                | Repartidor de Drenes / Cbrador.  | un       | 1             | 25.800  | 25.800              |
| 1.4                                | 20 mts de drenes.  | m        | 20            | 1.200   | 24.000              |
| 1.5                                | 30 m2 Geotextil.   | m2       | 30            | 720     | 21.600              |
| 1.6                                | Nylon.   | m2       | 22            | 500     | 11.000              |
| 1.7                                | Estación de Bombeo con estanque 650+<br>1 bomba elevadora + elevadores de registro | un       | 1             | 230.000 | 230.000             |
|                                    | <b>SUB TOTAL 1</b>   |          |               |         | <b>\$ 638.800</b>   |
| <b>2.</b>                          | <b>MATERIALES E INSTALACION</b>  |          |               |         |                     |
| 2.1                                | Gravilla   | m3       | 12            |         |                     |
| 2.2                                | Cemento para loza en fondo excavaciones  | kg       | 350           |         |                     |
| 2.3                                | Malla ACMA   | m2       | 5             |         |                     |
| 2.4                                | Cintas de sujeción   | m        | 16            |         |                     |
| 2.5                                | Bombas de Achique  | un       | 1             |         |                     |
| 2.6                                | Mano de Obra   | hora     |               |         |                     |
|                                    | <b>SUB TOTAL 2</b>   |          |               |         | <b>\$ 374.800</b>   |
| <b>TOTAL NETO (NO INCLUYE IVA)</b> |  |          |               |         | <b>\$ 1.013.600</b> |
|                                    |  |          |               |         | <b>UF 58,6</b>      |

• **COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

|                                       | COSTO MANTENCION ANUAL           | FRECUENCIA                           | COSTO [ \$ ] | COSTO ANUAL      |
|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------|------------------|
| 1.1                                   | Limpieza con Camión Limpia Fosas | Cada 2 años                          | 30.000       | 15.000           |
|                                       | Consumo Bomba - 0,18 kw          | 12 KW al año<br>(200 minutos al día) | 60           | 720              |
|                                       | Reposición Bomba                 | Cada 5 años                          | 100.000      | 20.000           |
| 1.2                                   | Cloración*                       | 1 tableta cada 15 días               | 750          | 19.500           |
| <b>TOTAL ANUAL (NO INCLUYE IVA)</b>   |                                  |                                      |              | <b>\$ 55.250</b> |
|                                       |                                  |                                      |              | <b>UF 3,194</b>  |
| <b>TOTAL MENSUAL (NO INCLUYE IVA)</b> |                                  |                                      |              | <b>\$ 4.602</b>  |
|                                       |                                  |                                      |              | <b>UF 0,2660</b> |



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

## **APÉNDICE 4**

### **DETALLE DE COSTOS DE INVERSION, OPERACION Y MANTENIMIENTO**





**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**SOLUCION 1.  
FOSA SÉPTICA + INFILTRACIÓN POR DRENES.**

• **COSTOS INVERSION.**

| ITEM                               | UNIDAD  | CANTIDAD       | PRECIO [\\$] |         |                   |
|------------------------------------|---|----------------|--------------|---------|-------------------|
|                                    |   |                | UNITARIO     | TOTAL   |                   |
| <b>1.</b>                          | <b>COMPONENTE</b>                                     |                |              |         |                   |
| 1.1                                | Fosa Séptica Vertical 2400 Lts                        | un             | 1            | 204.400 | 204.400           |
| 1.2                                | 15 mts de drenes (absorción 75 l/m <sup>2</sup> /día) | m <sup>l</sup> | 15           | 1.200   | 18.000            |
| 1.3                                | Geotextil   | m <sup>2</sup> | 15           | 720     | 10.800            |
|                                    | <b>SUB TOTAL 1</b>                                    |                |              |         | <b>\$ 233.200</b> |
| <b>2</b>                           | <b>MATERIALES E INSTALACION</b>                       |                |              |         |                   |
| 2.1                                | Gravilla  | m <sup>3</sup> | 6            |         |                   |
| 2.2                                | Arena   | m <sup>3</sup> | 3            |         |                   |
| 2.3                                | Mano de Obra  |                |              |         |                   |
|                                    | <b>SUB TOTAL 2</b>                                    |                |              |         | <b>\$ 195.000</b> |
| <b>TOTAL NETO (NO INCLUYE IVA)</b> |   |                |              |         | <b>\$ 428.200</b> |
|                                    |   |                |              |         | <b>UF 248</b>     |

• **COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

|                                       | COSTO MANTENCION ANUAL           | FRECUENCIA  | COSTO [\\$] | COSTO ANUAL      |
|---------------------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|------------------|
| 1.1                                   | Limpieza con Camión Limpia Fosas | Cada 2 años | 30.000      | 15.000           |
| <b>TOTAL ANUAL (NO INCLUYE IVA)</b>   |                                  |             |             | <b>\$ 15.000</b> |
|                                       |                                  |             |             | <b>UF 0,867</b>  |
| <b>TOTAL MENSUAL (NO INCLUYE IVA)</b> |                                  |             |             | <b>\$ 1.250</b>  |
|                                       |                                  |             |             | <b>UF 0,0723</b> |



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**SOLUCION 2.  
FOSA SÉPTICA + SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA +  
DESINFECCIÓN (POR CLORO) + INFILTRACIÓN POR DRENES.**

• **COSTOS INVERSION.**

| ITEM                               | UNIDAD  | CANTIDAD       | PRECIO [S] |         |                   |
|------------------------------------|---|----------------|------------|---------|-------------------|
|                                    |   |                | UNITARIO   | TOTAL   |                   |
| <b>1.</b>                          | <b>COMPONENTE</b>                                     |                |            |         |                   |
| 1.1                                | Fosa Séptica Vertical 2400 Lts                        | un             | 1          | 204.400 | 204.400           |
| 1.2                                | Cámara Secundaria Decantación 1200 Lts                | un             | 1          | 122.000 | 122.000           |
| 1.3                                | Clorador – Repartidor de Drenes                       | un             | 1          | 35.000  | 35.000            |
| 1.4                                | 25 mts de drenes (absorción 36 l/m <sup>2</sup> /día) | ml             | 25         | 1.200   | 30.000            |
| 1.5                                | Geotextil   | m <sup>2</sup> | 20         | 720     | 14.400            |
|                                    | <b>SUB TOTAL 1</b>                                    |                |            |         | <b>\$ 405.800</b> |
| <b>2</b>                           | <b>MATERIALES E INSTALACION</b>                       |                |            |         |                   |
| 2.1                                | Gravilla  | m <sup>3</sup> | 10         |         |                   |
| 2.2                                | Arena   | m <sup>3</sup> | 3          |         |                   |
| 2.3                                | Cemento para loza en fondo excavaciones               | kg             | 350        |         |                   |
| 2.4                                | Malla ACMA  | m <sup>2</sup> | 5          |         |                   |
| 2.5                                | Cintas de sujeción                                    | ml             | 16         |         |                   |
| 2.6                                | Mano de Obra  |                |            |         |                   |
|                                    | <b>SUB TOTAL 2</b>                                    |                |            |         | <b>\$ 295.500</b> |
| <b>TOTAL NETO (NO INCLUYE IVA)</b> |   |                |            |         | <b>\$ 701.300</b> |
|                                    |   |                |            |         | <b>UF 40,5</b>    |

• **COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

|                                       | COSTO MANTENCION ANUAL           | FRECUENCIA             | COSTO [UF] | COSTO ANUAL      |
|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------|------------|------------------|
| 1.1                                   | Limpieza con Camión Limpia Fosas | Cada 2 años            | 30.000     | 15.000           |
| 1.2                                   | Cloración*                       | 1 tableta cada 15 días | 750        | 19.500           |
| <b>TOTAL ANUAL (NO INCLUYE IVA)</b>   |                                  |                        |            | <b>\$ 34.500</b> |
|                                       |                                  |                        |            | <b>UF 1,994</b>  |
| <b>TOTAL MENSUAL (NO INCLUYE IVA)</b> |                                  |                        |            | <b>\$ 2.875</b>  |
|                                       |                                  |                        |            | <b>UF 0,1662</b> |



**KRISTAL**  
Ingeniería Ambiental

**MINISTERIO DEL INTERIOR  
SUBSECRETARIA DE DESARROLLO  
REGIONAL Y ADMINISTRATIVO.**

**SOLUCION 3.  
FOSA SÉPTICA + SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA + DESINFECCIÓN  
(POR CLORO) + BOMBEO (A RIEGO O INFILTRACIÓN POR DRENES).**

• **COSTOS INVERSION.**

| ITEM                               | UNIDAD   | CANTIDAD | PRECIO [ \$ ] |         |                     |
|------------------------------------|--|----------|---------------|---------|---------------------|
|                                    |  |          | UNITARIO      | TOTAL   |                     |
| <b>1.</b>                          | <b>COMPONENTE</b>  |          |               |         |                     |
| 1.1                                | Fosa Séptica Vertical 2400 Lts   | un       | 1             | 204.400 | 204.400             |
| 1.2                                | Cámara Secundaria Decantación 1200 Lts.  | un       | 1             | 122.000 | 122.000             |
| 1.3                                | Repartidor de Drenes / Cbrador.  | un       | 1             | 25.800  | 25.800              |
| 1.4                                | 20 mts de drenes.  | m        | 20            | 1.200   | 24.000              |
| 1.5                                | 30 m2 Geotextil.   | m2       | 30            | 720     | 21.600              |
| 1.6                                | Nylon.   | m2       | 22            | 500     | 11.000              |
| 1.7                                | Estación de Bombeo con estanque 650+<br>1 bomba elevadora + elevadores de registro | un       | 1             | 230.000 | 230.000             |
|                                    | <b>SUB TOTAL 1</b>   |          |               |         | <b>\$ 638.800</b>   |
| <b>2.</b>                          | <b>MATERIALES E INSTALACION</b>  |          |               |         |                     |
| 2.1                                | Gravilla   | m3       | 12            |         |                     |
| 2.2                                | Cemento para loza en fondo excavaciones  | kg       | 350           |         |                     |
| 2.3                                | Malla ACMA   | m2       | 5             |         |                     |
| 2.4                                | Cintas de sujeción   | m        | 16            |         |                     |
| 2.5                                | Bombas de Achique  | un       | 1             |         |                     |
| 2.6                                | Mano de Obra   | hora     |               |         |                     |
|                                    | <b>SUB TOTAL 2</b>   |          |               |         | <b>\$ 374.800</b>   |
| <b>TOTAL NETO (NO INCLUYE IVA)</b> |  |          |               |         | <b>\$ 1.013.600</b> |
|                                    |  |          |               |         | <b>UF 58,6</b>      |

• **COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

|                                       | COSTO MANTENCION ANUAL           | FRECUENCIA                           | COSTO [ \$ ] | COSTO ANUAL      |
|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------|------------------|
| 1.1                                   | Limpieza con Camión Limpia Fosas | Cada 2 años                          | 30.000       | 15.000           |
|                                       | Consumo Bomba - 0,18 kw.         | 12 KW al año<br>(200 minutos al día) | 60           | 720              |
|                                       | Reposición Bomba                 | Cada 5 años                          | 100.000      | 20.000           |
| 1.2                                   | Cloración*                       | 1 tableta cada 15 días               | 750          | 19.500           |
| <b>TOTAL ANUAL (NO INCLUYE IVA)</b>   |                                  |                                      |              | <b>\$ 55.250</b> |
|                                       |                                  |                                      |              | <b>UF 3,194</b>  |
| <b>TOTAL MENSUAL (NO INCLUYE IVA)</b> |                                  |                                      |              | <b>\$ 4.602</b>  |
|                                       |                                  |                                      |              | <b>UF 0,2660</b> |