

SNV

Proyecto: NODO de Saneamiento Sostenible
Descentralizado como Plataforma de
Conocimiento y Generación de Impacto en
Soluciones Sostenibles
2012-2015



Modelo Integral de Sostenibilidad de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con Reuso de Aguas Tratadas

POBLACIONES MENORES A 10.000 HABITANTES

Febrero, 2014



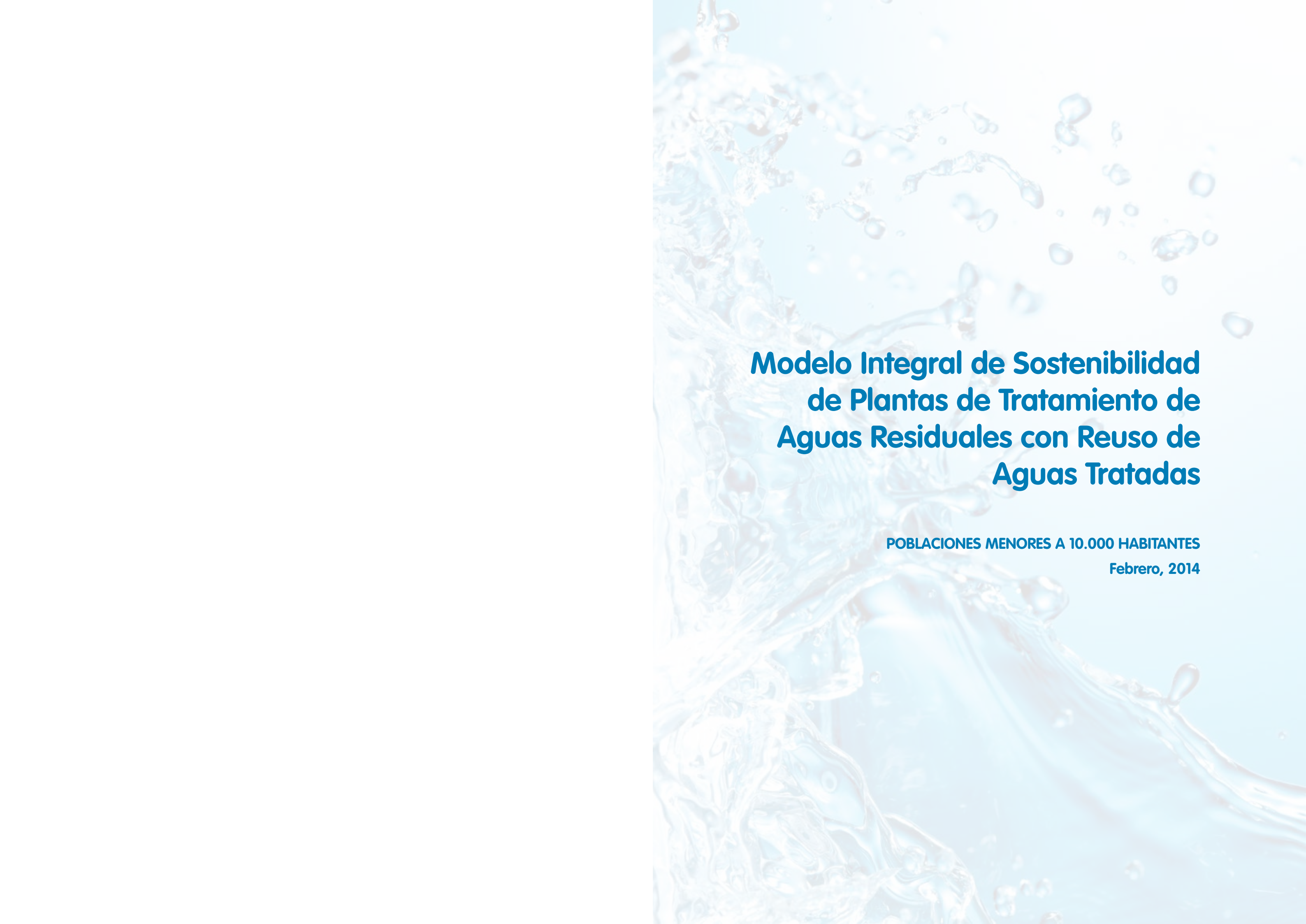
NODO DE CONOCIMIENTO EN
SANEAMIENTO SOSTENIBLE
DESCENTRALIZADO



EMBAJADA DE SUECIA



FUNDACIÓN
AGUATUYA

A dynamic background image showing a splash of water with many bubbles and droplets, set against a light blue gradient. The water is captured in mid-air, creating a sense of movement and freshness.

Modelo Integral de Sostenibilidad de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con Reuso de Aguas Tratadas

POBLACIONES MENORES A 10.000 HABITANTES

Febrero, 2014

CRÉDITOS

Título:

Modelo Integral de Sostenibilidad de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con Reuso de Aguas Tratadas

Autor:

Proyecto: NODO de Saneamiento Sostenible Descentralizado como Plataforma de Conocimiento y Generación de Impacto en Soluciones Sostenibles

Coordinación y Supervisión:

Gonzalo Ameller
Asesor SNV

Elaboración:

Patricia Cabalheiro
Marina Dockweiler
Patricia Rojas
Consultores del Proyecto NODO

Colaboración:

Jhonn Gómez
Consultor SNV

Liliana Gonzales Alé
Líder de Proyecto SNV

Henry Morales
Evelyn Trehwella
Consultores Proyecto NODO

Equipo Técnico del Proyecto NODO

Fundación AGUATUYA
Gustavo Heredia
Presidente Ejecutivo AGUATUYA

Renato Montoya
Coordinador de Planificación
Fundación AGUATUYA

Fotografías


Carla Becerra
NODO Bolivia

Revisión:

Isabel Ascarrumz
Oficial de Programas Embajada de Suecia

Julio Garrett Kent
Representante de País SNV Bolivia

Av. Ballivián N° 7975 – Calacoto. La Paz Bolivia
Teléfonos: (591) 2-2115632

 SNV Bolivia.

 Nodo de Conocimiento en Saneamiento Sostenible Descentralizado - Bolivia

E-mail: bolivia@snvworld.org

Página Web: www.snvworld.org

www.anesbvi-nssd-bolivia.org

Segunda Edición

La institución no se hace responsable de las opiniones vertidas en este documento por ser estas estrictamente de responsabilidad de los consultores del proyecto.

Está permitida la reproducción del presente documento, siempre que se cite la fuente.

La Paz - Bolivia, abril 2014

ÍNDICE

Glosario de términos Técnicos	7
Glosario de siglas	8
Presentación	9
Prólogo	11
Introducción	13
1 Marco general.....	15
1.1 Los ciclos natural y urbano del agua y el ciclo de nutrientes como base de la gestión integral de recursos hídricos.....	15
1.2 La situación de y tratamiento de aguas residuales	18
1.3 El saneamiento sostenible descentralizado (SSD) como enfoque alternativo	18
2 Marco normativo - competencial	21
2.1 Marco normativo.....	22
2.2 Marco institucional	22
2.2.1 Rectoría sectorial.....	22
2.2.2 Planificación y priorización de inversiones	23
2.2.3 Inversión y financiamiento.....	23
2.2.4 Prestación y operación de los servicios	23
2.2.5 Asistencia técnica y fortalecimiento para la sostenibilidad de los servicios	24
2.2.6 Fiscalización de los servicios	24
2.2.7 Fijación de estándares y control de la calidad del agua	24
2.2.8 Investigación y desarrollo tecnológico	24
3 Componentes para un Modelo de Gestión Integral de Sostenibilidad del SSD.....	27
3.1 DESCOM.....	33
3.2 Generación de la Demanda.....	33

3.3 Tecnología y construcción.....	35
3.4 Gestión operativa y social.....	40
3.4.1 Gestión de administración	41
3.4.2 Factibilidad financiera y económica para la sostenibilidad	44
3.5 Reutilización de recursos.....	51
3.5.1 Potencial de reusos.....	52
3.5.2 Estándares aceptables para el apto reuso de aguas tratadas	53
4 Conclusiones, Factores clave e Implicancias sobre la Política Sectorial	55
4.1 Conclusiones	55
4.2 Factores Claves	55
4.2.1 Sociales	55
4.2.2 Técnicos.....	56
4.2.3 Ambientales	56
4.2.4 Legales e Institucionales	56
4.2.5 Económico – Financieros	56
4.3 Implicancias sobre la política sectorial	57
4.3.1 Sobre el marco normativo	57
4.3.2 Sobre el marco técnico/tecnológico.....	57
4.3.3 Sobre el marco de planificación e inversión pública	57
4.3.4 Sobre el marco regulatorio y de fiscalización	57
4.3.5 Sobre el marco asistencia técnica y generación de capacidades	58
5 Bibliografía	59

GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS

Agua Potable:	Agua apta para el consumo humano de acuerdo con los requisitos establecidos por la normativa vigente.
Agua residual o Servida:	Desecho líquido proveniente de las descargas del uso del agua en actividades domésticas o de otra índole.
Agua Residual Tratada:	Agua Residual procesada en sistemas de tratamiento para satisfacer los requisitos de calidad con relación a la clase de Cuerpo Receptor al que serán descargadas.
Aguas grises:	Son las aguas que resultan del uso doméstico, tales como el lavado de utensilios y de ropa, así como la higiene de las personas.
Aguas negras:	Son las aguas contaminadas con sustancia fecal y orina, procedentes de desechos humanos y animales.
Cuota:	Aporte comunitario que entregan los usuarios a la EPSA de los servicios de agua y alcantarillado, cualquiera sea la figura legal para su conformación.
Desarrollo Comunitario:	Componente social y de fortalecimiento a la gestión de los servicios de agua potable y de alcantarillado.
Descarga:	Vertido de aguas residuales en un cuerpo receptor.
Estrés hídrico:	El estrés hídrico se produce cuando la demanda de agua excede la cantidad disponible de esta durante un periodo determinado o cuando su baja calidad restringe su uso.
Eutrofización:	Enriquecimiento de las aguas con nutrientes a un ritmo tal, que no puede ser compensado por su eliminación definitiva por mineralización, de manera que el exceso de materia orgánica producida hace disminuir enormemente el oxígeno en las aguas profundas.
Fitoplancton:	Microorganismo vegetal (como ciertas algas microscópicas) que flotan en las aguas, de color verde por la clorofila que producen, dando a las aguas una coloración verdosa.
Hipoxia:	Falta o pérdida total del oxígeno en el agua.
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales:	Unidad de transformación de los efluentes industriales y domésticos, es decir, unidades de transformación de la materia orgánica, y en algunos casos de separación de un componente mineral.
Régimen Pluviométrico:	Distribución estacional de las precipitaciones en un área o región determinada.
Saneamiento Básico:	Comprende los Servicios de: agua potable, alcantarillado sanitario, disposición de excretas, residuos sólidos y drenaje pluvial.
Tasa:	Tributo que cobra la EPSA a los usuarios de las aguas residuales tratadas por su uso, individualizado. Su recaudación se destina a cubrir parte de los costos de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento.

GLOSARIO DE SIGLAS

AAPS:	Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico
ABIS:	Asociación Boliviana de Ingeniería Sanitaria
ADESBVI	Asociación de Espacios Sectoriales en Agua, Saneamiento Básico y Vivienda
A&S:	Agua y Saneamiento
ASDI:	Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional
CAPYS:	Comités de Agua Potable y Saneamiento
CP:	Capacidad de Pago
CPD:	Comunicación Para el Desarrollo
DAP:	Disponibilidad A Pagar
DESCOM:	Desarrollo Comunitario
DHAS:	Derecho Humano de acceso al Agua y Saneamiento
DBO	Demanda biológica de oxígeno
DQO	Demanda química de oxígeno
EMAGUA	Entidad Ejecutora de Medio Ambiente y Agua
EPSA:	Entidad Prestadora de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario
FNDR	Fondo Nacional de Desarrollo Regional
FPS	Fondo Nacional de Inversión Productiva y Social
GAD:	Gobierno Autónomo Departamental
GAM:	Gobierno Autónomo Municipal
GIRH:	Gestión Integrada de Recursos Hídricos
GPS:	Gestión Participativa y Social
GPS-C:	Gestión Participativa, Social y Comunicación
LDCA:	Libre de Defecación a Campo Abierto
MMAyA:	Ministerio de Medio Ambiente y Agua
NCPE:	Nueva Constitución Política del Estado
NSSD-Bolivia:	Nodo de Saneamiento Sostenible Descentralizado – Bolivia
OMS:	Organización Mundial de la Salud
ONG:	Organización No Gubernamental
O&M:	Operación y Mantenimiento
PDM:	Plan de Desarrollo Municipal
PERIAGUA:	Programa para Servicios Sostenibles de Agua Potable y Saneamiento Básico en Áreas Periurbanas
PHAST:	Transformación Participativa para la Higiene y el Saneamiento
PND:	Plan Nacional de Desarrollo
PROAGRO:	Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable
PTAR:	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales
PTAR-D:	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Descentralizada
SANTOLIC:	Saneamiento Total Liderado por la Comunidad
SARAR:	Autoestima, Fuerzas Asociadas, Ingenio, Planificación de la Acción y Responsabilidad
SB:	Saneamiento Básico
SENARI:	Servicio Nacional de Riego
SENASBA:	Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico
SSD:	Saneamiento Sostenible Descentralizado
UNICEF:	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
UV:	Ultra Violeta
VAPSB:	Viceministerio de Agua Potable y Servicios Básicos
VC:	Valoración Contingente
VRHR:	Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego

PRESENTACIÓN

"Modelo Integral de Sostenibilidad de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con Reuso de Aguas Tratadas", es un documento que aporta al desarrollo del conocimiento para el sector de agua y saneamiento desde el enfoque del saneamiento sostenible descentralizado, como una opción para mejorar las condiciones de vida de muchas familias bolivianas que viven sin acceso al saneamiento de calidad en sus hogares.

El mismo, describe los componentes del Modelo Integral de Sostenibilidad, que son: la generación de la demanda; tecnología y construcción; gestión operativa y social; y reutilización de recursos como base del sistema de saneamiento descentralizado. Aborda los aspectos del cierre de ciclo del saneamiento, el reuso del agua desde una perspectiva integral considerando aspectos técnico-ambientales, sociales, económicos e institucionales, imprescindibles para la sostenibilidad de los servicios de saneamiento.

Sin duda, es una contribución que atiende la necesidad de avanzar hacia el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el compromiso de Bolivia en la Agenda Patriótica 2025 con respecto a agua y saneamiento. El enfoque del saneamiento sostenible descentralizado es una opción de solución capaz de responder desde la práctica, a la demanda de saneamiento en cuanto a cobertura y calidad de los servicios, particularmente en poblaciones menores a 10.000 habitantes.

El Modelo Integral de Sostenibilidad permite amplificar la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales con reutilización de aguas para riego, además de profundizar los aspectos de educación y capacitación en el uso eficiente del agua y aporta al desarrollo de nuevas políticas que promuevan el uso eficiente del recurso agua en tiempos de cambio climático.

En este contexto, la Embajada de Suecia en el marco de su Programa de Cooperación al Desarrollo en Bolivia, tiene el agrado de presentar este documento de apoyo al desarrollo de capacidades nacionales para robustecer el sector de agua y saneamiento. En este caso, financiando las actividades del Proyecto "NODO de Saneamiento Sostenible Descentralizado Como Plataforma de Conocimiento y Generación de Impacto en Soluciones Sostenibles", cuyo objetivo es generar conocimiento e intercambiar experiencias y apoyar la implementación de sistemas eficientes de saneamiento sostenible descentralizado con el fin de coadyuvar con políticas sectoriales.

Como Embajada, esperamos que el Modelo pueda despertar el interés tanto de actores públicos como sociales involucrados en el sector, para que se considere el enfoque de saneamiento sostenible descentralizado como una opción

el enfoque de saneamiento sostenible descentralizado como una opción tecnológica más respetuosa con el medio ambiente y acorde con el carácter de la organización de la sociedad en poblaciones de menor tamaño.

La Embajada, elogia el esfuerzo y agradece la colaboración de todos los actores que en sinergia desarrollaron este proceso de análisis y construcción del Modelo que dejamos a su lectura.

Aurore Lundkvist
Encargada de Negocios a.i.
Embajada de Suecia

PRÓLOGO

El NODO de Conocimiento en Saneamiento Sostenible Descentralizado (NSSD-Bolivia), es una plataforma conformada por múltiples actores públicos y sociales que actúan articulados por el interés común de generar y promover mayor conocimiento con su accionar, en el contexto del saneamiento sostenible descentralizado.

El propósito del "*Modelo Integral de Sostenibilidad de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con Reuso de Aguas Tratadas*", es el de contribuir con lineamientos para mejorar la gestión de servicios de saneamiento desde el alcance que abarca las comunidades y ciudades hasta 10.000 habitantes. Es un documento de análisis práctico que facilita información a actores comprometidos con tecnologías alternativas innovadoras, accesibles y sostenibles de saneamiento.

Ante las difíciles condiciones de muchas familias sin acceso a saneamiento en sus hogares y la problemática social que de ésta situación se deriva, el enfoque del saneamiento sostenible descentralizado es una alternativa de solución que responde a un problema latente del sector de saneamiento y que por sus características de vinculación con otros, mediante el Reuso de aguas, responde a demandas productivas en el campo de la agricultura, la forestería y la ornamentación.

El NODO de conocimiento en Saneamiento Sostenible Descentralizado (NSSD-Bolivia), en el seno de la Asociación de Espacios Sectoriales en Agua y Saneamiento Básico y Vivienda - ADESBVI, agradecen profundamente a quienes hicieron posible contar con este valioso instrumento de trabajo que permitirá el diálogo y la reflexión para el accionar en el sector de agua y saneamiento, especialmente, a la Embajada de Suecia y el apoyo decidido de Aurore Lundkvist, Encargada de Negocios a.i. e Isabel Ascarrunz, Oficial de Programas por su alto compromiso con el sector de saneamiento, quienes facilitaron su experiencia y financiamiento.

Asimismo, al equipo de Consultores del Proyecto NODO de Saneamiento Sostenible Descentralizado como Plataforma de Conocimiento y Generación de Impacto en Soluciones Sostenibles, quienes trabajaron arduamente en el análisis y la redacción del documento y al SNV como la organización gestora y de soporte del Proyecto, así como a la Fundación AGUATUYA, quien es la responsable de la construcción y el proceso de capacitación y gestión de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el Municipio de Cliza, la fuente principal de inspiración del Modelo que se presenta.

Beatriz Gloria Lizárraga de Sossa
Presidenta de la ADESBVI

INTRODUCCIÓN

El Informe Mundial de Progreso de Saneamiento y Agua Potable (OMS-UNICEF, 2013) reporta que, en Bolivia, apenas el 46% de la población contaba con acceso a un sistema de saneamiento mejorado en 2011, siendo la mayor cobertura de servicios en el área urbana (57%) mientras que la brecha urbano-rural alcanza el 23%.

De acuerdo al Plan Sectorial de Desarrollo de Saneamiento Básico 2008 – 2015, el 70% de las aguas residuales recolectadas por los sistemas de saneamiento existentes en el país son descargadas a los ríos o quebradas sin tratamiento previo, con el consecuente riesgo de contaminación en los cursos de agua superficial, suelos y acuíferos subterráneos.

En los últimos años, el incremento tanto de las coberturas de saneamiento como del tratamiento de aguas residuales antes de su vertido en cuerpos receptores, ha sido austero. Los costos elevados de los sistemas de saneamiento convencionales y grados de dificultad tecnológica, que supone el tratamiento de aguas residuales, para cumplir con los estándares de calidad admitidos por la Ley N° 1333 del Medio Ambiente, han dificultado la priorización de inversiones en estos sistemas.

El segmento de las pequeñas localidades o ciudades (entre 2.000 y 10.000 habitantes) ha sido el más olvidado, lo que se refleja en la gran brecha existente en coberturas de saneamiento, entre las áreas urbanas de ciudades principales e intermedias y las pequeñas localidades. Gran parte de las aguas residuales de estas localidades son utilizadas en riego para producción agrícola urbana y periurbana, principalmente en zonas áridas y semi-áridas del país, donde los efectos climáticos adversos como sequías cada vez más frecuentes y prolongadas o alteraciones del régimen pluviométrico, incrementan el estrés hídrico y el riesgo de escasez de agua dulce.

Las consecuencias de la contaminación de fuentes de agua superficiales y acuíferos subterráneos se manifiestan sobre la salud, el medio ambiente y la economía, en situaciones tales como concentración de metales y otras sustancias tóxicas, cuando las industrias utilizan colectores de agua doméstica, en el incremento de costos para recuperación de cursos de agua para consumo humano y otros usos, así como en los efectos adversos sobre ecosistemas acuáticos.

En Bolivia, las pocas experiencias de tratamiento y reutilización de aguas existentes, se trabajan con dificultad en un contexto donde las debilidades institucionales y la falta de coordinación de las instituciones públicas con funciones de control muestran deficiencias en la estructura de gobernanza para la gestión integral de los recursos hídricos, que compatibilice su uso sostenible.

Los aspectos mencionados anteriormente, han impulsado desde el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), la formulación del Programa Nacional de Uso Eficiente del Agua*, que promueve la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales, con reutilización de aguas tratadas para riego, además de educación y capacitación en el uso eficiente del agua e implementación de nuevas políticas tarifarias que promuevan el uso eficiente del recurso y desincentiven su desperdicio.

El Proyecto NODO de Saneamiento Sostenible Descentralizado-Bolivia (NSSD-Bolivia), financiado por la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional (ASDI), tiene como objetivo aportar al desarrollo de conocimiento y generación de modelos de Saneamiento Sostenible Descentralizado

* Programa de Uso Eficiente de Agua contenido en el documento de Política para el Uso Eficiente del Agua de junio 2012, del MMAyA y VASPB, que es a su vez parte de la Resolución Ministerial N° 265 de fecha 15 de octubre de 2012.

como alternativa para incrementar a escala, la cobertura de este servicio. El NSSD tiene un enfoque integral, basado en la articulación de los actores públicos, privados y sociales que intervienen en la cadena de valor del saneamiento; operativiza sus acciones a través de tres entidades socias, conjuntamente con el SNV, focalizadas en cuatro municipios de tres regiones ecológicas del país: (i) Agua Tuya, que implementa un modelo de plantas modulares de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en Cliza – región Valles; (ii) Sumaj Huasi que implementa baños secos ecológicos en El Alto – región Altiplano; y (iii) Water for People, que implementa baños secos ecológicos en Santa Cruz y Riberalta – región Llanos.

A través del presente documento, el NSSD-Bolivia pretende aportar al Programa Nacional de Uso Eficiente del Agua, lineamientos para la construcción de un modelo integral sostenible de gestión de servicios descentralizados de saneamiento (concretamente de PTAR) que, a través de la reutilización de las aguas tratadas, cierre el ciclo de agua y nutrientes de mejor manera. El alcance del modelo abarca las comunidades y ciudades menores de hasta 10.000 habitantes.

Este documento está dirigido a todos aquellos actores con interés en alternativas tecnológicas innovadoras, asequibles y sostenibles de saneamiento y se estructura en cinco partes. En la primera parte, se presenta el marco general del Saneamiento Sostenible Descentralizado con Reuso (SSD), en el que se describe la problemática y el enfoque de este nuevo paradigma de saneamiento. En la segunda parte, se expone el marco legal-competencial vigente en el país para la implementación del SSD. En la tercera parte se definen los elementos para la construcción de un modelo integral de SSD, con sus respectivas herramientas. Finalmente, en la cuarta parte se especifican lineamientos de política pública para la implementación efectiva del modelo propuesto.

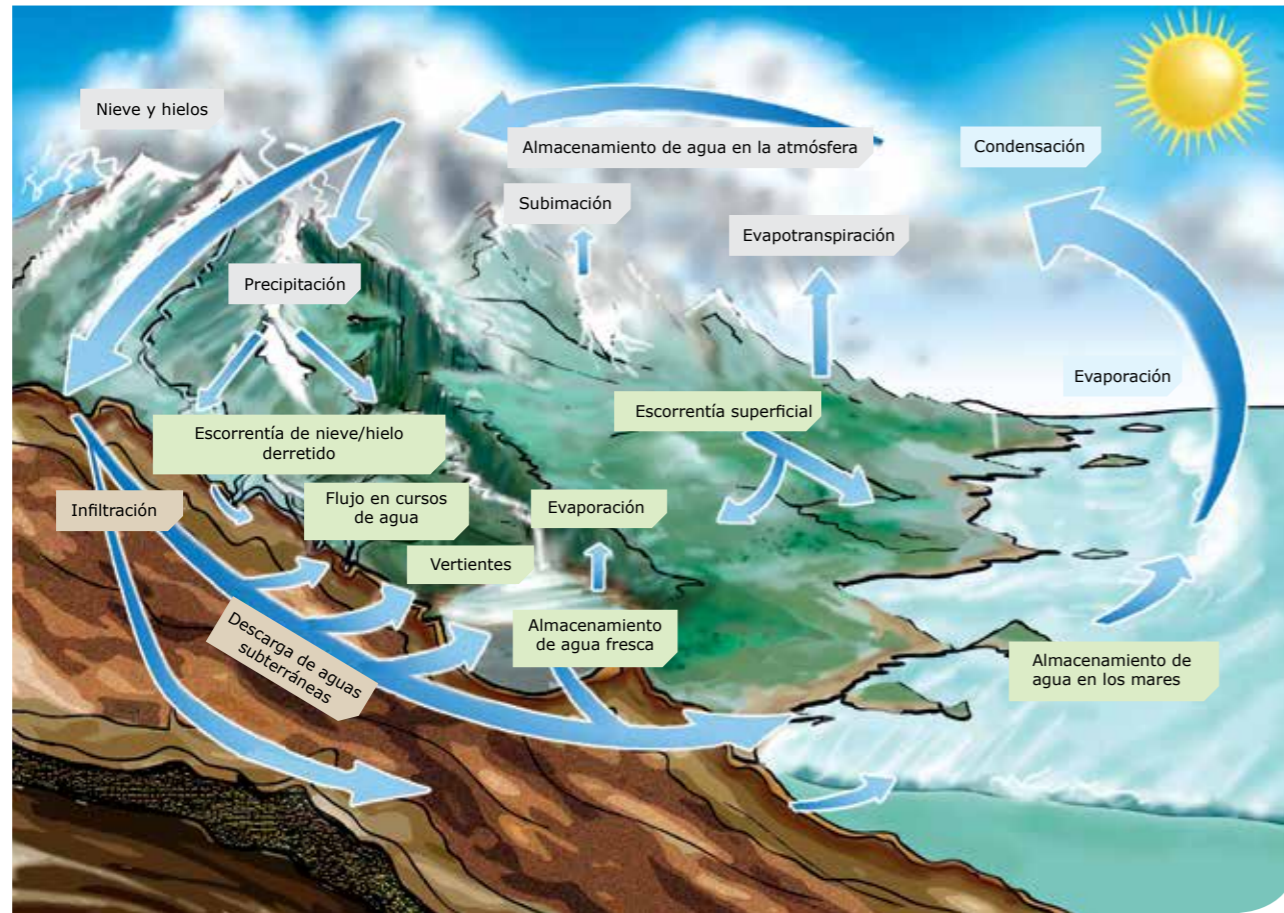
MARCO GENERAL

► 1.1 Los ciclos natural y urbano del agua y el ciclo de nutrientes como base de la gestión integral de recursos hídricos

El agua es un recurso renovable, pero las cantidades disponibles son finitas y han permanecido constantes por mucho tiempo en la Tierra; el agua dulce corresponde al 2,5% del volumen total almacenado en el planeta, siendo el resto agua salada depositada en los mares y agua dulce depositada en los glaciares. La distribución del agua es espacialmente variada en los continentes, donde 9 países (Brasil, Rusia, China, India, Colombia, Canadá, Indonesia, Estados Unidos y República Democrática del Congo) poseen el 60% de las fuentes disponibles de agua dulce, con grandes variaciones al interior de sus territorios (WWAP, 2009).

El agua tiene un ciclo permanente que se genera a través de la atmósfera, la biomasa y los océanos. La *precipitación* es la mayor fuente de agua dulce para consumo humano y para la funcionalidad de los ecosistemas; su principal impulsor es la energía solar. La precipitación es absorbida por los suelos y por las plantas, se evapora en la atmósfera a través de la evapotranspiración y fluye hacia el mar (a través de los ríos), lagos y humedales. Estas aguas son las que mantienen los bosques, los cultivos y los ecosistemas. Parte de la precipitación se almacena por siglos en forma de hielo y nieve, mientras que otra parte se almacena temporalmente en acuíferos subterráneos hasta que aflora a través de vertientes o bombeo artificial. Sin embargo, la mayor parte del agua vuelve a los océanos o a la tierra en forma de lluvia, donde fluye como escorrentía superficial hacia ríos y mares.

Imagen 1. El ciclo del agua



Este ciclo natural del agua está íntimamente ligado al ciclo de nutrientes, que es un proceso más complejo y que representa la vida en el planeta (Martin, 2010). En resumen, los nutrientes son los elementos químicos que las plantas y animales requieren para crecer. Estos nutrientes pueden ser no minerales, como el oxígeno (O), el carbono (C) y el hidrógeno (H) que son tomados del aire como dióxido de carbono (CO₂) y del agua (H₂O). Para posibilitar la vida, Estos elementos son complementados con otros macronutrientes, como el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Estos son tomados del suelo por las plantas, las cuales son ingeridas por los animales y humanos y devueltos a la naturaleza mediante el proceso de defecación o descomposición de los organismos. De esta manera, los nutrientes son continuamente reciclados en la naturaleza.

En las áreas urbanas, el ciclo natural del agua sufre una serie de irrupciones. Por un lado, el asfaltado de calles y la cobertura de suelos con las edificaciones, implican una menor infiltración del agua de lluvia en los suelos y consecuentemente, mayores caudales de escorrentía superficial. Por otro lado, la descarga de las aguas residuales (grises y negras) provenientes del uso doméstico e industrial, así como los lixiviados provenientes de vertederos de residuos sólidos sin tratamiento previo, suelen caracterizarse por su alto contenido de nitrógeno (nitratos, nitritos y amonio) y fosfatos (principalmente, procedentes de restos de detergentes).

La contaminación de las fuentes de agua por el vertido de aguas residuales sin tratar, así como por el uso de fertilizantes en la actividad agrícola periurbana, son factores que, junto con el cambio climático, son el origen principal de estrés hídrico, principalmente en regiones áridas y semi-áridas. Asimismo, ambos factores constituyen la mayor fuente de carga de nutrientes en los cursos de agua, favoreciendo el afloramiento masivo de fitoplancton, la eutrofización y la hipoxia, que disminuyen la disponibilidad de agua dulce y afectan la integridad de los ecosistemas acuáticos.

En un sistema ideal, tanto el ciclo del agua, como el ciclo de los nutrientes se cierran: (i) el agua que proviene de las diversas fuentes es purificada, distribuida y re-utilizada en la agricultura, consumo humano y en la industria; (ii) al utilizar el agua para diferentes propósitos, los nutrientes son introducidos en el ciclo del agua (entre otros, a través de las aguas residuales domésticas o de la escorrentía de los sistemas agrícolas); (iii) las aguas residuales son recolectadas para su tratamiento; (iv) las aguas residuales tratadas son reutilizadas o descargadas hacia cuerpos receptores en condiciones aceptables de calidad; y (v) los nutrientes, son reutilizados para la producción de alimentos y comida para los animales, evitando la contaminación de los ecosistemas acuáticos.

Imagen 2. El ciclo urbano del agua



En consecuencia, la noción de que el agua dulce es un recurso finito, se deriva de que el ciclo del agua en promedio produce una cantidad fija de agua en un periodo determinado. Esta cantidad total no puede ser alterada todavía, mediante acciones humanas, aunque puede ser disminuida por la contaminación producida por el ser humano (lo que frecuentemente ocurre). El recurso de agua dulce, entonces se constituye en un activo natural que debe ser mantenido para garantizar que los servicios deseados que provee, se mantengan. Este principio reconoce que el agua es requerida para varios propósitos, funciones y servicios diferentes; por lo tanto, la gestión debe ser holística (integrada) e involucrar la consideración de la demanda del recurso y las amenazas a las que está expuesta.

De esta manera, la propuesta integrada para la gestión del recurso hídrico requiere la coordinación del ámbito de actividades humanas (públicas principalmente, privadas y de la sociedad civil) que generan demanda de agua, determinan el uso de la tierra y generan productos de desecho que contaminan el agua (como el caso de las aguas residuales).

► 1.2 La situación del saneamiento y tratamiento de aguas residuales

Convencionalmente, en el país se ha impulsado el saneamiento urbano mediante sistemas de alcantarillado de gran escala, que consisten en una red de tuberías que colectan las aguas residuales y las transportan hacia un sistema de tratamiento centralizado, llámese planta de tratamiento, PTAR, localizada en las afueras de las ciudades.

Los objetivos principales de estos sistemas convencionales son, por un lado, la protección de la salud pública a través de la remoción y tratamiento de productos residuales humanos y, por otro lado, la protección de la calidad de las fuentes superficiales de agua y del medio ambiente, mediante la prevención de descarga de sustancias demandantes de oxígeno y de nutrientes. Sin embargo, pese a estos méritos, estos sistemas están siendo crecientemente cuestionados por ser económicamente y ambientalmente insostenibles (Franken, 2007). Algunos de los problemas de estas PTAR convencionales se refieren a:

- Consumo de energía relativamente altos para aireación.
- Altos niveles de producción de lodos y residuos químicos que implican mayores costos.
- Los nutrientes son destruidos y no recuperados.
- Emisiones de CO₂ en la atmósfera.

Por su escala de operación y grado de sofisticación y tecnología, las redes de alcantarillado con sistemas centrales de tratamiento se caracterizan por sus altos costos de inversión y de operación y mantenimiento (O&M), lo que es un factor de considerable rezago de inversiones en el sector de saneamiento.

En este sentido, en Bolivia sería necesario considerar, dada la magnitud de los costos de saneamiento convencional y considerando el reto de la universalidad en cobertura, la promoción e inversión en sistemas de saneamiento alternativos como una opción efectiva para cubrir la meta de 100% de cobertura en saneamiento, planteada en la Agenda 2025.

► 1.3 El saneamiento sostenible descentralizado (SSD) como enfoque alternativo

Ante el panorama expuesto anteriormente, el SSD es un nuevo paradigma de saneamiento que se centra en la recolección, separación y tratamiento de las aguas residuales (grises y negras) y de los lodos en lugares cercanos a la fuente de generación (sustentándose así en el principio de subsidiariedad) permitiendo el reuso localizado de las aguas tratadas y una mayor cercanía de la población a la gestión de las aguas residuales. Así, el SSD es un enfoque holístico más que un concepto meramente técnico siendo sus principales atributos los siguientes:

- **Ventajaseconómicasporlosmenorescostosdeinversión,operaciónymantenimiento (O&M) requeridos**, con redes de recolección más cortas y, consecuentemente, menores diámetros de las tuberías, así como menores volúmenes de excavación y movimiento de tierras para su tendido. Por su menor grado de sofisticación tecnológica, requieren un menor grado de especialización técnica y menos continuidad y permanencia del personal para la O&M de los sistemas, abaratando los costos y reduciendo las tarifas.
- **Mayor y más rápido alcance en cobertura**, por los menores costos requeridos para la inversión, O&M. Este atributo, hace que este enfoque de saneamiento sea más adaptable a zonas rurales, ciudades pequeñas y menores y áreas periurbanas con potencial de reuso de las aguas tratadas para diferentes fines.

- **Responde de mejor manera a una visión integral del ciclo del agua y por ende a la GIRH**, ya que las aguas residuales y los excrementos no son considerados como desechos, sino como recursos que pueden ser recuperables, tratados si es necesario y reutilizables localmente. En este sentido, el SSD promueve el uso eficiente del agua y se convierte en una medida de adaptación al cambio climático que aporta a las políticas de salud y seguridad social y protección del medio ambiente.
- **Permite establecer un contacto más estrecho y una participación más directa de la población beneficiaria**, en la planificación, implementación y gestión del tratamiento de aguas residuales y reuso de aguas tratadas, impulsando la apropiación y autogestión de ambos servicios. De esta manera, promueve la corresponsabilidad por parte de la población local en un asunto que, por ser un bien común, no se constituye en una prioridad en sí misma.
- **Por su escala y mayor simplicidad de manejo, son sistemas que facilitan el ejercicio del rol de implementación directa o fiscalización a terceros por parte de los gobiernos locales**, al requerir menor esfuerzo técnico.
- **Implica el tratamiento de un rango menor de caudal de aguas residuales** que el que se trataría en un sistema convencional. Por ejemplo, Sasse (1998) establece este rango para SSD, entre 1 y 500 m³/día, para un caudal proveniente tanto de fuentes domésticas como industriales.
- **Impulsa la innovación de tecnología ambiental y económicamente más eficiente**, brindando mayor oportunidad a otros actores de las áreas de investigación y academia, además de potenciar el mercado de proveedores privados.

En este sentido, el "SSD es una solución integral para cumplir con las premisas de brindar saneamiento básico a las poblaciones en cuyas condiciones de hábitat no es posible articular sistemas convencionales de redes de alcantarillado, al menos en el corto plazo, y que además dadas las condiciones potenciales de contaminación ante la falta de servicios sanitarios, constituye también una solución de cuidado de nuestro medio ambiente. Se suman a este fin, aspectos como ser Salud e Higiene, vivienda y hábitat, como elementos que contribuyen al cumplimiento de derechos y principios de Desarrollo del ser humano" (OMS/UNICEF 2002).

La implementación, funcionamiento y sostenibilidad del SSD requiere, por un lado, de un marco normativo e institucional específico que regule y establezca las normas de prestación, control y gestión de las aguas residuales generadas por actividades económicas, productivas, institucionales y de la sociedad en general, y su potencial reuso y que establezca claramente los roles y responsabilidades de los diferentes actores públicos y privados. Por otro lado, requiere de un modelo holístico que integre aspectos técnicos, ambientales, legales, socioeconómicos, financieros e institucionales. Ambos aspectos se tratan en los siguientes apartados.

2 ■ MARCO NORMATIVO - COMPETENCIAL

► 2.1 Marco Normativo

El reconocimiento explícito del agua potable y alcantarillado (entre otros) como un derecho humano fundamental en la Nueva Constitución Política del Estado (NCPE) resalta la responsabilidad del mismo, en los distintos niveles de gobierno, para asegurar el acceso universal, responsable, eficiente y equitativo a estos servicios por parte de la población, a través de su provisión mediante entidades públicas, mixtas, cooperativas o comunitarias; con participación y control social (art. 16 y 20). Define también como responsabilidad estatal la promoción del uso y acceso al agua sobre la base de principios de solidaridad, complementariedad, reciprocidad, equidad, diversidad y sustentabilidad (art. 347). Se define la prioridad de uso para consumo humano y riego agropecuario en el dominio público. Establece la participación y el control social sobre los servicios públicos (art. 241) y la participación en la gestión ambiental (art. 343).

Por otro lado, la Carta Magna define como *derecho de las personas el gozar de un medio ambiente saludable, protegido y equilibrado* (art. 33). Establece como función fundamental del Estado la de *promover y garantizar el aprovechamiento responsable y planificado de los recursos naturales*, e impulsar su industrialización, a través del desarrollo y del fortalecimiento de la base productiva en sus diferentes dimensiones y niveles, así como *la conservación del medio ambiente, para el bienestar de las generaciones actuales y futuras* (art. 9). Establece como deberes de la población los de proteger y defender los recursos naturales y contribuir a su uso sustentable, para preservar los derechos de las futuras generaciones y proteger y defender un medio ambiente adecuado para el desarrollo de los seres vivos.

Finalmente, la NCPE reconoce la *obligación estatal indeclinable de garantizar y sostener el derecho a la salud*, priorizando la promoción de la salud y la prevención de las enfermedades (art. 35 y 37) y *garantiza el derecho al suministro de alimentos en condiciones de inocuidad, calidad, y cantidad disponible adecuada y suficiente* (art. 75).

La *ley N° 1333* de Medio Ambiente tiene como objetivo fundamental el de proteger y conservar el Medio Ambiente sin afectar el desarrollo que requiere el país, procurando mejorar la calidad de vida de la población. El Reglamento de Prevención y Control Ambiental, establece el marco técnico jurídico regulatorio de la Ley en lo referente a la obtención de los permisos ambientales y sus estudios y auditorías, además de definir a los Gobiernos Departamentales y Nacional como autoridades competentes en materia ambiental. El Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica regula la prevención de la contaminación y control de la calidad de los recursos hídricos. Define el sistema de control de la contaminación hídrica y los límites permisibles de los potenciales elementos contaminantes, así como de las condiciones físico químicas que debe cumplir un efluente para ser vertido en uno de los cuatro tipos de cuerpos receptores definidos según su aptitud de uso.

La prestación y utilización de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario, así como el marco institucional y competencial que los rige, además de los derechos a fijar precios, tasas, tarifas y cuotas, están regulados por la *Ley N° 2066 de Prestación y Utilización de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario*. Esta norma establece que las obras destinadas a la prestación de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario son de interés público, tienen carácter de utilidad pública y se hallan bajo protección del Estado (art. 7).

Por otra parte, la *Ley N° 2878*, de Promoción y Apoyo al Sector Riego para la Producción Agropecuaria y Forestal, establece las normas que regulan el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos en las actividades de riego para la producción agropecuaria y forestal, su política, el marco institucional, regulatorio y de gestión de riego, otorgando y reconociendo derechos, estableciendo obligaciones y procedimientos para la resolución de conflictos, garantizando la seguridad de las inversiones comunitarias, familiares, públicas y privadas.

La *Ley N° 031 o Ley Marco de Descentralización y Autonomías* delega en los gobiernos municipales la responsabilidad por la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario y la concreción de los proyectos de riego y/u ornamentales en el ámbito de su jurisdicción.

EL *Plan Nacional de Riego* que tiene un alcance de 25 años, con una primera fase desde el 2008 al 2011, menciona la necesidad de invertir en sistemas de riego que hagan uso eficiente del agua, sin embargo no considera en su visión programas sobre reuso de aguas residuales como una alternativa.

La *Ley Marco de la Madre Tierra N° 300* tampoco menciona la posibilidad del reuso de aguas residuales a pesar de reconocer el agua como un derecho y la necesidad de evitar la contaminación de este recurso vital.

Por último y no menos importantes, los *Planes Maestros de Agua Potable y Saneamiento*, en actual ejecución, para las ciudades del eje principal del país (que son también instrumentos de planificación sectorial regional), deberían incluir las demandas y directrices para el tratamiento de las aguas residuales y su reuso, promoviendo la adopción de sistemas de tratamiento alternativos, y porque no, bajo un enfoque de SSD, de manera tal que se integralice su gestión.

► 2.2 Marco Institucional

El marco legal vigente define los siguientes roles y responsabilidades institucionales:

2.2.1 Rectoría sectorial

El desarrollo de políticas públicas, normas, planes, programas y proyectos sectoriales de agua y saneamiento básico¹ está a cargo del *Viceministerio de Agua Potable y Servicios Básicos (VAPSB)*. Complementariamente, la generación de políticas, normas, planes, programas y proyectos sectoriales de manejo integral de cuencas y riego para la producción es responsabilidad del *Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR)*. Ambas instancias tienen como mandato enmarcar sus acciones en la gestión integral de los recursos hídricos (GIRH) y son dependientes del *Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA)*, que es el ente rector para la conservación, adaptación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y el medio ambiente.

2.2.2 Planificación y priorización de inversiones

Tanto en el sector riego como agua y saneamiento, la planificación y priorización de inversiones es una competencia concurrente de los niveles de *Gobierno nacional y sub-nacional*, a través de los instrumentos de planificación que se aplican en cada nivel. Los Gobiernos Autónomos

¹ El Sector Saneamiento Básico comprende los servicios de agua potable, alcantarillado, disposición sanitaria de excretas, residuos sólidos y drenaje pluvial.

Departamentales y Municipales son los encargados de la planificación estratégica del reuso de aguas tratadas en la agricultura en sus jurisdicciones, involucrando a los diferentes actores de los sectores de agua y riego.

2.2.3 Inversión y financiamiento

En Bolivia, tanto el agua como el alcantarillado son Derechos Humanos y por tanto no son plausibles de su privatización, de modo que la administración del servicio se efectúa a través de concesiones y licencias. (NCPE, art. 20 y 309). La inversión pública es ejecutada por el *Gobierno Nacional y los Gobiernos Sub-nacionales*, sea individualmente o en concurrencia. El financiamiento nacional es canalizado mediante programas nacionales sectoriales a través de los Fondos de Inversión y Desarrollo (*FNDR y FPS*) y de la *Entidad Ejecutora de medio Ambiente y Agua (EMAGUA)*, además de programas sectoriales ministeriales. En el caso de los Gobiernos Sub-nacionales, los fondos de inversión derivan de recursos de coparticipación y transferencias intergubernamentales, con recursos generalmente de cooperación internacional. Es importante destacar el rol de las *ONG* en la inversión y en el desarrollo de tecnologías alternativas.

2.2.4 Prestación y operación de los servicios

Constitucionalmente, la prestación de servicios de agua y saneamiento es *responsabilidad del Estado, descentralizada en el nivel municipal* (Figura 1), a través de la prestación directa, o de empresas públicas, cooperativas, comunitarias o mixtas (NCPE, art. 20) denominadas genéricamente como *Entidades Prestadoras de Servicios de Agua y Alcantarillado Sanitario (EPSA)*.

La operación de los sistemas de riego está a cargo de las *Asociaciones o comités de regantes*.

En la Figura 1 pueden apreciarse las competencias exclusivas (Artículo, Parágrafo y Numeral en el que se encuentra específicamente descrita la competencia) que la NCPE asigna a los diferentes niveles de gobierno.

Figura 1. Competencias Exclusivas por nivel de Gobierno



Fuente: NSSD, 2012. Análisis competencial y normativo del sector de saneamiento básico SSD en Bolivia.

2.2.5 Asistencia técnica y fortalecimiento para la sostenibilidad de los servicios

El *Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico (SENASBA)* es la entidad responsable de brindar apoyo para la sostenibilidad de los servicios de agua potable y saneamiento a través de la asistencia técnica, fortalecimiento institucional, implementación del desarrollo comunitario (DESCOM), capacitación a actores del sector, difusión de experiencias positivas, generación y transferencias de tecnologías apropiadas. Esta entidad es autárquica y funciona bajo tuición del MMAyA.

El *Servicio Nacional de Riego (SENARI)*, es una entidad pública autárquica bajo la tuición del MMAyA, con la responsabilidad de regular, planificar y promover la inversión y gestión pública para el desarrollo del riego y producción agropecuaria y/o forestal bajo riego.

2.2.6 Fiscalización de los servicios

El control, supervisión y fiscalización de las actividades del sector agua y saneamiento, está a cargo de la *Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico (AAPS)*. Se orienta por la GIRH, velando que la ampliación de servicios aproveche las iniciativas autogestionarias y que se presten buenos servicios a la población, institucionalizando mecanismos de participación y descentralización (PND). Sólo se reconoce Licencias y Registros como formas de institucionalidad para la prestación de los servicios y se erradica las concesiones (NCPE, art. 20 y 373). Fiscalizan asociaciones de regantes, en temas relacionados a descargas de aguas tratadas y aprovechamiento de las mismas.

Es función de la AAPS precautelar, en el marco de la CPE y en coordinación con la Autoridad Ambiental Competente y el Servicio Nacional de Riego, que los titulares de derechos de uso y aprovechamiento de fuentes de agua actúen dentro de las políticas de conservación, protección, preservación, restauración, uso sustentable y gestión integral de las aguas fósiles, glaciares, subterráneas, minerales, medicinales; evitando acciones en las nacientes y zonas intermedias de los ríos, que ocasionan daños a los ecosistemas y disminución de caudales para el consumo humano (PNSB, 2008). Por otra parte, se establece la figura del Consejo que ejerce el *control social* que vela por la calidad de los servicios básicos (NCPE, art. 241) a través de la participación de usuarios y usuarias de los servicios.

2.2.7 Fijación de estándares y control de la calidad del agua

La inspección y vigilancia de la calidad del agua son responsabilidades delegadas a los **Gobiernos Autónomos Municipales y Departamentales** (art. 13 del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica).

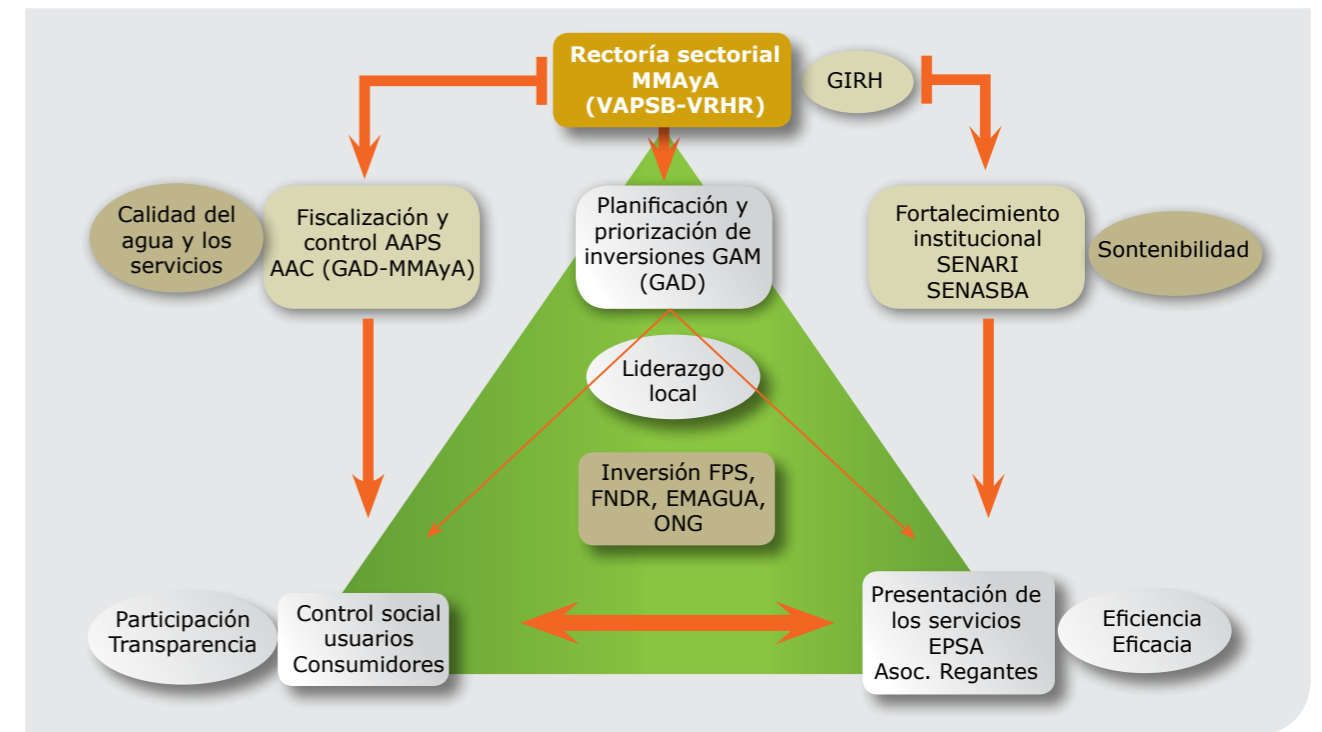
2.2.8 Investigación y desarrollo tecnológico

Es el rol de las universidades apoyar con investigaciones sobre tecnologías naturales de depuración de aguas residuales con fines de reúso en la agricultura y capacitación de estudiantes, técnicos municipales o profesionales que trabajan en el tema, relacionados con temas de tecnología y reúso de aguas residuales. Es importante destacar el mandato del (SENASBA) para la investigación y desarrollo tecnológico y su difusión, además del rol potencial de la Asociación Boliviana de Ingeniería Sanitaria (ABIS) para el desarrollo de bases técnicas para la normativa sectorial para la aplicación de tecnologías alternativas.

De esta manera y una vez efectuada una descripción de sus competencias sectoriales, puede observarse una amplia y variada participación de las diferentes instancias públicas, privadas y sociedad civil, dadas sus obligaciones y derechos, en torno a los servicios de agua y saneamiento básico.

En la siguiente figura se pueden observar de forma resumida las principales competencias sectoriales:

Figura 2. Principales competencias sectoriales



Fuente: Elaboración propia

Como se ha podido ver a lo largo de este apartado, en el país no existe una ley específica que regule el uso adecuado de las aguas residuales tratadas. La legislación existente es general y la normativa está basada en la protección del medio ambiente, siendo el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica de la Ley 1333 y la Ley 2066 los únicos instrumentos legales que hacen mención específicamente a este tema, sentando las bases para el control de la calidad esperada del efluente a ser reutilizado según el uso. Se hace necesario reglamentar en cada caso, entre otros, las responsabilidades concretas de los distintos actores implicados, las frecuencias de control y fiscalización de la calidad de agua para su disposición final y/o reúso. Además, la falta de reglamentación de la Ley 2066 dificulta la regulación de los servicios en ciudades menores.

El cumplimiento del derecho humano de acceso al agua y saneamiento (DHAS) para sus usos en consumo humano y riego requiere enmarcarse en el concepto de Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH), con el objetivo final del uso eficiente del agua. Esto requiere de la articulación intersectorial e integralidad de intervenciones de los actores involucrados en el marco de la gestión integral de los recursos hídricos (principalmente el VPASB y VRHR) para regular y posibilitar el reúso de aguas residuales en la agricultura u otros usos. Especial atención merece la complementariedad a nivel de políticas públicas y de programas de inversión pública que involucren a los sectores de saneamiento básico y riego, industrial u otros según corresponda.

La sectorialización de las leyes dificulta en cierto grado esta coordinación. Sin embargo, la Ley de la Madre Tierra promueve esta complementariedad intersectorial a través de políticas y programas a ser coordinados en procura de sus principios y objetivos de integralidad, transparencia y reciprocidad, entre los más importantes.

Si bien existen esfuerzos para articular y concertar las acciones necesarias para establecer mecanismos de control, estrategias y desarrollo de capacidades, mediante un enfoque integral respecto al uso eficiente de agua, estos se concentran en el reuso de agua para producción agrícola. Un ejemplo es la Comisión Mixta, conformada por representantes del MMAyA, VRHR, VAPSB, SENARI, SENASBA, además de la Cooperación Alemana GIZ, a través de los Programas de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO) y del Programa para Servicios Sostenibles de Agua Potable y Saneamiento en Áreas Perirurbanas (PERIAGUA). No se tienen evidencias de trabajos multi-sectoriales enfocados a otros usos, por ejemplo, industriales.

3 COMPONENTES PARA UN MODELO INTEGRAL DE SOSTENIBILIDAD DEL SSD

El SSD aborda la problemática del cierre del ciclo y uso eficiente del agua desde una perspectiva integral que considera los aspectos técnico-ambientales, sociales, económicos e institucionales necesarios para la sostenibilidad de los servicios. Se sustenta en la participación social efectiva con equidad de género en las distintas instancias de toma de decisiones con el objetivo de generar apropiación de los sistemas y servicios a través de la implementación de alternativas tecnológicas apropiadas y adecuadas tanto a las condiciones socioculturales y ambientales, como a la capacidad y disponibilidad de pago de la población beneficiaria.

La gestión Integral del SSD consta de cuatro componentes interdependientes y un elemento transversal (DESCOM), como muestra la Figura 3:

En la matriz siguiente, se pueden apreciar las interacciones que se suceden entre los componentes del Modelo Integral de Sostenibilidad del SSD, lo que denota que éste es cíclico y que entre componente y componente existen acciones/productos conjuntos, por lo que difícilmente podrían ser descritos como etapas independientes o lineales.

Figura 3. Componentes Modelo Integral de Sostenibilidad de SSD



Fuente: Elaboración propia sobre el enfoque SSD

Tabla 1. Interacciones entre componentes del SSD

COMPONENTES DEL ENFOQUE	GENERACIÓN DE LA DEMANDA	TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN	GESTIÓN OPERATIVA Y SOCIAL	REUSO
GENERACIÓN DE LA DEMANDA	<p>PRODUCTO: Demanda consensuada y consolidada</p> <p>Sensibilización</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico rápido del sistema de saneamiento existente (incluidos los mecanismos de gestión si los hay) y sus implicaciones sociales y ambientales • Promoción del SSD y Asesoramiento técnico a las instancias de decisión - Socialización ampliada (Asambleas poblacionales) de la idea de proyecto - Talleres de profundización con grupos de actores - Marketing social - Comunicación y difusión social <p>Expresión de la demanda y concertación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Organización del Proyecto (criterios de priorización consensuados) - Formalización (presentación de solicitudes y aceptación). Reuniones de negociación de intereses entre actores (definición de contrapartes) 	<ul style="list-style-type: none"> - Exploración de mercado y proveedores de tecnología identificados - Costos estimados de las diferentes alternativas tecnológicas - Mecanismos y fuentes de financiamiento identificados 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidades institucionales identificadas 	<ul style="list-style-type: none"> - Aptitud de uso y beneficios sociales identificados - Potencialidad de reuso promovida y aceptada

COMPONENTES DEL ENFOQUE	GENERACIÓN DE LA DEMANDA	TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN	GESTIÓN OPERATIVA Y SOCIAL	REUSO
TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN		<p>PRODUCTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tecnología para el tratamiento de aguas residuales apropiada al contexto y seleccionada participativamente - Factibilidad integral del sistema - Fuente de financiamiento definida - Proyecto licitado y ejecutado con participación de la población beneficiaria <p>Definiciones técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Selección y validación de la alternativa tecnológica <p>Factibilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaboración del estudio de identificación (EI) o de factibilidad técnica, económica, social y ambiental (TESA) según corresponda de acuerdo a normativa nacional de preinversión <p>Formalización/ Acuerdos de organización para las obras</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acuerdos de modalidad de participación poblacional • Acuerdos sobre modalidades de rendición de cuentas y control social • Suscripción de Convenios entre actores • Definición de modalidades de licitación y contratación de obras (técnicas y DESCOM) <p>Contratación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Licitación y adjudicación • Socialización y comunicación <p>Construcción</p> <ul style="list-style-type: none"> • Construcción de obra/Fiscalización • Planeación participativa con actores intervinientes (incluyendo entidades contratadas) • Elaboración de materiales para capacitación y difusión • Gestión Participativa Social • Suscripción de convenios o alianzas con instituciones locales (educación, salud, medio ambiente, otras) • Medidas de prevención de conflictos 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de alternativas de gestión según tecnología priorizada - Capacidad y disponibilidad de pago estimada - Capacitación a los operadores en la operación y mantenimiento de la PTAR - Capacitación de la población en el uso efectivo de las soluciones de SSD 	<ul style="list-style-type: none"> - Estándares de calidad del agua tratada para reuso - Tecnología para el reuso del agua tratada según aptitud de uso - Pre-inversión del proyecto complementario para el reuso de aguas tratadas

COMPONENTES DEL ENFOQUE	GENERACIÓN DE LA DEMANDA	TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN	GESTIÓN OPERATIVA Y SOCIAL	REUSO
GESTIÓN OPERATIVA Y SOCIAL			<ul style="list-style-type: none"> - Modelo de gestión definido y consensuado para la A, O&M del servicio - Mecanismos de rendición de cuentas y control social definidos y consensuados - Definición de tarifas y mecanismos de cobro - Marco normativo local fortalecido <p>Organización, definición y aprobación del Modelo de operatividad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fortalecimiento a Comité de Agua o EPSA para administración de la PTAR-D. • Definición e institucionalización del modelo de gestión operativa y social. (Roles, Responsabilidades, Mecanismos de sostenibilidad) • Contratación de personal para administración y operación de PTAR-D • Definición de reglamentos normativos y operativos • Factibilidad económica-financiera: definición de la estructura de costos de Administración, O&M y determinación de la tarifa • Monitoreo y evaluación de impacto ambiental. <p>Desarrollo de capacidades para operación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de capacidades (Institucionales, poblacionales). • Capacitación en temáticas: • Modelos de gestión administrativa, financiera, social y ambiental • Operación y mantenimiento de alcantarillado sanitario. Operación y mantenimiento. <p>Apropiación de la comunidad o población usuaria</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensibilización de género para la toma de decisiones. Concienciación sobre el medio ambiente. • Promoción de acciones para Empoderamiento de líderes y lideresas comunitarias. Manejo y prevención de conflictos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mecanismos y tasas de compensación - Estructura de costos de Inversión y de Administración, O&M - Asistencia técnica - Modelo de gestión para el reuso definido y consensuado

COMPONENTES DEL ENFOQUE	GENERACIÓN DE LA DEMANDA	TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN	GESTIÓN OPERATIVA Y SOCIAL	REUSO
REUSO				<ul style="list-style-type: none"> - Concertación de estructuras organizativas - Modelo de Gestión para el Reuso definida - Tasa de uso y mecanismo de cobro definidos - Tipo de reuso definido - Potenciales beneficiarios organizados <p>Gestión de procesos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gestión Social e institucional • Promoción para servicio reuso de recursos • Capacitación en procesos de reuso de recursos <p>Modelos de reutilización</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definición de Plan de Recursos, uso y destino potencial • Implementación de Tecnología de procesamiento • Gestión e Implementación de Modelo de reutilización • Acciones de monitoreo durante el ciclo <p>Monitoreo y consolidación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definición de Plan de Recursos, uso y destino potencial • Implementación de Tecnología de procesamiento • Gestión e Implementación de Modelo de reutilización • Acciones de monitoreo durante el ciclo

Fuente: Elaboración propia

► 3.1 DESCOM

El mejoramiento de las condiciones de saneamiento y agua en una localidad no puede realizarse solo por medio de la implementación de infraestructura, como la construcción de redes de alcantarillado, implementación de inodoros o plantas de tratamiento de aguas residuales. Si bien, son los Gobiernos Regionales y Locales quienes piden apoyo externo para mejorar la cobertura en agua potable y saneamiento, se debe considerar que la demanda dentro de la población en general es mucho menor que la visión de sus autoridades municipales, que tienen el mandato de cumplir con una política nacional. En esta perspectiva, las personas solo usarán los sistemas de agua y saneamiento cuando realmente sean desarrollados por necesidad propia (demanda). Además, las comunidades solo aceptarán soluciones a la problemática de agua y saneamiento cuando las entiendan y visualicen sus beneficios.

El Desarrollo Comunitario (DESCOM) es la estrategia social centrada en la gente, que permite la participación de mujeres y hombres, adolescentes, niñas y niños en todas las actividades de los proyectos, considerando las características particulares de su contexto socio-cultural, económico y ambiental, para coadyuvar a la sostenibilidad de las inversiones y asegurar la apropiación del sistema de saneamiento².

El DESCOM convencional, es una estrategia sectorial establecida como norma que acompaña a los proyectos de inversión de infraestructura en el sector de agua y saneamiento. En su estructura cuenta con procesos para cada tipo de intervención:

- 1) Ligada a un nuevo proyecto donde no existe servicio de agua, ni saneamiento, mediante el ciclo de proyecto con sus 6 fases.
- 2) Ligada a fortalecimiento institucional de EPSA cuando ésta existe y sólo se trata de un proyecto de expansión o mejoramiento, mediante 5 fases.

En el Modelo Integral Sostenible de Saneamiento Básico Descentralizado, se propone el DESCOM como un elemento transversal que acompañe a todos los componentes, en procura de crear las condiciones que faciliten el desarrollo del proyecto y su sostenibilidad más allá de la finalización de la construcción de la infraestructura, a través de la autogestión y desde un enfoque de GIRH incorporando el reuso de las aguas residuales como alternativa para el cierre de los ciclos naturales.

Cada componente tiene líneas de acción específicas de DESCOM que se resumen, a manera de orientación, en los siguientes apartados. Complementariamente, a lo largo del ciclo del enfoque SSD, se pueden realizar acciones de monitoreo y evaluación participativa, a través de visitas domiciliarias de verificación y talleres de retroalimentación con la población beneficiaria

► 3.2 Generación de la Demanda

La generación de la demanda se orienta a promover el interés de los potenciales usuarios y usuarias del servicio de saneamiento en tecnologías apropiadas. Su objetivo fundamental es construir relaciones entre usuarios del SSD y oferentes de soluciones tecnológicas a través del diálogo consistente y relevante.

² El MMAyA a través del VASB, promovió la generación de la Estrategia Social del Sector (en Agosto de 2008, con la aprobación de la Resolución Ministerial N° 075), mediante un juego de guías de Desarrollo Comunitario (DESCOM) que contienen los requerimientos del sector, los avances sociales y de sostenibilidad de los servicios de agua y saneamiento, a nivel urbano, periurbano y rural. Para el caso específico de poblaciones menores a 10.000 habitantes, se emite la Guía N° 4

En el enfoque SSD la **generación de la demanda** se realiza a través de las siguientes líneas de acción asociadas al **DESCOM**:

- ▶ La **exploración de mercado sobre la oferta** existente de tecnologías adecuadas a las condiciones de la demanda potencial.
- ▶ La **promoción y difusión de la oferta tecnológica** para la implementación de sistemas de saneamiento descentralizado; para el efecto, se utilizan técnicas participativas, comunicacionales orientadas a sensibilizar a la población potencialmente beneficiaria sobre las ventajas y desventajas de las diferentes alternativas.
- ▶ La **identificación preliminar de las potencialidades e intereses para el reuso de aguas tratadas**
- ▶ La **expresión de la demanda y concertación**, que implica la definición de la idea de proyecto (incluyendo alternativas y potencialidades de reuso) y la apropiación de la demanda.

Tabla 2. Líneas de acción de DESCOM durante la fase de generación de la demanda

N°	ETAPA	ACCIÓN	METODOLOGÍA
	Diagnóstico rápido técnico-institucional-social y ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis del sistema de saneamiento existente y la disposición actual de aguas residuales y sus implicancias • Análisis del sistema de gestión del saneamiento actual 	Observación directa Entrevista con: <ul style="list-style-type: none"> • operadores de los servicios • actores clave de la comunidad
1	Exploración de mercado de tecnologías	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de proveedores de tecnología apropiada a la demanda • Estimación de costos de las diferentes alternativas 	Sondeo Cotizaciones
2	Promoción y difusión del SSD	Promoción de tecnologías identificadas	Técnicas comunicacionales y de marketing social. Ejemplos: Visitas de dirigentes y entidades operadoras a experiencias demostrativas; presentaciones (maquetas, videos, cartillas) a la población; reuniones de promoción, etc.
3	Identificación preliminar de reuso y promoción	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocimiento de las condiciones socioeconómicas geográfica y ambientales del lugar • Identificación y promoción de la aptitud de uso de las aguas a ser tratadas 	Técnicas del Diagnóstico Rural Rápido Participativo (DRRP), ejemplo: transectos, mapas parlantes, entrevistas con actores clave, etc.
4	Expresión de la Demanda y concertación (responsabilidades y roles)	<ul style="list-style-type: none"> • Ratificación de la demanda definida a través de algún instrumento formal (resolución de asamblea, carta de compromiso, etc.) • Identificación de potenciales fuentes de financiamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Procesamiento de información en gabinete. • Reuniones de concertación, asambleas • Gestión de las autoridades locales o de la propia población

Fuente: Elaboración propia sobre la base del NSSD

▶ 3.3 Tecnología y Construcción

Se orienta a contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales que incorpore tecnologías alternativas de bajo costo de inversión, operación y mantenimiento, sea adecuado al contexto socioeconómico y ambiental de la población servida y responda a las demandas diferenciadas de género en cuanto al reuso potencial de las aguas tratadas, todo ello como base de su sostenibilidad.

Se gesta a partir de una idea de proyecto concebida y consensuada en las posibles fuentes de financiamiento y proveedores de tecnología; identificados como resultado del componente de Generación de la Demanda.

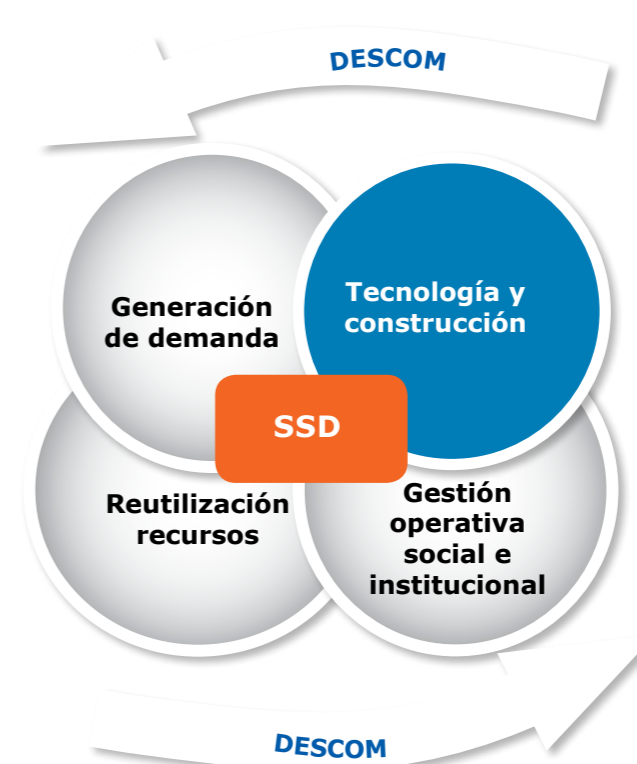
Se fundamenta en la toma participativa de decisiones para:

- ▶ La **selección y validación de la alternativa** tecnológica
- ▶ La **elaboración de los estudios de factibilidad y concreción de la fuente de financiamiento**
- ▶ La **organización para la ejecución de la obra** de infraestructura
- ▶ El establecimiento de **mecanismos de control social de las obras** y (cuando aplica) de los mecanismos de transparencia de los procesos de licitación y contratación.

En este componente, el **factor clave es la información a la población beneficiaria sobre las distintas opciones de tecnologías y requerimientos para el mantenimiento, así como de los beneficios finales del tratamiento y reuso de las aguas tratadas**. Implica un proceso de concertación y generación de acuerdos y de organización para la implementación del proyecto.

En el enfoque SSD la **tecnología y construcción** se realiza a través de las siguientes líneas de acción asociadas al **DESCOM**:

Figura 5. Reutilización de recursos



Fuente: Elaboración propia sobre el enfoque SSD

Tabla 3. Líneas de acción de DESCOM en la fase de Tecnología y Construcción

ETAPA	ACCIÓN	METODOLOGÍA
Selección y validación participativa de la demanda y de las alternativas técnicas	Análisis de las opciones técnicas y niveles de tratamiento a aplicar	<ul style="list-style-type: none"> • Consulta previa y sensibilización explicando lúdicamente (videos, visitas a obras demostrativas). Presentación de maqueta del proyecto. • Visita de los dirigentes a experiencias en funcionamiento
	Identificación de la capacidad y disponibilidad de pago de la población	<ul style="list-style-type: none"> • Encuestas • Entrevistas
	Estimación preliminar de la tarifa para cubrir los costos de las distintas alternativas	Trabajo de gabinete
	Selección de la mejor alternativa técnica	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación de las alternativas técnicas y sus implicancias económicas en asamblea general. • Validación en asamblea de la alternativa recomendada
Estudios de factibilidad	Socialización y comunicación	<ul style="list-style-type: none"> • Taller de planificación conjunta con actores locales. Elaboración de Guías/Folletos. • Talleres de capacitación. Dinámicas grupales
Organización para la ejecución de obras	Estudio de factibilidad técnica, económica, social y ambiental	Trabajo de gabinete y relevamiento de campo
	Organización de la comunidad para la construcción y/o fiscalización de las PTARs	Asambleas comunitarias
Construcción de obras y capacitación para su operación y mantenimiento	Reunión con vecinos para realizar el análisis de estructura tarifaria considerando el beneficio por reuso.	<ul style="list-style-type: none"> • Reunión con vecinos para realizar el análisis de estructura tarifaria considerando el beneficio por reuso.
	Taller cálculo tarifario.	<ul style="list-style-type: none"> • Taller cálculo tarifario.
	Capacitación sobre componentes de PTAR y su Operación, incluyendo el sistema de reuso de aguas residuales.	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación sobre la importancia de la administración y operación de la PTAR con entrega de cartillas y trípticos. • Taller de modelos de Gestión de una EPSA (Directorio del comité de agua, saneamiento y reuso de aguas residuales). • Reuniones con Directorio del agua para la elaboración de estatutos orgánicos y reglamentos para el sistema de saneamiento y reuso de aguas residuales. • Lectura de medidor de agua para determinar consumo de agua sin uso de alcantarillado.
	Conformación y/o diagnóstico de EPSA	

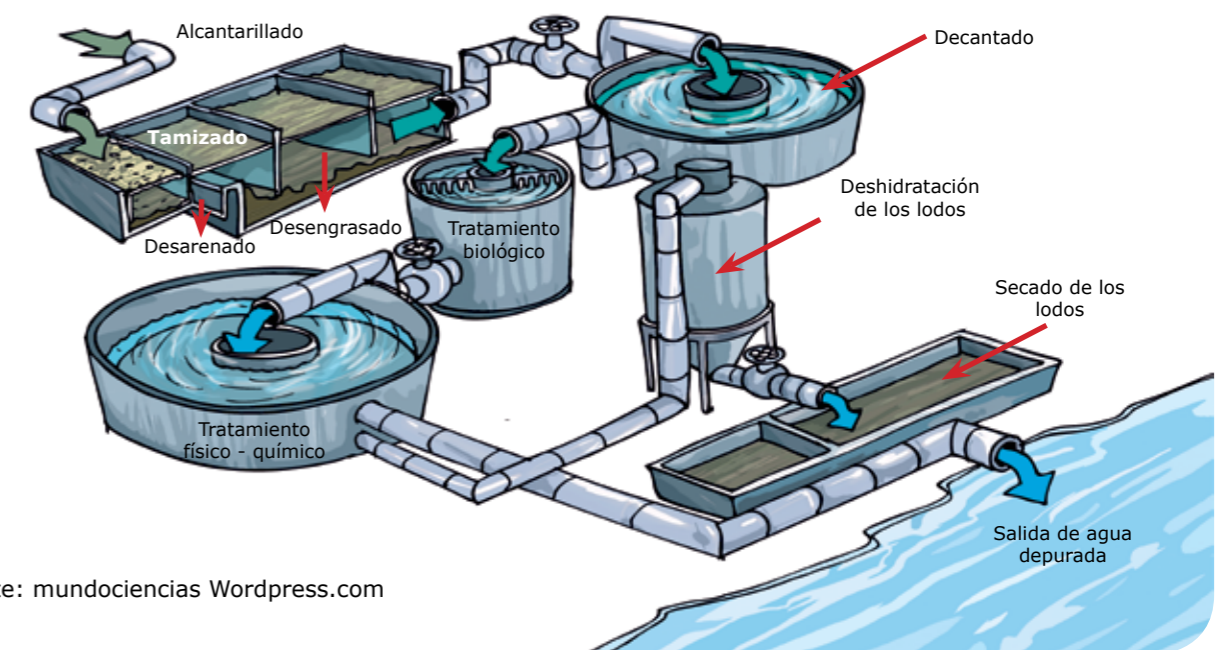
Uno de los productos principales de este componente es el **estudio de factibilidad técnica-ambiental** del proyecto de tratamiento de aguas residuales con reuso.

a) La **factibilidad técnica** está ligada a las tecnologías disponibles en el medio. Estas pueden combinarse de acuerdo al nivel de tratamiento requerido, de acuerdo a la calidad del agua ingresada y de la deseada después del tratamiento según su uso potencial, en cinco fases:

(i) **Tratamiento preliminar (desarenado y desgrasado)**: Se basan sobre todo en operaciones físicas y mecánicas destinadas a eliminar, por un lado, los materiales (latas, piedras, arena, trapos, basura, etc) que ingresan desde la red colectora de alcantarillado, con el objeto de disminuir el riesgo de averías en los equipos de tratamiento, así como de la obstrucción de tuberías y bombas, formación de depósitos de arenas, etc. Por otro lado, se incluye la remoción de aceites y grasas de todo tipo que, de no ser eliminadas, disminuyen el rendimiento del tratamiento biológico posterior. Dependiendo de las características de las aguas residuales y del tipo de tratamiento posterior, los métodos más comunes consisten en:

- ▶ **Cámaras separadoras de sólidos gruesos**: Se realiza a través de pozos o cámaras con rejas que impiden la entrada de material grueso en la planta de tratamiento y que permiten decantar la arena gruesa; deben ser limpiadas constantemente y el material retirado, para evitar los malos olores.
- ▶ **Rejas de separación**: De materiales gruesos y/o finos. La limpieza puede ser manual o automática. Una variante la representa el tamizado, que consiste en una filtración fina de sólidos en suspensión, flotantes o residuos provenientes principalmente del sector alimentario (residuos vegetales, de matadero, semillas, cáscaras de huevo, etc).
- ▶ **Cámaras desgrasadoras**: Orientadas a eliminar grasas, aceites, espumas y demás materiales flotantes más ligeros que el agua, que podrían distorsionar los procesos de tratamiento posteriores. Son más aconsejables en zonas con actividades industriales como mataderos, cervecerías, granjas avícolas, restaurantes, lavanderías, etc.
- ▶ Aunque poco frecuentes, en algunos casos es necesario un **proceso de pre-aireación**, con el objetivo de reducir los malos olores que se generan en esta etapa producto de las condiciones anaerobias (libres de oxígeno) que se producen en las aguas residuales a su ingreso en las plantas de tratamiento.

Imagen 3. Fases del tratamiento de aguas residuales



Fuente: mundociencias Wordpress.com

(ii) **Tratamiento primario** (decantación o sedimentación de sólidos): El objetivo del tratamiento primario es la reducción, por acción de la gravedad, de las partículas no retenidas en el tratamiento preliminar (sólidos sedimentables, coloidales o flotantes), a través de la disminución de la velocidad de las aguas residuales y puede ser de tres tipos:

- ▶ **Sedimentadores primarios:** Utilizados para la remoción de los sólidos suspendidos y DBO en las aguas residuales, mediante el proceso físico de asentamiento. Los tanques o lagunas de sedimentación pueden utilizarse como un primer paso para el tratamiento, en función de la calidad del agua en el afluente.
 - ▶ **Cámaras sépticas:** Son tanques subterráneos prefabricados que combinan la sedimentación con el desgrasado y que sirven como digestores anaeróbicos, por la materia orgánica que retienen en el fondo; se recomiendan para zonas difícilmente accesibles a redes públicas de alcantarillados o como alternativas de tratamiento de aguas residuales en áreas que cuentan con redes de alcantarillado locales. Para funcionar apropiadamente, deben ser herméticos y estructuralmente bien construidos. **Desventajas:** (i) no se permite la infiltración de aguas pluviales ni desechos capaces de causar interferencia negativa en cualquier fase del proceso de tratamiento; (ii) los efluentes a tanques sépticos no deben ser dispuestos directamente en un cuerpo de agua superficial, sino que deben ser tratados adicionalmente para mejorar la calidad de las aguas vertidas.
 - ▶ **Tanques Imhoff:** Integran la remoción de sólidos y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad. Para su funcionamiento requieren de tratamiento preliminar de separación de sólidos y remoción de arena. El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimentos: (i) cámara de sedimentación; (ii) cámara de digestión de lodos; y (iii) área de ventilación y acumulación de natas. Elimina del 40 al 50% de sólidos suspendidos y reduce la DBO de 25 a 35% (OMS). **Ventajas:** (i) Para su construcción se requiere un terreno de menor superficie que las lagunas de estabilización, tienen bajos costos de construcción (desde ciertos tamaños) y no requieren energía eléctrica para su operación por lo que los costos relativos son menores; (ii) según la OMS, son adecuados para ciudades pequeñas menores a 5.000 hab , donde no se necesita una atención permanente ni especializada; (iii) contribuye a la biodigestión de lodos mejor que los tanques sépticos produciendo líquidos residuales de mejores características no descargan lodo en el líquido efluente, salvo casos excepcionales. Los lodos acumulados en el digestor del tanque Imhoff se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secado.
- (iii) Tratamiento secundario (biodegradación):** Orientados a la a disminuir la contaminación por demanda biológica y química de oxígeno (DBO y DQO), o sea, a reducirla materia orgánica de las aguas residuales a través de la combinación de procesos anaerobios y/o aerobios, generando las bacterias que descompondrán y asimilarán los nutrientes de las aguas residuales. Las tecnologías más conocidas en la región son las siguientes:
- ▶ **Filtros percoladores:** Son filtros biológicos de lecho fijo permeable (piedras y arena de entre 2,5 a 10 cm)) que operan bajo condiciones (principalmente) aeróbicas. Al infiltrarse el agua por los poros de la arena o piedra, la materia orgánica se degrada. La profundidad del filtro varía de acuerdo al diseño particular, generalmente es de 3 a 6m.
 - ▶ **Lagunas de estabilización:** Son estanques naturales o artificiales, generalmente construidos de tierra a, donde se almacena el agua residual para su tratamiento mediante la interacción de la biomasa. Dependiendo de la finalidad del tratamiento y del tipo de tratamiento, pueden ser:
 - (a) **anaerobias**, que se caracterizan por la presencia de bacterias que no requieren de oxígeno disuelto para la descomposición de la materia orgánica, se construyen a profundidades entre 3 y 5 m para la remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica concentrada y se llenan rápidamente de lodos pudiendo presentar olores desagradables, tienen tiempos de retención hidráulica entre 2 y 5 días y eficiencias de remoción entre 50 y 85%;
 - (b) **facultativas**, se construyen con profundidades entre 1,2 y 2,5 m para la remoción de materia orgánica y organismos patógenos y la descomposición se realiza

en tres fases: la anaerobia donde se genera biogás, la intermedia donde los procesos se dan a través de microorganismos que genera importantes cantidades de oxígeno y la aerobia en la superficie donde la concentración de oxígeno es superior y donde mueren los microorganismos.

Finalmente (c) **aerobias**, se construyen con profundidades entre 0,30 y 1,50 m para la remoción de microorganismos patógenos y de materia orgánica soluble, siendo las eficiencias de remoción del 60 al 95% y los tiempos de retención hidráulica de 5 a 40 días.

(iv) **Tratamiento terciario (físico-químico):** Consisten en acondicionar el agua para las condiciones ideales para que se desarrolle la vida acuática superior (peces, tortugas, ranas, etc.) y/o pueda ser aprovechada por el hombre para sus cultivos, ganadería, recreación, aseo, alimentación y demás usos del hogar, generalmente a través de **procesos físico-químicos de desinfección**. El método más común es, entre otros, **la cloración**, de bajo costo y largo plazo de eficacia, pero que tiene el riesgo de que la desinfección del material orgánico residual puede generar compuestos orgánicamente clorados que pueden ser dañinos a la salud y al medio ambiente, requiriendo tratamientos adicionales que incrementan los costos.

(v) **Tratamiento de lodos:** Consiste en acondicionar la recepción, filtrado, secado y disposición de los lodos que se producen en el tratamiento, con el fin de evitar que éstos contaminen de nuevo el agua depurada o la fuente hídrica, en forma directa o indirecta.

La factibilidad técnica debe considerar los siguientes factores clave:

- ▶ Selección del sitio de emplazamiento y diseño de la PTAR.
 - La disponibilidad del terreno de emplazamiento de la PTAR, de acuerdo a las dimensiones de diseño.
 - La cercanía a las viviendas y la dirección predominante de los vientos (para evitar los malos olores).
 - La topografía y desnivel del terreno, de manera que se facilite el transporte de las aguas procedentes de la red de alcantarillado hacia la PTAR, con el menor uso de energía posible.
 - Altura sobre el nivel del mar, temperatura ambiente, iluminación y radiación solar.
 - Nivel freático, para definir las medidas de protección necesarias.
 - Procedencia (doméstica, industrial, etc.) y características (DBO, nutrientes, temperatura, etc.) del agua residual para la selección del tipo de tratamiento.
- ▶ Determinación del reuso potencial de las aguas residuales tratadas:
 - La estimación del caudal potencial para aprovechamiento
 - La demanda de calidad del efluente de acuerdo al uso previsto y en función a la normativa vigente
 - La disponibilidad del sitio para la disposición o compostaje de lodos

b) Factibilidad ambiental

Se refiere al cumplimiento de la normativa nacional vigente. Para el efecto, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- ▶ Los impactos acumulativos e inducidos previstos por estos proyectos son positivos:
 - como impacto directo: existe menor riesgo de enfermedades, la calidad de cuerpos receptores se espera que sea mejorada y se espera un uso eficiente de efluentes y lodos;

- como impacto indirecto se espera la provisión de nuevos sitios para el desarrollo productivo, urbano, industrial, etc
- ▶ En la **etapa de planificación**, es recomendable plantear diferentes alternativas de ubicación de la planta e implementación de la PTAR y del sistema para reuso y seleccionar la más adecuada. Se sugiere la consulta previa con la población potencialmente afectada, aclarándose que esta puede ser parte de las acciones del desarrollo comunitario. En esta fase el impacto es mínimo sobre el medio ambiente, aunque existe el riesgo de conflictividad social, por lo que las metodologías participativas y comunicacionales son relevantes; este aspecto puede derivar en la categorización del proyecto dentro del grupo II que establece el Reglamento de Prevención y Control Ambiental de la Ley N ° 1333.
- ▶ Se desarrollarán las siguientes actividades: Levantamiento de la información de línea base (tipo de suelos, geología, geomorfología, hidrología, vegetación, fauna y características sociales); elección de la mejor alternativa de ubicación, sometida a la aceptación expresa de los posibles afectados. Esta etapa cierra con la presentación de la Ficha Ambiental ante la Autoridad Ambiental Competente que corresponda, y con la gestión de la licencia ambiental. Una limitante para esta etapa es la falta de información secundaria para el levantamiento de la línea de base ambiental.
- ▶ En la **etapa de ejecución** se producen los mayores impactos del proyecto, por los ítems de construcción de obras, aunque estos son locales, de carácter temporal y de baja significancia. En los casos en que en el sitio de construcción exista vegetación endémica o en peligro de extinción, se deberá realizar el traslado de esos ejemplares únicos, y en el caso de que en el sitio de la construcción se encuentren restos arqueológicos, debe comunicarse a la autoridad competente.
- ▶ En la **etapa de Operación y Mantenimiento**: Con carácter preventivo, se requiere que todos los encargados de la Administración, O&M comprendan bien el funcionamiento y uso de las plantas de tratamiento, así como mecanismos para el reuso de las aguas tratadas. Un mantenimiento regular debe asegurar observación diaria para evitar obstrucción del flujo o reflujos producidos por la presencia de ramas caídas, basura u objetos sólidos que puedan bloquear la estructura de salida del efluente. Un control anual de la calidad de las aguas al ingreso y salida de la PTAR permitirá ver el grado de eficiencia del tratamiento de las aguas (Demanda Biológica de Oxígeno-DBO, Demanda Química de Oxígeno-DQO y coliformes fecales), previniendo efectos en la salud de la población.
- ▶ Como medidas de mitigación ambiental a aplicarse durante la O&M, es importante: la protección del sitio de emplazamiento de las PTAR para evitar el ingreso de humanos y animales; y la definición del sistema de disposición de lodos o compostaje.

▶ 3.4 Gestión Operativa y Social

La **gestión operativa y social** se refiere a la definición del esquema de gobernanza para la administración, operación y mantenimiento de los sistemas y servicios de saneamiento con reuso de las aguas tratadas. Implica la determinación de roles y responsabilidades de los actores involucrados, así como los arreglos contractuales y financieros para garantizar la sostenibilidad del servicio, en el marco de la GIRH.

Durante esta etapa se establecen las normas y regulaciones necesarias para darle sostenibilidad a la gestión del servicio durante la vida útil de la PTAR. Esta etapa es clave para la sostenibilidad del servicio porque se formalizan los roles y responsabilidades de los diferentes actores involucrados y en la medida que éstos se cumplan y la eficiencia del servicio sea sostenida será esperable

Figura 6. Gestión Operativa y social



Fuente: Elaboración propia sobre el enfoque SSD

un mayor cumplimiento en el pago de las tarifas. Durante esta fase se realizan las siguientes actividades:

- ▶ Definición del Modelo de Operación del Servicio de SSD.
- ▶ Definición de roles y responsabilidades de los actores Involucrados respecto a la administración, operación y mantenimiento
- ▶ Definición de los requerimientos de operación y mantenimiento de los sistemas
- ▶ Determinación de la estructura tarifaria para la sostenibilidad del modelo de operación y definición de la modalidad de cobranza
- ▶ Capacitación a los operadores y administradores de los servicios.
- ▶ Promoción del adecuado uso del sistema, los beneficios y riesgos del sistema de saneamiento

Por esto se plantea tres aspectos fundamentales a ser considerados en la Gestión operativa y social del SSD.

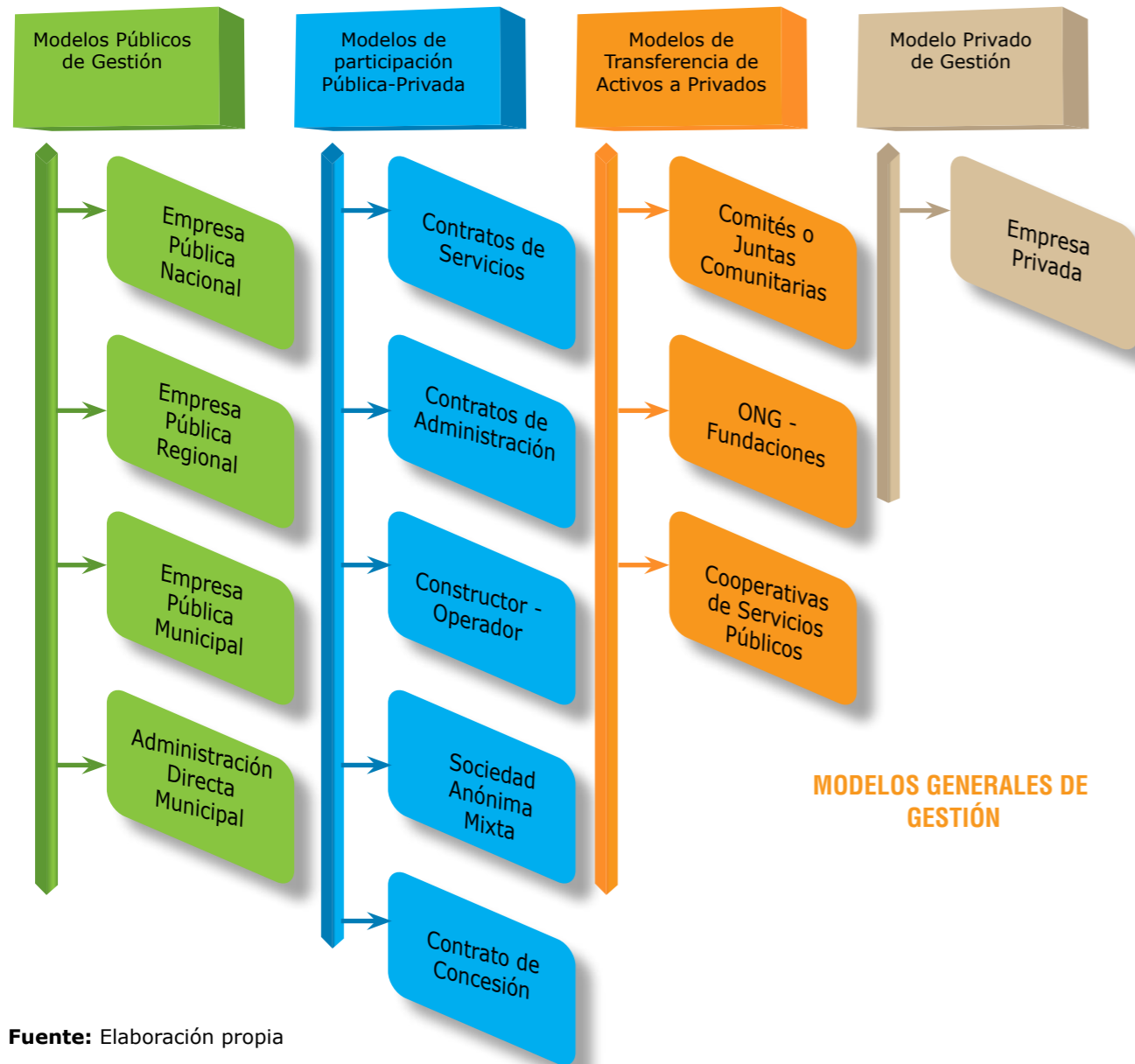
- ▶ Gestión de administración
- ▶ Arreglos Legales
- ▶ Sostenibilidad Económica Financiera

3.4.1 Gestión de Administración

Existe suficiente evidencia que demuestra que los arreglos institucionales o modelos de gestión para la prestación de los servicios son elementos claves para la sostenibilidad de los mismos.

Los modelos de gestión para el tratamiento de aguas residuales han estado, generalmente, asociados a los modelos de prestación de los servicios de agua y alcantarillado.

Figura 7. Modelos de Gestión más Comunes



Fuente: Elaboración propia

Estos modelos varían de acuerdo al grado de participación público-privada, desde los modelos netamente públicos, a cargo de una unidad administrativa estatal (sea a nivel municipal, regional o nacional), hasta la privatización absoluta donde se transfieren los derechos de los activos a un privado, quien asume los costos de inversión para recuperarlos vía tarifas. En medio, existe una gama de posibilidades, como puede apreciarse en la Figura 7.

En América Latina, los modelos más comunes en pequeñas comunidades rurales y ciudades menores son tres:

(i) El **modelo de administración directa municipal**, que por lo general se restringe a las localidades donde está la sede de la municipalidad y está a cargo de una unidad funcional del Gobierno Municipal; aunque existen variantes en las que los servicios están a cargo de unidades desconcentradas con autonomía de gestión conformadas como empresas municipales o mixtas. En este modelo, la titularidad de los activos es municipal, la prestación del servicio se define a través de instrumentos normativos municipales (ordenanza municipal).

La principal desventaja de este modelo es su fuerte dependencia de factores políticos y limitaciones presupuestarias y, por ende, de la disponibilidad de personal técnico con las

capacidades requeridas para la operación y gestión administrativa de las PTAR. La gerencia, los costos del servicio y las necesidades de inversión, están mediadas por la voluntad política de la Autoridad local. De esa manera es difícil generar condiciones para asegurar el desarrollo autónomo y autosostenido del servicio, esta situación genera un modelo que necesita altos subsidios de manera permanente por el gobierno local. Como consecuencia, se da una gestión difusa que dispersa la obtención de resultados, se restringen los ingresos y costos y, sobre todo, hay una ausencia de control, supervisión, fiscalización, regulación de la calidad del servicio, con una débil o nula participación de los usuarios en vigilar la calidad del servicio.

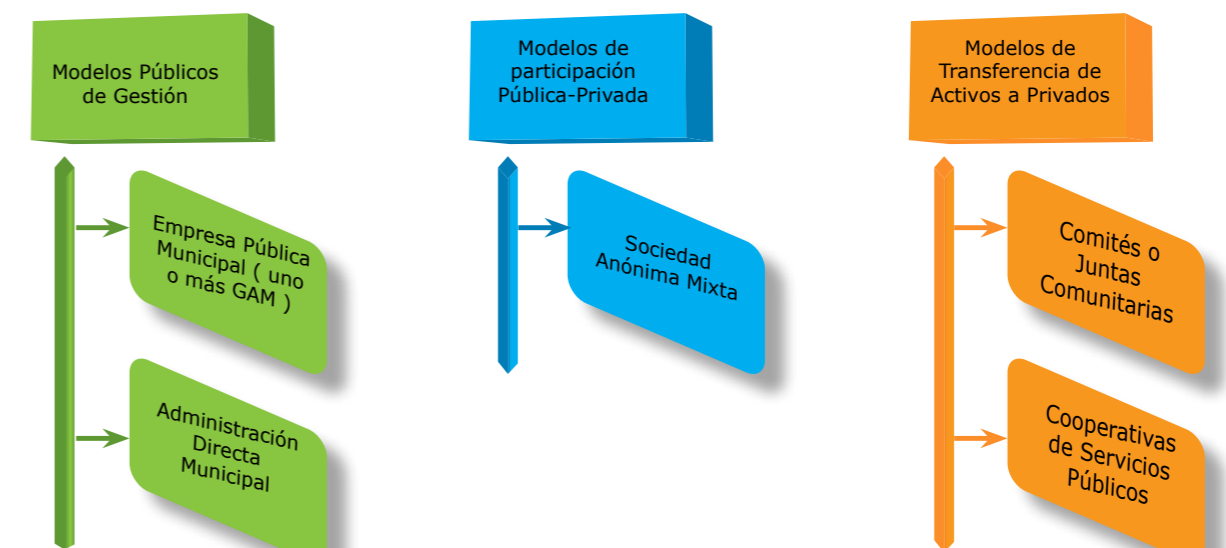
(ii) El **modelo de gestión comunitaria**, basado en la organización y participación de la comunidad en el desarrollo del proyecto, desde la demanda y validación de la alternativa tecnológica, hasta los aportes en la construcción de los sistemas y su operación y mantenimiento. En este modelo, la titularidad de los activos se transfiere idealmente a la comunidad; el gobierno municipal mantiene sus roles de asistencia técnica (generalmente sólo nominal) para la operación de los servicios y el apoyo con inversiones para reparaciones mayores y/o ampliaciones de los sistemas. La comunidad contribuye parcialmente a financiar los costos de construcción con aportes en mano de obra o material local, como contraparte a los recursos de inversión estatales o de ONG. Los costos de operación y mantenimiento de los sistemas está cubierto por cuotas familiares y las actividades relativas están a cargo de juntas o comités de agua. Es preponderante la capacitación a estas instancias. Entre los problemas se distinguen la debilidad de las organizaciones gestoras y la carencia de conocimientos técnicos para un adecuado manejo.

(iii) El **modelo de prestación por operadores locales**, contratados bajo diferentes modalidades: a través de un contrato de prestación de los servicios (Colombia, Brasil, Perú). En este modelo, la prestación de los servicios se rige a través de un instrumento contractual suscrito entre el Gobierno Municipal y un privado.

En Bolivia, sin embargo, existe en medio, una gama de modelos de gestión donde el Estado cambia su rol de prestador, a planificador y regulador y delega la prestación de servicios a un operador privado (Figura 8).

El **modelo de cooperativa** se caracteriza porque los usuarios de los servicios son también dueños total (o al menos parcialmente) de los activos de los sistemas, a través de acciones intransferibles. Son entidades con autonomía de gestión y se rigen por la Ley de Cooperativas; de acuerdo al Código de Comercio, están bajo un régimen privado.

Figura 8. Modelos de gestión más comunes en Bolivia



Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Factibilidad financiera y económica para la sostenibilidad

La sostenibilidad financiera define la capacidad de la entidad prestadora del servicio para garantizar el funcionamiento y la prestación del servicio de manera continua, ininterrumpida y eficiente, garantizando que los recursos económicos que ingresen cubran sus costos o caso contrario, definiendo la mezcla financiera precisa para que los costos sean cubiertos (tarifas, subsidios, tasas, donaciones, etc.). En esta perspectiva, para garantizar la sostenibilidad financiera se deberá:

- ▶ Asegurar que los ingresos cubran los costos/gastos (ingresos > egresos)
- ▶ Generar ingresos que cubran de manera **oportuna** los costos/gastos
- ▶ Identificar todos los costos/gastos de funcionamiento
- ▶ Promover una administración eficiente, efectiva y transparente

En Bolivia, la Ley N°2066 promulgada en el año 2000, conocida como la Ley de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario, determinó que las entidades prestadoras de estos servicios deben considerar una serie de criterios o principios para calcular los costos y determinar las tarifas (Figura 9).

Figura 9. Criterios o principios para determinar tarifas de prestación de servicios



Fuente: Ley N° 2066. artículo 53°

Establece que las tarifas deberán garantizar, en lo posible: la recuperación total de los costos de operación y mantenimiento; la recuperación de los costos de reparación que garanticen la sostenibilidad de los servicios; asegurando el costo más bajo a los usuarios precautelando la seguridad y continuidad del servicio; y, el retorno de las inversiones realizadas con fondos propios o empréstitos, sin remunerar el capital proveniente de donaciones, subvenciones o aportes a fondo perdido.

En términos generales, se busca que el cobro sea justo para el usuario y que la entidad prestadora del servicio reciba los recursos necesarios para garantizarlo tanto en el corto, como en el mediano y largo plazo. Para ello se deberá determinar cuáles y cuánto serían los costos económicos en los que el prestador del servicio incurriría.

La metodología para el cálculo tarifario tendrá sus características particulares de acuerdo al modelo de gestión que se adopte y a la determinación de los derechos sobre los activos del o de los servicios.

Es así que, los criterios básicos a considerar para definir la tarifa a aplicar se basan en la determinación de los costos de administración, operación y mantenimiento, monitoreo e inversión, así como del número de usuarios del sistema a partir de lo cual se contará con una clara idea de los requerimientos económicos para el óptimo funcionamiento del servicio y el universo de beneficiarios que dependerán de éste. A partir de esta definición será preciso conocer, para evitar o en su defecto reducir posibles conflictos, la capacidad y disponibilidad de pago de los usuarios. Una vez se cuente con esta información, se podrá cuantificar la necesidad o no de subsidios y su periodo de aplicación, en el caso de proyectar modificaciones tarifarias graduales. Así mismo, con ello se podrá disponer de la información económica necesaria para, en función a un análisis socio-económico de la población beneficiaria, definir la pertinencia o no de tarifas diferenciadas o tarifas planas.

a) Estructura de costos

La estructura de costos define los ítems que generarán erogaciones de dinero por parte de la entidad prestadora del servicio para garantizar que éste se proporcione de manera continua. Esta estructura considera costos de: operación y mantenimiento, administración, ahorro para reposición e inversiones futuras.

- ▶ **Costos de administración (Costos Fijos):** Son los gastos en los que se incurre para administrar la entidad prestadora del o de los servicios de manera que se pueda garantizar un servicio permanente a todos los usuarios. Como parte de estos gastos se encuentran: el pago de sueldos, prestaciones sociales, aportes patronales al personal administrativo; pago de alquiler de oficina y servicios básicos; gastos en materiales de oficina y gastos de representación.
- ▶ **Costos de operación y mantenimiento (Costos variables):** Son los costos necesarios para operar y mantener el sistema de saneamiento básico, de manera que se pueda garantizar la prestación de éstos a los usuarios. Como parte de estos costos se tienen : el pago de sueldos, prestaciones sociales , aportes patronales al personal técnico; la compra de insumos indirectos, como el pago de luz por concepto de bombeo; adquisición de equipos menores, talleres para mantenimiento de equipos, reposición de los componentes del sistema (cámara de rejillas, biofiltro, etc.).
- ▶ **Costos de inversión:** Son aquellos costos en los que la entidad prestadora del o de los servicios deberá incurrir de acuerdo a sus proyecciones de ampliación de cobertura, es decir, para ampliar su capacidad de producción y suministro del servicio de acuerdo al crecimiento de la demanda, mejorar el estado de las instalaciones actuales y reponer los componentes que hubiesen cumplido con su periodo de vida útil. Se define también como la **estimación del ahorro** para la ampliación y/o reposición.

b) Estructura Tarifaria

La tarifa se define como un instrumento económico que persigue el financiamiento de la provisión de un servicio con las implicancias de los costos por inversiones necesarias para cubrir los requerimientos mínimos de su provisión y los costos necesarios implicados en su administración, operación, mantenimiento y monitoreo. Por consiguiente, es aplicable a cada domicilio, de manera mensual por la entidad prestadora de servicio.

En Bolivia, la Ley N° 2066 establece que la tarifa, si la prestación del servicio es administrada y operada por los Gobiernos Municipales será determinada por éstos, o en su defecto, será definida por la entidad prestadora del servicio a través de su órgano directivo.

En sistemas pequeños (poblaciones menores a 10.000 habitantes) es recomendable y deseable que la tarifa sea definida en consenso con el Gobierno Municipal y los beneficiarios, a partir de la generación de un estudio técnico basado en criterios como:

- ▶ los requerimientos de inversión (red de alcantarillado y/o planta de tratamiento) necesarios para establecer el servicio o en su defecto ampliarlo; que implica prever el crecimiento poblacional y por tanto la capacidad de recepción de la PTAR.
- ▶ los requerimientos económicos devenidos de un ejercicio de determinación de los costos en los que se incurrirán (administración, operación, mantenimiento, monitoreo, reposición de activos, etc.), es decir, la estructura de costos.
- ▶ la identificación y cuantificación de la cantidad de beneficiarios existentes, los potenciales y los proyectados (de manera tal que se prevea un reajuste tarifario ante el incremento de beneficiarios afiliados al servicio).
- ▶ la determinación de la capacidad y la disponibilidad de pago de los beneficiarios, como la base determinante para evitar conflictos y generar consensos.

Una forma de establecer la cuantía deseada u óptima de la tarifa, que dependerá a su vez del modelo de gestión definido por o para la entidad prestadora del servicio, resulta de la determinación del Costo Medio Total.

Por la importancia que tiene ésta, se requiere su aceptación y compromiso de pago por parte de la población beneficiaria; en este sentido, es recomendable, desde el momento de la generación de la demanda, iniciar un análisis de la capacidad y disponibilidad de pago (DAP).

Para definir la capacidad de pago resulta importante primero evaluar la evolución del consumo y, en función a éste, estimar el vertido total a los sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales de la población en al menos los últimos 2 años; con ello, estimar el consumo y vertido medio por habitante, así como la evolución de nuevas conexiones. Para el caso de que éstos sistemas ya existieran (bajo un funcionamiento sub-óptimo o parcialmente eficiente) resultaría importante analizar los niveles de mora detectando la raíz de su existencia para, con ello evaluar previamente los riesgos que implicarían la asignación de una tarifa igual o mayor a la vigente en el momento del análisis (si es que ésta existiera y el sistema se estuviera prestando, caso contrario, se puede tomar como base de referencia, experiencias similares en áreas geográficas con características iguales o parecidas).

Por otro lado y de ser posible, se debe efectuar un análisis rápido de las condiciones socioeconómicas de la población, estimando medias probables en la generación de ingresos de los pobladores locales.

La disposición a pagar es una regla útil para evaluar la factibilidad financiera o económica de un proyecto. Si una cuantificación aproximada de los costos financieros del proyecto excede el

promedio estimado de la capacidad y disponibilidad a pagar de los miembros de la comunidad, es poco probable que los ingresos por el pago de los usuarios, iguallen a los costos de al menos mantener y operar más aún, administrar el sistema, a través de cualquier mecanismo de recuperación de costos, lo cual genera dificultades de sostenibilidad del sistema de saneamiento. Aunque los aspectos de recuperación de costos no son sólo de naturaleza financiera, sino que requiere de políticas financieras adecuadas y procesos para aplicar estas políticas, además de un marco adecuado de organización y estrategias para una participación comunitaria efectiva; la disponibilidad a pagar es una herramienta importante que suministra un marco para estimar los beneficios de los diferentes niveles de servicio, permitiendo establecer alguna apreciación sobre el nivel de servicio y la tecnología más adecuada desde el punto de vista financiero.

Los estudios de DAP, basados en un método de valoración económica llamado el método de Valoración Contingente (VC), son utilizados para valorar bienes de tipo ambiental y la prestación de servicios básicos y en los últimos años se ha incrementado su aplicación en diferentes países de América Latina.

Entonces, la DAP permite conocer la cantidad de dinero que los usuarios estarían en capacidad y disponibilidad de pagar por el servicio. Los supuestos en los que se basa esta metodología son básicamente: la racionalidad del consumidor en cuanto a su capacidad para obtener la máxima utilidad mediante el consumo de una serie de bienes dado un presupuesto y el manejo de información perfecta por parte de quienes intervienen en un mercado.

Otro aspecto a considerar, son las condiciones de organización y dinámica social para el aporte familiar que en muchos casos definen mucho más que la misma capacidad de pago económico y establecen primordialmente la "disponibilidad a pagar" por un servicio sentido como necesario para mejorar condiciones de vida.³ Para ello, resulta también importante considerar que la organización sociocultural, por lo general encarga a las "mujeres" la responsabilidad de asignar los recursos necesarios para pago de servicios básicos y de salud y que son ellas quienes agencian los mecanismos para lograrlo, por lo tanto, es importante consignar la participación de las mujeres.

Por consiguiente la importancia de estos análisis complementarios a la determinación de las estructuras de costos y tarifa óptima contribuyen a reducir el riesgo de que la elección y construcción de estos sistemas con tecnologías que no responden ni a la capacidad ni a la disponibilidad de pago de los usuarios, haciendo que éstas, posteriormente sean insostenibles financieramente. De aquí que se deba concertar con la comunidad el nivel de servicio que requiere y el que está dispuesta a pagar.

De esta manera es recomendable introducir el DAP en los programas de DESCOM y ser aplicados en los momentos de identificación de la demanda y, especialmente, en la etapa de presentación y selección conjunta de la tecnología apropiada en concordancia con los costos de inversión, administración, operación, mantenimiento y monitoreo, así como su implicancia en la determinación de la tarifa para cada tecnología que se proponga a los beneficiarios/comunidad.

Otros aspectos a considerar como aporte a la sostenibilidad de los sistemas de saneamiento básico se mencionan a continuación:

- ▶ **Subsidio:** Definido como lo que le falta a la tarifa efectiva para cubrir totalmente los costos de inversión, administración, operación, mantenimiento y monitoreo. Considerando que uno de los costos más fuertes lo constituye la inversión y que este costo debe ser considerado

³ Múltiples estudios antropológicos lo han demostrado. Ejemplo muchas familias distribuyen sus gastos en otras prioridades como festividades o actividades de ocio los fines de semana, estando dispuestos a pagar hasta el doble por una cerveza del costo de la tarifa mensual

para su recuperación (ya sea para reposición parcial o total, una vez el sistema de red de alcantarillado y/o la PTAR cumpla su vida útil), debiera ser éste el que se subsidie parcial o totalmente, tomando en consideración que en la mayoría de los casos el GAM busca co-financiar ésta ya sea a través de recursos concurrentes, créditos de acuerdo a su capacidad de devolución de la deuda o donaciones a fondo perdido. Sin embargo, si la tarifa considerada óptima (aquella que cubre todos los costos que hacen parte de la estructura de costos) resulta demasiado elevada, dada la capacidad y disponibilidad de pago de los beneficiarios, otro ítem que puede ser subsidiado es aquel relativo a la administración de la planta y del sistema de red de alcantarillado. No es recomendable que el subsidio cubra costos de operación y mantenimiento, toda vez que éstos tienen a generar un compromiso de pago para con la tarifa por parte de los beneficiarios y a través de ella se puede “jugar” en los espacios de capacitación y/o sensibilización, con las implicancias económicas de un mal uso y falta de cuidado.

Sin embargo, el subsidio también puede devenir de las externalidades positivas generadas por las diferentes opciones tecnológicas que hacen al SSD. Por lo general, estas externalidades son difícilmente cuantificables pero los impactos positivos que generan sobre el medio ambiente y la sociedad en su conjunto son significativos: disminución de la contaminación de las fuentes de agua subterránea, reducción de la contaminación de las aguas superficiales (donde comúnmente son vertidos los efluentes de las plantas de tratamiento sin gestión ni tecnología adecuada), reducción de gases metano, mejora de la calidad de vida de los habitantes al reducir la contaminación de las fuentes de agua, entre muchas otras. En variados casos, estos tipo de externalidades benefician a un conjunto mayor de la población que a solamente a aquellos que hacen uso directo de los sistemas de saneamiento; entonces, puede generarse un subsidio a la tarifa que pagan los usuarios directos, dado el beneficio mayor del sistema de saneamiento.

En ambos casos (subsidio parcial o total de costos de recuperación y/o reinversión y subsidios por externalidades positivas), para el caso boliviano, la responsabilidad de la decisión sobre las formas, tiempos y cuantías del subsidio recae sobre los Gobiernos Locales como fiscalizadores o prestadores directos del servicio.

► **Tasas complementarias:** La integralidad del modelo de gestión de las plantas de tratamiento, radica en uno de sus aspectos, en la tecnología identificada como apropiada y el reuso que se le pueda dar a las aguas tratadas a partir de su definición.

Por un lado, este reuso puede estar destinado al riego de áreas verdes (parques, jardines, canchas deportivas, etc.) que se consideraría como un costo ambiental positivo, pudiendo ser éste cuantificado apropiadamente, contribuyendo significativamente en el bienestar común. Por otro lado, el reuso podría estar orientado al riego de cultivos de áreas aledañas a la planta de tratamiento (superficie de terrenos que deben ser estimados en función a los caudales de salida), beneficiando a productores locales, principalmente en zonas geográficas con déficit hídrico.

Por consiguiente, la determinación de una tasa apropiada y debidamente consensuada con los usuarios de las aguas tratadas, se constituye también en otro instrumento que podría contribuir a aportar en la sostenibilidad financiera de los sistemas de saneamiento.

3.4.2.1 Evaluación Financiera

La evaluación financiera o análisis financiero toma en consideración los beneficios y costos desde el punto de vista del ente operador público o contratado para operar el o los servicios básicos; es decir, que se constituye en el análisis que se efectúa desde el punto de vista de la empresa (municipal o de cualquier otra naturaleza jurídica) para determinar si los recursos financieros

que se van a invertir son asignados eficientemente y si éstos van a ser utilizados de tal manera que maximicen sus beneficios.

Los beneficios, desde un punto de vista financiero, son aquellos que se generan a partir de la prestación del servicio dado un determinado monto que es facturado y cobrado a los usuarios; lo que se busca entonces, es que se generen los suficientes recursos que justifiquen su inversión y que permitan administrarlo, operarlo, mantenerlo y monitorearlo en el tiempo mediante la recuperación total de los costos. El monto facturado deviene de la tarifa que se cobre por la prestación del servicio.

Entonces, la función a maximizar consta de costos y beneficios exclusivamente monetarios: es el valor actual de los beneficios menos el valor actual de los costos. En este sentido, la opción a elegir será aquella que haga máximo el valor actual de los beneficios totales menos los costos totales. Para ello se puede hacer uso de los siguientes indicadores:

- Valor Actual Neto (VAN) o Valor Presente Neto (VPN) – **VPN > 0** (opción viable)
- Tasa Interna de Retorno (TIR) – **TIR > tasa de descuento** (opción viable)
- Relación Beneficio/Costo (B/C) – **B/C > 1** (opción viable)

Un aspecto relevante a destacar, resulta de los posibles resultados de un VPN y/o TIR que denoten inviabilidad para la implementación del proyecto del sistema de saneamiento básico; sin embargo, no por ello el proyecto debe descartarse, en todo caso lo importante será en primera instancia comparar entre diferentes opciones tecnológicas adecuadas para el contexto geográfico y socioeconómico ambiental en el cual el proyecto se implementará y en su defecto, reconocer a este tipo de servicios como un bien público⁴ que aporta a la conservación del medio ambiente y al beneficio mayor de la sociedad en su conjunto.

3.4.2.1 Evaluación Económica

Los contaminantes de las aguas residuales municipales o domésticas son sólidos en suspensión y disueltos que consisten en: materia orgánica e inorgánica, nutrientes, aceites y grasas, sustancias tóxicas, y microorganismos patógenos. Las aguas residuales, sin un tratamiento apropiado, eliminadas en su punto de origen o recolectadas y transportadas hacia los cursos de agua superficial y acuíferos, presentan un peligro de infección parasitaria (mediante el contacto directo con la materia fecal), hepatitis y varias enfermedades gastrointestinales, incluyendo el cólera y tifoidea.

Los proyectos de tratamiento de aguas residuales son ejecutados a fin de evitar o aliviar los efectos de los contaminantes sobre la salud humana y animal y sobre el medio ambiente natural. Cuando son ejecutados correctamente, su impacto acumulativo (beneficios o externalidades) sobre el ambiente es positivo.

Los **impactos directos** incluyen: (i) la disminución de riesgos de enfermedades de origen hídrico por disminución de contaminantes en los cursos de agua; (ii) mejoramientos en la calidad de las aguas receptoras; y (iii) el uso eficiente de los afluentes de las aguas tratadas y reutilización de los lodos o fangos para mejorar las condiciones de productividad.

Los **impactos indirectos** del tratamiento de las aguas residuales incluyen la provisión de sitios de servicio para el desarrollo, mayor productividad y rentas de las pesquerías, mayores actividades y rentas turísticas y recreativas, mayor productividad agrícola y forestal o menores requerimientos para los fertilizantes químicos, en caso de ser reutilizado el efluente y los

⁴ Un bien público es aquel utilizado de manera colectiva por la sociedad. Se caracterizan por su no-exclusividad (si se provee un bien público a algunos individuos, otros no pueden ser excluidos) y la no-rivalidad (el disfrute de un bien público por parte de un individuo no reduce su disponibilidad para otros. De esta manera, el Mercado no puede asignar por sí solo los recursos entre bienes públicos y privados de forma óptima; la no-exclusividad invalida el uso del mecanismo de precios para la asignación de recursos (Sterner, 2007).

fangos, y menores demandas sobre otras fuentes de agua como resultado de la reutilización del efluente.

Estos, potenciales impactos positivos, tanto directos como indirectos, que se prestan para la medición, varios pueden ser incorporados cuantitativamente en el análisis de los costos y beneficios. Los beneficios para la salud humana pueden ser medidos, por ejemplo, mediante el cálculo de los costos evitados, en forma de los gastos médicos y días de trabajo perdidos que resultarían de un saneamiento defectuoso. Los menores costos del tratamiento de agua potable e industrial y mayores rentas de la pesca, el turismo y la recreación, pueden servir como mediciones parciales de los beneficios obtenidos del mejoramiento de la calidad de las aguas receptoras.

De esta manera, la evaluación económica o análisis económico, permite comparar los costos y beneficios que éstas representan para la sociedad en su conjunto (Comunidad, Municipio, Región, Departamento y/o País), y no así exclusivamente para el ente operador del servicio. En este sentido, el agente económico interesado en saber si los recursos escasos que se van a invertir van a ser asignados eficientemente y van a ser utilizados de manera tal que la que maximiza sus beneficios es la sociedad, independientemente de cuál sea el origen de los mismos.

Por lo general estos beneficios sobrevienen, en su identificación y valoración, de la disposición a pagar (DAP) de los usuarios; mientras que los costos (principalmente) y los beneficios pueden ser valorados tanto a precios de mercado como a precios sombra o razones precio cuenta.

En el enfoque SSD la **gestión operativa y social** se realiza a través de las siguientes líneas de acción asociadas al DESCOM y que son compartidas también con el componente de **reutilización de recursos**:

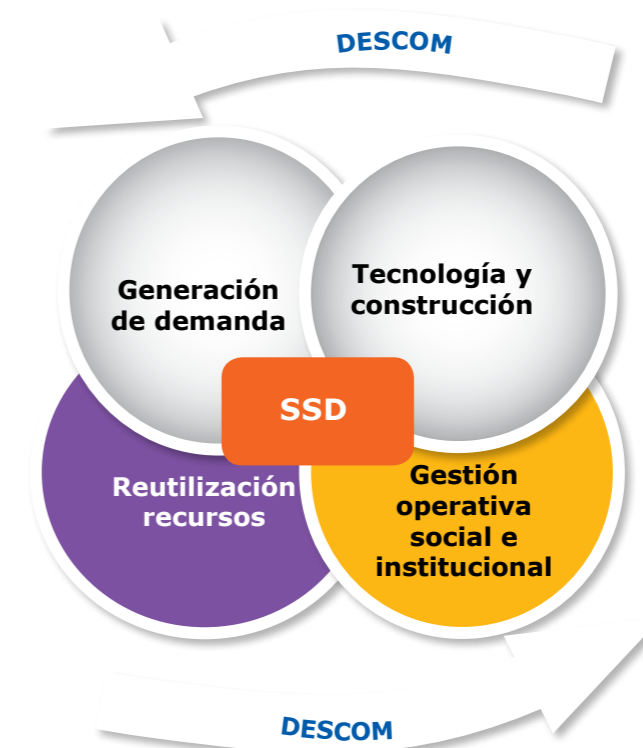
Tabla 4. Líneas de acción de DESCOM en la fase de la Gestión Operativa y Social

N°	ETAPA	ACCIÓN	METODOLOGÍA
1	Desarrollo de capacidades en la población beneficiaria	Desarrollo de capacidades	Talleres de capacitación comunal en uso adecuado de los sistemas de saneamiento y en reuso de aguas residuales tratadas. Elaboración y distribución de material educativo (cartillas) Talleres de capacitación para CAPyS
		Educación sanitaria y ambiental/higiene y salud	Capacitación en educación sanitaria considerando el uso del sistema de saneamiento y el reuso de aguas residuales.
		Capacitación de mano de obra local	Capacitación en uso y mantenimiento del sistema de saneamiento (incluyendo el sistema para reuso de aguas residuales)
		Movilización solidaria ciudadana	Taller de sensibilización sobre los beneficios del sistema (saneamiento y reuso de aguas residuales) Seguimiento al uso del Reglamento del servicio PTAR.
2	DESCOM de la EPSA	Gestión del DESCOM de la EPSA	Taller de capacitación al Comité de servicios Básicos en: Operación y mantenimiento de la PTAR. Manejo, promoción y socialización de materiales educativos de difusión y sensibilización para el Reglamento del servicio PTAR.
		Articulación de la EPSA con su entorno, intra e intersectorial y poblacional	Taller de presentación de los resultados del DESCOM. Reunión de evaluación y monitoreo del proyecto de saneamiento y reuso de aguas residuales.

► 3.5 Reutilización de Recursos

La **reutilización de recursos** se orienta a incorporar las aguas residuales al recurso hídrico a nivel local, con un mínimo riesgo para los productos, consumidores y medios de producción. El reuso de las aguas residuales tratadas, se constituye en una medida de adaptación al cambio climático, a través del uso eficiente del agua, sobre todo en zonas sometidas a estrés hídrico. La reutilización de los lodos provenientes del tratamiento de las aguas residuales en ciudades menores, sea como compostaje o como material para generación de bioenergía, contribuye también como una medida de mitigación al cambio climático y se constituye en una alternativa de protección ambiental al reemplazar el uso de agroquímicos y la tala de árboles para leña.

Figura 10. Gestión Operativa y Social



Fuente: Elaboración propia sobre el enfoque SSD

Objetivo general del reuso de aguas residuales: Incorporar las aguas residuales al recurso hídrico a nivel local, con un mínimo riesgo para los productos, consumidores y medios de producción.

Objetivos específicos del reuso de aguas residuales:

- Satisfacer demandas locales de agua
- Reducir riesgos de afectación a la salud y al medio ambiente a través de la reducción de contaminantes descargados en cuerpos receptores con el control y saneamiento del agua.
- Apoyar el desarrollo sustentable de los sectores productivo y de servicios.

La implementación de un proyecto de reuso de aguas residuales, es única y debe ser evaluada desde el contexto socio económico, cultural, técnico y financiero del ámbito en donde se va a aplicar. En este sentido es muy importante el análisis de las condiciones ambientales, suelos, recurso hídrico, actividades económicas, roles socioculturales para hombres y mujeres entre otros aspectos, que permitirán definir el tipo de tratamiento, la dimensión de los sistemas, los posibles riesgos y beneficios de esta actividad.

Los **factores claves para proyectar el reuso de las aguas residuales** tratadas son:

- a) Sensibilización y Generación de la demanda del Reuso de aguas tratadas
 - ▶ Identificar la cantidad de agua recuperada disponible para otros usos
 - ▶ Identificar las y los usuarios existentes y potenciales de las aguas residuales tratadas y los usos requeridos de estas aguas
 - ▶ Determinar la aceptabilidad por parte de las y los usuarios del uso de las aguas tratadas, acompañando por un proceso importante de información
- b) Tecnología , construcción y financiamiento
 - ▶ Comparar la oferta del agua recuperada con la demanda del agua tratada para otros usos
 - ▶ Determinar (o proyectar) la calidad de las aguas recuperadas de acuerdo a los usos proyectados
 - ▶ Determinar la factibilidad económica para el proyecto de reuso de las aguas tratadas
 - ▶ Diseñar las instalaciones de entrega del agua tratada y efectuar una devolución a la población beneficiaria
- c) Gestión Operación y Mantenimiento
 - ▶ Preparar el esquema de distribución de las aguas residuales tratadas y la estructura de tasas de uso de las aguas recuperadas y validarlo con la población beneficiaria, con quien se debe trabajar el listado de usuarios y usuarias finales
 - ▶ Obtener las aprobaciones o permisos correspondientes
 - ▶ Determinar los modelos de gestión para la operación y mantenimiento de las instalaciones del sistema de reuso (riego), definiendo además los roles y responsabilidades de los actores involucrados con el desarrollo de acuerdos, contratos y compromisos con los clientes

3.5.1 Potencial de reusos

El reuso de aguas residuales tratadas puede tipificarse en:

- ▶ **Reuso potable:** Clasificado a su vez en directo o indirecto. Si los efluentes tratados son empleados directamente en alguna aplicación de reuso local, se denomina "Directo". Por el contrario, si el agua es utilizada y descargada en forma diluida en los cuerpos receptores y posteriormente es utilizada, se denomina "Indirecto".
- ▶ **Reuso no Potable:** Para fines agrícolas, industriales, ornamentales, domésticos, manejo de cursos de agua, acuicultura y recarga de acuíferos.

Los tipos y aplicaciones de reuso se pueden clasificar en ocho (8) usos de acuerdo con el sector o infraestructura que recibe el beneficio: urbano, industrial, agrícola, usos urbanos no potables, recargas de aguas subterráneas, recreativos, piscicultura y usos potables. El reuso con fines agrícolas, es considerado como una herramienta eficiente para la gestión del recurso hídrico, que surge por la necesidad de un abastecimiento regular que compense la escasez del recurso, por causa de la estacionalidad o la distribución irregular de la oferta de otras fuentes de agua para los cultivos, a lo largo de un año.

Los beneficios asociados a esta práctica son el mejoramiento de la fertilidad de los suelos agrícolas debido al aporte de materia orgánica, posibilitando una mayor retención de agua, además el aporte de macronutrientes (Nitrógeno, Potasio, Fósforo) permitiendo reducir el uso de fertilizantes químicos y trayendo beneficios económicos al sector. En aspectos relacionados con la calidad, el reuso agrícola permite la preservación de las fuentes hídricas al evitar el

vertimiento directo de las aguas residuales, y considerando el medio de recepción del agua residual (suelo), permitirá un aumento en la calidad del recurso garantizando la calidad de la recarga de los acuíferos.

3.5.2 Estándares aceptables para el apto reuso de aguas tratadas

La guía para uso de aguas residuales, excretas y aguas grises generada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), publicada en el año 2006 es una herramienta de manejo preventivo de aguas residuales en agricultura. Proporciona una orientación, para los tomadores de decisiones, sobre su aplicación en los diferentes contextos locales. Tienen como objetivo principal apoyar la formulación de normatividad y reglamentación nacional respecto al uso y manejo del agua residual, considerando aspectos propios de cada país.

Estas guías incluyen el análisis microbiológico esencial para el análisis del riesgo, que comprende la recolección de información relativa a patógenos presentes en aguas residuales, campos y cosechas regados. La guía no proporciona valores sugeridos para patógenos virales, bacteriales o protozoarios, únicamente valores de huevos de helmintos para riego restringido y sin restricción (≤ 1 huevo /L).

4 CONCLUSIONES, FACTORES CLAVE E IMPLICANCIAS ■ SOBRE LA POLITICA SECTORIAL

► 4.1 Conclusiones

- Las PTAR, como alternativa tecnológica del SSD, resultan atractivas frente al saneamiento básico convencional por su menor costo, facilidad de operación y mantenimiento, cercanía a la fuente (que implica menores costos de inversión), facilitan el cierre de los ciclos de agua y nutrientes y promueven una participación más directa de la población beneficiaria en la gestión del servicio. Sin embargo; para su sostenibilidad se requiere la definición clara de acuerdos y mecanismos de gestión operativa y social acordes a cada contexto.
- La apropiación del sistema por parte de la población beneficiaria es crucial para garantizar su sostenibilidad; sin embargo, para la apropiación de la población se requiere que los beneficios sean visibles, concretos y ligados a sus necesidades.
- El enfoque del SSD facilita una modificación en la percepción por parte de la población del saneamiento como destino de los desechos como fuente de recurso.
- El enfoque del Modelo Integral Sostenible de SSD no es sólo una solución al problema de saneamiento, sino que puede responder a otras demandas del desarrollo de una población en el área productiva, ornamental e incluso industrial.
- Para ser efectivo el SSD requiere de un marco normativo, regulatorio e institucional sólido, con visión holística de la GIRH, autogestionario y bajo un esquema de subsidiariedad y complementariedad.

► 4.2 Factores Clave

4.2.1 Sociales

- La participación de la población beneficiaria y la promoción de espacios para la toma de decisiones que incluyan igualdad de género y la visión diferenciada de hombres y mujeres en los hitos del proyecto, es uno de los puntos clave para el uso efectivo de los sistemas y la sostenibilidad de los servicios.
- Proporcionar información suficiente para la determinación de la alternativa tecnológica así como los beneficios y limitaciones en cada una de ellas.
- Promover espacios de capacitación suficientes para el uso adecuado de los sistemas, en especial sobre el vertido de basura y residuos.
- Promover la toma de conciencia en la población beneficiaria sobre los costos y el pago de tarifas que implican las diferentes alternativas tecnológicas
- La visita a experiencias piloto es un buen mecanismo para promover cambios de percepción sobre las PTAR

- ▶ La sensibilización, capacitación e información deben ser continuas a lo largo de todo el ciclo del proyecto, incluyendo por una parte, el tratamiento de las aguas residuales y por otro, su potencial de reuso

4.2.2 Técnicos

1) Para el diseño de las PTAR

- ▶ La disponibilidad del terreno de emplazamiento de la PTAR, de acuerdo a las dimensiones de diseño.
- ▶ La dirección predominante de los vientos (para evitar los malos olores).
- ▶ La protección del sitio de emplazamiento de las PTAR para evitar el ingreso de humanos y animales.
- ▶ Altura sobre el nivel del mar, temperatura ambiente, iluminación.
- ▶ Procedencia (doméstica, industrial, etc.) y características (DBO, nutrientes, temperatura, etc.) del agua residual
- ▶ Nivel freático, para definir las medidas de protección necesarias.
- ▶ Buscar las soluciones que optimicen costos y reduzcan los impactos negativos esperados sobre la salud y el medio ambiente.
- ▶ El tratamiento debe realizarse lo más cerca posible a la fuente de contaminación para evitar costos mayores y riesgos de contaminación por ruptura de redes colectoras.

2) Para el diseño del sistema de reuso de las aguas residuales tratadas:

- ▶ El caudal potencial para aprovechamiento
- ▶ La demanda de calidad del efluente de acuerdo al uso previsto y en función a la normativa vigente
- ▶ La disponibilidad del terreno para la disposición o compostaje de lodos

4.2.3 Ambientales

- ▶ Los impactos acumulativos previstos por estos proyectos son positivos: Como **impacto directo**, existe menor riesgo de enfermedades, la calidad de cuerpos receptores se espera que sea mejorada y se espera un uso eficiente de efluentes y lodos; como **impacto indirecto** se espera la provisión de nuevos sitios para el desarrollo productivo, urbano, industrial, etc.
- ▶ La protección del sitio de emplazamiento de las PTAR es importante para evitar el ingreso de humanos y animales.
- ▶ La disponibilidad del terreno para la disposición de lodos o compostaje.

4.2.4 Legales e Institucionales

- ▶ Tener saneada la propiedad legal del terreno de emplazamiento de la PTAR.
- ▶ La definición contractual de la propiedad de los activos (redes de alcantarillado y PTAR).
- ▶ Establecer los convenios, acuerdos, contratos de manera oportuna y adecuada.
- ▶ Asegurar la capacidad institucional para la gestión operativa de los servicios para garantizar el funcionamiento óptimo de la tecnología seleccionada.

4.2.5 Económico - Financieros

- ▶ La tarifa debe cubrir al menos los costos de administración, operación y mantenimiento, además de reposiciones menores y depreciación de los activos, contrastada con la determinación de la capacidad y disponibilidad a pagar.

▶ 4.3 Implicancias sobre la Política Sectorial

4.3.1 Sobre el marco normativo

- ▶ El marco legal nacional debería complementarse con normativa específica para regular el uso adecuado de las aguas residuales tratadas.
- ▶ Requerimiento de normativa a nivel municipal que defina, regule y establezca las normas de prestación, control y gestión de aguas residuales generadas por actividades económicas, productivas, institucionales y de la sociedad en general y su potencial reuso, en el marco de la Ley 1333 del Medio Ambiente. Esta normativa local debería contemplar como mínimo: (i) las frecuencias mínimas de vigilancia; ii) derechos y obligaciones ciudadanas; iii) prohibiciones, infracciones y sanciones administrativas, además de su imposición.
- ▶ Reconocimiento explícito de los diferentes niveles de las competencias exclusivas que los GAM tienen sobre el sector, tanto por el nivel nacional como los sub-nacionales (departamentales y municipales) – Reglamentación local

4.3.2 Sobre el marco técnico/tecnológico

- ▶ Definir el diseño (*lay-out*) del sistema de agua, saneamiento, tratamiento y riego desde un inicio.
- ▶ Ampliar el alcance de las guías del DESCOM incluyendo líneas de acción orientadas al reuso de aguas residuales.

4.3.3 Sobre el marco de planificación e inversión pública sectorial

- ▶ Incorporar un enfoque holístico de la gestión de los recursos hídricos en los sistemas de planificación sectorial para la sostenibilidad de las acciones.
- ▶ Se recomienda incorporar la planificación del potencial del reuso de aguas tratadas (eslabón final de la cadena de valor del saneamiento) desde el inicio del ciclo de la intervención del proyecto. Para ellos se requiere: i) fijar los parámetros de calidad esperados del efluente para el uso que se le va a dar; ii) la selección del sitio de emplazamiento de la planta de tratamiento respecto al uso potencial iii) el diagnóstico de la demanda de agua, entre otros
- ▶ Reconocer el valor intrínseco y el valor económico de las aguas residuales.
- ▶ Revisar el valor de la tasa de descuento social definida por el VIPFE para este tipo de proyectos cuya característica principal es el de la preservación del bien común.
- ▶ Sería conveniente impulsar una política de transferencias inter-gubernamentales que promueva las inversiones de este tipo de proyectos a través de incentivos fiscales en el nivel sub-nacional, como por ejemplo: menores contrapartes municipales requeridas para la inversión pública en relación a otros sectores

4.3.4 Sobre el marco regulatorio y de fiscalización

- ▶ Se requiere fortalecer las capacidades institucionales a nivel nacional y sub-nacional para hacer cumplir la normativa vigente y complementaria de manera más efectiva.
- ▶ Sería recomendable avanzar en la reglamentación sobre saneamiento básico, el tratamiento de aguas residuales y el reuso de aguas tratadas.
- ▶ Fortalecer las capacidades de la AAPS para la fiscalización a la entidad prestadora del servicio y/o gobiernos locales para la implementación efectiva del DESCOM.

4.3.5 Sobre el marco asistencia técnica y generación de capacidades

- ▶ Se requiere una mayor coordinación entre el VAPB y el VRHR, que se concrete en normativas conjuntas e inversiones concurrentes para la gestión integral de los recursos hídricos. La potencialidad que implica la dependencia conjunta de ambos en un mismo Ministerio podría aprovecharse de mejor manera para, por ejemplo desarrollar programas de inversión pública conjunta.
- ▶ Sería importante una mayor difusión de los avances de la Comisión Mixta y una mayor vinculación con el NSSD para conjugar acciones y evitar duplicación de esfuerzos.
- ▶ Fortalecer el control social, a la entidad prestadora del servicio, a los usuarios de las aguas tratadas y gobiernos locales sobre la calidad del agua como una línea de acción dentro del DESCOM.
- ▶ Promover que en los estatutos de las EPSAS los informes de gestión deban incluir informes sobre la calidad del agua tanto para consumo como de las aguas tratadas
- ▶ El DESCOM deberá hacer más énfasis en generar el reconocimiento y la apropiación de los GAM en relación a sus competencias exclusivas sobre el sector
- ▶ Las PTAR, como alternativa tecnológica del SSD, resultan atractivas frente al saneamiento básico convencional por su menor costo, facilidad de operación y mantenimiento, cercanía a la fuente (que implica menores costos de inversión), facilitan el cierre de los ciclos de agua y nutrientes y promueven una participación más directa de la población beneficiaria en la gestión del servicio. Sin embargo; para su sostenibilidad se requiere la definición clara de acuerdos y mecanismos de gestión operativa y social acordes a cada contexto.
- ▶ La apropiación del sistema por parte de la población beneficiaria es crucial para garantizar su sostenibilidad; sin embargo, para la apropiación de la población se requiere que los beneficios sean visibles, concretos y ligados a sus necesidades.
- ▶ El enfoque del SSD facilita una modificación en una percepción por parte de la población del saneamiento como destino de los desechos a saneamiento como fuente de recurso, además escaso.
- ▶ El enfoque del Modelo Integral Sostenible de SSD no es sólo una solución al problema de saneamiento, sino que puede responder a otras demandas del desarrollo de una población en el área productiva, ornamental e incluso industrial.
- ▶ Para ser efectivo el SSD requiere de un marco normativo, regulatorio e institucional sólido, con visión holística de la GIRH, autogestionario y bajo un esquema de subsidiariedad y complementariedad.

5 ■ BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Álvarez, E. (2013). *Informe PTAR Cliza: proceso de socialización "Villa El Carmen"*. Agua Tuya. Cochabamba, Bolivia.
- ▶ Beato, P; Díaz, J. (2003). *La participación del sector privado en los servicios de agua y saneamiento en Cartagena de Indias*. Banco Interamericano de Desarrollo – Departamento de Desarrollo Sostenible. Washington D.C.
- ▶ Cárdenas, J.F. (2003). *Estudio de caso de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) de los servicios de agua potable y saneamiento en Colombia*. Banco Interamericano de Desarrollo – Departamento de Desarrollo Sostenible. Washington
- ▶ Corrêa de Faria, S. *Brasil: un modelo de gestión innovador para el suministro integrado de agua y saneamiento rural en el Estado de Ceará*. Global Water Partnership South América.
- ▶ Cuéllar Boada, F.H. (2010). *El gobierno corporativo en empresas de agua y saneamiento*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- ▶ Federación española de municipios y provincias. *Guía de tarifas de los servicios de abastecimiento y saneamiento de agua*. Madrid, España.
- ▶ Ferro, G; Lentini, E. (2013). *Políticas tarifarias para el logro de los objetivos de desarrollo del milenio (ODM): situación actual y tendencias regionales recientes*. CEPAL. Santiago, Chile.
- ▶ Franken, M. (2007) *Gestión de aguas: Conceptos para el Nuevo Milenio*.
- ▶ Fundación Agua Tuya. (2012). *Evaluación de impacto del sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales en la vida de las mujeres de Lomas del Pagador*. Cochabamba, Bolivia.
- ▶ Fundación Agua Tuya. (2011). *Módulo 2: Gestión administrativa y financiera, curso de gestión administrativa y técnica de pequeñas EPSA*. ASDI. Cochabamba, Bolivia.
- ▶ Martin, C. (2010). *What is the nutrient cycle?* Disponible en <http://www.Wisegeek.org/what-is-the-nutrient-cycle.htm>. Acceso el 06-07-2013.
- ▶ Ministerio de Agua. Viceministerio de Agua y Servicios Básicos. Ed. ABBASE Ltda. (2008). *Guías de Desarrollo Comunitario*. La Paz, Bolivia
- ▶ Ministerio de Medio Ambiente. (2002). *Gestión para el manejo, tratamiento y disposición final de las aguas residuales municipales*. Colombia
- ▶ Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005). *Costos y tarifas: municipios menores y zonas rurales*. USAID. Colombia
- ▶ Ministerio de Servicios y Obras Públicas, Viceministerio de Servicios Básicos. (2004). *Reglamento de gestión de servicios de agua potable y saneamiento en zonas no accesibles*. La Paz, Bolivia.
- ▶ NSSD, SNV, Embajada de Suecia. 2012. *Análisis competencial y normativo del sector de saneamiento básico y saneamiento sostenible descentralizado en Bolivia*. La Paz, Bolivia
- ▶ NSSD, en base a Clasificación de OMS/UNICEF 2002 Programa de Monitoreo Conjunto por país desde. Water for Life Making it happen.

- ▶ Parra, A; Vargas, V; Castellar, P. *Metodología estadística para estudios de disponibilidad a pagar (DAP), con aplicación de un proyecto de abastecimiento de agua*. Conferencia Internacional Usos Múltiples del Agua: Para la Vida y el Desarrollo Sostenible. Universidad del Valle. Cali, Colombia.
- ▶ Roda, P. (2003). *Análisis de la concesión de acueducto y alcantarillado en la ciudad de Montería*. Banco Interamericano de Desarrollo – Departamento de Desarrollo Sostenible. Washington D.C.
- ▶ Rojas, F; Horst, M; Heiland, S; Venegas, P. (2005). *Hacia modelos de gestión sostenibles en agua potable y saneamiento: evaluación de los existentes y descripción del modelo mancomunitario de carácter mixto*. La Paz, Bolivia
- ▶ Rojas Padilla, J; Pérez Rincón, M; Peña Varón, M. (2001). *La valoración contingente: una alternativa para determinar la viabilidad financiera de proyectos de tratamiento de aguas residuales en zonas rurales de países tropicales*. Cali, Colombia.
- ▶ SNV. (2011). *Modelo de financiamiento y estrategia de marketing social de baños ecológicos: "Sistematización final del modelo de financiamiento y estrategia de marketing social de baños ecológicos"*. La Paz, Bolivia.
- ▶ Sterner, T. (2007). *Instrumentos de política económica para el manejo del ambiente y los recursos naturales*. Turrialba, Costa Rica. CATIE
- ▶ The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank. (2003). *Making services work for poor people: world development report 2004*. Washington, D.C.
- ▶ Vergès, J-F. (2010). *Servicios de agua potable y alcantarillado: lecciones de las experiencias de Alemania, Francia e Inglaterra*. CEPAL, Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo, GTZ, INWENT. Naciones Unidas. Santiago, Chile.
- ▶ Wagner, W. (2010) *Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual aptas para Bolivia*. ANESAPA – PROAPAC (GTZ). La Paz, Bolivia
- ▶ Yepes, G. (2003). *Los subsidios cruzados en los servicios de agua potable y saneamiento*. Banco Interamericano de Desarrollo – Departamento de Desarrollo Sostenible. Washington D.C.

