



# PROYECTO SANEAMIENTO DEL RIO GUADALQUIVIR Y EL MANEJO INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DEL VALLE CENTRAL DE TARIJA

## RESUMEN EJECUTIVO



NOVIEMBRE 2008  
LA PAZ – BOLIVIA

## Indice

	Pág.
1. RESUMEN DEL PROYECTO	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 El Tratamiento de Aguas Servidas Domesticas e Industriales de Tarija	1
1.3 La Gestión Integral de los Recursos Hídricos del Valle Central y la Recuperación Ambiental del Río Guadalquivir	2
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	3
2.1 Objetivos y Metas	3
2.2 Descripción del Proyecto	3
2.2.1 El Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas de Tarija	3
2.2.2 El Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de Tarija	4
2.2.3 El Re-Usó del Agua Tratada en Agricultura de Riego	4
2.2.4 Concientización y Educación Ambiental sobre el Uso, Conservación del Agua	5
2.2.5 La Gestión Integral de los Recursos Hídricos del Valle Central	5
2.3 Identificación y Factibilidad del Proyecto	6
3. EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS DE TARIJA	7
3.1 La Situación Actual	7
3.2 Datos Básicos de las Aguas Servidas Urbanas	7
3.3 Selección del Sitio para la Nueva Planta de Tratamiento de Aguas Servidas	8
3.4 Selección de la Tecnología más Adecuada	9
3.5 Diseño Conceptual de la Planta PTAR	12
4. EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE TARIJA	13
4.1 Situación Actual	13
4.2 Programa del Componente Tratamiento de las Aguas Industriales	14
4.2.1 Objetivo Estratégico y Enfoque	14
4.2.2 Actividades y Acciones Previstas	14
4.2.3 Aspectos Financieros	15
4.3 Implementación del Programa	16
5. EL RE-USO DEL AGUA TRATADA EN AGRICULTURA DE RIEGO	17
5.1 El Re-uso de Agua Reciclada en la Agricultura	17
5.2 El Re-uso de Agua Reciclada en el Valle Central	18
5.2.1 Consideraciones Generales	18
5.2.2 Diseño Conceptual del Proyecto Piloto	19
6. CONCIENTIZACIÓN Y FORMACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS	21
6.1 Concientización sobre el Uso de Agua	21
6.1.1 Enfoque de la Cadena Integral de Agua	21
6.1.2 Plan de Acción	22
6.2 Formación sobre Recursos Hídricos	23
7. LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DEL VALLE CENTRAL	26
7.1 El Concepto	26
7.2 Objetivos Estratégicos	26
7.3 Marco Institucional y Estructura Organizativa	28
7.4 Plan de Acción	29
8. COSTOS DEL PROYECTO Y LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA	31

Anexo: CD con el Diseño Conceptual de la Planta PTAR

# **PROYECTO SANEAMIENTO DEL RIO GUADALQUIVIR Y EL MANEJO INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DEL VALLE CENTRAL DE TARIJA**

## **1. RESUMEN DEL PROYECTO**

### **1.1 Antecedentes**

En el Valle Central de Tarija, el agua es un recurso limitado y con el fuerte crecimiento de la población y de la economía regional, la demanda de agua se está incrementando exponencialmente. El problema es crítico particularmente durante la estación seca (el invierno), cuando la demanda sobrepasa varias veces la oferta y 55% de la población del valle no tiene acceso a fuentes confiables de agua limpia. Mayores demandas de agua de la población urbana y rural, la agricultura de riego y la industria hacen que la competencia para el uso del recurso se está intensificando, resultando en frecuentes conflictos cada vez mayores. Además, los servicios de agua potable y el tratamiento de agua servida doméstica e industrial son deficientes, agravando los problemas.

En 2007, la Prefectura de Tarija inició el Proyecto Huacata para aliviar la falta de agua en el Valle Central, sobre todo durante la estación seca. El proyecto consta de la retención de agua en la cuenca del río Huacata en el Norte y su trasvase a la cuenca del río Guadalquivir. Con el agua de Huacata, varias comunidades en la parte alta de la cuenca del río Guadalquivir recibirán agua para riego y agua potable. El agua de Huacata y agua de otras fuentes, permitirá a la Cooperativa de Servicios de Agua y Alcantarillado de Tarija, COSAALT ampliar las redes de agua potable urbanas.

En 2007, paralelamente con las obras de Huacata, la Prefectura y la COSAALT iniciaron el Proyecto de Saneamiento del río Guadalquivir, como un proyecto integral de recuperación ambiental del río que cuenta con varios componentes fundamentales:

- La ampliación de la red de alcantarillado de 46 barrios de la ciudad de Tarija (en ejecución)
- La construcción de 40 km de colectores de aguas servidas urbanas (en ejecución)
- La construcción de una nueva planta de tratamiento de aguas servidas (fase de diseño)
- La recuperación ambiental del río Guadalquivir y la gestión integral de los recursos hídricos del Valle Central (fase de diseño).

El saneamiento del río Guadalquivir beneficiará a todo el Valle Central de 3.060 km<sup>2</sup>, que comprende gran parte de los municipios de Cercado, Avilés y Méndez con una población total de 250.000 habitantes (en 2007): 175.000 habitantes urbanos y 75.000 en las áreas rurales.

En 2006, la Cooperación Holandesa indicó su disposición de proveer asistencia técnica y co-financiamiento para el tratamiento de aguas servidas para la ciudad de Tarija con tecnología de punta y la inserción del tema de tratamiento de aguas servidas en la cadena del agua del Valle Central. Desde 2007, la cooperación holandesa aportó con aproximadamente US\$ 200.000 para completar los estudios de factibilidad y diseño conceptual de los dos componentes indicados. Con los resultados de estos estudios, el Gobierno de Holanda ha dispuesto para la implementación de los componentes, contribuir con recursos económicos que asciende a aproximadamente 50% del costo total de los dos componentes. El aporte de Holanda será en forma de una donación.

### **1.2 El Tratamiento de Aguas Servidas Domesticas e Industriales de Tarija**

Para el tratamiento de las aguas servidas domésticas e industriales de la ciudad de Tarija se tiene diseñado los siguientes tres componentes: (i) la construcción de una nueva Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), (ii) el pre-tratamiento descentralizado de las aguas industriales de Tarija y (iii) el re-uso del agua tratada como agua de riego en la agricultura de vid y frutales en las partes más secas del Valle Central.

*Componente 1: La construcción de una nueva Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas e Industriales (PTAR).*

La planta reemplazará las lagunas de oxidación de San Luis (Tarija) que son totalmente inadecuadas para el tratamiento de las aguas servidas residuales domésticas e industriales de la ciudad y son fuentes de degradación ambiental cada vez más seria. El estudio de factibilidad determinó la tecnología anaeróbica en combinación con filtros biológicos como la más adecuada para una nueva planta modular, compacta y económica en operación y mantenimiento. Esta planta PTAR estará ubicada en La Pintada y tendrá una capacidad que cubrirá las necesidades hasta el año 2030, o sea para una población de 480.000 habitantes. El área en La Pintada permite la ampliación de la planta con un modulo más. La construcción de la planta será en base a una contratación internacional "llave en mano".

*Componente 2: El pre-tratamiento descentralizado de las aguas servidas industriales de Tarija.*

Asistencia técnica y transferencia de tecnología de punta a las industrias tarijeñas para el pre-tratamiento y monitoreo descentralizado de las aguas residuales industriales, según las normas bolivianas de medio ambiente y para asegurar el óptimo funcionamiento de la planta PTAR. Con el pre-tratamiento la carga industrial de las aguas servidas bajará en primera instancia con 50-70%.

*Componente 3: El re-uso del agua tratada de la PTAR como agua de riego.*

Un proyecto piloto y demostrativo de re-utilizar el agua tratada en la agricultura de vid y frutales de pequeños productores sin riesgos para la salud. Incluye el post-tratamiento del agua tratada en atajadas. Con las aguas tratadas se podría regar aproximadamente 400 hectáreas en el año 2010 con una población beneficiaria de 200 familias campesinas y 900 hectáreas en 2020 con una población beneficiaria de hasta 450 familias en 2020. El proyecto demostrativo se realizará en tres comunidades campesinas aguas debajo de La Pintada que en la actualidad utilicen agua no tratada del río Guadalquivir.

### **1.3 La Gestión Integral de los Recursos Hídricos del Valle Central y la Recuperación Ambiental del Río Guadalquivir**

Para la recuperación ambiental del río Guadalquivir y la gestión integral de los recursos hídricos del Valle Central se tiene diseñados los siguientes dos componentes: (i) la Gestión Integral de los Recursos Hídricos del Valle Central que incluye la recuperación ambiental del río Guadalquivir y (ii) la concientización ambiental a través de un programa de educación ambiental.

*Componente 1: El desarrollo de una estrategia de Gestión Integral de los Recursos Hídricos del Valle Central.* Tiene los siguientes sub-componentes:

- La introducción del concepto de Gestión Integral del Recurso Hídrico a nivel del Valle Central, como modelo integral del uso y gestión sostenible del recurso;
- El inventario de los recursos hídricos del Valle Central y el desarrollo de una base de datos hidrológicos como un sistema de soporte de decisiones para la cadena y gestión integral de los recursos hídricos; incluye un programa de investigación hidrológica con la Universidad UAJSM.
- Acciones específicas que aportan a la recuperación ambiental del río Guadalquivir como son: mejoramiento del saneamiento básico de poblaciones rurales; control de inundaciones; protección de cauces, recuperación de riberas y la conservación del recurso agua.

*Componente 2: La concientización, sensibilización y educación ambiental*

- La construcción y habilitación de un centro de educación ambiental en el sitio de la nueva planta de tratamiento de aguas residuales.
- El desarrollo de programas de educación ambiental en temas de uso y conservación del recurso agua: educación formal e informal.
- El fortalecimiento del Instituto Inter-Universitario Boliviano de Recursos Hídricos (INIBREH) de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho UAJMS.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 2.1 Objetivos y Metas

*Objetivos Generales:*

- El mejoramiento del tratamiento y el reciclaje de las aguas residuales domésticas e industriales de la ciudad de Tarija a través de la introducción de tecnología de punta.
- La integración del tratamiento de aguas residuales en la cadena del agua como parte de una estrategia para la Gestión Integral de los Recursos Hídricos en el Valle Central.

*Objetivos Específicos:*

- La construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales de Tarija (PTAR) con tecnología apropiada para las condiciones específicas de Tarija; una planta compacta, modular, económica y fácil de operar, con una capacidad para 550.000 habitantes.
- La construcción de sistemas descentralizados de pre-tratamiento de aguas residuales industriales.
- El re-uso del agua tratada para su uso en la agricultura de vid y frutales, sin riesgos para la salud.
- La implementación de un programa de educación ambiental que incluye la construcción de un centro de educación ambiental en el sitio de la planta PTAR.
- El desarrollo de una base de datos hidrológicos como un sistema de toma de decisiones para el recurso agua y la Gestión Integral de los Recursos Hídricos en el Valle Central.
- Acciones específicas que apuntan al saneamiento ambiental del río Guadalquivir y otras acciones de Gestión Integral del Recurso Agua en el Valle Central como proyectos pilotos y de demostración.

*Metas:*

- A partir de 2014, las aguas residuales domésticas e industriales en el Valle Central sean tratadas y recicladas satisfactoriamente según la norma boliviana.
- A partir de 2014, 400 hectáreas de tierras de cultivos de vid y frutales sean regadas con aguas residuales recicladas sin riegos para la salud, llegando hasta 1.000 ha en el año 2020.
- El Valle Central cuente con una estrategia de Gestión Integral de los Recursos Hídricos como base fundamental para el uso y conservación del recurso.
- El río Guadalquivir se encuentre en una etapa avanzada de saneamiento ambiental.
- Instituciones y organizaciones públicas y privadas que operan en el sector agua sean fortalecidas y exista conciencia sobre el uso y conservación del recurso agua.
- Las condiciones de vida y salud pública el Valle Central sean mejoradas.

### 2.2 Descripción del Proyecto

El Proyecto propuesto consiste en cinco (5) componentes integrados.

#### 2.2.1 *El Tratamiento de Aguas Residuales Urbanas de Tarija*

La construcción de una planta moderna de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales de la ciudad de Tarija. La nueva planta reemplazará las lagunas de oxidación de San Luis que son

totalmente inadecuadas, considerando la actual población urbana y las industrias presentes en el perímetro urbano. La planta será del tipo modular, económico y fácil de operar y tendrá una capacidad para 550.000 habitantes, correspondiente a una población de 350.000 habitantes y las industrias contribuyendo con una carga equivalente a 200.000 habitantes equivalentes. Con esta capacidad la planta cubrirá las necesidades hasta el año 2030.

La planta será construida en La Pintada, resultado de la evaluación exhaustiva de cinco posibles sitios. En La Pintada existe espacio para ampliar la planta después de 2030, incrementando su capacidad con hasta el 50%.

El estudio de factibilidad determinó como la alternativa más adecuada la tecnología anaeróbica UASB (signos en inglés) en combinación con filtros biológicos, con las siguientes ventajas:

- Requiere una superficie reducida: un área neta y plana de 5 a 6 hectáreas, incluyendo espacio para ampliaciones futuras;
- Permite generar energía eléctrica para el funcionamiento de la planta, con excedentes para proveer electricidad a áreas aledañas;
- El agua tratada es apta para regar 400 hectáreas de vid y frutales en 2010 y con la ampliación de la red de alcantarillado urbano, hasta 1.000 hectáreas en 2020;
- Presenta posibilidades de generar subsidios en mercados internacionales (bonos de carbón), resultando en una reducción de los costos de operación y mantenimiento de la planta;
- Produce lodos aptos para ser utilizados como abono orgánico en la agricultura, fruticultura, forestal y los espacios verdes de la ciudad.

La construcción de la planta será en base a una contratación internacional "llave en mano" e incluirá asistencia técnica y capacitación en la operación y mantenimiento de la planta, el monitoreo de las aguas residuales domésticas e industriales y el reciclaje de las aguas tratadas para su uso como agua de riego. Para más detalles se refiere al capítulo 3.

### **2.2.2 El Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de Tarija**

En Tarija, actualmente aproximadamente 30% de las aguas residuales que llegan a las lagunas de San Luis provienen de las industrias tarijeñas, pero esta agua aporta con aproximadamente 50% de la carga y es una de razones del malfuncionamiento de las lagunas. Según las normas bolivianas, las industrias necesitan tener su propio sistema de tratamiento de sus aguas residuales, por lo menos a un nivel de pre-tratamiento antes de que estas aguas lleguen a la planta de tratamiento.

El componente proveerá asistencia técnica y transferencia de tecnología a las industrias y talleres en temas de tratamiento descentralizado de las aguas residuales industriales, según las normas bolivianas de medio ambiente. Incluye asesoramiento sobre la tecnología específica más adecuada para cada industria y asistencia técnica para el diseño de los sistemas necesarios. Incluye también asesoramiento sobre el monitoreo adecuado de las aguas residuales. Para los talleres mecánicos y automotrices se elaborará e implementará un plan para la recolección y reciclaje de aceites minerales usados. Para más detalles se refiere al capítulo 4.

### **2.2.3 El Re-Uso del Agua Tratada en Agricultura de Riego**

Según normas internacionales la tecnología de tratamiento de las aguas residuales propuesta para Tarija (proceso anaeróbico y bio-filtros) permite el reciclaje y uso de estas aguas como agua de riego en la agricultura de cultivos de talle alto (vid y frutales) sin riesgos para la salud. Con el actual sistema de alcantarillado urbano el caudal de agua residual es suficiente para regar hasta aproximadamente 400 hectáreas y con la ampliación de las redes de agua potable y alcantarillado como está previsto, la ciudad producirá suficiente agua para regar hasta aproximadamente 900 hectáreas, incrementando el área bajo riego en el Valle Central con aproximadamente 35%. La ubicación de la planta de tratamiento en La Pintada permite llevar por gravedad el agua tratada y reciclado a las partes más secas del Valle Central.

El componente comprende un proyecto piloto y demostrativo de re-utilizar el agua tratada en los cultivos de vid y frutales. Incluye el post-tratamiento de las aguas tratadas en atajadas para eliminar los últimos patógenos y así eliminar cualquier riesgo para la salud de los productores y los productos.

El proyecto piloto se implementará en tres comunidades de pequeños productores aguas abajo de La Pintada y otras partes aptas para los cultivos de vid y frutales en las partes más secas del Valle Central. El proyecto piloto comprende la dotación de agua de riego para aproximadamente 400 hectáreas o 150 familias campesinas. El proyecto incluye la divulgación de técnicas de manejo de aguas re-cicladas en la agricultura, asistencia técnica, gerencial y organizativa a las comunidades, como también asesoramiento en temas productivos, de mercado y la economía campesina en general. Para más detalles se refiere al capítulo 5.

#### **2.2.4 Concientización y Educación Ambiental sobre el Uso, Conservación del Agua**

El saneamiento de aguas residuales aporta al desarrollo social y la clave de la salud y la educación sanitaria y ambiental promueve mejores hábitos en el uso de los servicios. Para ello, el proyecto genera espacios para construir, junto a la población, conocimientos y hábitos de higiene y cuidado del agua. Es un proceso interdisciplinario, en que diversos sectores (educación, salud, medio ambiente y agua) interactúen, aportando cada uno de ellos a la solución de los problemas de la degradación ambiental y al mejoramiento de la salud y de las condiciones de vida de la población.

La existencia de una nueva planta de tratamiento de aguas residuales presenta un instrumento muy efectivo de mostrar a la población la importancia de los servicios de saneamiento como los esfuerzos y costos que son necesarios para lograr un ambiente limpio y sano.

El componente consiste en el apoyo a la educación ambiental en el Valle Central a través de campañas educativas de sensibilización de la población sobre el uso y conservación adecuada del agua, el saneamiento, el reciclaje y la cadena del agua en el manejo y gestión del medio ambiente. El componente será implementado en estrecha cooperación y liderado por el Ministerio de Agua. Un aspecto importante del componente es la construcción, en el sitio de la nueva planta de tratamiento de aguas residuales en La Pintada, de un centro de educación ambiental con énfasis sobre el tema agua. Para más detalles se refiere al capítulo 6.

#### **2.2.5 La Gestión Integral de los Recursos Hídricos del Valle Central**

La gestión integral de los recursos hídricos (GIRH) del Valle Central involucra el desarrollo e implementación de una estrategia a largo plazo sobre el uso, conservación, re-uso y saneamiento de los recursos hídricos del Valle Central. La estrategia apuntará a la solución de temas sobre el uso del recurso del valle, incluyendo la solución de conflictos, en forma integral, considerando las necesidades e intereses de los diferentes usuarios del recurso: agua para la población, para la industria y la agricultura, para la generación de energía hidroeléctrica y agua para la conservación ambiental, ecosistemas y la vida silvestre. La estrategia apunta a la creación de valor agregado en la cadena del agua del valle como una ruta crítica para el desarrollo económico y social sostenible y promueve la reflexión de las instituciones y actores sociales para que el uso del recurso se enmarque en una visión de la gestión integral del mismo.

El componente comprende las siguientes acciones:

- La introducción del concepto de Gestión Integral de los Recursos Hídricos GIRH en el Valle Central como un modelo integral del uso y gestión sostenible del recurso a nivel de cuenca. Incluye asistencia técnica a instituciones y organizaciones públicas y privadas, ONGs, el sistema escolar y universitario en aspectos específicos de GIRH. Incluye también el fortalecimiento de los roles de municipios y comunidades rurales y urbanas en el tema de GIRH.
- El inventario de los recursos hídricos del Valle Central y el desarrollo de una base de datos hidrológicos como un sistema de soporte de decisiones en el tema agua a nivel de subcuenca. Incluye un programa de investigación hidrológica por la Universidad UAJSM; inventarios y

evaluaciones sobre el uso del agua por los diferentes sectores productivos y consumidores a nivel de subcuenca; caudales específicos y balances de agua por subcuenca; estudios y evaluación de los recursos hídricos subterráneos; la calidad del agua y otros parámetros hidrológicos y la elaboración de planes de ordenamiento territorial basados en los recursos hídricos disponibles.

- Acciones específicas que aportan a la recuperación ambiental del río Guadalquivir como son: mejoramiento del saneamiento básico de poblaciones rurales en el área del río; control de inundaciones; protección de cauces y riberas del río y de sus afluentes; recuperación ambiental del valle y la conservación del recurso agua.

Para más detalles se refiere al capítulo 7.

### 2.3 Identificación y Factibilidad del Proyecto

El Proyecto presente fue identificado por la Prefectura de Tarija durante los años 2002-2003 y que incluyó el proyecto Huacata y los planes de ampliar las redes de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Tarija. Fue rediseñado en los años 2004-2005. Desde 2006, la Embajada de Holanda co-financió los estudios de pe-factibilidad, factibilidad y diseño conceptual de los diferentes componentes del Proyecto.

Los estudios de factibilidad indican que el Proyecto técnicamente y económicamente es factible con los valores TIRR-económico, TIRR-financiero, TIRR-comercial y los valores VAN dentro de los rangos internacionalmente aceptados para la aprobación y financiamiento de estos tipos de proyecto.

La factibilidad económica parte de la premisa que hasta el año 2012 no se incrementará las tarifas para el agua potable y saneamiento, pero que después las mismas serán ajustadas a la inflación. Para más detalles se refiere al capítulo 8.



**2008 : AÑO INTERNACIONAL DE SANEAMIENTO Y EL AMBIENTE**



### **3. EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS DE TARIJA**

#### **3.1 La Situación Actual**

Desde los años noventa, parte de las aguas servidas de la ciudad de Tarija es tratada por las lagunas de oxidación ubicadas en la zona de San Luis. En las partes urbanas sin alcantarillado, las aguas servidas son tratadas en tanques sépticos, generalmente mal manejados, o son botadas a las numerosas quebradas sin ningún tratamiento. Se estima que aproximadamente 35% de las aguas servidas son botadas sin ningún tratamiento.

La COSAALT (Cooperativa de Servicios de Agua y Alcantarillado de Tarija) está en proceso de ampliar las redes de agua potable y alcantarillado urbano e intenta incrementar la cobertura actual del 65% hasta 90% en 2030. En 2007, como una primera etapa, la COSAALT inició un programa ambicioso de ampliar la red de alcantarillado en 46 barrios periféricos y la construcción de 40km de colectores de aguas servidas. Estos proyectos son financiados por la Prefectura y estarán concluidos en el año 2010.

Las lagunas de oxidación descargan el efluente al río Guadalquivir, pero las lagunas son totalmente inadecuadas e insuficientes para tratar las aguas servidas de la ciudad según las normas establecidas por la Ley de Medio Ambiente. Las lagunas son sobre-cargadas (>3x) ocasionando malos olores que llegan hasta la zona céntrica de la ciudad, situación que empeora durante los períodos con cambios bruscos de la presión atmosférica y temperaturas diarias y más aún con la expansión de la red de alcantarillado, resultando en mayores volúmenes de aguas servidas. Además, con la expansión espontánea de la ciudad, las lagunas ya se encuentran dentro de los límites de las urbanizaciones de la ciudad.

El aporte de la industria a la carga de las aguas servidas de la ciudad es poco conocido, pero se estima que 35% del volumen de las aguas servidas que llegan a las lagunas son aguas industriales, representando aproximadamente el 50% de la carga total de las aguas servidas. Solo una planta industrial cuenta con facilidades de pre-tratamiento de sus aguas servidas y se estima que gran parte de las aguas servidas industriales no entran en la red cloacal, contaminando los suelos y subsuelos en forma alarmante.

Las aguas servidas no tratadas y mal tratadas de la ciudad, de los centros rurales y de las comunidades contaminan fuertemente el río y el valle del Guadalquivir. Aguas abajo de la ciudad se encuentran varias comunidades de pequeños productores que utilizan las aguas crudas no tratadas del río como agua de riego para cultivar hortalizas destinadas para los mercados de la ciudad, resultando un riesgo para la salud de los productores y consumidores cada vez mayor.

Para evitar una situación peor y potencialmente catastrófica, es fundamental expandir las redes de agua potable y alcantarillado de la ciudad y construir una nueva planta de tratamiento de aguas servidas (PTAR) con tecnología adecuada y una capacidad suficiente para tratar el total de las aguas servidas domésticas e industriales, en la actualidad y a futuro.

#### **3.2 Datos Básicos de las Aguas Servidas Urbanas**

El cuadro a continuación presenta un resumen de los datos básicos de las aguas servidas a ser tratadas por la planta PTAR. El estudio de factibilidad del proyecto (documento en inglés) presenta todos los datos básicos sobre la producción y consumo de agua potable, la producción y carga de agua servida con los actuales y futuras redes de agua potable y alcantarillado hasta el 2040. Son datos proporcionados por la COSAALT.

**Cuadro 3.1 Datos Básicos Hidráulicos y Cargas de las Aguas Servidas**

		2006	2011	2030	2047
Población de Tarija		169.000	204.000	352.000	508.000
Población con agua potable		145.500	184.500	340.500	503.000
Consumo/capita/día (litros)		269	255	200	200
Población con alcantarillado		93.000	164.500	319.500	483.000
%		55%	80.50%	90.70%	95%
Descarga a la planta PTAR (m3/día)	Doméstica	12.445	21.329	35.943	54.311
	Industria	3.327	4.030	6.947	10.024
	Total	15.772	25.359	42.890	64.335
Carga DBO (equivalente por habitante)	Doméstica	93.000	164.500	319.500	483.000
	Industria	75.000	117.500	157.500	232.500
	Total	168.000	282.000	477.000	715.500

**NB:**

- COSAALT pretende bajar el consumo de agua potable hasta 133 litros/día/capita en el 2038, dato considerado muy ambicioso. El diseño de la planta PTAR se basa en 200 litros/día/capita, para asegurar una capacidad de tratamiento suficiente. El factor de retorno asumido es 75%. Como carga media se tomó 54 gr DBO/capita/día como equivalente/capita.
- Se calculó la carga de las aguas servidas industriales como la diferencia de la carga media actual de 97,8 gr DBO/capita/día (medida en San Luis) y la carga media de 54 gr DBO/capita/día de las aguas servidas domésticas. Se asume que dentro de 20 años, el componente industrial disminuirá en forma lineal con 50%, a ser realizado por el tratamiento in situ de las aguas servidas industriales. El efecto neto es que la carga diaria media será 80gr DBO/capita/día en 2030, logrando una concentración DBO de 600 mg/litro en el año 2030.

Para mayor información y detalles se refiere al estudio de factibilidad.

En coordinación con la COSAALT y la Prefectura se decidió el diseño de una planta PTAR con un horizonte de 20 años, o sea con una capacidad suficiente para tratar todas las aguas servidas esperadas en el año 2030. El diseño debe permitir una extensión de la capacidad de la planta con 50%. Con un componente industrial, el proyecto reducirá la carga industrial con 50% (capítulo 4). El agua tratada será utilizada como agua de riego en cultivos de tallo alto, como frutales y vid (capítulo 5).

### 3.3 Selección del Sitio para la Nueva Planta de Tratamiento de Aguas Servidas

A pesar de que el sitio de las lagunas de oxidación en San Luis es apropiado para una nueva planta PTAR con tecnología adecuada que no resulta en problemas ambientales (males olores por ejemplo), por la fuerte oposición de la sociedad, se decidió la selección de un otro sitio. Fueron evaluados cuatro sitios alternativos:

- 1.- Quebrada Grande, un área muy erosionada de 150 ha.
- 2.- Las terrazas del río Guadalquivir cerca el puente de San Luis de 3-7 ha.
- 3.- Las terrazas lado izquierda del río Guadalquivir en La Pintada de 6-7 ha.
- 4.- Las terrazas lado derecha del río Guadalquivir enfrente La Pintada de 20 ha.



Site 1



Site 2



Site 3



Site 4

De cada sitio se evaluaron los siguientes aspectos: (i) superficie necesaria; (ii) distancia y costos; (iii) accesibilidad; (iv) posibilidades para el re-uso del efluente y (v) aceptación social.

El cuadro a continuación presenta en resumen el resultado de la evaluación. El cuadro muestra que de los cuatro sitios evaluados, el sitio sobre las terrazas lado izquierda del río Guadalquivir en La Pintada es el más adecuado, a pesar de que la superficie disponible es limitada. Socialmente, La Pintada parece ser prácticamente el único sitio aceptable. El sitio se encuentra a una distancia recomendable de la ciudad, a una altura que permite que las aguas servidas lleguen por gravedad y las aguas tratadas podrían ser utilizadas fácilmente como agua de riego en campos agrícolas cercanos, actualmente sin agua de riego.

**Cuadro 3.2: Selección del Sitio para la nueva PTAR**

Sitios alternativos	Superficie disponible	Transporte	Re-uso del efluente	Accesibilidad	Aceptación social	
Puente San Luis	-	++	+	++	--	++
La Pintada, lado izquierda	+	+	+	+	+	+++++
La Pintada, lado derecha	++	+	+	+	--	+++
Quebrada Grande	++	--	+	-	0	+

### 3.4 Selección de la Tecnología más Adecuada

El estudio de factibilidad evaluó cuatro (4) diferentes tecnologías de tratamiento de aguas servidas urbanas: (i) lagunas de oxidación; (ii) sistema aeróbico de lodos activados (Carousel), (iii) sistema de bio-filtración en dos fases con tanques de alta y baja carga; (iv) sistema de flujo ascendente y manto de lodos anaeróbicos (UASB) en conjunto con bio-filtros. Las características principales de las cuatro tecnologías evaluadas son presentadas a continuación: cuadro 3.3. El cuadro 3.4 presenta una evaluación de los principales parámetros para la selección de la tecnología más adecuada para el sitio de La Pintada en Tarija.

**Cuadro 3.3: Características Principales de Cuatro Tecnologías de Tratamiento de Aguas Residuales**

**Lagunas de Oxidación**

Principales ventajas:

- Alto rendimiento de DBO/DQO;
- Alto rendimiento remoción de patógenos;
- Operación simple;
- Bajo costo de construcción y operación.

Principales desventajas:

- Requiere una superficie grande: 135 ha para el caso de Tarija (2030);
- Bajo rendimiento en remoción de nutrientes (N & P);
- Malos olores, difícilmente de controlar por las características climáticas de Tarija con cambios bruscos de la presión atmosférica y temperatura.



**Lodos Activados (Carrusel)**

Principales ventajas:

- Sistema relativamente compacto;
- Alto rendimiento (DBO/DQO);
- Alto rendimiento remoción de nutrientes (N & P);
- Amplia experiencia a nivel mundial.

Principales desventajas:

- Requiere una superficie plana de 10-12 ha en el caso de Tarija (2030);
- Moderado a bajo rendimiento en remoción de patógenos;
- Ocasionalmente malos olores (manejeable);
- Operación requiere de un equipo técnico experimentado;
- Requiere suministro continuo de mucha electricidad;
- El manejo de los lodos residuales no es simple;
- Altos costos de operación (energía y procesamiento de lodos).



**Bio-filtración en dos pasos: tanques de alto y bajo carga**

Principales ventajas:

- Sistema compacto y modular ;
- Buen rendimiento (BOD/DQO); dentro de las normas;
- Operación relativamente simple;
- Energía neutral y bajo costo de operación;
- Manejo simple de los lodos residuales;
- Efluente apto para riego: contiene N & P.

Principales desventajas:

- Moderado a bajo rendimiento remoción de patógenos;
- Ocasionalmente malos olores (manejeable).



**Combinación UASB y Bio-filtración**

Principales ventajas:

- Sistema compacto y modular; requiere 5-7 ha en el caso de Tarija (2030);
- Buen rendimiento (DBO/DQO) que depende de la temperatura ambiental;
- Operación relativamente simple;
- Energía neutral y bajo costo de operación;
- Manejo simple de los lodos residuales;
- Efluente apto para riego: contiene N & P.

Principales desventajas:

- Moderado a bajo rendimiento remoción de patógenos;
- Ocasionalmente malos olores (manejeable).



**Cuadro 3.4: Selección de la Opción Tecnológica más Apropia para La Pintada – Tarija**

	<b>Lagunas de Oxidación</b>	<b>Lodos Activados</b>	<b>Bio-filtración</b>	<b>UASB-Biofiltración</b>
<b>Espacio</b>	No opción: sitio es demasiado pequeño	Muy difícil de realizar en La Pintada	Apto para La Pintada, pero requiere obras de aplanación	Apto para La Pintada, incl. para una extensión con un modulo adicional
<b>BOD remoción</b>	Suficiente	Suficiente	Suficiente	Suficiente
<b>Remoción N&amp;P</b>	No necesario: re-uso	No necesario: re-uso	No necesario: re-uso	No necesario: re-uso
<b>Seguridad bacteriológica efluente</b>	Suficiente	Requiere post tratamiento	Requiere post tratamiento	Requiere post tratamiento
<b>Eficiencia (rendimiento)</b>	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Bajo rendimiento durante períodos fríos
<b>Problemas de males olores</b>	No-aceptable	Aceptables	Aceptables	Aceptables
<b>Digestión de lodos</b>	Simple y barato	Complejo y costoso	Relativamente complejo	Simple y barato
<b>Seguridad de operación</b>	Operación segura	Requiere una continua provisión de electricidad sin interrupciones	Relativamente segura; energía neutra	Relativamente segura; energía neutra
<b>Inversión inicial</b>	Bajo	Alto	Medio	Medio
<b>Costo de operación</b>	Bajo	Alto	Medio	Bajo
<b>Simplicidad de operación</b>	Opción más simple	Relativamente simple	Relativamente simple	Relativamente simple

El análisis de las diferentes opciones indica que la opción UASB-Biofiltración como la opción más apropiada, considerando las condiciones específicas de Tarija y las características del sitio de La Pintada. La opción permite la construcción de un sistema compacto, modular, de operación relativamente simple, de bajo costo y con pocas posibilidades de fallas e interrupciones. Sin considerar las lagunas de oxidación, la opción UASB-Biofiltros probablemente es la más sustentable en términos de un número de criterios e indicadores de carácter técnico, social, ambiental y económico, considerando las condiciones particulares del sitio seleccionado. Cabe mencionar que la evaluación final fue tomada a través de un proceso transparente de varias reuniones y presentaciones en las que participaron actores sociales, expertos y otros interesados en forma representativa.

Países como Bolivia necesitan con urgencia sistemas de tratamiento de aguas servidas que sean simples, compactos, flexibles, eficientes y accesibles en términos de costos. La tecnología anaeróbica cumple bastante bien con estos requisitos como también lo indica los cuadros 3.3 y 3.4. Sin embargo, se creyó hasta recientemente que las aguas servidas urbanas solo podían ser tratados de manera anaeróbica en países tropicales, donde la temperatura de las aguas servidas está generalmente por encima de 20-25 °C. El clima en Tarija, como en la mayor parte de la región

andina es relativamente templado con períodos con temperaturas por debajo de los 20 °C, sobre todo en la región andina sur con la presencia de inviernos relativamente fríos. Por lo tanto, se suponía que el tratamiento anaeróbico de aguas servidas estaba fuera de las posibilidades para esta región. Por otra parte, el tratamiento anaeróbico sólo se consideraba ventajoso para aguas servidas para altas concentraciones de demanda química de oxígeno (DQO) en esta agua (más de 500 mg/l), o sea para aguas industriales y no para aguas servidas domésticas. Otra razón que la factibilidad del tratamiento anaeróbico era cuestionada para aguas domésticas.

No obstante, avances tecnológicos de las últimas décadas, resultante de experiencias prácticas en situaciones similares, han mostrado que también en situaciones como Tarija, el tratamiento de aguas servidas con tecnología anaeróbica UASB es una opción real, sobre todo en combinación con un tratamiento con bio-filtros u otra tecnología para lograr un buen rendimiento de la planta, particularmente en invierno. La composición de las aguas servidas en Tarija, siendo una mezcla de aguas servidas domésticas con una baja carga y aguas industriales con una carga alta, tampoco es una limitación para la aplicación de la tecnología anaeróbica.

Se menciona en este sentido las experiencias con el tratamiento anaeróbico realizadas en Salta Argentina, Colombia, Egipto, Jordania y otros países con climas similares a Tarija. La experiencia en Salta Argentina es particularmente relevante: la Universidad Nacional de Salta, en cooperación con la Fundación Lettinga de Wageningen, Holanda, está realizando por más de una década un programa de investigación sobre la aplicación de la tecnología anaeróbica, con énfasis sobre las limitaciones que son el resultado de la temperatura baja en invierno y la concentración DQO de aguas servidas domésticas. La Universidad de Salta ha indicado estar muy dispuesto a proveer asistencia técnica requerida.

El tratamiento anaeróbico por si solo no resulta en un efluente que pueda ser descargado en río o que puede ser utilizado como agua de riego, principalmente porque el efluente todavía contiene microorganismos patógenos (también las otras tecnologías presentan esta limitación, ver cuadro 3.4). Por tal motivo se requiere una etapa de post-tratamiento en forma de pequeñas lagunas de oxidación para cumplir con las más exigentes normas ambientales. Ver capítulo 5.

Para más detalles sobre la tecnología seleccionada se refiere al estudio de factibilidad en inglés.

### **3.5 Diseño Conceptual de la Planta PTAR**

El estudio de factibilidad incluyó el diseño conceptual de las siguientes fases principales del proceso de tratamiento de las aguas servidas:

- Remoción de partículas sólidas y arena;
- El tratamiento anaeróbico UASB;
- El tratamiento aeróbico con bio-filtros;
- El post-tratamiento en pequeñas atajadas.

El diseño conceptual también incluyó el diseño de los siguientes procesos auxiliares:

- La recolección de biogas (generado en la fase UASB);
- La generación de energía eléctrica con biogás;
- El procesamiento de los lodos excedentes.

El CD adjunto presenta el diseño conceptual de la planta PTAR en Autocad (2008). Más detalles presenta el informe del Estudio de Factibilidad en inglés.

## 4. EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE TARIJA

La ciudad de Tarija produce agua servida doméstica y agua servida industrial. Las características de las aguas servidas industriales dependen del tipo de la industria y de los procesos productivos de estas mismas.

La gestión y el tratamiento de todos los efluentes industriales necesitan ser regulados por las autoridades responsables competentes como indicado en la Ley de Medio Ambiente N° 1333. El artículo 39 de esta ley indica *“El Estado normará y controlará el vertido de cualquier sustancia o residuo líquido, sólido y gaseoso que cause o pueda causar la contaminación de las aguas o la degradación de su entorno. Los organismos correspondientes reglamentarán el aprovechamiento integral, uso racional, protección y conservación de las aguas”*. El organismo responsable de la regulación está a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente Departamental.

La información y el monitoreo de la cantidad y contenido de los efluentes industriales es de fundamental importancia para el buen funcionamiento de la planta PTAR. En general se puede decir que la descarga de aguas servidas industriales tiene que ser limitado, particularmente en el caso de que estas aguas sean difícilmente tratadas por la planta PTAR (aeróbica o anaeróbica) y será importante promover el tratamiento de las aguas servidas industriales en forma descentralizada *en situ*. Por otra parte, las aguas industriales generalmente tienen altas concentraciones de DBO y DQO que favorecen el buen funcionamiento del proceso anaeróbico en la planta PTAR.

Considerando lo expuesto, el tema del tratamiento de aguas servidas industriales deberá ser una parte integral de cualquier proyecto de tratamiento de aguas servidas. En caso de que este aspecto no este considerado adecuadamente, el mismo puede resultar en un fracaso del proyecto.

### 4.1 Situación Actual

El COSAALT, como concesionario controla las descargas de 15 industrias en Tarija. Estas industrias tienen un permiso que regulan las descargas permitidas. Una evaluación de la información disponible indica que aproximadamente el 35% de todas las aguas servidas urbanas son industriales, pero estas aguas aportan con aproximadamente el 50% de la carga total de las aguas servidas. Los datos de la COSAALT indican que solo el 14% de la carga total está regulada y el dato claramente indica la necesidad de un enfoque integral.

Un aspecto importante es que ciertas industrias en Tarija no descargan sus aguas servidas a la planta en San Luis, incluyendo el matadero municipal y varias curtiembres, importantes productores de aguas servidas con altas concentraciones de DBO y DQO. La impresión es que las industrias reguladas solo se refieren a una parte muy limitada de todas las aguas servidas industriales y conectando estas industrias a la planta PTAR no sólo resultará en un mayor volumen de aguas servidas a ser tratadas, pero también en posibles mayores problemas de tratamiento.

La importancia del tema de las aguas servidas industriales muestra el resultado de los análisis de esta agua por el Laboratorio de la COSAALT en San Luis: las aguas servidas que lleguen a la planta contienen volúmenes a veces apreciables de aceites minerales que tienen su origen en las estaciones de servicio y talleres automotrices. Estos aceites generalmente son difícilmente biodegradables (una muy alta demanda química de oxígeno DQO), afectando fuertemente el normal y buen funcionamiento del proceso de tratamiento de la planta. El tema sin duda es una de las razones de los problemas de tratamiento de las aguas en la planta en San Luis.

## **4.2 Programa del Componente Tratamiento de las Aguas Industriales**

### **4.2.1 Objetivo Estratégico y Enfoque**

El objetivo estratégico del componente es que el tratamiento de las aguas servidas industriales de Tarija será realizada según las normas de la Ley del Medio Ambiente N° 1333, asegurando al mismo tiempo el buen funcionamiento de la planta de tratamiento PTAR.

El programa consta de tres fases:

#### *Fase I: Inventario, Investigación y Monitoreo (2009-2011)*

- Inventario de la situación actual de las industrias reguladas y no-reguladas;
- Análisis de las descargas difusas, enfocando las descargas de aceites minerales;
- Diseño e implementación de un programa de monitoreo (cantidad y calidad de los efluentes industriales).

#### *Fase II: Un programa de actividades para reducir la carga industrial a corto plazo (2010-2012)*

- Diseño e implementación de acciones e inversiones mínimas necesarias para el pre-tratamiento de las aguas residuales de las industrias que descargan estas aguas a la planta en San Luis, evitando picos en la carga y asegurando el buen funcionamiento de la planta PTAR.

#### *Fase III: Un programa de actividades para reducir la carga industrial a largo plazo (2012-2030)*

- Diseño e implementación de acciones e inversiones necesarias para todas las industrias de Tarija según la norma y que aseguran el buen funcionamiento de la planta PTAR;
- Diseño e implementación de prácticas sostenibles de reducción de las descargas difusas;
- Análisis y diseño de una estructura tarifaria para el tratamiento *in situ* de las aguas servidas industriales.

### **4.2.2 Actividades y Acciones Previstas**

#### *Fase I: Inventario, Investigación y Monitoreo (2009-2011)*

*Objetivo específico: Análisis y evaluación de la gestión actual de las aguas servidas industriales de Tarija según el tipo de industria.*

##### *Inventario:*

Un inventario de la gestión actual de las aguas servidas industriales de las industrias reguladas y no-reguladas. El inventario incluye, entre otros:

- El análisis y evaluación de los procesos productivos de cada industria y la producción, en términos cuantitativos y cualitativos, de las aguas servidas resultantes de estos procesos (actuales y futuros);
- La evaluación de las instalaciones existentes de pre-tratamiento de las aguas servidas y el funcionamiento y monitoreo de estas instalaciones por industria;
- Análisis y evaluación de las opciones disponibles de cada industria para mejorar los procesos productivos que reduzcan la producción de aguas servidas (cantidad y carga) a corto, mediano y largo plazo.

Para ciertas industrias, la evaluación de la gestión de las aguas residuales industriales requiere conocimientos y experiencias internacionales no disponibles en el país.

##### *Descargas difusas:*

Un programa para localizar las fuentes de las descargas industriales difusas; determinar la cantidad y contenido de DBO y DQO de estas descargas y como estas contribuyen a la descarga total y a los procesos de tratamiento en la planta PTAR. Un aspecto particular son las descargas de aceites minerales.

El programa requiere la realización de trabajos de campo y de laboratorio como también la determinación de "distritos de alcantarillado", cada uno con las actividades industriales y



comerciales, sus características específicas con respecto a las aguas servidas difusas, para así poder manejar el tema a nivel local.

*Monitoreo de las aguas servidas industriales:*

Un programa de monitoreo de la cantidad (picos en particular) y calidad de las aguas servidas industriales. Es un programa esencial para evaluar la importancia relativa de las aguas servidas de las industrias reguladas, no reguladas y de las descargas difusas en términos de volúmenes, cargas y origen.

**Fase II: Acciones a corto plazo para reducir la carga de las aguas servidas industriales (2010-2012):**

*Objetivo: Asegurar el normal funcionamiento de la nueva planta PTAR en cumplimiento de la Ley de Medio Ambiente.*

Para el normal funcionamiento de la nueva planta PTAR es fundamental que las aguas servidas industriales que descargan sus aguas residuales a la nueva planta PTAR no contengan sustancias tóxicas (contenidos extremos de BDO y DQO) en volúmenes y concentraciones inaceptables. Para esto se requiere de un programa de acciones a corto plazo para tales industrias que produzcan aguas servidas que no permitan el buen funcionamiento de la planta PTAR.

En términos prácticos significa el pre-tratamiento de las aguas servidas industriales *in situ*. Para cada industria regulada, el proyecto dará asistencia técnica para determinar la tecnología más adecuada de pre-tratar sus aguas servidas. No solo para asegurar el normal funcionamiento de la planta PTAR, sino también para cumplir con la Ley de Medio Ambiente. La tecnología UASB es muy apropiada para el (pre) tratamiento de aguas residuales industriales. Como también la planta PTAR es del tipo UASB, el uso de la misma tecnología será beneficioso y económico.

**Fase III: Acciones a mediano y largo plazo para reducir la carga de las aguas servidas industriales de Tarija con 50% (2012-2030):**

*Objetivo: El objetivo principal es reducir la carga total de las aguas residuales industriales de Tarija en un 50% en cumplimiento de la Ley de Medio Ambiente.*

Esta fase está destinada a todas las industrias de Tarija, reguladas y no reguladas, con el objetivo de reducir, gradualmente, el total de la carga industrial con aproximadamente 50% a través el pre tratamiento de las aguas industriales *en situ*. Experiencias en otros países indica que será un proceso largo, incorporando gradualmente todas las industrias tarijeñas. La fase también incluye el monitoreo permanente de las acciones de la fase II, y en caso necesario, introducir ajustes. Es un programa a ser desarrollado e implementado basado sobre las experiencias de las fases anteriores, y debe ser monitoreado permanentemente.

#### **4.2.3 Aspectos Financieros**

Es evidente que el pre- tratamiento *in situ* de las aguas residuales industriales tiene un costo, dependiendo de los volúmenes y las características de las aguas servidas producidas por las industrias y de antemano no es posible estimar las inversiones necesarias para cada industria. Por otra parte, el tratamiento *in situ* también puede resultar en la recuperación y reciclaje de productos básicos, reduciendo costos. La Ley de Medio Ambiente estipula claramente la obligación de cada industria, de introducir medidas para reducir la contaminación del medio ambiente y el pre-tratamiento de sus aguas servidas es un aspecto muy importante de esta ley.

En países industrializados se están aplicando varios mecanismos para fomentar, paso por paso, la aplicación de tecnologías de tratamiento de aguas residuales industriales. Algunos de estos mecanismos son:

- La aplicación de tarifas para el descargo de aguas servidas industriales: más altas las tarifas para aguas más concentradas de DBO y DQO.

- Asistencia técnica a las industrias para la implementación de medidas que gradualmente reduzcan las descargas industriales: el pre tratamiento *in situ*.
- Subsidios, préstamos y medidas fiscales que estimulen a las industrias implementar medidas para reducir las descargas industriales.

El objetivo es mejorar el tratamiento de las aguas servidas industriales en forma integral. Para cada industria será importante buscar el mejor balance entre realizar inversiones para el pre-tratamiento de sus aguas residuales *in situ* y pagar por el tratamiento a ser realizado por la planta PTAR.

### 4.3 Implementación del Programa

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Stage I:</b>									
1	Inventory regulated industries								
	Current situation								
	Options for short term improvements								
	Options for long term improvements								
2	Inventory unregulated industries								
	Current situation								
	Options for short term improvements								
	Options for long term improvements								
3	Diffuse Discharge								
	Workplan and approach								
	Analysis of current situation								
	Input monitoring program								
	Feedback to waste load treatment plant								
4	Monitoring Stage III								
	Design								
	Execution (intensive)								
5	Evaluation Stage I								
<b>Stage II:</b>									
1	Ranking Waste Loads								
2	Development and implementation short term solutions industry								
3	Development and implementation short term solutions diffuse discharges								
4	Evaluation Stage II								
<b>Stage III:</b>									
1	Continuous monitoring of industrial waste load								
1.1	monitoring								
1.2	on site inspection								
2	Monitoring of diffuse discharges								
2.1	Analysis of influent data								
2.2	On site inspection								
3	Development and implementation on site treatment industries								
3.1	Development of sanitation plans								
3.2	Support local industries with knowledge, knowledge exchange								
3.3	Subsidy program								
3.4	Tariff Structure								
4	Development and implementation on site treatment diffuse discharges								
5	Evaluation Stage III								

## 5. EI RE-USO DE AGUA TRATADA EN AGRICULTURA DE RIEGO

### 5.1 El Re-uso de Agua Reciclada en la Agricultura

Uno de los componentes del Proyecto Gestión Integral de los Recursos Hídricos del Valle Central propuesto es la re-utilización (ó reciclar) las aguas residuales tratadas por la nueva planta de tratamiento PTAR como agua de riego en el Valle Central. El reciclaje es un eslabón importante en la gestión de la cadena integral del agua en el valle. Con el agua reciclada se podría regar, en el 2010, hasta 300 ha de cultivos de frutales (y vid) y hasta 1.000 ha después de completar la ampliación de la red de alcantarillado; información que muestra la importancia del componente.

En México, un área de 350.000 hectáreas son regadas con aguas recicladas y en Perú 6.000 hectáreas, pero en Bolivia el reciclaje de aguas residuales es un tema nuevo y merece una discusión previa general, presentada en este párrafo. El párrafo 5.2 analiza la situación en Tarija y los detalles del componente.

Los aspectos generales del uso de aguas residuales recicladas como agua de riego tienen una mayor discusión en el libro *“Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries, de Duncan Mara, 2003”* y la información presentada a continuación es un resumen de los aspectos más importantes:

- Calidad y cantidad del agua reciclada;
- Los cultivos a ser regados;
- Almacenamiento, transporte y distribución de agua reciclada;
- Como aplicar el agua reciclada.

#### **- Calidad y Cantidad del Agua Reciclada**

El uso de aguas contaminadas de ríos o de efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales insuficientemente tratadas, pone en serios riegos la salud pública por contener patógenos como virus, bacterias, huevos de helmintos y otros patógenos, causando diarrea, hepatitis, gastroenteritis, disentería, entre otros. Los riesgos son particularmente grandes para niños. En el caso de tratamiento de las aguas residuales, la contaminación será mucho menor, pero ciertos patógenos son muy resistentes y quedarán presentes en las aguas tratadas. Por esta razón, para el uso de las aguas residuales tratadas como agua de riego, se requiere casi siempre un proceso de post-tratamiento. La Organización Mundial de Salud (OMS) preparó una guía sobre la calidad microbiológica de la aguas residuales tratadas a ser usadas como agua de riego: *WHO, 2004, Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture*.

Los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales también presentan ciertos niveles de nitrógeno y fósforo que no son un riesgo para la salud y la presencia de estos nutrientes en el agua de riego puede ser considerado como una ventaja por ser fertilizantes para los cultivos a regar.

Un tema importante a considerar es la disponibilidad del agua tratada y los picos en la oferta de las aguas a ser tratadas. Las descargas son bajas durante la noche y los máximos picos ocurren generalmente en las mañanas. Significa que casi siempre se requiere suficiente capacidad de almacenamiento para permitir un flujo constante de agua reciclada. Reservorios o atajadas son los métodos más comunes, los mismos que pueden ser utilizados como reservorios de post-tratamiento.

#### **- Los cultivos a ser Regados con Agua Reciclada**

Los estándares de la OMS varían de cultivo a cultivo; así para las hortalizas frescas (lechuga, cebolla, tomates, etc.) a ser consumidas en forma cruda, los límites bacteriológicos son mucho más estrictos que para cultivos perennes como frutales. En la práctica, muchas veces es una cuestión económica: cuanto más pura el agua reciclada debería ser, es más caro el proceso de tratamiento.

Considerando la situación de Tarija, la selección de la tecnología UASB-Filtros biológicos como la tecnología de tratamiento más adecuada y la fruticultura con cultivos de tallo alto (duraznos y vid) como cultivos muy rentables en el Valle Central, se optó utilizar las aguas recicladas de la nueva planta PTAR específicamente en cultivos de talle alto, sin necesidad de mayores inversiones de post-tratamiento.

#### **- Almacenamiento, transporte y distribución de agua reciclada**

El almacenamiento de las aguas recicladas en reservorios es un aspecto importante para el uso de esta agua en la agricultura de riego. El almacenamiento en reservorios abiertos es preferido por ser multi-funcional: para el post-tratamiento como para regular el flujo de estas aguas. Los reservorios requieren ser bien manejados y permanentemente monitoreados con un programa de análisis microbiológico.

#### **- Como aplicar el agua reciclada**

Las maneras más comunes de utilizar aguas recicladas es en forma de surcos y, para cultivos de talle alto, en forma de goteo. El último requiere inversiones bastante altas, pero es muy eficiente y económico en término de volúmenes de aguas necesarias. Una ventaja importante del riego por goteo es que los estándares de la OMS no estipulan límites microbiológicos específicos para aguas recicladas a ser utilizadas en riego por goteo, considerando que generalmente ese tipo de riego se aplica solamente a cultivos perennes de talle alto.

Una alternativa es por ejemplo 'bubbler irrigation', una técnica particularmente apta para el riego de árboles frutales y nogales por ejemplo. En todo caso, como el agua reciclada tiene ciertas cantidades de algas (por los nutrientes N y P) y partículas sólidas (provenientes de los reservorios o atajados) siempre es necesario realizar una investigación práctica previa para definir la manera más adecuada.

## **5.2 El Re-uso de Agua Reciclada en el Valle Central**

### **5.2.1 Consideraciones Generales**

La falta de agua para riego en el Valle Central de Tarija y conflictos sobre el uso del agua disponible entre diferentes sectores y comunidades son realidades cada vez más importantes. Sin embargo, hasta la fecha, el tema de la calidad del agua para riego raramente ha sido un tema importante y por ende los agricultores también están utilizando aguas residuales no tratadas, también en cultivos como hortalizas frescas. Particularmente el valle del río Guadalquivir el agua baja de los centros poblacionales como San Lorenzo y Tarija, áreas donde las aguas son severamente contaminadas por aguas residuales no tratadas o solo parcialmente tratadas. En el caso de Tarija, en este momento solo entre el 50-60% de las aguas servidas urbanas entran en las lagunas de San Luis, el resto siguen siendo botadas al río como aguas servidas crudas sin ningún tratamiento. El mal funcionamiento de las lagunas está agravando la situación.

En las comunidades rurales que utilizan el agua del río no tratada se han reportado una alta incidencia de enfermedades. Lo mismo ocurre en ciertos barrios de la ciudad de Tarija, a pesar de que en este caso también influye la falta de agua potable y alcantarillado en estos barrios, la presencia de tanques sépticos mal mantenidos y el descargo de las aguas residuales directamente en las cárcavas cruzando la ciudad.

Por otra parte y considerando la demanda cada vez mayor de agua de riego en la mayor parte del valle, el re-uso de aguas recicladas es atractiva y factible. Durante los primeros años de la nueva planta PTAR, una área de aproximadamente 400 hectáreas puede ser regada con las aguas recicladas. Con la ampliación de las redes de agua potable y alcantarillado y el crecimiento de la población y la industria, los volúmenes de agua reciclada incrementarán anualmente. Considerando las proyecciones del COSAALT utilizadas en el estudio de factibilidad, en el 2020 los volúmenes de agua reciclada serán suficientes para regar un área de aproximadamente 1.000 hectáreas de frutales y vid.

El re-uso del agua reciclada también tendrá un efecto positivo sobre el costo operativo de la planta PTAR, por tener un valor económico. Sin embargo, la experiencia en otros países ha mostrado que todo esto no viene solo. Muchos productores, pequeños y grandes como también productores que actualmente están utilizando aguas no tratadas del río Guadalquivir, estarán susceptibles de utilizar las aguas que vienen directamente de una planta PTAR.

Significa que la introducción del re-uso de agua reciclada como agua de riego requiere acciones de promoción y fomento, demostrando el uso de aguas recicladas sin riesgo para la salud.

## **5.2.2 Diseño Conceptual del Proyecto Piloto**

### **- Ubicación y Duración**

Tentativamente, fueron seleccionadas tres comunidades de pequeños productores en el Valle Central cerca del sitio de la nueva planta de tratamiento de aguas residuales PTAR en La Pintada para demostrar el uso de aguas servidas como agua de riego sin riesgos para la salud. Son las comunidades de Ancón Grande y Chica, San Isidro y Chozas, tres comunidades ubicadas sobre el río Guadalquivir aguas abajo de la planta. Las comunidades cubren una superficie total de aproximadamente 350 hectáreas. Los aproximadamente 200 productores cultivan hortalizas frescas, regadas con agua no tratada y muy contaminada por el agua del río. Los productos son generalmente vendidos en los mercados y ferias de Tarija. Los productores también producen uvas de mesa para mercados en Tarija y otras ciudades del país y uvas que son vendidas a las medianas y grandes bodegas en el Valle para la producción de vinos y singanis. El proyecto piloto tiene una duración propuesta de 3 años, más un año de preparación, diseño y construcción.



### **- Consideraciones Básicas**

Las tierras de las comunidades seleccionadas son regadas por aguas no tratadas del río Guadalquivir, fuertemente contaminada por un 40-50% de todas las aguas residuales urbanas, sin incluir todavía las aguas residuales del matadero municipal, las curtiembres y probablemente otras industrias. Según datos del laboratorio de la COSAALT, la calidad del agua usada en este momento es totalmente inapta para ser usada en riego. Con el crecimiento de la ciudad y la ampliación de las redes de alcantarillado en Tarija, la situación deteriora rápidamente.

Durante los primeros años, el agua reciclada producida por la nueva planta PTAR en La Pintada tendrá un volumen de aproximadamente 25.400 m<sup>3</sup>/día, suficiente para regar un área de 350 hectáreas de frutales y vid, considerando el uso efectivo de 10.000 m<sup>3</sup>/año/ha sobre un período de 9 meses por año. El agua reciclada no será botada al río pero llegará a las comunidades en forma directa, a través de canales existentes y otros a ser construidos o mejorados desde La Pintada.

El post tratamiento del efluente de la planta PTAR se realizará en reservorios o atajados poco profundos (hasta 2.00 metros) y el período de retención será de 5-6 días.

**- Diseño de los Sistemas de Riego**

La infraestructura de riego consistirá de un canal principal que descargue el agua reciclada de la planta por gravedad hasta la primera comunidad: Ancón-La Pintada. En este lugar se deberá cruzar el río con un sifón para llegar a las otras comunidades del proyecto piloto.

Los reservorios atajados serán construidos en forma participativa con los productores y a pequeña escala para el óptimo uso de las experiencias actuales en la construcción y gestión de estos reservorios (atajados). El diseño final técnico del proyecto estará a cargo del IICCA, una ONG Tarijeña con amplia experiencia en estos tipos de proyectos. IICCA ya cuenta con un convenio de cooperación con la Prefectura.



## 6. CONCIENTIZACIÓN Y FORMACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS

### 6.1 Concientización sobre el Uso de Agua

Un aspecto esencial del Manejo Integrado de los Recursos Hídricos es la necesidad de acciones de concientización en todos los niveles y en todos los segmentos de la sociedad, orientadas a promover los tres criterios básicos que deben cumplirse en dicho manejo: equidad, eficiencia y sostenibilidad ambiental (Triple EEE: "equity – efficiency – environment").

En comparación con los estándares internacionales, el consumo neto de agua potable en la ciudad de Tarija es alto: 173 litros por persona por día. La proyección de la COSAALT es reducir el consumo neto de agua potable en alrededor de los 115 litros/persona/día, lo cual a todas luces resulta una meta muy ambiciosa, y que solamente podrá ser alcanzada mediante un amplio programa de concientización, entrenamiento y educación ambiental.

#### 6.1.1 Enfoque de la Cadena Integral de Agua

En la promoción y persuasión de un mayor nivel de conciencia en el uso de agua, se empleará el concepto de Cadena Integral de Agua, cuya lógica general está graficada en la siguiente figura:



La estrategia de concientización en torno al concepto de cadena de agua tendrá que tomar en cuenta las especificidades y condiciones de cada grupo o segmento de usuarios involucrados.

*Por ejemplo, en el caso de la población urbana, la cadena de agua de Tarija podrá explicarse mediante una mejor visualización de las fuentes (agua subterránea, el reservorio San Jacinto, y en el futuro también las captaciones en la zona de Huacata, así como sus elementos de conducción: túneles, tuberías y canales). Luego, se mostrará al público cómo dichas aguas son tratadas para su potabilización y transportadas a la ciudad, siendo usadas como agua potable, para la actividad industrial y para áreas verdes (jardines, parques, etc.). Entonces, también debe visibilizarse que estos usos producen aguas servidas, las mismas que son colectadas en el sistema de alcantarillado y enviadas a la planta de tratamiento de aguas servidas. Finalmente, se explicará en forma muy práctica cómo las aguas recuperadas con el tratamiento son usadas - de nuevo - para la agricultura de riego, es decir en la evapotranspiración de los cultivos, y que excedentes drenan al subsuelo o entran en algún cauce superficial para ser nuevamente usadas aguas abajo.*

El modelo de cadena integral de uso de agua será usado como una herramienta para informar y educar al público sobre la necesidad de hacer un uso racional de este recurso escaso y para estimular una mayor conciencia ambiental en general.

En estos esfuerzos de concientización resulta fundamental explicar las repercusiones para la sociedad cuando determinados eslabones de la cadena no están funcionando adecuadamente. Por ejemplo, indicando que la comunidad sufrirá cortes de agua en caso de no procurarse (y proyectar al futuro) una suficiente capacidad de captación y producción de agua (potable) en la parte superior de la cadena. Y también, que aguas servidas no colectadas por el sistema de alcantarillado o no tratadas en la planta de tratamiento de aguas residuales generarán daños considerables al medio ambiente.

Otro ejemplo es el hecho que efluentes industriales de carácter tóxico no pueden ser tratados en la planta de efluentes de la ciudad, puesto que interfieren negativamente en el proceso de tratamiento, y por ende afectan las posibilidades de re-uso de dichos efluentes, a la vez contaminando el río y generando limitaciones adicionales para los usuarios que captan el agua más abajo. Por lo tanto, debe concientizarse sobre el hecho de que los efluentes industriales requieren medidas especiales en la cadena de uso de agua: más focalizadas, en el mismo sitio donde se producen estos efluentes.

Una atención particular requiere el concepto que el agua es un recurso natural para todos, pero que es limitado y que si bien se presenta en forma natural sin costo monetario, hay altos costos involucrados al momento de captarla, conducirla y tratarla hasta tener la suficiente pureza para que sea potable, para distribuirla hacia las conexiones domiciliarias, para tratar los efluentes, etc. Todo bajo el lema: "lo que cuesta es el buen servicio, no el agua".

Debe enfatizarse en las campañas de concientización que la colección y tratamiento de aguas servidas - domésticas e industriales – así como el manejo gerencial del sistema - son actividades que tienen un alto costo, no siempre visible pero igualmente importante para que el entorno ambiental se mantenga placentero como espacio de vida y de disfrute. De tal manera que Tarija siempre podrá dar honor a su nombre de ser la "Ciudad Jardín del Sur".

### **6.1.2 Plan de Acción**

El Plan de Acción tendrá que ser desarrollado por una organización especializada en sensibilización y concientización. Dicho diseño se realizará en cooperación y consulta con la COSAALT, con el Gobierno Departamental y con los propios usuarios, sus organizaciones (vecinales), representantes de la actividad industrial y otros involucrados. Al desarrollarse los distintos componentes del proyecto, también éstos ofrecerán insumos y oportunidades para el diseño y ejecución del Plan de Acción en cuanto a concientización se refiere.

Al haberse analizado y discutido el tema de concientización con distintas entidades en Tarija en el marco de la formulación del presente proyecto, se ha confeccionado la siguiente lista tentativa de actividades que forman parte del Plan de Acción, con la finalidad de abordar los aspectos más importantes:

- Exposición rodante: uso de un bus (escolar) para informar y promover en distintos sitios de la ciudad de Tarija y del Valle Central el conocimiento sobre la cadena de agua y sobre el proyecto de Manejo Integrado de Recursos Hídricos;
- Campaña permanente de información y concientización en medios de comunicación sobre la necesidad de reducir el consumo de agua y sobre cómo alcanzar este objetivo;
- Difundir los estímulos que se aplicará para reducir el número de conexiones informales al nivel individual (domiciliario). Entre otros, se piensa en campañas vecinales de información sobre esta problemática, posiblemente incluyendo un componente de subsidio para la regularización – o en su defecto: clausura - de conexiones informales;
- Campañas especiales dirigidas a segmentos de usuarios muy específicos: comités vecinales; comités de mujeres; grupos escolares; empresas e industrias;



- La producción de material didáctico y de información a medios de difusión con respecto a los avances de los distintos proyectos en la cadena de agua, y particularmente sobre los respectivos resultados que se hayan obtenidos en cada uno de éstos.

Una actividad adicional importante del componente será la construcción y funcionamiento del Centro de Agua y Educación Ambiental cerca de la nueva planta de tratamiento de aguas servidas en La Pintada, de acceso público y especialmente para estudiantes escolares y universitarios. Dicho centro ofrecerá información *"in situ"* de los aspectos ambientales y sobre elementos técnicos relacionados con la cadena de agua. Se tendrá que producir documentales (videos), con énfasis especial sobre el proyecto de saneamiento de Tarija.

El Centro de Agua y Educación Ambiental hará esfuerzos activos y permanentes en atraer la atención del público en general y de centros educativos en particular. El programa de promoción incluirá visitas guiadas a la planta de tratamiento de aguas servidas en La Pintada, explicando los distintos pasos que atraviesa el agua en el proceso; pero también dará oportunidad para visitar, conocer y entender los distintos "eslabones" de la cadena de agua, así como las interrelaciones entre éstos (i.e. el Proyecto Huacata, las planta de potabilización de agua potable, proyectos de riego). La construcción del centro ha sido incluida en el proyecto y su costo ha sido considerado en el presupuesto global para la planta de tratamiento y obras anexas.

## **6.2 Formación sobre Recursos Hídricos**

Al nivel técnico y profesional, el proyecto incluye un amplio programa de formación en recursos hídricos, a ser desarrollado e implementado por la Universidad Autónoma "Juan Misael Saracho" (UAJMS) de Tarija. El hecho que dicha universidad alberga al Instituto Interuniversitario Boliviano de Recursos Hídricos (INIBREH) es considerado de suma importancia para fomentar y fortalecer este centro de conocimiento, particularmente en materia de Manejo Integrado de Recursos Hídricos.

Junto con el equipo profesional del INIBREH se ha delineado un bosquejo preliminar de un Programa de Formación para funcionarios de entidades gubernamentales y organizaciones no gubernamentales, así como para otros profesionales interesados.

El Programa de formación incidirá en distintos niveles:

- (i) profesionales y funcionarios al nivel de gerencia y/o de instancias decisorias de la institucionalidad local y departamental.
- (ii) Profesionales de las entidades involucradas en la implementación del Plan de Gestión Integral de Recursos Hídricos, tanto del Valle Central como posiblemente de otros espacios territoriales.
- (iii) Estudiantes (egresados) de pre-grado.
- (iv) Estudiantes de postgrado (diplomado u otros cursos).

## **Programa de Formación en Manejo Integral de Recursos Hídricos (MIRH)**

Se concibe como programa de cuatro años de duración: 2010-2014, a ser definido y ajustado en forma anual, y en algunos aspectos en forma trimestral. El programa considera módulos de 2 a 4 semanas, combinando docencias con análisis grupal de casos y tareas individuales. El énfasis estará orientado a la solución de problemas como aspecto central en el desarrollo de capacidades de los alumnos. Sin embargo, los módulos no descuidarán la asimilación de conocimientos teóricos y de habilidades técnicas. El Programa de Formación se diseñará tomando en cuenta la disponibilidad y requerimientos del staff docente, otras facilidades académicas y logísticas, así como las oportunidades de ejercicios prácticos que se presenten en el Valle Central. Tentativamente, el programa contemplará los siguientes módulos:

Modulo: *Manejo Integrado de Recursos Hídricos*: introducción en conceptos y principios; las distintas dimensiones de valoración del agua; políticas hídricas y legislación; cadena y uso múltiple del agua; modelos de gestión (pública-privada) del agua; participación y concientización de usuarios; monitoreo de aguas en cantidad y calidad; herramientas de gestión.

Modulo: *Hidrología del Valle Central*: aguas superficiales y subterráneas; procesos hidrológicos y balances hídricos; modelos de precipitación-escurrimiento; régimen hidrológico (base flow, descargas máximas, etc.); modelación de riesgos de inundación; uso de GPS y SIG; modelación y análisis territorial.

Modulo: *Ingeniería de Agua Potable*: producción de agua potable; procesos de purificación; normas y procedimientos en el monitoreo de calidad; indicadores de calidad de servicio, seguridad y eficiencia.

Modulo: *Ingeniería Sanitaria*: sistemas de alcantarillado; tratamiento de aguas servidas domésticas e industriales; reciclaje y re-uso de agua; saneamiento y salud pública; gerencia de planta; gestión pública en materia sanitaria. La Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Tarija (estudio de caso).

Modulo: *Agua y Agricultura*: riego y sistemas de irrigación; organización y gestión de sistemas colectivos de riego y sistemas de riego predial; herramientas de gestión; consumo de agua por cultivos, métodos de riego y eficiencias de agua; drenaje; procesos de salinización; uso de agroquímicos y calidad de agua; el re-uso de agua reciclado como agua de riego.

Modulo: *Economía de Agua y Planificación*: introducción a la economía de recursos naturales; compatibilización entre demanda y oferta de agua; cálculo integral de costos de inversión, operación y mantenimiento en torno a la prestación de servicios de agua (potable; riego, etc.); costos y beneficios económico-financieros del tratamiento de aguas servidas; costos sociales y ambientales; modelos, categorías y cálculos de tarifas de agua; aspectos sociales y legales; análisis y solución de conflictos de agua.

Modulo: *Agua y Medio Ambiente*: manejo integrado de la cuenca; políticas hídrico-ambientales; protección de fuentes y cauces naturales de agua; cosecha de agua; caudales ecológicos; grados de contaminación e impactos sobre el medio ambiente y la salud pública; saneamiento hídrico-ambiental; monitoreo ambiental y evaluación de impacto ambiental; aspectos sociales y legales.

El Programa de Formación será implementado por el staff académico de la Universidad Autónoma "Juan Misael Saracho" (UAJMS), y particularmente por los profesionales vinculados al INIBREH, con apoyo de especialistas de instituciones regionales y nacionales, de otras universidades asociadas al mencionado Instituto, y por parte de consultores del proyecto.

Para la docencia en determinadas materias que requieran de mucha especialización se contratará especialistas externos en forma puntual. Más bien, se espera que todos los consultores y el equipo

técnico-profesional de los distintos componentes del proyecto compartan sus conocimientos y experiencias a través del Programa de Formación, ello en calidad de “docente en visita”.

Al nivel universitario se promoverá una estrecha cooperación internacional en ciencias de recursos hídricos entre la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” (UAJMS) de Tarija y la Universidad Nacional de Salta, Argentina. Se investigará la posibilidad de una cooperación con alguna universidad técnica de Holanda, como parte del Programa NUFFIC. La participaciones de las universidades nacionales cómo ser la Universidad Mayor de San Simón (UMSS) de Cochabamba y la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) de La Paz también están previstas, considerando la cooperación INIBREH – UMSS – UMSA.



## **7. GESTION INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DEL VALLE CENTRAL**

### **7.1 El Concepto**

El acceso equitativo al recurso agua para el consumo humano y productivo es fundamental para un equilibrado desarrollo socio-económico de la sociedad particularmente en regiones áridas y semiáridas, donde la escasez del recurso y el reclamo de tener acceso al recurso por los diferentes sectores es cada vez mayor, es urgente alcanzar un enfoque integral en la gestión del recurso a nivel de cuenca o, en el caso de Tarija, a nivel del Valle Central.

La Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH) es un proceso sistemático de apoyo y de planificación en torno al uso sostenible y equitativo de los recursos hídricos dentro de un contexto económico, social y ambiental. El enfoque integral parte del hecho que los diferentes sistemas de uso del recurso son interdependientes, tanto en competir por cantidad, calidad y oportunidad, como por formar parte de la denominada “cadena de uso” del recurso. La gestión integral también relaciona los espacios de la gestión pública y la actividad privada, en un territorio de vida fundamental como es el Valle Central en donde los diferentes sectores compiten por el uso del este recurso y en donde las aguas servidas afectan seriamente al medio ambiente y al río Guadalquivir en particular, amenazando los ecosistemas y el uso del agua, provocando – entre otros - riesgos para la salud.

En situaciones en que la responsabilidad para la provisión de agua potable está en manos de una agencia, de agua para la generación hidro-eléctrica en manos de otra empresa, de agua para riego en manos de organizaciones de regantes, y de agua para el medio ambiente y los ecosistemas siendo una responsabilidad transversal, la falta de coordinación entre los diferentes sectores y agencias resultará en políticas poco balanceadas, mal uso del recurso, conflictos entre actores y, como consecuencia, una situación poco sostenible. Estos síntomas también son evidentes en el Valle Central. Además, hasta la fecha, el enfoque en Tarija estaba sobre todo en la búsqueda y el desarrollo de nuevas fuentes de agua, en lugar de también utilizar mejor las fuentes existentes, resultando muchas veces en soluciones e inversiones más costosas y a veces innecesarias, y por otro lado, no aporta soluciones a los problemas de calidad de agua.

La introducción y aplicación de prácticas de gestión integral de los recursos hídricos es un proceso gradual con algunos pasos a ser considerados desde el inicio y otros que requieren más tiempo de planificación, así como el desarrollo de capacidades específicas. Sin embargo, en cada etapa, la participación de los actores y el acceso equitativo al recurso en términos sociales y económicos son fundamentales.

### **7.2 Objetivos Estratégicos**

El objetivo general del componente Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH) del Valle Central es desarrollar un marco estratégico y una herramienta articuladora para el uso y manejo de los recursos hídricos del Valle Central en forma equitativa y sostenible, aplicando el concepto de la cadena de uso del agua. Este objetivo puede ser realizado a través de compromisos de acción que:

- Aseguren que los proyectos relacionados con el recurso agua consideren el uso múltiple más eficiente, socio-económico y ambientalmente sostenible.
- Desarrollen y aplican instrumentos técnicos para la planificación y la toma de decisiones sobre el uso adecuado del recurso.
- Promueven acciones que limiten la contaminación de las aguas, sus fuentes y sus cauces, y que en general mitiguen la degradación ambiental.

- Desarrollen herramientas técnicas de prevención y control de fenómenos extremos como son riadas, inundaciones y sequías.
- Fortalezcan mecanismos de financiamiento sostenible para la inversión, la operación y mantenimiento de sistemas hídricos, así como para la gestión integral del recurso.
- Desarrollen y fortalezcan la capacidad institucional y humana para la formulación e implementación de normas y estrategias, así como para la adecuada gestión de sistemas hídricos, que apuntan al uso más eficiente y económico del agua como un bien económico y social.

Para lograr esto en el Valle Central se tiene los siguientes principales objetivos estratégicos:

**Objetivo Estratégico 1: Desarrollar un Marco Compartido de Planificación y de Seguimiento**

- desarrollar e implementar una propuesta de medidas para el uso y manejo sostenible y equitativo de los recursos hídricos;
- determinar, aplicar y monitorear normas y estándares para la calidad de agua potable, aguas residuales, aguas para riego y aguas para otros usos;
- desarrollar un marco de mecanismos efectivos para la solución de conflictos sobre el uso del agua, incluyendo mecanismos para el uso de agua de cuencas adyacentes (Huacata y El Molino).

**Objetivo Estratégico 2: Desarrollar un Sistema de Información de Recursos Hídricos como una herramienta para la toma de decisiones**

- Análisis sistemático del comportamiento de los componentes del sistema hidrológico: oferta y demanda de agua superficial y subterráneo; caudales específicos y su variación; balances hídricos por sub cuenca; regímenes hidrológicos; etc. Ello para mejorar el conocimiento del recurso agua disponible y dónde se encuentran oportunidades para su desarrollo, uso o conservación más efectiva;
- Análisis sistemático del uso local del agua, distribución para el consumo humano (fuentes, redes, calidad, consumo volumétrico), agua industrial (cantidad de uso y fuentes de contaminación), riego (áreas regadas y consumo); eficiencias en el uso del agua y el tratamiento de aguas residuales, etc.;
- Interacción entre agua, suelo y ambiente; manejo de agua y suelos; erosión, degradación ambiental, biodiversidad y sostenibilidad ecosistémica; ocupación territorial y diferenciación espacial: agua-tierra-ecosistema;
- Análisis y seguimiento de variables económicas en torno a la inversión en infraestructura hidráulica y de conservación hídrico-ambiental, costos de operación y mantenimiento de sistemas hídricos; mecanismos de recaudación y sostenibilidad económico-financiera; etc.;
- Desarrollar un sistema de datos como una herramienta de toma de decisiones a nivel del valle central y de las sub-cuencas; fortalecer el instituto INIBREH de la Universidad UAJMS.

**Objetivo Estratégico 3: Promover la Participación, Educación y Sensibilización Pública en los temas de uso, manejo y conservación del recurso agua**

- Promover mecanismos de consulta a los actores en la toma de decisiones a través de la creación de instancias de participación y de coordinación sobre el uso equitativo entre los diferentes usuarios del agua;
- Desarrollar programas y campañas de sensibilización y educación ambiental, promoviendo mejores hábitos en el uso y conservación del recurso agua liderado por el Ministerio de Agua;
- Construir un centro de educación ambiental en el sitio de la planta de tratamiento de aguas servidas como apoyo a los programas educacionales formales e informales.

**Objetivo Estratégico 4: Fortalecer las Relaciones entre Políticas Económicas, Sociales y Ambientales**

- Determinar el uso más eficiente del recurso agua basado en valores económicos, sociales y ambientales;
- Equilibrar la oferta y demanda de agua, mejorando las relaciones entre los sectores económicos, sociales y ambientales;
- Desarrollar mecanismos para determinar tarifas sostenibles para el uso de aguas servidas tratadas.

**Objetivo Estratégico 5: Promover la Inversión en Infraestructura en la Cadena de Agua**

- Desarrollar planes de inversión en la infraestructura de agua a largo plazo, basados en el uso equitativo del recurso y equilibrando los intereses de los actores y los sectores económicos como los aspectos sociales y ambientales.

Los objetivos del componente se enmarcan en los conceptos y estrategias del Plan Nacional de Cuencas (PNC) del Viceministerio de Cuencas, como una iniciativa regional con realidades específicas. El componente diseñado es el producto de diversas reuniones de consulta, entrevistas y aportes de consultores nacionales e internacionales en el tema en la región andina.

### 7.3 Marco Institucional y Estructura Organizativa

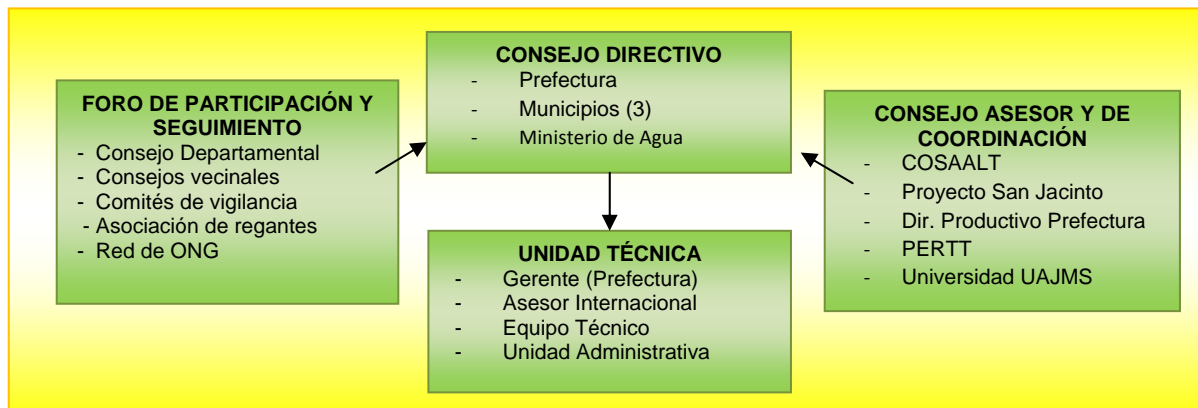
A nivel nacional, el Viceministerio de Cuencas y Recursos Hídricos tiene la responsabilidad de orientar el proceso de la gestión del recurso hídrico y el desarrollo de programas como es el Plan Nacional de Cuencas.

A nivel departamental es la Prefectura que, por la Ley de Descentralización Administrativa, es responsable de la planificación regional, la gestión de los recursos naturales y prevención del medio ambiente, incorporando la gestión de los recursos hídricos bajo un enfoque integral.

A nivel local son los municipios las instancias encargadas del desarrollo y planificación de los recursos hídricos dentro de su jurisdicción. A este nivel, los actores principales son los usuarios, las cooperativas y empresas municipales de agua potable y alcantarillado, productores organizados, juntas de regantes, así como ONGs, Universidades y otros.

En esta perspectiva, a continuación se presenta el organigrama programático como *una plataforma interinstitucional de gestión de los recursos hídricos, para la toma consultada de decisiones y la gobernabilidad hídrica* en el Valle Central.

**Fig. 7.1 Estructura Organizativa  
Programa Manejo Integral de los Recursos Hídricos – Valle Central**



La Unidad Técnica actuará como una instancia de coordinación, de intercambio y aporte en el análisis, de propuesta y de articulación entre las agencias de toma de decisiones y los actores. La falta de una instancia coordinadora ha sido la principal razón por la que durante las última tres décadas, un número excesivo de estudios han sido realizados sobre el uso de los recursos hídricos en el Valle Central, prácticamente sin coordinación, resultando en la duplicación de esfuerzos y la pérdida innecesaria de recursos.

Un especialista internacional de manejo integral de los recursos hídricos será asesor en la Unidad Técnica y en relación con el Consejo Directivo sobre la introducción de los conceptos de GIRH, la coordinación entre actores en el tema agua, acciones de sensibilización de la población y, fundamental en el desarrollo e implementación de un plan de acción para el Valle Central.

Se propone que la estructura organizativa propuesta gradualmente se convierta en una mesa interinstitucional efectiva y permanente, con capacidad facilitadora y coordinadora permanente del Gobierno Departamental y para todos los actores involucrados.

#### 7.4 Plan de Acción

El componente GIRH será orientador, articulador e integrador para la gestión integral del agua que fomenta la generación de proyectos y de formas apropiadas de gestión en la cadena del agua, procurando que éstas sean sostenibles y equitativas.

El componente no ejecuta proyectos si no facilita iniciativas locales de gestión del agua como parte del manejo integrado de los recursos naturales. El componente orienta, coordina, asesora y sistematiza acciones de inversión y gestión en torno a los recursos hídricos, orientándolas hacia un enfoque integral, y promueve la generación de información para desarrollar el conocimiento necesario para el proceso de toma de decisiones en la materia. La promoción y el fortalecimiento de la gestión integrada del agua bajo la modalidad de participación y autogestión es un objetivo fundamental.

En base a los objetivos estratégicos, el Plan de Acción considera lo siguiente:

- **La introducción del concepto de Gestión Integral de los Recursos Hídricos GIRH** en el Valle Central como una estrategia a largo plazo para el uso y gestión sostenible del agua. Incluirá la promoción de mecanismos de prevención y solución de conflictos sobre el recurso agua, considerando las necesidades e intereses de los diferentes usuarios del recurso. La estrategia apunta a la creación de valor agregado en la cadena del agua como parte de la ruta crítica para el desarrollo económico y social sostenible del Valle Central; promueve la reflexión de las instituciones y actores sociales para que el uso del recurso se enmarque en una visión de la gestión integral del mismo. Se prevé, entre otras, las siguientes acciones específicas:
  - la realización de talleres, seminarios y cursillos sobre GIRH a diferentes niveles;
  - la preparación y divulgación de material como folletos, programas de radio y TV;
  - la asistencia técnica directa a instituciones y organizaciones públicas y privadas, ONGs, el sistema escolar y universitario en aspectos específicos de GIRH;
  - el fortalecimiento de los municipios, comunidades rurales y urbanas, así como de organizaciones de usuarios, en materia de uso, manejo y gestión del agua en los distintos sistemas hídricos.
- **Estudios e inventarios de los Recursos Hídricos del Valle Central** y el desarrollo de un Sistema de Información como soporte para las decisiones de planificación. Incluye un programa de investigación hidrológica y geo-hidrológica por la Universidad UAJSM; inventarios y evaluaciones (técnicos, económicos, sociales, ambientales) sobre el uso del agua por los diferentes sectores productivos y consumidores a nivel de cuenca/sub-cuenca; caudales específicos y balances de agua; estudios y evaluación de los recursos hídricos subterráneos; monitoreo de la calidad del agua y de otros parámetros hidrológicos y ambientales; datos de suelos y su aptitud para riego, consumo de agua por cultivo, erosión, uso actual de la tierra, infraestructura de agua y el ordenamiento territorial; elaboración de escenarios para el desarrollo y el uso de los recursos de agua, así como el análisis y diseño de mecanismos económico-financieros y de gestión (organizacional) que hagan sostenibles dichos escenarios. Toda esta información entrará en un Sistema de Información (incluyendo Base de Datos) a ser desarrollado como plataforma de soporte a la toma de decisiones y la planificación.
- Acciones específicas en forma integral que aportan a la **recuperación ambiental del río Guadalquivir** como son: mejoramiento del saneamiento básico en poblaciones rurales en el área

de influencia del río; control de inundaciones; protección de cauces y recuperación de riberas del río y de sus afluentes; recuperación ambiental del valle y la conservación del recurso agua.

- **Formulación de un Plan de Gestión Integral de los Recursos Hídricos del Valle Central.** Durante la identificación del presente proyecto, todos los proyectos y actividades en el tema agua en el valle fueron listados como indicado en el mapa presentado en el capítulo 1.





## 8. PRESUPUESTO Y FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO

El Cuadro 8.1 presenta el presupuesto del proyecto, por año y el total. Para el componente de la construcción de la nueva planta de tratamiento de aguas residuales PTAR, el presupuesto incluye los costos del diseño final, construcción y supervisión, según la modalidad “*Llave en Mano*”. El presupuesto también incluye los costos de operación, mantenimiento de la nueva planta por un período de cuatro años como los costos de asistencia técnica y la transferencia de la planta PTAR.

Para los componentes de tratamiento de las aguas residuales industriales, el re-uso del agua reciclada como agua de riego y el componente Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH) del Valle Central, el presupuesto engloba aportes locales de los diferentes actores, incluyendo el sector privado (industrias), asociaciones de productores y regantes (riego), los municipios y ONG (GIRH) y la Universidad UAJMS (Educación Ambiental).

El presupuesto determinado por el estudio de factibilidad en mayo/junio 2008 fue de US\$ 24.000.000. Ajustado a los costos unitarios y las tasas de cambio del Boliviano, US\$ y el Euro que cambiaron significativamente durante los últimos meses, **el presupuesto ajustado a la situación de noviembre 2008 amonta a US\$ 25.570.300.**

En mayo/junio 2008 se elaboró el estudio de factibilidad económica, financiera y comercial de la planta de tratamiento de aguas residuales y del componente de re-uso de las aguas recicladas como agua de riego. El estudio fue realizado siguiendo las normas de la Cooperación Internacional de Desarrollo del Gobierno de Holanda para estos tipos de proyectos de inversión. El estudio indica que la construcción de la nueva planta de tratamiento de aguas residuales urbanas y el re-uso del agua reciclada como agua de riego se enmarca perfectamente dentro de los criterios de la cooperación holandesa. Los principales parámetros económicos financieros son los siguientes:

- Tasa de Retorno Interno Económico (IRRe): > 10%
- Tasa de Retorno Interno Financiero (IRRf) : > 4%
- Tasa de Retorno Interno Comercial (IRRC) : < 4%

El estudio muestra también que las tarifas actuales no cubrirán las inversiones y los costos anuales de operación. Para mejorar la sostenibilidad de la planta, fueron analizadas varias opciones para generar suficientes ingresos de los usuarios domésticos e industriales para que la planta sea sostenible económica y financieramente. La manera más apropiada es mantener las tarifas actuales hasta el 2011 cuando la nueva planta empezará a funcionar y permitiendo luego un incremento cada cinco años según lo permitido por la Ley y los reglamentos de la Superintendencia de Aguas. Con esta política tarifaria, el proyecto logrará los valores de los tasas de retorno interno indicados arriba.

Para más detalles se refieren al Estudio de Factibilidad del proyecto en Inglés.

**Cuadro 8.1: Presupuesto del Proyecto en US\$**

*(Basado en costos y tasas de cambio Boliviano/US\$/Euro de noviembre 2008)*

	<b>Año 2009</b>	<b>Año 2010</b>	<b>Año 2011</b>	<b>Año 2012</b>	<b>Año 2013</b>	<b>Año 2014</b>	<b>Total</b>
<b>PTAR incl.. sifón</b>							
- Obras civiles	4.000.300	4.340.000					8.340.300
- Equipos	780.000	2.580.000					3.360.000
- Oficinas, laboratorio		240.000					240.000
- O&M y transferencia			950.000	800.000	400.000	200.000	2.350.000
<b>Total</b>							<b>14.290.300</b>
<b>Obras adicionales</b>							
- Canal	3.575.000	655.000					4.230.000
- Acceso, etc.	137.500	137.500					275.000
<b>Total</b>							<b>4.505.000</b>
<b>Componente Industrial</b>							
- Asistencia técnica	200.000	250.000	250.000	200.000	125.000	100.000	1.125.000
- Aporte local	200.000	250.000	300.000	250.000	150.000	150.000	1.300.000
<b>Total</b>							<b>2.425.000</b>
<b>Componente Riego</b>							
- Infraestructura de riego		100.000	250.000	250.000	150.000		750.000
- Aporte local		25.000	50.000	50.000	25.000		150.000
<b>Total</b>							<b>900.000</b>
<b>Concientización y Educación Ambiental</b>	250.000	300.000	250.000	250.000	150.000	50.000	<b>1.250.000</b>
<b>Componente GIRH</b>							
- Asistencia técnica, etc.	200.000	200.000	200.000	150.000	150.000	100.000	1.000.000
- Estudios, inventarios	150.000	300.000	300.000	250.000	150.000	50.000	1.200.000
<b>Total</b>							<b>2.200.000</b>
<b>Totales</b>							<b>25.570.300</b>