



Estado Plurinacional  
de Bolivia

 **MMAyA**  
Ministerio de Medio Ambiente y Agua

# PLAN MAESTRO INTEGRAL DE AGUA Y SANEAMIENTO DEL VALLE CENTRAL DE TARIJA BOLIVIA

**ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN N°2  
MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE  
SANEAMIENTO DE LA CIUDAD DE TARIJA**



**GITEC**

  
LandandWaterBolivia



*Aguilas &  
Asociados*

**TARIJA, 2015**

# ESTUDIO DE IDENTIFICACIÓN

## MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO DE LA CIUDAD DE TARIJA

### ■ ÍNDICE

<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>1</b>
<b>1. INFORMACIÓN GENERAL .....</b>	<b>3</b>
1.1. ASPECTOS GENERALES .....	3
1.1.1. Nombre del Proyecto.....	3
1.1.2. Tipo de Proyecto .....	3
1.1.3. Planteamiento del Problema .....	3
1.1.4. Objetivos .....	4
1.1.5. Instituciones Involucradas .....	4
1.2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	4
1.2.1. Ubicación Física y Geográfica.....	4
1.2.2. Vías de Acceso .....	5
1.3. DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL ÁREA DEL PROYECTO .....	5
1.3.1. Clima .....	5
1.3.2. Altitud .....	6
1.3.3. Relieve Topográfico .....	6
<b>2. ESTUDIOS BÁSICOS .....</b>	<b>6</b>
2.1. ESTUDIOS SOCIOECONÓMICOS.....	6
2.1.1. Aspectos Demográficos .....	6
2.1.2. Aspectos Socioeconómicos .....	6
2.1.3. Análisis Socioeconómico de la Población .....	9
2.2. ESTUDIOS TÉCNICOS.....	10
2.2.1. Evaluación de los Sistemas de Agua Potable y/o Alcantarillado Sanitario Existentes.....	10
2.2.1.1. Sistema de Agua Potable Existente .....	10
2.2.1.2. Sistema de Alcantarillado Sanitario Existente.....	12
2.2.1.3. Tipo de EPSA y Monto de la Tarifa .....	16
2.2.2. Evaluación de las Fuentes de Agua .....	19
2.2.3. Evaluación de Cuerpos Receptores.....	19
2.2.4. Calidad de las Aguas .....	19
2.2.5. Estudios de Suelos.....	22
2.2.6. Trabajos Topográficos.....	23
2.2.7. Estudios Ambientales.....	23
<b>3. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS .....</b>	<b>23</b>
3.1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE ALTERNATIVAS.....	23
3.1.1. Cobertura de saneamiento.....	23
3.1.2. Análisis para la ubicación óptima de las plantas de tratamiento .....	24
3.1.3. Alternativas tecnológicas de tratamiento de las aguas residuales.....	24
3.1.4. Desarrollo y descripción de alternativas.....	24
3.1.4.1. Alcantarillado Sanitario.....	24

## ■ ÍNDICE

3.1.4.2.	Tratamiento de Aguas Residuales .....	24
3.1.5.	Análisis de factibilidad de las obras que conforman cada alternativa .....	31
3.1.5.1.	Memoria descriptiva .....	31
3.1.5.2.	Cálculo y predimensionamiento .....	31
3.1.5.3.	Capacidad hidráulica de la infraestructura del sistema .....	32
3.1.6.	Costos de alternativas .....	32
3.1.6.1.	Cómputos métricos .....	32
3.1.6.2.	Análisis de precios unitarios .....	33
3.1.6.3.	Presupuesto .....	33
3.1.6.4.	Comparación de alternativas .....	36
3.2.	ALTERNATIVA SELECCIONADA .....	36
3.2.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS CRITERIOS .....	38
<b>4.</b>	<b>INGENIERÍA DEL PROYECTO .....</b>	<b>39</b>
4.1.	MEMORIA DESCRIPTIVA .....	39
4.1.1.	Alcantarillado sanitario .....	39
4.1.2.	Tratamiento de aguas residuales .....	40
4.2.	MEMORIA DE CÁLCULO .....	42
4.2.1.	Parámetros Básicos de Diseño .....	42
4.2.2.	Cálculo Hidráulico .....	49
4.2.2.1.	Sistema de alcantarillado sanitario .....	49
4.2.2.2.	Planta de tratamiento de aguas residuales .....	51
4.2.3.	Cálculo Estructural .....	52
4.3.	CÓMPUTOS MÉTRICOS Y VOLÚMENES DE OBRA .....	56
4.4.	PRECIOS UNITARIOS .....	63
4.5.	PRESUPUESTO DE INFRAESTRUCTURA .....	64
4.6.	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRAS .....	65
4.7.	PLANOS .....	67
<b>5.</b>	<b>GESTIÓN DE LOS SERVICIOS .....</b>	<b>67</b>
5.1.	ENTIDAD PRESTADORA DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO (EPSA) .....	67
5.2.	DIAGNÓSTICO INSTITUCIONAL Y RECOMENDACIONES .....	68
<b>6.</b>	<b>DESARROLLO COMUNITARIO .....</b>	<b>69</b>
<b>7.</b>	<b>PRESUPUESTO DEL PROYECTO .....</b>	<b>69</b>
7.1.	PRESUPUESTO GENERAL .....	69
<b>8.</b>	<b>EVALUACIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA .....</b>	<b>70</b>
8.1.	ANTECEDENTES .....	70
8.1.1.	Objetivos Evaluación Socio Económica .....	70
8.1.2.	Costos de operación y mantenimiento .....	70
8.2.	METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO .....	70
8.2.1.	Evaluación del Costo Mínimo .....	70
8.2.2.	Modelo de Valoración Contingente .....	71

## ■ ÍNDICE

8.2.3. Identificación de los beneficios del proyecto .....	71
<b>8.3. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA.....</b>	<b>71</b>
8.3.1. Inversiones .....	72
8.3.2. Aplicación del modelo -Resultados .....	73
8.3.3. Conclusión.....	73
<b>8.4. EVALUACIÓN SOCIAL .....</b>	<b>73</b>
<b>8.5. EVALUACIÓN AMBIENTAL .....</b>	<b>74</b>
<b>9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>76</b>

## ■ ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Instituciones involucradas en el proyecto .....	4
Tabla 1.2. Datos de Temperatura en °C .....	5
Tabla 1.3. Precipitación (mm).....	5
Tabla 2.1. Ingresos Familiares.....	7
Tabla 2.2. Datos de Salud .....	8
Tabla 2.3. Datos estadísticos.....	9
Tabla 2.4. Gastos familiares del Municipio de Tarija .....	9
Tabla 2.5. Características de la red de alcantarillado sanitario (2011).....	13
Tabla 2.6. Características de las cámaras sépticas .....	15
Tabla 2.7. Relación de tipos de conexiones según facturación (octubre de 2012) .....	18
Tabla 2.8. Estructura tarifaria indexados a UFV(mayo de 2012).....	18
Tabla 2.9. Valores medios anuales del afluente a la PTAR San Luis .....	19
Tabla 2.10. Resumen de resultados de análisis de AR en el Parshall a la entrada de las Lagunas de San Luis (2011).....	20
Tabla 2.11. Valores medios de las concentraciones del afluente para el diseño de la PTAR.....	21
Tabla 2.12. Resumen de parámetros en la descarga PTAR San Luis (2011).....	22
Tabla 3.1. Coberturas de saneamiento .....	23
Tabla 3.2. Caudales de diseño de la PTAR.....	25
Tabla 3.3. Predimensionamiento de las Alternativas B1 y B2 – 2036* .....	31
Tabla 3.4. Predimensionamiento de las alternativas C1 y C2 – 2036* .....	32
Tabla 3.5. Capacidad hidráulica del sistema de saneamiento .....	32
Tabla 3.6. Presupuesto de alcantarillado sanitario en el corto, mediano y largo plazo .....	33
Tabla 3.7. Presupuesto alternativa PTAR B1 .....	34

■ ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.8. Presupuesto alternativa PTAR .....	34
Tabla 3.9. Presupuesto alternativa PTAR C1 .....	35
Tabla 3.10. Presupuesto alternativa PTAR C2 .....	35
Tabla 3.11. Resumen de costos de inversión (alcantarillado y PTAR).....	36
Tabla 4.1. Obras de alcantarillado sanitario a ejecutar .....	40
Tabla 4.2. Equipamiento requerido para las obras de alcantarillado sanitario .....	40
Tabla 4.3. Obras de tratamiento de aguas residuales a ejecutar .....	41
Tabla 4.4. Equipamiento requerido para las obras de PTAR .....	41
Tabla 4.5. Periodos de diseño recomendados .....	42
Tabla 4.6. Datos de población por distritos 2001 y 2006.....	43
Tabla 4.7. Tasas medias anuales de crecimiento por quinquenio.....	44
Tabla 4.8. Proyección de población de la ciudad de Tarija .....	44
Tabla 4.9. Cálculo de la dotación .....	46
Tabla 4.10. Coeficiente de retorno 2008 - 2011 .....	47
Tabla 4.11. Coeficientes de infiltración en tuberías (l/s/m).....	48
Tabla 4.12. Caudales de diseño de aguas residuales .....	48
Tabla 4.13. Colector principal San Jorge – PTAR San Luis .....	49
Tabla 4.14. Colector principal San Gerónimo – PTAR San Luis .....	50
Tabla 4.15. Pendientes mínimas admisibles en tuberías de alcantarillado sanitario .....	51
Tabla 4.16. Cómputos métricos – sistema de alcantarillado sanitario.....	56
Tabla 4.17. Cómputos métricos – PTAR San Luis .....	58
Tabla 4.18. Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario por fases (en Bs.) .....	64
Tabla 4.19. Presupuesto de la planta de tratamiento de aguas residuales por fases (en Bs.) .....	65
Tabla 7.1. Presupuesto general del proyecto .....	69
Tabla 8.1 Razones precio de cuenta para conversión a precios económicos.....	72
Tabla 8.2 Presupuesto Proyecto Saneamiento Tarija – Precios económicos .....	72

■ ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Forma de evacuar aguas servidas .....	9
Figura 2.2. Problemas causados por falta de alcantarillado sanitario .....	10
Figura 2.3. Flujograma de abastecimiento de agua para la ciudad de Tarija .....	12
Figura 2.4. DBO <sub>5</sub> (mg/l) y Temperatura (°C) a la salida de la laguna de maduración San Luis .....	22
Figura 3.1. PTAR Grande nueva – Alternativa B1 - Tarija .....	27
Figura 3.2. PTAR Grande nueva – Alternativa B2 - Tarija .....	28
Figura 3.3. Mejoramiento lagunas existentes - Alternativa C1 - Tarija .....	29
Figura 3.4. Mejoramiento lagunas existentes - Alternativa C2 - Tarija .....	30
Figura 4.1. Cronograma de corto plazo inicio año 2014 .....	66
Figura 5.1. Organigrama .....	67
Figura 8.1. Clasificación de los proyectos para su evaluación ambiental .....	75

## RESUMEN EJECUTIVO

### 1. Nombre del Proyecto

Mejoramiento y ampliación del sistema de saneamiento de la ciudad de Tarija, en el marco del Plan Maestro Integral de Agua Potable y Saneamiento del Valle Central de Tarija.

### 2. Tipo de Proyecto

Es un sistema mixto, por gravedad y bombeo.

### 3. Instituciones Involucradas

Institución	Nombre
Institución Solicitante / Gestora	Ministerio de Medio Ambiente y Agua – Estado Plurinacional de Bolivia
Institución Financiera	Por definir
Gobierno Autónomo Municipal	Gobierno Autónomo Municipal de Tarija

### 4. Ubicación Física del Proyecto

- Departamento: Tarija
- Provincia: Cercado
- Municipio: Tarija
- Localidad: Tarija

### 5. Datos Demográficos

- Población Inicial: 210.641 hab. (2012)
- Población Inicial Beneficiada: 167.881 hab. (2012)

### 6. Datos Técnicos

Cobertura Poblacional (%): 79.7% al año 2012

Número de Conexiones Domiciliarias: 27.382 de alcantarillado sanitario octubre de 2012.

Componentes del Sistema: Red de alcantarillado sanitario, cámaras de inspección, cámaras sépticas, colectores, emisarios, estaciones de bombeo, líneas de impulsión y PTAR San Luis.

### 7. Datos Financieros

#### INFRAESTRUCTURA

Descripción	Costo (Bs)	Costo (\$us)	(%)
Costo Total de la Infraestructura	185.048.716	26.587.459	100
Aporte de la Localidad	0	0	0
Aporte del Gobierno Municipal	37.009.743	5.317.492	20
Aporte de la Entidad Financiera	148.038.973	21.269.967	80
Otros aportes (si corresponde)	0	0	0
Costo de la infraestructura per cápita \$us/habitante beneficiado		126,22	

Fuente: Elaboración propia

Tipo de Cambio: 6,96 Bs

## DESCOM

Descripción	Costo (Bs)	Costo (\$us)	(%)
Costo Total de Desarrollo Comunitario (3% de la infraestructura)	5.551.461	797.624	100

Fuente: Elaboración propia

Tipo de Cambio: 6,96 Bs

### 8. Tiempo de Implementación del Proyecto en meses

- Gestión de Financiamiento: 3 meses
- Licitación del Estudio TESA: 3 meses
- Elaboración del Estudio TESA: 12 meses
- Licitación de obras: 4 meses
- Ejecución de obras: 44 meses
- **Tiempo Total: 66 meses**



## 1. INFORMACIÓN GENERAL

### 1.1. ASPECTOS GENERALES

#### 1.1.1. Nombre del Proyecto

Mejoramiento y ampliación del sistema de saneamiento de la ciudad de Tarija, en el marco del Plan Maestro Integral de Agua Potable y Saneamiento del Valle Central de Tarija.

#### 1.1.2. Tipo de Proyecto

Es un sistema mixto: por gravedad y bombeo.

#### 1.1.3. Planteamiento del Problema

El desarrollo urbanístico ha crecido más rápido que la expansión de los servicios de saneamiento básico. La expansión de las redes de alcantarillado se ha ido ejecutando en forma no planificada, atendiendo el crecimiento humanístico espontáneo. Al mismo tiempo, el sistema de redes de alcantarillado no se encuentra integrado a través de un emisario recolector que conduzca las aguas servidas a un tratamiento único, lo que provoca que las aguas residuales crudas o inadecuadamente tratadas descarguen en el río Guadalquivir.

Por otro lado, actualmente el tratamiento de las aguas residuales es realizado en una planta de tratamiento ubicada en la zona de San Luis, la cual ha sido sobrepasada en cuanto a caudales y cargas contaminantes, requiriendo trabajos de mejora y ampliación para cubrir los caudales futuros. Desde el punto de vista social, los malos olores generados en las lagunas anaerobias representan el principal problema, más que todo para los vecinos más cercanos a las instalaciones, aunque se tienen quejas que las molestias abarcan una amplia zona urbanizada.

El sistema de drenaje de Tarija se ha dividido en dos grandes sectores, debido a que el río Guadalquivir atraviesa la ciudad. El flujo se da por gravedad, es de tipo separativo, es decir, las aguas residuales van teóricamente en conductos diferentes al de las aguas de lluvia.

Tomando como referencia la vista en el río hacia aguas abajo, en el sector izquierdo se encuentra los distritos municipales del 1 al 11 que incluye el casco viejo de la ciudad. Además, dicho sector se encuentra dividido por las quebradas San Pedro y El Monte, que son las que definen las características de la red de desagüe. El sector se fracciona en tres grandes áreas y cada una de ellas es drenada por un colector principal; los 3 colectores se constituyen en el sistema central de alcantarillado sanitario de la ciudad. El sector derecho, constituido por los distritos 12 y 13, son sistemas independientes que descargan las aguas residuales directamente al río Guadalquivir sin ningún tipo de tratamiento.

La red de alcantarillado sanitario en Tarija cubre los 13 distritos urbanos en que se divide, de los cuales solamente 9 distritos descargan las aguas servidas hacia la planta de tratamiento (Lagunas de San Luis). Los otros 4 distritos tienen sistemas de alcantarillado independientes que funcionan con cámaras sépticas, cuyos efluentes descargan en quebradas tributarias del río Guadalquivir. Los distritos que tienen 100% de cobertura en cuanto a drenaje sanitario son los distritos 1 al 5 de la zona central. Los distritos 11 y 12 son los que tienen menos cobertura.

Aproximadamente el 65% de los efluentes sanitarios generados en la ciudad de Tarija son conducidos mediante la red de alcantarillado hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR de San Luis, cuya descarga es vertida a la Quebrada Torrecillas, que luego de un recorrido de 3,8 Km confluye en el Río Guadalquivir.

Con el crecimiento urbanístico y poblacional acelerado que tiene la ciudad de Tarija, con amplias zonas sin servicio de alcantarillado en la actualidad, y con las demandas futuras, crearán condiciones insalubres al tener que descargar las aguas residuales a las calles o a las quebradas más cercanas,

contribuyendo aún más a la contaminación del río Guadalquivir y por supuesto peores condiciones de salubridad a dichos pobladores.

Por otro lado, la PTAR existente requiere urgentemente acciones de mantenimiento correctivo y ampliaciones para poder recibir y tratar adecuadamente los caudales que llegan a dichas instalaciones, lo que incrementará las molestias de los vecinos.

#### 1.1.4. Objetivos

##### **Objetivo General**

El objetivo general del Estudio de Identificación de saneamiento es el de mejorar la salud y calidad de vida de los pobladores de Tarija, a través del mejoramiento y ampliación de la infraestructura del servicio de saneamiento existente, dando al mismo tiempo, solución a los problemas operativos actuales.

Estas mejoras y ampliaciones incidirán en las condiciones de salubridad, al incrementar el acceso a los servicios de saneamiento, fundamentalmente de la población que habita en las zonas periurbanas de la ciudad de Tarija, hasta el año 2036 como año horizonte.

##### **Objetivos Específicos**

- **OE1.** Mejorar y ampliar el sistema de recolección de aguas residuales, tanto de colectores como de emisarios.
- **OE2.** Mejorar y ampliar el sistema de tratamiento de aguas residuales existente.
- **OE3.** Identificar obras a realizar en materia de recolección, conducción y tratamiento de aguas residuales, en el corto plazo.

#### 1.1.5. Instituciones Involucradas

Tabla 1.1. Instituciones involucradas en el proyecto

Nombre del Proyecto	Mejoramiento y ampliación del sistema de saneamiento de la ciudad de Tarija, en el marco del Plan Maestro Integral de Agua Potable y Saneamiento del Valle Central de Tarija.
Institución Solicitante/Gestora	Ministerio de Medio Ambiente y Agua – Estado Plurinacional de Bolivia
Institución Consultora Responsable Estudio EI	Consortio TYPASA, GITEC, Land&Water Bolivia y Aguilar & Asociados
Institución Financiera	Por definir
Gobierno Autónomo Municipal	Gobierno Autónomo Municipal de Tarija y la Provincia de Cercado
Institución Local EPSA	Cooperativa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de Tarija (COSAALT Ltda.)

Fuente: Elaboración propia

## 1.2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

### 1.2.1. Ubicación Física y Geográfica

- Departamento: Tarija
- Provincia: Cercado
- Municipio: Tarija
- Localidad: Tarija
- Coordenadas geográficas: En coordenadas PSAD 56, la ciudad de Tarija se localiza entre 316000 E, 7622000S y 327000E, 7612000S.
- Código INE: 60101

En Anexo 1 se presenta la ubicación de Tarija.

### 1.2.2. Vías de Acceso

A la ciudad de Tarija se accede por vía aérea y por vía terrestre. Por vía aérea desde Santa Cruz, La Paz y Cochabamba, se llega al aeropuerto “Oriol Lea Plaza”.

Tarija se vincula al interior del país por la vía troncal caminera que comunica a la ciudad de Tarija con Potosí y Villazón, frontera con la ciudad de La Quiaca – Argentina. También existe la carretera troncal hacia el sur hasta la localidad de Bermejo y la carretera que llega hasta la población de Yacuiba, en la frontera con Pocitos – Argentina y la carretera que une Yacuiba con Villamontes – Camiri - Santa Cruz y de allí, hacia el interior del país<sup>1</sup>.

En Anexo 2 se presenta las vías de acceso de Tarija.

## 1.3. DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL ÁREA DEL PROYECTO

### 1.3.1. Clima

El radio urbano prácticamente comprende dos tipos de clima según la metodología de Caldas y Lang, la primera, corresponde a un clima templado árido (24 – 21 °C) que comprende un 95% del área urbana, mientras que el segundo, corresponde a un clima de tipo templado semiárido (21 – 17,5 °C), equivalente sólo al 5% del radio urbano. La temperatura promedio anual de la ciudad es de 17,9 °C, dato determinado por medio de registros en las estaciones El Aeropuerto y El Tejar.

Tabla 1.2. Datos de Temperatura en °C

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
Aeropuerto	20,7	20,3	19,9	18,3	15,4	13,3	13,1	15,0	16,8	19,4	20,2	20,7	<b>17,8</b>
El Tejar	21,0	20,5	20,2	18,6	15,7	13,7	13,5	15,4	17,0	19,5	20,3	20,9	<b>18,0</b>

Fuente: PMOT Tarija 2006 en base a datos de SENAMHI

La provincia Cercado alberga en su totalidad 18 estaciones pluviométricas, las cuales se utilizaron para determinar la precipitación media anual, dando como resultado una precipitación de 683,8 mm/año. Sin embargo la precipitación media anual radio urbano es 611,8 mm/año, valor resultado del promedio de dos estaciones ubicadas en la ciudad.

Tabla 1.3. Precipitación (mm)

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Aeropuerto	133,3	113,9	83,6	21,5	2,4	0,8	0,6	2,1	6,8	36,1	69,9	130,9	<b>601,9</b>
El Tejar	133,0	107,1	95,5	18,6	3,1	0,9	1,0	2,8	7,3	39,4	80,9	132,0	<b>621,6</b>

Fuente: PMOT Tarija 2006 en base a datos de SENAMHI

De la tabla anterior se concluye que la época lluviosa se da en el periodo de octubre hasta abril, caracterizado por precipitaciones cortas con frecuencia e intensidad variable, mientras en el periodo restante (mayo – septiembre) época de estiaje, el déficit de agua en los acuíferos y los drenajes naturales es muy notorio.

Por otro lado, en la zona de proyecto se presentan vientos débiles a moderados de dirección variable de origen local, el régimen normal de vientos en la provincia Cercado, está determinado por el ingreso de masas de aire denso a través de la fractura geológica de la Angostura, razón por la cual, la intensidad, así como la dirección predominante se modifica al distribuirse tanto hacia el norte como al sur.

Respecto a las velocidades promedio del área del municipio de Tarija, las mismas alcanzan los 6,3 m/s, con dirección predominante de Sudeste.

<sup>1</sup>UDAPE. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Bolivia, 2008.

### 1.3.2. Altitud

El área urbana del municipio de Tarija presenta altitudes que varían entre los 1825 a 2050 m.s.n.m.

### 1.3.3. Relieve Topográfico

En la información de una imagen satelital de la ciudad (febrero de 2006) se observa claramente que la topografía más accidentada del terreno, se encuentra en el sector noreste en una franja comprendida entre Pampa Galana y las proximidades de San Mateo, y una segunda franja en el sector noroeste, abarcando la parte norte del barrio Aranjuez. Por otro lado, en contraposición en toda la parte sur, la topografía del terreno es plana a escarpada.

En cuanto a las pendientes, las más bajas se encuentran ubicadas en mayor proporción en las márgenes derecha e izquierda del río Guadalquivir, éste rango (0 a 5%) equivale a un 17,6% del área urbana, zona que por su naturaleza semiplano es susceptible a riesgos de inundaciones. Las pendientes entre 5 a 30% forman el más alto porcentaje en área (60,7%) ubicado de manera dispersa en todo el polígono urbano; finalmente las pendientes altas (>30%) se encuentran ubicadas con mayor fuerza en la zona norte, formando dos franjas, la primera con inicio en la comunidad de Pampa Galana terminado en las cercanías de San Mateo, mientras que la segunda ubicada en la parte noroeste que va desde Aranjuez a Tomatitas.

## 2. ESTUDIOS BÁSICOS

### 2.1. ESTUDIOS SOCIOECONÓMICOS

#### 2.1.1. Aspectos Demográficos

##### a) Población Actual

La población beneficiaria de este proyecto es de *210.641 habitantes* (población censada al año inicio del proyecto: 2012).

Tomando en cuenta el promedio de 4,16 hab/familia, el número de familias que se beneficiarán con este proyecto es de *53.238 familias*.

La población flotante en la ciudad de Tarija al año 2012 es de *805 habitantes*, de acuerdo a información proporcionada por la Oficina Municipal de Turismo del Gobierno Autónomo Municipal.

##### b) Índice de Crecimiento Poblacional

Basado en el Censo de Población y vivienda de 2001, la tasa anual de crecimiento intercensal para el Municipio de Tarija es de 3,77%.

#### 2.1.2. Aspectos Socioeconómicos

##### a) Características Socio Culturales

Los instrumentos típicos como el erke, la caña, la camacheña, la caja, la quenilla y el tambor, acompañan las festividades tarijeñas según el “calendario chapaco<sup>2</sup>”. Además de la guitarra, violines y bombos.

Entre los bailes típicos se tiene la cueca tarijeña, la chacarera, la rueda chapaca, la cacharpaya, las tonadas, las coplas, los chunchos entre otras.

Además de las festividades conmemorativas y celebraciones religiosas nacionales, el Departamento de Tarija cuenta con festividades y celebraciones locales entre las que se pueden mencionar:

<sup>2</sup>Denominación de las personas oriundas de Tarija

- Febrero – Marzo (móvil) Carnaval Chapaco con la Fiesta de las Comadres
- 15 de Abril – Aniversario departamental donde se festeja la Fiesta de la Tarijeñidad
- 16 de Abril – Pascua Florida
- 26 de Julio - Fiesta de Santa Anita
- 10 de Agosto - Fiesta de San Lorenzo
- 15 de Agosto – Festividad de la Virgen de Chaguaya
- 1º domingo de Septiembre - Fiesta Grande de Tarija (San Roque)
- 4, 5 y 6 de Octubre – Festival internacional de Lapacho

Los idiomas y lenguas nativas que se hablan en el Departamento de Tarija por porcentaje, el 88% de la población de 6 años o más edad habla español, un 10% quechua, un 2% aymara y en las provincias Gran Chaco y O'Connor se habla el guaraní como segundo idioma. Por su parte, el Sistema de Información Geográfica Étnico Lingüística, para el 2007 (INE), reporta un porcentaje de 7,7% que habla quechua, el 1,43% habla aymara, el 3,43% habla guaraní y otras lenguas en menor porcentaje.

Inicialmente, los primitivos grupos étnicos que habitaron el Departamento de Tarija fueron las tribus selvícolas de los Tobas, Matacos, Chulupis, Caicuris y Chiriguano que fueron sometidos por el imperio Inca.

La población predominante en la ciudad de Tarija es la oriunda o lugareña, ya que aproximadamente el 81% no se identifica con ningún grupo originario; y un 19% se identifica con algún pueblo originario, siendo el más representativo el quechua con un 13,59%.

#### c) Actividades Productivas<sup>3</sup>

La población del Municipio de Tarija tiene como principal actividad productiva el comercio al por mayor y menor, en un 21,70%; siendo la segunda actividad la ganadería, agricultura, caza y silvicultura en un 11,50%.

#### d) Ingreso Promedio Familiar

De la aplicación de las boletas de encuesta en el Municipio de Tarija, se obtuvo el detalle de las fuentes de ingreso familiar promedio, las cuales son detalladas en la Tabla siguiente.

Tabla 2.1. Ingresos Familiares

Descripción	Bs./mes
Sueldos	3.450,6
Ing. Temporales	1.813,3
Ing. Ventas	1.212,1
Ing. Alquileres	1.014,7
Ing. Jubilación	2.156,4
Renta Dignidad	264,2
Ing. Pensión Divorcio	560,8
Ing. Especie	530,0
Ing. Bonos	28,5
Ing. Otros	77,3
<b>Ingresos Total Promedio</b>	<b>3.392,9</b>

Fuente: Recopilación de campo

<sup>3</sup>Fuente: Bolivia, Atlas estadístico de municipios, INE, 2005

Se observa que la mayor fuente de ingreso de los hogares son los Sueldos (salarios), seguido por las Rentas y Jubilaciones. Del promedio de ingresos y gastos de las familias del Municipio, podemos inferir que existe un porcentaje destinado al ahorro.

#### e) Salud

A continuación se presentan algunos datos referenciales de salud en la ciudad de Tarija. Cabe señalar, que las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA's) deben su origen tanto a la ingestión de agua contaminada como a la falta de cuidado en la higiene de la casa, el entorno y el cuidado de los niños.

Tabla 2.2. Datos de Salud

Atención médica / recursos de Salud		Nivel de Resolución de Establecimientos de Salud	
Personal de salud / 1000 hab.	2,94	1er.	32
N° de camas / 1000 hab.	2,37	2do.	1
Número de Establecimientos de Salud	36	3er.	2
		4to.	1
Indicadores del Estado de Salud de la Población			
Tasa de Mortalidad Infantil	38,32 niños	Por cada 1000 nacidos vivos	
Indicadores de Morbilidad			
Porcentaje de episodios Diarreicos (EDA) en niños menores de 5 años			34,48%
Porcentaje de Casos Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) en niños menores de 5 años			2,29%
Porcentaje de Nacimientos con Bajo Peso al Nacer			5,00%
Prevalencia de Desnutrición Global en menores de 2 años			1,18

Fuente: Elaboración propia en base a datos Atlas Estadístico de Municipios, INE, 2005

#### f) Servicios existentes

##### ▪ Agua Potable

Se dispone de un sistema de agua potable, y esta descrito en el numeral 2.2.1.1, de este documento.

##### ▪ Alcantarillado Sanitario

Se dispone de un sistema de alcantarillado sanitario, y está descrito en el numeral 2.2.1.2, de este documento.

##### ▪ Drenaje pluvial

Se dispone de un sistema de drenaje pluvial que cubre sólo los distritos 1 a 5, los demás distritos no disponen de servicio de drenaje pluvial.

##### ▪ Residuos Sólidos

El recojo y posterior disposición de los desechos sólidos que produce diariamente la ciudad de Tarija es realizada por la Entidad Municipal de Aseo EMAT. Siendo esta una entidad descentralizada del Gobierno Autónomo Municipal, sin fines de lucro, legalmente constituida mediante Ordenanza Municipal. La recolección y transporte de los residuos sólidos es de forma diaria y cubre el 95% de la mancha urbana.

La disposición final de los residuos se realiza con la técnica del relleno sanitario. El área de disposición final de residuos sólidos, está ubicado en la zona Nordeste de la ciudad distante a 8 Km, tiene una superficie de 10,8 Ha y una posible ampliación futura de 2,06 Ha.

### 2.1.3. Análisis Socioeconómico de la Población

De la aplicación de las boletas de encuesta en el Municipio de Tarija se obtuvieron los siguientes resultados, cuyas principales variables se muestran a continuación.

Tabla 2.3. Datos estadísticos

Estadísticos	Fam. Viv.	Hab. x Viv.	Hab. x Fam.	Ing. x Fam. (Bs/fam/mes)	Ing. x Pers. (Bs/hab/mes)
Media	1,3	5,3	4,5	3.392,9	787,1
Mediana	1,0	5,0	4,0	2.550,0	556,4
Moda	1,0	4,0	4,0	2.000,0	500,0
Desv. Est.	0,6	2,6	1,9	3.258,8	837,2

Fuente: Recopilación de campo

En cuanto al detalle de los gastos familiares del Municipio de Tarija tenemos que la distribución promedio de la canasta familiar es la siguiente:

Tabla 2.4. Gastos familiares del Municipio de Tarija

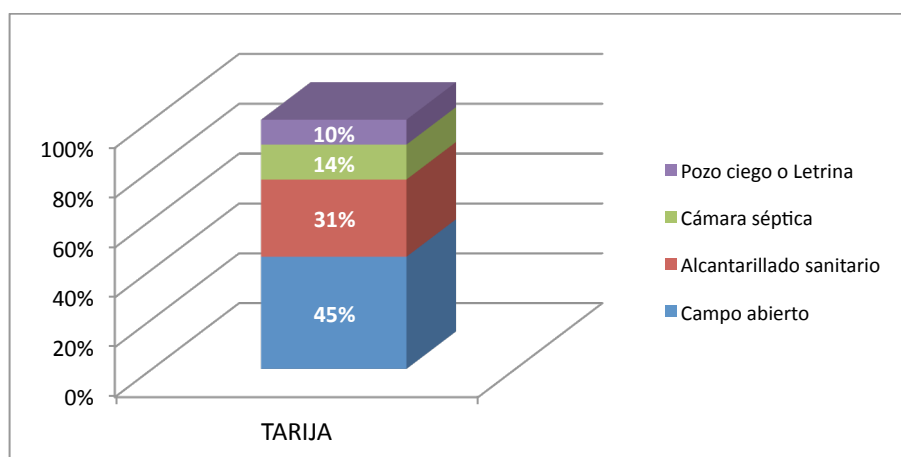
Descripción	Bs./mes
ALIMENTACIÓN	1.011,1
ALQUILERES	330,1
AGUA POTABLE	45,9
ENERG. ELECTRICA	88,8
TELEFONO	55,9
GAS	34,0
TRANSPORTE	222,8
DIVERSION	297,2
VESTIMENTA	350,1
EDUCACIÓN	285,9
SALUD	243,0
OTROS	311,6
<b>Gastos Tot. Promedio</b>	<b>1.665,1</b>

Fuente: Recopilación de campo

De los datos observados tenemos que el 61% corresponde a gastos en alimentación, el 19% gastos de alquiler de vivienda y el 13% gastos en transporte. El gasto en agua y alcantarillado es de aproximadamente el 3% en este caso se observa que el gasto en energía eléctrica es más alto equivale al 5%.

Las encuestas para usuarios del servicio de **Saneamiento** en el Municipio de Tarija, muestran los resultados de las formas de evacuación de las aguas servidas de la Figura 2.1.

Figura 2.1. Forma de evacuar aguas servidas

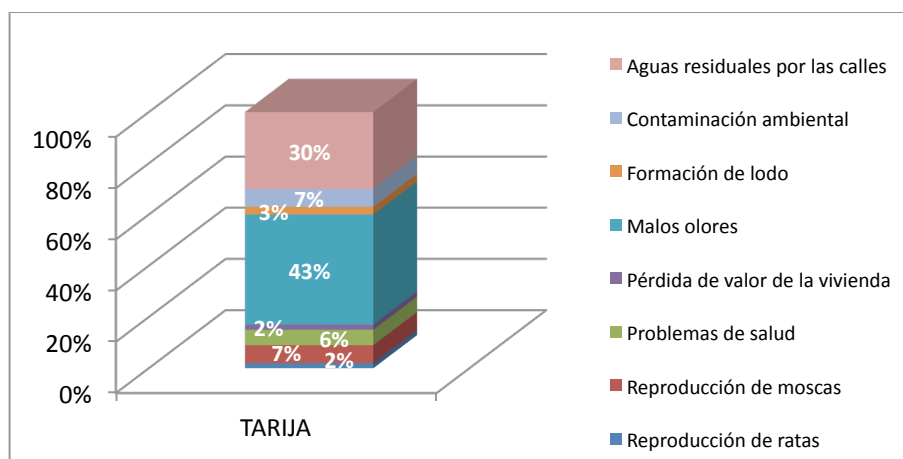


Fuente: Elaboración Propia con base a resultados de las Encuestas

Se puede observar que la forma más común de evacuar las aguas servidas en Tarija es a campo abierto, con un 45%, valor al que le sigue el alcantarillado sanitario con un 31%. El otro sistema más utilizado para evacuar aguas servidas son las Cámaras Sépticas y luego es el Pozo Ciego o Letrina. Con relación a los casos en los que utilizan las cámaras sépticas, el 45% dice que la cámara séptica se llena cada 3 años, el 35% cada 2 años y el 20% contestó que hace la limpieza cada año. El costo de la limpieza de la cámara séptica esta alrededor de los 323 Bs. Finalmente, acerca de las Letrinas, el 32% respondió que se llena cada año, el 32% cada 2 años, el 25% cada 3 años y el 10% que tarda en llenarse más de 3 años. El costo de hacer una nueva Letrina esta alrededor de los 1.400 Bs.

También se preguntó a los encuestados cuales eran los principales problemas que causaba la falta de Alcantarillado Sanitario, y la mayoría de ellos respondió que el principal problema es la generación de malos olores, seguido por un las aguas residuales en las calles, y en menor porcentaje por la contaminación ambiental. Ver Figura 2.2.

Figura 2.2. Problemas causados por falta de alcantarillado sanitario



Fuente: Elaboración Propia con base a resultados de las Encuestas

## 2.2. ESTUDIOS TÉCNICOS

### 2.2.1. Evaluación de los Sistemas de Agua Potable y/o Alcantarillado Sanitario Existentes

#### 2.2.1.1. Sistema de Agua Potable Existente

##### Cobertura

La cobertura del servicio de agua potable en la ciudad de Tarija para el 2012 fue de 90,7%.

##### Continuidad del servicio

Aún con el esfuerzo que se hace para mantener la producción en la época seca, se presentan zonas que no tienen continuidad en el servicio, las cuales se detallan de la forma siguiente:

Los barrios donde se tiene **mayor continuidad** son los siguientes: Méndez Arcos, Tabladita, Senac, San Antonio, Las Palmas, Luís de Fuentes, Catedral, Virgen de Chaguaya, Amalia Medinaceli, Alto Senac, Las Panosas, Barrio el Carmen, San Roque, Guadalquivir, El Molino, La Pampa, Juan XXIII, Villa Fátima, Bartolomé Attar, 3 de Mayo, Oscar Zamora, Chapacos, Los Álamos y otros; con un promedio de 18,5 horas/día.

Áreas donde existe **menor continuidad**: Aeropuerto, Morros Blancos, Simón Bolívar, Artesanal, Anaspugio, San Jerónimo Centro, parte de la zona norte que comprende los barrios de: San Bernardo, El



Constructor, Andaluz, 1º de Mayo, Juan Pablo II, Libertad, Aranjuez, 15 de Noviembre y otros con un promedio de 14,2 horas/día.

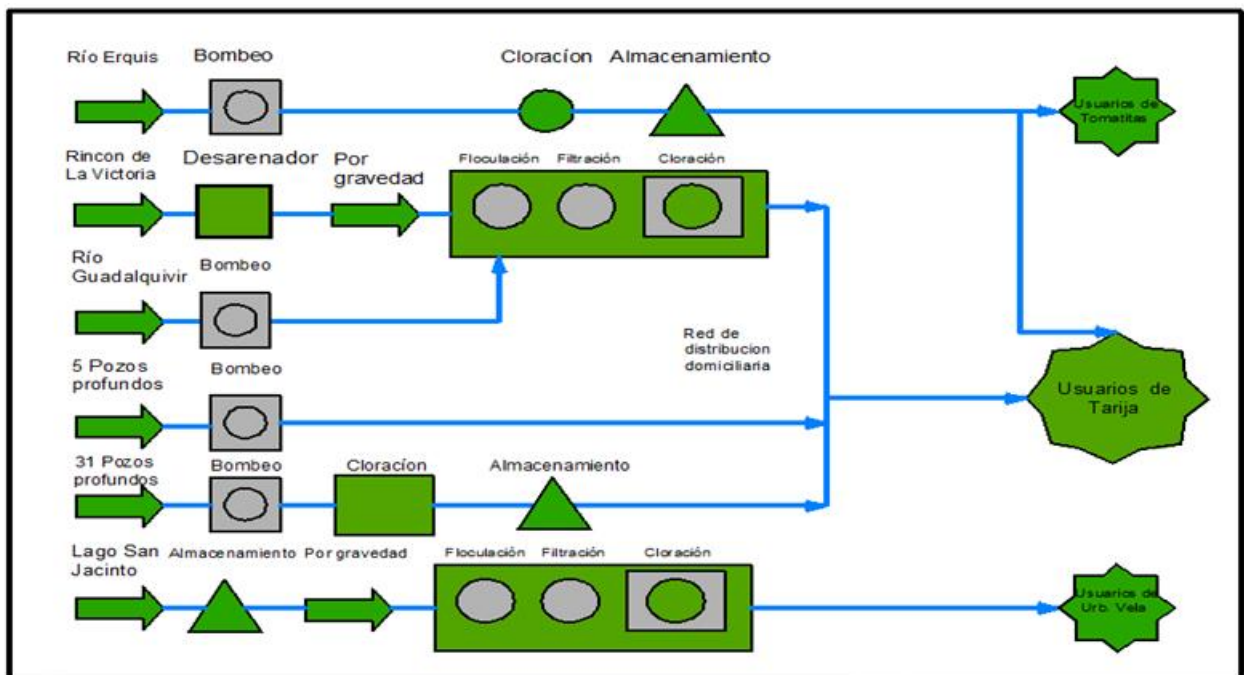
### Administración, operación y mantenimiento del servicio

La administración, operación y mantenimiento del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario, está a cargo de la Cooperativa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de Tarija COSAALT Ltda.

### Descripción del sistema

El Flujograma de la Figura 2.3 presenta la descripción operativa del sistema de abastecimiento de agua potable actual en la ciudad de Tarija, donde se observan todos los componentes: Fuentes, Aducciones, Impulsiones, Plantas de Potabilización, Almacenamiento, y Distribución.

Figura 2.3. Flujograma de abastecimiento de agua para la ciudad de Tarija



Fuente: Elaboración propia

#### 2.2.1.2. Sistema de Alcantarillado Sanitario Existente

##### Cobertura

La cobertura del servicio de alcantarillado sanitario en la ciudad de Tarija para 2012 fue de 79,7%, con un total de 27.382 conexiones de alcantarillado.

Los distritos que tienen 100% de cobertura en cuanto a drenaje sanitario son los 5 de la zona central. Los distritos 11 y 12 son los que tienen menos cobertura.

### Administración, operación y mantenimiento del servicio

La administración, operación y mantenimiento del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario, está a cargo de la Cooperativa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de Tarija COSAALT Ltda.

### Descripción del sistema

El sistema de drenaje de Tarija se ha dividido en dos grandes sectores, debido a que el río Guadalquivir atraviesa la ciudad. El flujo se da por gravedad, es de tipo separativo, es decir, las aguas residuales van separadas de las aguas lluvias.

Tomando como referencia la vista en el río hacia aguas abajo, en el sector izquierdo se encuentra la parte central o principal de la ciudad. Además, dicho sector se encuentra dividido por las quebradas San Pedro y El Monte, que son las que definen las características de la red de drenaje. Este sector se divide en tres grandes áreas y cada una de ellas es drenada por un colector principal. Estos colectores son el sistema central de alcantarillado de la ciudad. Luego de su confluencia, las aguas residuales son conducidas hasta las lagunas de San Luis.

El sector derecho, constituido como sistemas independientes que descargan las aguas residuales directamente al río Guadalquivir sin ningún tipo de tratamiento.

### Redes de alcantarillado

La longitud total reportada de tuberías de la red de alcantarillado es de 357.718 m., distribuidas en diámetros y materiales de acuerdo al detalle presentado en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Características de la red de alcantarillado sanitario (2011)

Díámetro	Longitud (m)	Material
6"	240.721	HoCo
	859	PVC
8"	74.233	HoCo
	657	Fo
10"	15.880	HoCo
	298	Fo
	214	PVC
	114	Acero
12"	7.984	HoCo
14"	3.154	HoCo
15"	5.274	HoCo
16"	1.610	HoCo
18"	1.866	HoCo
20"	516	HoCo
24"	3.185	HoCo
28"	1.153	HoAo

Fuente: Elaboración propia en base a información de COOSALT

La red cubre los 13 distritos urbanos en que se divide Tarija, de los cuales solamente 9 distritos descargan las aguas servidas hacia la planta de tratamiento (Lagunas de San Luis). Los otros 4 distritos tienen sistemas de alcantarillado independientes que funcionan con cámaras sépticas, cuyos efluentes descargan en quebradas tributarias del río Guadalquivir.

### Cámaras de inspección

Las cámaras de inspección son de hormigón ciclópeo; las tapas usualmente utilizadas son de concreto armado, y en calles que tienen rodaje de pavimento se instalan de fierro fundido debido a que las de concreto no resisten alto tráfico vehicular.

En general, el estado físico de las cámaras de inspección es bastante bueno, según comentarios del personal de COSAALT; aunque se tienen problemas de rebalse en zonas con incidencia de conexiones cruzadas debido al taponamiento por arrastre de sedimentos y detritos por escorrentía superficial que llegan al alcantarillado.

## Emisarios

En el sistema de recolección de aguas residuales de Tarija se tienen dos emisarios: (1) desde la UAJMS – Cruce a San Luis, con una longitud de 3.173 m, de 800 mm de diámetro; y (2) desde el cruce a San Luis hasta las Lagunas de San Luis, con una longitud de 957 m y de 1000 mm de diámetro.

## Tratamiento y disposición final

Aproximadamente el 65% de los efluentes sanitarios generados en la ciudad de Tarija son conducidos mediante la red de alcantarillado hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR de San Luis, cuya descarga es vertida a la Quebrada Torrecillas, que luego de un recorrido de 3,8 Km confluye en el Río Guadalquivir. Al salir de la laguna de acabado, el agua se conduce mediante un canal abierto revestido. Se observa la generación de espuma debido a la turbulencia del flujo y los elementos tenso activos que aún lleva el agua tratada.

Adicionalmente existen 11 sectores conformados por nuevas urbanizaciones, que por limitaciones topográficas descargan sus efluentes previo tratamiento primario, directamente o mediante quebradas al Río Guadalquivir. El tratamiento primario consiste solamente en hacer pasar el agua residual a través de cámaras sépticas y luego descargan a quebradas afluentes del río Guadalquivir.

## Planta de tratamiento de aguas residuales – PTAR San Luis

Según información de COSAALT, la PTAR de San Luis habría sido construida entre los años 1988 y 1989, entrando en operación a partir de 1990. La planta de tratamiento se ubica entre las coordenadas 324232 E y 7613779 S, en el barrio de San Luis. El caudal de diseño es de 210 l/s, pero en la actualidad y en base a registros efectuados por COSAALT correspondientes al año 2011, el caudal medio que ingresa en planta es de 264 l/s.

El afluente mayoritario proviene de las aguas residuales domésticas de la ciudad de Tarija, sin embargo también recibe el aporte autorizado pero no monitoreado de aguas industriales, entre los que destacan por el volumen de sus descargas, los siguientes 5 establecimientos principales: Cervecería ASTRA, Productos lácteos PIL, Vitivinícola Aranjuez, Embotelladora Coca Cola y Embotelladora La Cascada.

La PTAR de San Luis utiliza el proceso de lagunas de estabilización (anaeróbicas, facultativa y de acabado o maduración). Está conformada por un canal Parshall, una estructura partidora de caudal que alimenta a 2 lagunas anaeróbicas que operan en paralelo, los efluentes de ambas son conducidos a una laguna facultativa que conecta con una laguna de acabado que mediante un canal con escalones conduce las aguas tratadas para su descarga final a la Quebrada Torrecillas.

Las características de cada una de las unidades mencionadas es la siguiente:

- **Canal Aforador Parshall** de 0,445 m de garganta, construido en hormigón armado y emplazado a una profundidad aproximada de 2,3 m debajo de la superficie del terreno.
- **Laguna Anaeróbica N°1**, excavada en el terreno y con diques de tierra, con 3,5 m de ancho de coronamiento. Esta laguna está impermeabilizada con arcilla, el agua ingresa mediante una estructura de hormigón armado que protege al canal conductor del agua residual y además sirve de plataforma de acceso, cabe anotar que el ingreso del agua residual es efectuado por encima del pelo de agua. Las dimensiones de esta laguna son:

Largo	194,5 m
Ancho	166,5 m
Profundidad	4,0 m
Tirante de agua	3,5 m

- **Laguna Anaeróbica N° 2**, es de similares características constructivas a la Laguna N° 1, pero con las dimensiones siguientes:

Largo	210,5 m
Ancho	142,5 m

Profundidad 4,0 m

Tirante de agua 3,5 m

- **Laguna Facultativa**, de similares características constructivas a las lagunas anaeróbicas. La interconexión de ingreso y salida son mediante canales protegidos por una estructura de H<sup>º</sup>A<sup>º</sup>, en esta última el agua es recogida por un vertedero rectangular. Las dimensiones de esta laguna son las siguientes:

Largo 286,0 m

Ancho 190,0 m

Profundidad 3,0 m

Tirante de agua 2,0 m

- **Laguna de Acabado**, también excavada en el terreno, con diques de tierra, coronamiento de 3,5 m e impermeabilizada con arcilla. Las estructuras de ingreso y salida son similares a la anterior. Las dimensiones de esta laguna son:

Largo 287,0 m

Ancho 158,0 m

Profundidad 3,0 m

Tirante de agua 2,0 m

La superficie de la planta cubre una superficie de 52 Ha, protegidas con enmallado en todo su perímetro. Las lagunas de estabilización cubren una superficie aproximada de 15 Ha.

#### Tratamientos Primarios Aislados

Como se mencionó anteriormente, existen 11 barrios de sectores conformados por nuevas urbanizaciones, cuyas redes de alcantarillado por condicionantes topográficas no pueden descargar a la red de alcantarillado principal, y por tanto descargan a instalaciones de tratamiento primario de emergencia construidas por COSAALT cuyos efluentes posteriormente se vierten al río Guadalquivir. Las características de las cámaras sépticas se describen a continuación.

Tabla 2.6. Características de las cámaras sépticas

Nº	Barrio	Tipo de tratamiento	Ubicación Coordenadas	Población servida estimada (*)
1	Catedral	Cámara séptica de 42 m <sup>3</sup> de capacidad y de 3 m de profundidad. El efluente de la misma es complementado en su tratamiento con un pequeño Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente, cuyo efluente final es descargado a la quebrada que escurre al Río Guadalquivir Sirve aproximadamente a 13 Ha con 181 lotes	X 318464 Y 7616791	905 hab
2	Barrio Luis de Fuentes, sector SENAC	Cámara séptica de 100 m <sup>3</sup> de capacidad construida en H <sup>º</sup> A <sup>º</sup> , con dimensiones de 4,5 m x 10 m x 3 m de profundidad Sirve aproximadamente a 164,9 Ha con 2308 lotes	X 319417 Y 7617190	11,540 hab
3	Luis de Fuentes Viviendas COSAALT	Cámara séptica de 60 m <sup>3</sup> de capacidad, con dimensiones de 8 m x 4 m x 2 m construida en mampostería de piedra Sirve aproximadamente a 7,5 Ha con 128 lotes	X 319495 Y 7617073	640 hab
4	El Tejar	Ubicado dentro los predios de la Universidad, de 40 m <sup>3</sup> de capacidad, construida en H <sup>º</sup> C <sup>º</sup> El efluente es descargado al Río Guadalquivir Sirve aproximadamente a 5,45 Ha con 82 lotes	X 322061 Y 7616146	410 hab

N°	Barrio	Tipo de tratamiento	Ubicación Coordenadas	Población servida estimada (*)
5	Viviendas del LAB	Cámara Séptica de 18 m <sup>3</sup> de capacidad y 3 m de profundidad, construida en mampostería de piedra, su descarga es efectuada a la Quebrada San Pedro Sirve aproximadamente a 2,26 Ha con 27	X 321931 Y 7616662	135 hab
6	Barrio Petrolero	Tiene 100 m <sup>3</sup> de capacidad, construida en hormigón armado, con dimensiones 10 m x 4,0 m x 2,5 m Sirve aproximadamente a 5,66 Ha con 62 lotes	X 323151 Y 7614864	310 hab
7	Barrio San Luis	Cuenta con una pequeña cámara séptica de 35 m <sup>3</sup> de capacidad construida en mampostería de piedra y losa de H°A°	X 323869 Y 7613612	
8	Barrio San Jorge	Cuenta con una pequeña cámara séptica de 40 m <sup>3</sup> de volumen, sus dimensiones son 6 m x 3m x 2,5m. Sirve aproximadamente a 126,3 Ha. Con 1397 lotes	X 325263 Y 7615182	6,985 hab
9	Barrio San Gerónimo	Ubicada sobre la misma calzada al final de la calle Tarija, es una Pequeña cámara séptica construida en mampostería de piedra y losa de H°A° tiene una capacidad de 18 m <sup>3</sup> , el efluente es vertido a la Quebrada San Pedro de la que dista unos 30 m Sirve aproximadamente a 1,3 Ha con 39 lotes	X 322672 Y 7616915	195 hab
10	Barrio Luis Espinal	Es una cámara séptica de 100 m <sup>3</sup> de capacidad construida en H°A° con dimensiones de 4,5 x 10 x 3,0, el efluente es descargado a la Quebrada El Gringo Sirve aproximadamente a 3,5 Ha con 61 lotes	X 323486 Y 7618783	305 hab
11	Urbanización El Carmen de Aranjuez	Es una cámara séptica de 42 m <sup>3</sup> de capacidad construida en mampostería de piedra. No pudo ser ubicada exactamente (por personal de COSAALT) por hallarse enterrada en la quebrada Sirve aproximadamente a 5,9 Ha con 43 lotes	X 317985 Y 7619291	215 hab
<b>Población total servida estimada</b>				<b>21,640 hab</b>

Fuente: Elaboración propia

(\*) Población estimada considerando 5 habitantes/lote

La ubicación de las cámaras sépticas, las cuales han sido construidas en lugares de poca accesibilidad en su mayoría, dificulta que reciban adecuada atención para mantenimiento, especialmente las localizadas en la zona sur-oeste de la ciudad.

Adicionalmente, los pocos recursos que tiene COSAALT tanto logísticos como económicos, también tienen gran influencia en las condiciones actuales de las cámaras sépticas.

### 2.2.1.3. Tipo de EPSA y Monto de la Tarifa

#### Antecedentes Institucionales

Hasta el año 1986, la prestación de Servicios de Agua Potable en la ciudad de Tarija estuvo a cargo de la Administración Regional para Obras Sanitarias de Tarija (AROS – Tarija), dependiente del Ministerio de Urbanismo y Vivienda. La Cooperativa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de Tarija (COSAALT Ltda.), nace al cooperativismo al amparo de la resolución de Consejo de INALCO N° 03181 de fecha 27 de noviembre de 1986.

La Cooperativa en fecha 27 de julio de 1998, presentó una solicitud de regularización de su Concesión a la ex Superintendencia de Agua y Saneamiento Básico, la que mediante Resolución Administrativa Regulatoria N° 55/98 de fecha 4 de diciembre de 1998, aprobó la regularización de la Concesión y en consecuencia regularizó las actividades de COSAALT para el aprovechamiento de Aguas y prestación

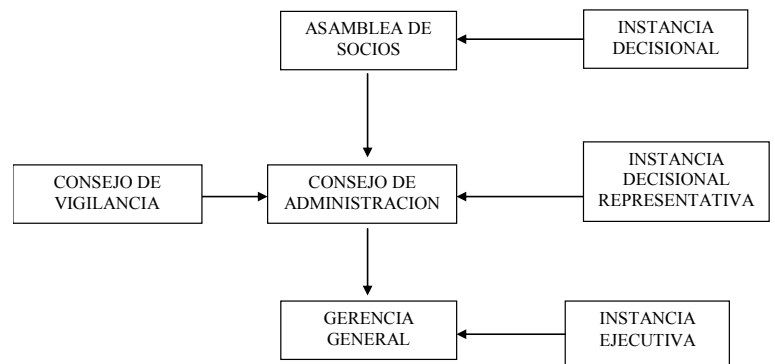
de los servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario en la ciudad de Tarija. El Contrato de Concesión de Aprovechamiento de Aguas y Concesión del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario en la Ciudad de Tarija, suscrito entre la ex Superintendencia de Agua y Saneamiento y COSAALT Ltda. Entra en vigencia a partir del 16 de febrero de 2001; estableciendo, términos y condiciones de la concesión por un plazo de 40 años.

Por efecto de la Nueva Constitución Política del Estado las Concesiones deben migrar a Licencia, por ello, COSAALT como efecto de normativa regulatoria dispone la misma para la prestación de servicios de agua potable y alcantarillado en la ciudad de Tarija.

### Estructura Orgánica

COSAALT tiene a la asamblea de socios como la máxima autoridad e instancia de decisión, dicha asamblea es presidida por el Presidente del Consejo de Administración, Presidente del Consejo de Vigilancia y el Gerente General la Cooperativa. La asamblea en su reunión anual recibe un informe económico del Presidente de la Cooperativa, aprueba o rechaza dicho informe y asume decisiones de carácter administrativo, en tarifas y cobros a realizarse y en aspectos varios relacionados con la gestión concluida o iniciada.

La Dirección, Administración y Vigilancia de la Cooperativa de acuerdo a su Estatuto (Capítulo VI) está encomendada a los siguientes órganos: (1) La Asamblea General; (2) El Consejo de Administración; (3) El Consejo de Vigilancia; (4) El Gerente General; (5) Los Comités Especiales

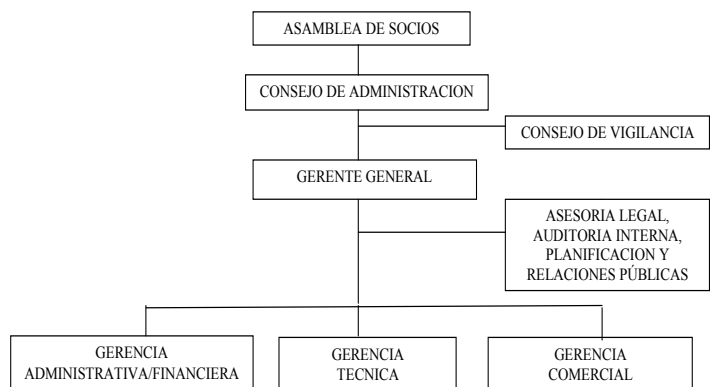


La Asamblea General: Constituye la autoridad suprema que representa al conjunto de sus socios y es soberana y sus resoluciones tendrán carácter obligatorio para los socios, las asambleas pueden ser ordinarias y extraordinarias. La Asamblea es presidida por el Presidente del Consejo de Administración de la Cooperativa.

Los Concejos de Administración y Vigilancia: La Cooperativa actualmente tiene en pleno funcionamiento sus Concejos de Administración y Vigilancia, con representatividad de los socios para asumir decisiones administrativas y/o técnicas que le son presentadas y asociadas al desempeño institucional y administrativo de la Cooperativa. Sin embargo, corresponde destacar la alta inestabilidad en la conformación y permanencia de los Consejos de Administración y Vigilancia, situación que se ha vuelto crítica en las últimas gestiones, y que corresponderá sea superada a efectos de alcanzar sostenibilidad en el diseño y ejecución de políticas y programas institucionales, técnicos o financieros de la Cooperativa.

### Organigrama

Luego de la instancia directiva representada por la Asamblea general de Socios y los Consejos de Administración y Vigilancia, se encuentra la Gerencia General como instancia ejecutiva y administrativa que prácticamente se resume en el Gerente General y dieciséis (16) funcionarios de la Cooperativa, que ejercitan todas las labores administrativas, operativas y técnicas básicas requeridas para la prestación del





servicio, como ser facturación y cobranza, pago de servicios, atención al socio, conexiones de agua potable, reparación de roturas, etc.

Conforme al organigrama se tiene como máxima instancia ejecutiva a la Gerencia General, como parte de apoyo y asistencia prevé las unidades de Asesoría Legal, Auditoría Interna, Relaciones Publicas y Planificación, como apoyo una Secretaria General y se distingue tres unidades de línea: La Gerencia Administrativa Financiera, la Gerencia Comercial y la Gerencia Técnica.

### Situación Comercial de COSAALT

Conforme a los parámetros de proyección de la población total del área de prestación de servicios de COSAALT, así como del número de conexiones alcanzadas al cabo de cada año en los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario.

### **Relación de Conexiones por Categorías**

De acuerdo a la estructura de categorías de usuarios previstos en la estructura tarifaria de COSAALT Ltda., a continuación se proporciona la relación de conexiones domiciliarias según la facturación.

Tabla 2.7. Relación de tipos de conexiones según facturación (octubre de 2012)

Tipo de Conexión	Año						Promedio
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
1-DOMESTICA A	87.39%	83.7%	89.5%	84.1%	84.6%	84.5%	85.63%
3-DOMEST. MINIMA	0.57%	0.4%	0.1%	0.3%	0.5%	0.7%	0.44%
4-OFICIAL/ESP. B	2.16%	5.5%	3.9%	5.1%	4.4%	4.1%	4.22%
5-ESP. A/COMER.II	7.10%	7.2%	5.1%	6.9%	6.4%	6.3%	6.50%
6-COMERCIAL I	0.38%	0.4%	0.3%	0.4%	0.4%	0.5%	0.39%
7-INDUSTRIAL 1	0.38%	0.8%	0.3%	1.2%	1.4%	1.5%	0.93%
8-INDUSTRIAL 2	1.16%	1.1%	0.4%	1.0%	1.1%	1.2%	0.97%
9-INDUSTRIAL 3	0.42%	0.4%	0.2%	0.3%	0.2%	0.2%	0.28%
10-PILA PUBLICA	0.44%	0.5%	0.2%	0.7%	0.9%	1.0%	0.63%

Fuente: Elaboración propia en base a datos provistos por COOSALT Ltda.

### **Estructura Tarifaria**

La estructura tarifaria aplicada por COSAALT Ltda., para diciembre de la gestión 2001, para los usuarios del sistema medido, contempla nueve categorías y tres rangos de consumo, (0-10 m<sup>3</sup>, 11-40m<sup>3</sup>, más de 40m<sup>3</sup>) al que se agrega un cargo fijo por alcantarillado.

Tabla 2.8. Estructura tarifaria indexados a UFV(mayo de 2012)

Categorías	Cargo Fijo Agua (Bs.)	Cargo Fijo Alcantarillado (Bs.)	Cargos fijos por consumo en Bs.		
			0 a 10 m <sup>3</sup>	11 a 40 m <sup>3</sup>	Más de 40 m <sup>3</sup>
Doméstica A	12.693158	10.152206	1.058150	2.327466	4.231440
Doméstica Mínima	12.693158	10.152206	1.058150	2.327466	4.231440
Oficial	42.314396	33.844555	1.058150	2.327466	4.231440
Especial	52.257757	41.803885	1.058150	2.327466	4.231440
Comercial	52.257757	41.803885	1.058150	2.327466	4.231440
Industrial I	166.217722	132.976498	1.058150	2.327466	4.231440
Industrial II	166.217722	132.976498	1.058150	2.327466	4.231440
Industrial III	166.217722	132.976498	1.058150	2.327466	4.231440
Pila pública	33.844555	-	1.058150	2.327466	4.231440

Fuente: Elaboración propia en base a datos provistos por COOSALT Ltda.

La estructura contempla un sistema de subsidio cruzado entre las distintas categorías establecidas, favoreciendo con tarifas más reducidas a la categoría doméstica, situación que se refleja solo en el cargo fijo.



## 2.2.2. Evaluación de las Fuentes de Agua

Este punto no corresponde al proyecto de saneamiento.

## 2.2.3. Evaluación de Cuerpos Receptores

El cuerpo receptor final, ya sea directo o indirecto de todas las aguas residuales, crudas y tratadas generadas en la ciudad de Tarija es el río Guadalquivir.

La principal descarga, en cuanto a volumen, lo representa el efluente de las lagunas de San Luis, el cual descarga en la Quebrada Torrecillas, y de ésta llega al río después de recorrer 3,8 Km. A partir de la PTAR de San Luis al río hay un desnivel aproximado de 31 m.

Los efluentes de las cámaras sépticas son descargados a las quebradas El Monte, San Pedro, Verdum, Sossa, Sagredo y otras de menor importancia, que igualmente llegan al río Guadalquivir.

Las características de río Guadalquivir son las siguientes:

- Nivel freático: 10 – 12 m
- Nivel mínimo: 0,20 – 0,30 m (en estiaje)
- Nivel máximo: 3,0 m
- Caudales aproximados: Octubre: 0,40 m<sup>3</sup>/s; Marzo: 15,80 m<sup>3</sup>/s

## 2.2.4. Calidad de las Aguas

### Aguas servidas crudas

Con la finalidad de contar con datos actualizados de la calidad del agua residual a tratar en la ciudad de Tarija, se contrataron los servicios del Laboratorio de COSAALT para realizar una campaña de muestreo a la entrada de la PTAR San Luis y a la salida de las lagunas (Anexo 3). Adicionalmente, se han evaluado los datos históricos que lleva registrados COSAALT a la entrada a las lagunas de San Luis (en el Parshall), los cuales son tomados una vez al mes durante 24 horas.

En la Tabla 2.9, se presenta un resumen de los principales parámetros analizados en las aguas residuales que ingresan a la planta de tratamiento de San Luis, valores medios anuales desde el año 2002 al 2012, según reportes de COSAALT.

Tabla 2.9. Valores medios anuales del afluente a la PTAR San Luis

Año	Meses Evaluados	pH	SS	C.E. (-)	DBO <sub>5</sub>	DQO	Caudal l/s
			gr/m <sup>3</sup>		mg/l	mg/l	
2002	8	6,9	3,0		349	474	219
2003	10	7,3	3,0	784	289	563	205
2004	12	7,4	2,9	659	352	619	220
2005	12	7,6	3,0	634	481	970	215
2006	12	7,2	2,8	637	482	885	200
2007	12	7,1	2,5	588	644	884	214
2008	12	6,9	2,9	609	395	574	239
2009	12	7,1	2,4	721	317	528	268
2010	11	7,1	2,9	680	347	487	252
2011	12	7,1	3,0	769	410	617	265
2012	3	7,0	2,5	653	273	477	307

Fuente: Elaboración propia en base a información COSAALT

Por otro lado, en la Tabla 2.10 se muestran específicamente los valores reportados por COSAALT para el año 2011, a la entrada de las lagunas de San Luis, muestras tomadas en el Canal Parshall. Al respecto, se observa que el promedio del año 2011 llegó a 396,1 mg/l, siendo éste valor representativo de aguas residuales municipales cargadas orgánicamente. Al mismo tiempo, se observa que en determinadas horas las concentraciones de DBO<sub>5</sub> superan los 1.200 mg/l.

Lo anterior evidencia que en Tarija existen descargas de aguas residuales de origen industrial que elevan la carga orgánica. Sin embargo, la relación DQO/DBO (Índice de biodegradabilidad) promedio de las muestras analizadas el 2011 es 1.6, mostrando este valor que las aguas analizadas contienen materia orgánica moderadamente biodegradable; y por tanto, los procesos biológicos pueden ser adecuados para la depuración, pero se debe poner atención a la procedencia de los contaminantes de naturaleza no biodegradables que están llegando a la planta de tratamiento.

Tabla 2.10. Resumen de resultados de análisis de AR en el Parshall a la entrada de las Lagunas de San Luis (2011)

Mes	Valor	Temp.	pH	Solidos Sed.	Conduc.	DBO5	DQO	Caudal
		°C	-	ml/l	µS/cm	mg/l	mg/l	l/s
1	Promedio	23,6	6,8	3,1	678,1	512,3	714,0	247,9
	Máximo	24,6	7,5	7,0	1.009,0	1.326,0	1.719,7	363,0
	Mínimo	23,0	6,4	0,5	375,0	64,0	179,4	80,2
2	Promedio	22,1	6,9	2,8	634,9	418,5	747,7	261,5
	Máximo	23,4	7,8	7,0	990,0	711,0	1.420,6	363,0
	Mínimo	21,1	6,5	0,3	378,0	157,0	299,1	73,9
3	Promedio	20,8	7,0	3,5	641,6	635,5	748,9	257,4
	Máximo	21,6	8,1	7,5	1.033,0	1.497,0	1.570,0	352,6
	Mínimo	20,3	6,5	0,8	398,0	193,0	209,3	67,8
4	Promedio	20,3	7,2	2,9	666,8	587,3	854,8	266,7
	Máximo	21,9	8,0	6,5	1.083,0	1.062,0	1.420,6	352,6
	Mínimo	18,6	6,6	0,6	420,0	92,0	119,6	67,8
5	Promedio	18,5	7,1	3,4	705,4	296,3	503,3	239,6
	Máximo	20,4	8,0	6,5	1.125,0	523,5	833,3	342,2
	Mínimo	15,4	6,4	0,5	407,0	56,0	133,3	80,2
6	Promedio	12,8	7,5	2,7	847,8	240,7	511,5	239,0
	Máximo	13,0	8,3	7,8	1.229,0	349,0	1.111,0	363,0
	Mínimo	11,5	7,1	0,2	517,0	94,0	111,1	73,9
7	Promedio	16,9	7,5	3,0	829,8	319,6	580,7	307,2
	Máximo	17,8	8,4	6,5	1.167,0	447,0	833,0	438,7
	Mínimo	16,6	6,9	0,3	536,0	144,0	178,0	135,8
8	Promedio	17,3	7,1	3,3	865,7	322,6	507,7	223,5
	Máximo	19,2	8,3	8,0	1.144,0	507,0	778,0	342,2
	Mínimo	15,9	6,5	0,5	539,0	98,0	111,0	80,2
9	Promedio	19,0	7,1	3,3	926,8	462,9	678,2	220,9
	Máximo	19,2	7,9	8,2	1.253,0	704,0	1.108,9	342,2
	Mínimo	18,8	6,5	0,1	655,0	112,2	237,6	80,2
10	Promedio	20,7	7,6	2,8	761,0	372,3	660,1	240,4
	Máximo	22,3	8,5	5,2	1.164,0	678,0	1.148,5	342,2
	Mínimo	20,1	7,1	0,4	565,0	192,6	316,8	80,2
11	Promedio	22,3	6,9	2,8	901,1	382,1	688,9	236,8
	Máximo	25,0	7,5	5,4	1.159,0	669,0	1.148,5	363,0
	Mínimo	21,8	6,6	0,6	629,0	180,0	237,6	93,2
12	Promedio	21,2	6,9	2,2	369,6	203,3	433,2	265,0
	Máximo	21,3	7,6	4,0	497,0	364,0	673,3	384,1
	Mínimo	20,9	6,4	0,4	182,4	40,2	79,2	121,0
General	Promedio	19,6	7,1	3,0	735,7	396,1	635,7	250,5
	Máximo	22,3	8,5	8,0	1.253,0	1.497,0	1.570,0	438,7
	Mínimo	11,5	6,4	0,1	182,4	40,2	79,2	67,8

Fuente: Elaboración propia con datos de COSAALT

En la Tabla anterior también se observa que la temperatura del agua llega a mínimos de 11,5°C durante el invierno, y hasta máximos de 22,3°C en verano. En cuanto al pH, se considera que está dentro del rango neutro. Los valores de sólidos sedimentables se presentan bajos, característicos de aguas débiles, siendo esto un elemento importante en la selección de procesos de sedimentación.

Bajo el análisis realizado, la Tabla 2.11 detalla los valores asumidos característicos de las aguas residuales en el afluente de la PTAR, a ser utilizados en el diseño.

Tabla 2.11. Valores medios de las concentraciones del afluente para el diseño de la PTAR

Parámetro	Concentración (mg/l)
DBO <sub>5</sub> (Demanda Biológica de Oxígeno)	400
SST (Sólidos Suspendidos Totales)	450
NT (Nitrógeno Total)	55
Amonio como N	45

Fuente: Elaboración propia

### Aguas tratadas

Uno de los problemas principales que está afrontando COSAALT con relación al tema del tratamiento de las aguas residuales en las lagunas de San Luis, es la variabilidad de la calidad del agua y de los caudales de entrada a lo largo del tiempo en las diferentes épocas del año, así como también durante el día.

El afluente mayoritario proviene de las aguas residuales domésticas de la ciudad de Tarija, sin embargo también recibe el aporte autorizado pero no monitoreado de aguas industriales, entre los que destacan por el volumen de sus descargas, los siguientes 5 establecimientos principales:

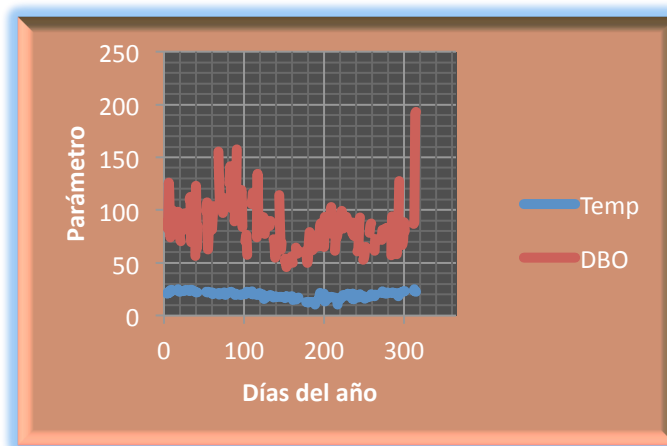
- Cervecería ASTRA
- Productos lácteos PIL
- Vitivinícola Aranjuez
- Embotelladora Coca Cola
- Embotelladora La Cascada

El sistema principal de tratamiento de las aguas residuales de Tarija está comprendido por lo que se conoce como Las Lagunas de San Luis; infraestructura puesta en operación el año 1992, proyectada para un caudal de 210 l/s, por lo que con caudal medio de 250 l/s (2011) se considera que está trabajando por encima de su capacidad nominal de diseño; sin embargo, los resultados obtenidos en promedio indican que la eficiencia es mayor al 75% en remoción de DBO<sub>5</sub>.

Esta planta de tratamiento consiste en un sistema de dos lagunas anaerobias en paralelo, seguidas de una laguna facultativa y finalmente una laguna de maduración.

En la Figura 2.4 se presenta el comportamiento de la DBO<sub>5</sub> a la descarga de la laguna de maduración, pudiéndose observar que el límite establecido por la Ley 1333 de 80 mg/l es superado habitualmente.

Figura 2.4. DBO<sub>5</sub> (mg/l) y Temperatura (°C) a la salida de la laguna de maduración San Luis



Fuente: Elaboración propia con datos de COSAALT

En la Tabla 2.12 se resumen los resultados obtenidos el año 2011 de los principales parámetros para el control del tratamiento, y mediante los cuales se concluye que no se está logrando consistentemente el cumplimiento de la normativa ambiental. Otro problema que se manifiesta es la oposición social, principalmente de los barrios vecinos, que ya no quieren la presencia de esas instalaciones debido al mal olor predominante en las cercanías y solicitan el cierre de la planta en el menor plazo posible. El problema anterior también genera un impedimento para que las nuevas plantas de tratamiento sean emplazadas en otros lugares, dado que asumen que tendrán la misma problemática.

Tabla 2.12. Resumen de parámetros en la descarga PTAR San Luis (2011)

Valor	Cond μS/cm	Alcalinidad mg/l	OD mg/l	DBO5 mg/l	DQO mg/l	SST mg/l
Promedio	841,8	324,8	0,2	85,2	183,3	51,4
Máximo	992	416	5,72	192,9	358,9	180
Mínimo	619	213,1	0,04	46	89	26

Fuente: Elaboración propia con datos de COSAALT

Opiniones de expertos coinciden que los desagradables olores son una característica de los procesos anaerobios abiertos, y que solamente se pueden reducir significativamente si las lagunas anaerobias son cubiertas; es así que los vecinos han aceptado el funcionamiento durante pocos años más, con la condición que la mitigación de los olores sea efectivo. El logro de este objetivo abrirá las puertas para la aceptación social para futuros emprendimientos de nuevas plantas de tratamiento, ya sea en el mismo sitio de la actual o en otros.

#### 2.2.5. Estudios de Suelos

El presente Estudio de Identificación considera la ampliación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales existente en San Luis, por lo que es necesario conocer las características geológicas del suelo de los terrenos donde se emplaza dicha planta, y donde se implementarán las futuras obras civiles para la ampliación de capacidad.

El estudio de suelos en los terrenos de la PTAR San Luis consistió en la apertura de calicatas o excavaciones de un metro de profundidad, a fin de determinar la litología o composición del suelo, y ciertos aspectos físicos como dureza, compactación, humedad, y otros.

Una vez realizadas las excavaciones, se realizaron descripciones visuales de las calicatas, ilustrando el perfil del suelo y fotografías de la excavación y del material extraído. En este marco, se ubicaron 2 Puntos en el límite sudeste de las lagunas, para conocer las características físicas para las futuras

ampliaciones o la construcción de canales. En la zona afloran en diferentes niveles arcillas, limos y arenas pertenecientes a la secuencia fluvio-lacustre de la Cuenca Cuaternaria de Tarija.

En el Anexo 4 se presenta el detalle completo del reconocimiento geológico y los estudios de suelos de las principales obras.

#### 2.2.6. Trabajos Topográficos

Los resultados de los trabajos de levantamiento topográfico para las principales obras civiles incluidas en el presente Estudio de Identificación, se adjuntan en el Anexo 5.

#### 2.2.7. Estudios Ambientales

La Ficha Ambiental preliminar del proyecto se presenta en el ANEXO 6.

### 3. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS

#### 3.1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE ALTERNATIVAS

##### 3.1.1. Cobertura de saneamiento

El servicio de saneamiento tiene como objetivo fundamental el mejoramiento de condiciones de salubridad de la población mediante la recolección de las aguas residuales producidas en las viviendas, liberando a los habitantes de ambientes riesgosos por la presencia de vectores que proliferan en las aguas estancadas que son vertidas sin control en el patio y calles. Además, las aguas residuales deben ser trasladadas a instalaciones especiales donde serían procesadas hasta lograr una adecuada depuración alcanzando los niveles establecidos en la Ley 1333.

Desde el punto de vista de la población, el interés mayor se concentra en tener la posibilidad de evacuar las aguas servidas a un colector que las transporte a una planta de tratamiento. En tal sentido, para lograr ese cometido se requiere la ampliación de las redes de alcantarillado, que actualmente ronda el 79,7%, a fin de llegar a la cobertura universal (100%) al final del periodo de diseño del Plan Maestro Integral (2036). Desde el punto de vista técnico, y hasta financiero es bastante difícil llegar de un solo salto al 100% de cobertura, por lo que se propone hacerlo de forma paulatina y en función de los plazos y fases de ejecución de obras divididas en corto, mediano y largo plazo.

En la siguiente Tabla se muestran las coberturas propuestas a alcanzar durante el periodo de diseño del Plan Maestro Integral, tomando en cuenta el crecimiento de la mancha urbana y la densificación de la misma. Se observa que para la población que no tenga acceso a la red de alcantarillado, se plantea la promoción de soluciones a nivel de domicilio temporalmente (baños secos ecológicos), mientras se ejecutan las obras de redes de alcantarillado sanitario, estimándose en unos 500 m anuales.

Tabla 3.1. Coberturas de saneamiento

Año	Cobertura Alcantarillado Sanitario	Cobertura Baños Secos Ecológicos	Cobertura Total Saneamiento
	%	%	%
2012	79,7	0,0	79,7
2016	79,7	0,0	84,7
2021	90,0	5,0	95,0
2026	100,0	0,0	100,0
2031	100,0	0,0	100,0
2036	100,0	0,0	100,0

Fuente: Elaboración propia

Paralelamente a la red de alcantarillado, y con carácter prioritario está el tema de la reducción de la contaminación ambiental que se está generando por inadecuada e incompleta depuración de las aguas residuales que la actualidad está degradando al río Guadalquivir. Si bien, existen instalaciones para ello, no tienen la capacidad para depurar todo el caudal que se está generando, como tampoco lo tendrá con las proyecciones de incremento de la demanda.

De los 364 l/s que de forma estimada se considera es el de caudal medio diario de agua residual al año 2012, están llegando a las lagunas de San Luis un promedio de 250,5 l/s, representando un 68,7% del total generado. El resto va a cámaras sépticas (11) y descargas directas. Ante la anterior situación también se tiene el objetivo de lograr el tratamiento del 100 % de las aguas residuales recolectadas en la red de alcantarillado.

### 3.1.2. Análisis para la ubicación óptima de las plantas de tratamiento

El problema principal relacionado con la ubicación de la(s) planta(s) de tratamiento de aguas residuales en Tarija es la oposición social que ha habido al respecto desde hace varios años en los que la UTEPTAR ha intentado localizar dicha infraestructura. Se cuentan hasta 5 sitios seleccionados, sin embargo, por la oposición no han logrado llevar a cabo dicho proyecto, a pesar de tener el financiamiento disponible.

En la actualidad, el único sitio disponible es donde se encuentran las lagunas de San Luis, dado que ya es propiedad de la Gobernación Departamental de Tarija, y no se requiere de compras o expropiaciones para poseerlo porque ya es propio.

### 3.1.3. Alternativas tecnológicas de tratamiento de las aguas residuales

En vista que actualmente se cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales (San Luis), la cual consiste en lagunas de estabilización, las alternativas de tratamiento consideradas en el presente Estudio de Identificación son:

- Mejoramiento de las lagunas existentes + filtros percoladores
- Filtros percoladores
- Reactores anaeróbicos de flujo ascendente + Filtro percolador

En el mejoramiento de las lagunas existentes se consideran dos opciones: una de ellas es la cobertura de las lagunas anaeróbicas, y la otra es convertirlas en lagunas aereadas.

### 3.1.4. Desarrollo y descripción de alternativas

#### 3.1.4.1. Alcantarillado Sanitario

En cuanto al sistema de alcantarillado sanitario, no existe un análisis de alternativas, considerando que actualmente existe un 79,7% de cobertura en Tarija, por lo que únicamente se plantean las ampliaciones de las redes existentes y nuevas acometidas.

#### 3.1.4.2. Tratamiento de Aguas Residuales

Para el tratamiento de las aguas servidas, se analizan 4 alternativas de PTAR grandes (< 25.000 m<sup>3</sup>/d), 2 como mejoras a la PTAR existente (lagunas de estabilización) y 2 como Nueva PTAR, como se detalla a continuación:

- Nueva PTAR grande - Alternativas B1 y B2
- Mejoras a PTAR de lagunaje existente - Alternativas C1 y C2

Todas las alternativas de tratamiento para las PTAR tendrán en común un pre-tratamiento. El pre-tratamiento se considera muy importante dentro del buen funcionamiento de toda planta de tratamiento,

ya que reduce la cantidad de residuos sólidos (arenas, piedras, grasas, etc.) que pueden dañar o disminuir el rendimiento del tratamiento.

El pre-tratamiento consistiría en los siguientes componentes:

- Arqueta de entrada a la PTAR y bypass general,
- Desbaste de rejas gruesas y finos,
- Desarenador-desengrasador.
- Medición de caudal mediante un canal parshall y un medidor ultrasónico

Para el dimensionamiento de la PTAR se ha definido dos fases de construcción dependiendo de los caudales de proyecto hasta el horizonte de 2036. Para la primera fase se han considerado los caudales de diseño del 2023, y para la segunda los caudales del 2036. A continuación se indican los caudales de diseño para la primera y segunda fase.

Tabla 3.2. Caudales de diseño de la PTAR

Parámetros	Fase 1 - 2023		Fase 2 - 2036	
	Qmed (l/s)	Qmax (l/s)	Qmed (l/s)	Qmax (l/s)
Caudal de diseño por fases	543	652	729	875

Fuente: Elaboración propia

A continuación se describen las Alternativas estudiadas para las futuras PTAR y las mejoras de las existentes.

#### **Alternativas B1 y B2 (PTAR nueva)**

- **Alternativa B1.** Esta Alternativa consiste en los siguientes procesos de tratamiento:

Línea de Agua con el siguiente efluente: 25 mg DBO<sub>5</sub>/l, 25 mg SST/l y Coliformes Fecales 1000 NMP/100 ml en 2021. Se añadirá más Filtros Percoladores en 2036 para alcanzar 4 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/l

- Pre-tratamiento: arqueta de entrada + rejas + desarenador + canal Parshall.
- Tratamiento Primario: Decantador primario
- Tratamiento Biológico: filtros percoladores (soporte: plástico) + decantador secundario
- Tratamiento Terciario: tanque de cloración o lagunas de maduración o humedales verdes (dependerá del espacio disponible en la parcela)

Línea de Fangos La línea de fangos consistirá en los siguientes tratamientos, obteniendo un fango estabilizado y con un mínimo de 30% de sólidos secos.

- Recirculación y purga de fangos
- Espesador de fangos
- Eras de Secado con inyección de cal o Secado solar

- **Alternativa B2.** Esta Alternativa consiste en los siguientes procesos de tratamiento:

Línea de Agua con el siguiente efluente: 25 mg DBO<sub>5</sub>/l, 25 mg SST/l y Coliformes Fecales 1000 NMP/100 ml en 2021. Se añadirá más volumen en los tanques biológicos en 2036 para alcanzar 4 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/l.

- Pre tratamiento: arqueta de entrada + rejas + desarenador + canal Parshall
- Tratamiento Primario: Decantador primario
- Tratamiento Biológico: reactor biológico de Fangos Activos tipo convencional + decantador secundario



- Tratamiento Terciario: tanque de cloración o lagunas de maduración o humedales verdes (dependerá del espacio disponible en la parcela)

Línea de Fangos La línea de fangos consistirá en los siguientes tratamientos obteniendo un fango estabilizado y con un mínimo de 30% de sólidos secos.

- Recirculación y purga de fangos
- Espesador de fangos
- Eras de Secado con inyección de Cal o Secado solar

#### Alternativas C1 y C2 (mejoras lagunas existentes)

- **Alternativa C1.** Esta Alternativa consiste en los siguientes procesos de tratamiento:

Línea de Agua con el siguiente efluente: 25 mg DBO<sub>5</sub>/l, 25 mg SST/l y Coliformes Fecales 1000 NMP/100 ml

- Pre tratamiento: arqueta de entrada + rejas + desarenador + canal Parshall.
- Tratamiento Biológico:
- Convertir las lagunas facultativas primarias en Lagunas aireadas
- Nuevos tratamientos: Decantador secundario
- Tratamiento Terciario: tanque de cloración o lagunas de maduración o humedales verdes (dependerá del espacio disponible en la parcela)

Línea de Fangos. La línea de fangos consistirá en los siguientes tratamientos obteniendo un fango estabilizado y con un mínimo de 30% de sólidos secos.

- Purga de fangos
- Espesador de fangos
- Eras de Secado con inyección de cal o Secado solar

- **Alternativa C2.** Esta Alternativa consiste en los siguientes procesos de tratamiento:

Línea de Agua con el siguiente efluente: 25 mg DBO<sub>5</sub>/l, 25 mg SST/l y Coliformes Fecales 1000 NMP/100 ml

- Pre tratamiento: arqueta de entrada + rejas + desarenador + canal Parshall.
- Tratamiento Biológico:
- Convertir las lagunas facultativas primarias en Lagunas anaeróbicas. Estas lagunas se encontraran completamente cubiertas.
- Nuevos tratamientos: Filtros percoladores (soporte: plástico) + decantador secundario
- Tratamiento Terciario: tanque de cloración o lagunas de maduración o humedales verdes (dependerá del espacio disponible en la parcela)

Línea de Fangos. La línea de fangos consistirá en los siguientes tratamientos obteniendo un fango estabilizado y con un mínimo de 30% de sólidos secos.

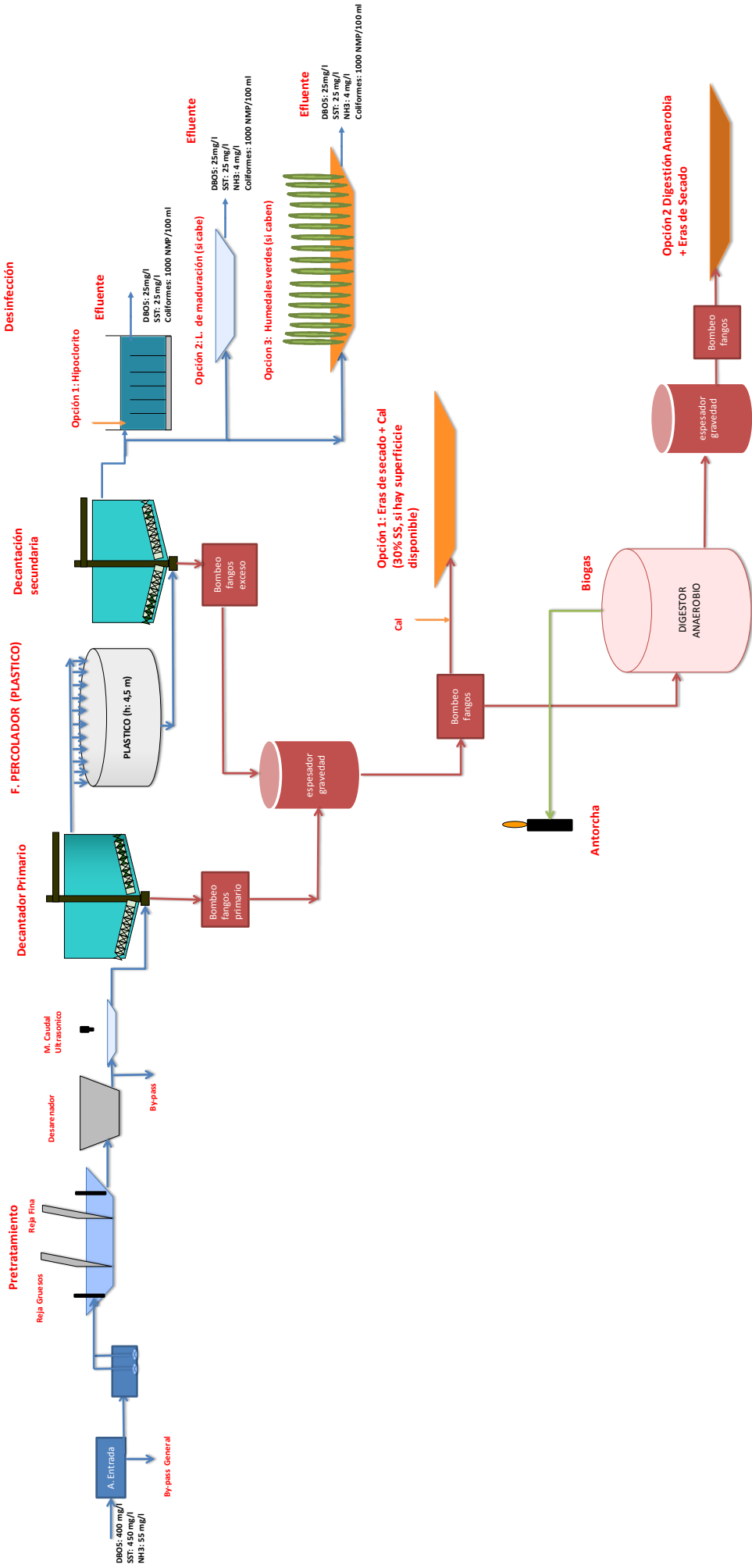
- Recirculación y Purga de fangos
- Espesador de fangos
- Eras de Secado con inyección de cal o Secado solar

Línea de Gas. El biogás producido se almacenará para la producción de energía eléctrica a través de una moto-generator. El exceso de biogás se quemaría en una antorcha.

A continuación se muestran los diagramas de flujo tomados en cuenta en el Estudio de Alternativas.

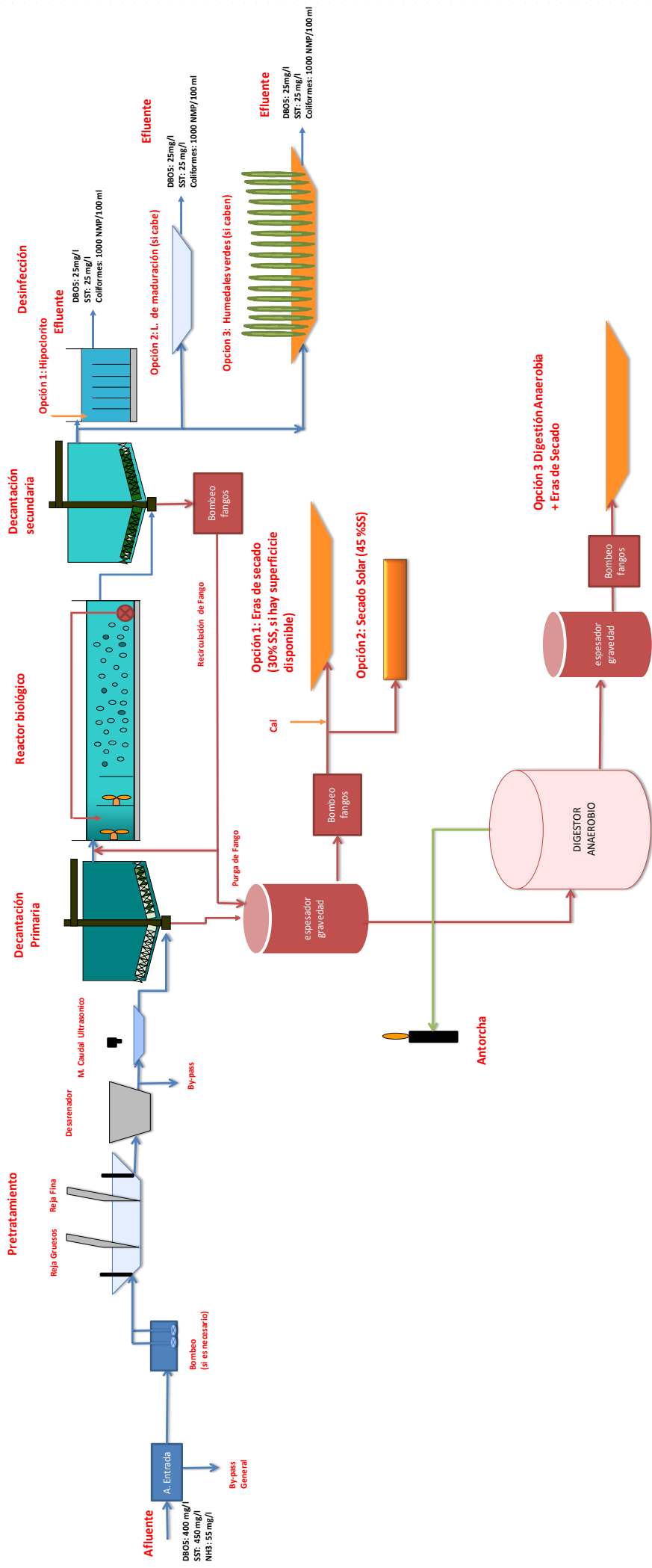


Figura 3.1. PTAR Grande nueva – Alternativa B1 - Tarija



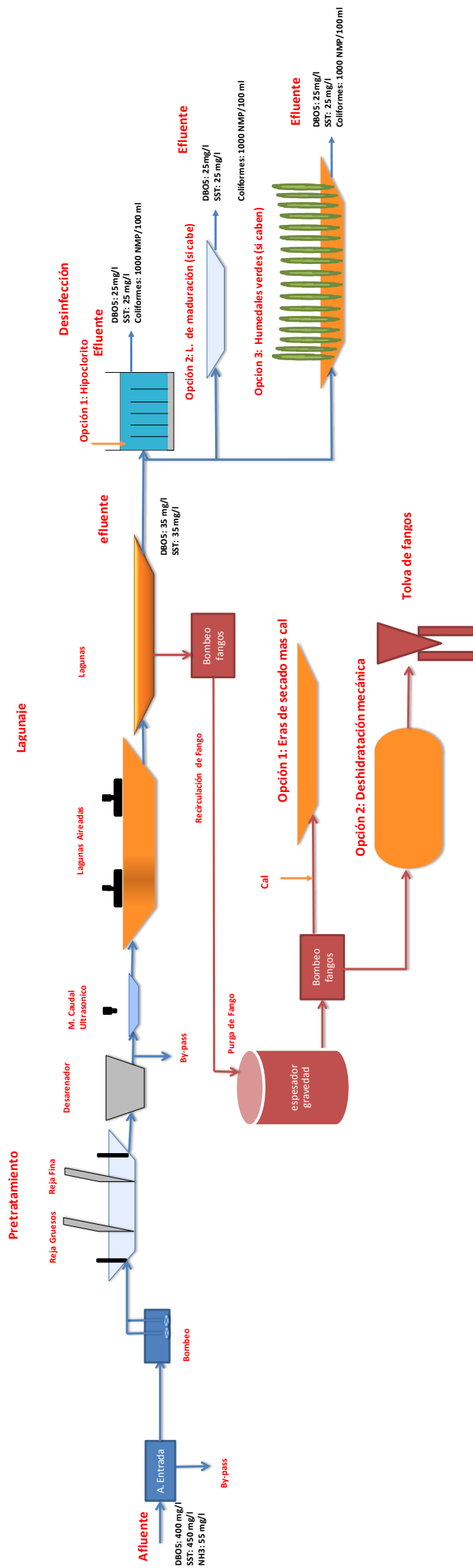
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.2. PTAR Grande nueva – Alternativa B2 - Tarija



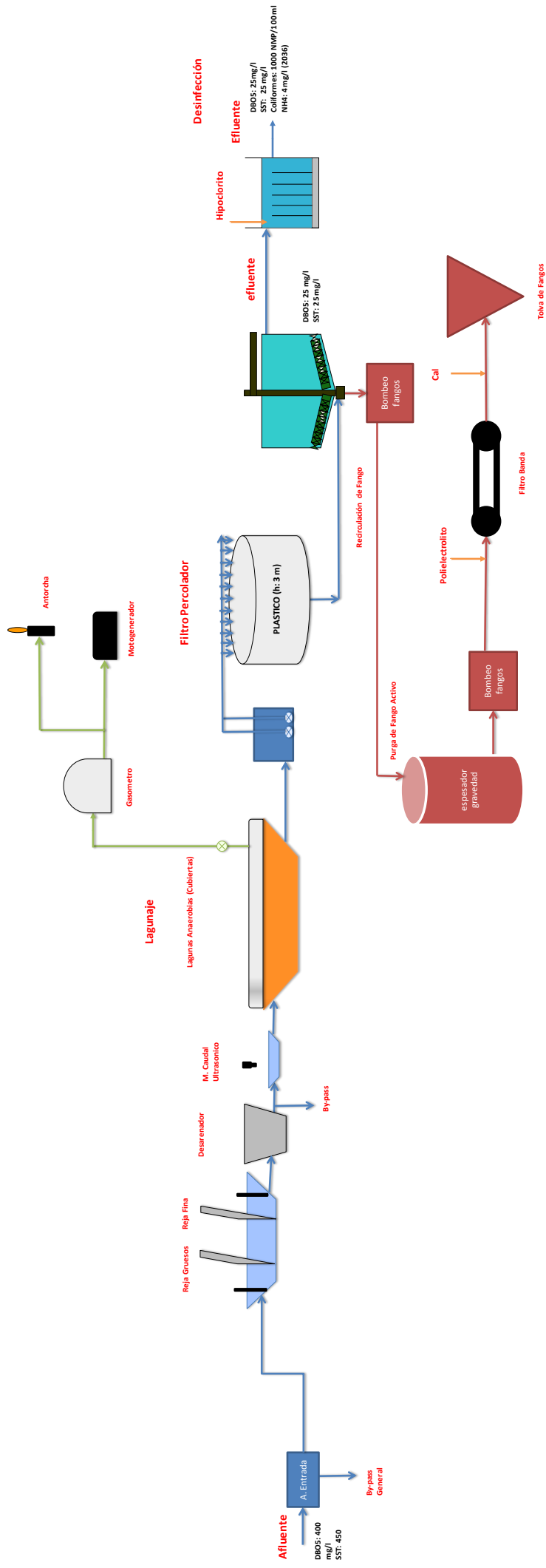
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.3. Mejoramiento lagunas existentes - Alternativa C1 - Tarija



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.4. Mejoramiento lagunas existentes - Alternativa C2 - Tarija



Fuente: Elaboración propia

### 3.1.5. Análisis de factibilidad de las obras que conforman cada alternativa

#### 3.1.5.1. Memoria descriptiva

Como se describió anteriormente, para la ciudad de Tarija se proponen 4 alternativas de tratamiento, las cuales son:

- Nueva PTAR con las alternativas: B1 (Filtros Percoladores) y B2 (Fangos Activos convencionales),
- Mejoras y ampliación de la PTAR de San Luis existente con las alternativas: C1 (laguna anaerobias existentes se reconvierten en lagunas aireadas) y C2 (lagunas anaerobias se reconvierten en Lagunas anaerobias más profundas y cubiertas + Filtros Percoladores)

#### 3.1.5.2. Cálculo y predimensionamiento

A continuación, en la Tabla 3.3 y Tabla 3.4, se detalla el predimensionamiento de las 4 alternativas de tratamiento (B1, B2, C1 y C2) para la ciudad de Tarija.

Tabla 3.3. Predimensionamiento de las Alternativas B1 y B2 – 2036\*

Tratamiento	B1 (Filtros Percoladores - Plástico)	B2 (F. Activos Convencionales)
Pre-tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Canales + 1 Canal by-pass: 3 rejas de gruesos (30mm); 3 r. finos automáticas (10 mm) + 2 transportador prensa tornillo</li> <li>• 1 desarenador: volumen total 420 m<sup>3</sup>; superficie total 120 m<sup>2</sup></li> <li>• Estación elevadora (3+1R, 510 l/s capacidad unitaria)</li> <li>• Canal Parshall con un medidor ultrasónico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Canales + 1 Canal bypass: 3 rejas de gruesos (30mm); 3 r. finos automáticas (10 mm) + 2 transportador prensa tornillo</li> <li>• 1 desarenador: volumen total 420 m<sup>3</sup>; superficie total 120 m<sup>2</sup></li> <li>• Estación elevadora (3+1R, 510 l/s capacidad unitaria)</li> <li>• Canal Parshall con un medidor ultrasónico</li> </ul>
Tratamiento Primario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Decantadores primarios: Volumen unitario 4032 m<sup>3</sup>; 36 m diámetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Decantadores primarios: Volumen unitario 4032 m<sup>3</sup>; 36 m diámetro</li> </ul>
Tratamiento Secundario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 F. Percoladores: Volumen unitario 10.243 m<sup>3</sup>; 1.707 m<sup>2</sup> y 47 m diámetro</li> <li>• 3 Decantadores secundarios: Volumen unitario 8052 m<sup>3</sup>; 51 m diámetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 T. Biológicos: Volumen unitario 14.683 m<sup>3</sup> y superficie unitaria 2.447 m<sup>2</sup></li> <li>• 3 Decantadores secundarios: Volumen unitario 8052 m<sup>3</sup>; 51 m diámetro</li> </ul>
Tratamiento Terciario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 T. Cloración: Volumen unitario 504 m<sup>3</sup>; y superficie unitaria 126 m<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 T. Cloración: Volumen unitario 504 m<sup>3</sup>; y superficie unitaria 126 m<sup>2</sup></li> </ul>
Tratamiento de Fangos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Espesadores gravitacionales: Volumen unitario 2.058 m<sup>3</sup>; y superficie unitaria 515 m<sup>2</sup></li> <li>• Centrifugas (1+1R): 80-100 m<sup>3</sup>/h; Bombas sin fín (1+1R): 10 m<sup>3</sup>/h; Tolva: 100 m<sup>3</sup>; equipo polielectrolito: 1000 ml</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Espesadores gravitacionales: Volumen unitario 2.477 m<sup>3</sup>; y superficie unitaria 550 m<sup>2</sup></li> <li>• Centrifugas (1+1R): 80-100 m<sup>3</sup>/h; Bombas sin fín (1+1R): 10 m<sup>3</sup>/h; Tolva: 100 m<sup>3</sup>; equipo polielectrolito: 1000 ml</li> </ul>

\*El diseño de 2036 son 3 líneas de tratamiento. El diseño para el año 2023 sería las mismas dimensiones pero con 2 unidades en la línea de agua. La línea de fangos se quedaría igual. El pre-tratamiento se diseña para el año horizonte 2036.

Tabla 3.4. Predimensionamiento de las alternativas C1 y C2 – 2036\*

Tratamiento	C1 (L. Aireadas + Decantación)	C2 (L. Anaerobias + F. Percolador+ Dec)
Pre-tratamiento	3 Canales + 1 Canal by-pass: 3 rejas de gruesos (30mm); 3 r. finos automáticas (10 mm) + 2 transportador prensa tornillo 1 desarenador: volumen total 420 m <sup>3</sup> ; superficie total 120 m <sup>2</sup> Estación elevadora (3+1R, 510 l/s capacidad unitaria) Canal Parshall con un medidor ultrasónico	3 Canales + 1 Canal by-pass: 3 rejas de gruesos (30mm); 3 r. finos automáticas (10 mm) + 2 transportador prensa tornillo 1 desarenador: volumen total 420 m <sup>3</sup> ; superficie total 120 m <sup>2</sup> Estación elevadora (3+1R, 510 l/s capacidad unitaria) Canal Parshall con un medidor ultrasónico
Tratamiento Primario	No aplica en este diseño	No aplica en este diseño
Tratamiento Secundario	2 L. Anaerobias se convierten en aireadas. Se las hace 1,3 m más profundas. Volumen total disponible: 279.919 m <sup>3</sup> Se añaden 17 ud de aireadores de 20 HP en cada laguna. 6 Decantadores secundarios: Volumen unitario 3356 m <sup>3</sup> ; 33 m diámetro	2 L. Anaerobias se convierten en anaerobias cerradas. Se las hace 1,6 m más profundas. Volumen total disponible: 311.026 m <sup>3</sup> Se cierran con una capa geotextil y se necesitan soplantes para aspirar el biogás y una antorcha de 300 m <sup>3</sup> /h 6 F. Percoladores: Volumen unitario 2.242 m <sup>3</sup> ; 561 m <sup>2</sup> y 27 m diámetro 6 Decantadores secundarios: Volumen unitario 3356 m <sup>3</sup> ; 33 m diámetro
Tratamiento Terciario	3 T. Cloración: Volumen unitario 504 m <sup>3</sup> ; y superficie unitaria 126 m <sup>2</sup>	3 T. Cloración: Volumen unitario 504 m <sup>3</sup> ; y superficie unitaria 126 m <sup>2</sup>
Tratamiento de Fangos	2 Espesadores gravitacionales: Volumen unitario 1557 m <sup>3</sup> ; y superficie unitaria 389 m <sup>2</sup> Filtros Banda (2+1R): 20-30 m <sup>3</sup> /h; Bombas sinfín (1+1R): 5 m <sup>3</sup> /h; Tolva: 80 m <sup>3</sup> ; equipo polielectrolito: 1000 ml	2 Espesadores gravitacionales: Volumen unitario 1.232 m <sup>3</sup> ; y superficie unitaria 308 m <sup>2</sup> Filtros Banda (2+1R): 20-30 m <sup>3</sup> /h; Bombas sinfín (1+1R): 5 m <sup>3</sup> /h; Tolva: 80 m <sup>3</sup> ; equipo polielectrolito: 1000 ml

\*El diseño de 2036 son 6 líneas de tratamiento. El diseño para el año 2023 sería las mismas dimensiones pero con 5 unidades en la línea de agua. La línea de fangos se quedaría igual y las lagunas también. El pre-tratamiento se diseña para el año horizonte 2036.

### 3.1.5.3. Capacidad hidráulica de la infraestructura del sistema

La capacidad hidráulica del sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales propuesto para Tarija, se detalla en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Capacidad hidráulica del sistema de saneamiento

Componente	Capacidad (l/s)
<b>Recolección</b>	
Alcantarillado sanitario	1181
<b>Tratamiento</b>	
PTAR San Luis	729

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.6. Costos de alternativas

#### 3.1.6.1. Cómputos métricos

Para determinar el costo de cada alternativa, se procedió inicialmente al dimensionamiento de las estructuras y luego a calcular las cantidades de obra. Los cómputos métricos de todas las alternativas se encuentran detallados en los Anexos del Informe de la Etapa II del Plan Maestro Integral.

### 3.1.6.2. Análisis de precios unitarios

Para la estimación de los precios unitarios, se recabó la siguiente información:

- De documentos que abordaban trabajos similares
- De empresas proveedoras de materiales de construcción y equipos
- De empresas constructoras
- De la Cámara de la Construcción de Tarija.

Actualmente, el Modelo de Documento Base de Contratación para la Contratación de Obras en la modalidad de Licitación Pública, aprobado por el Ministerio de Economía y Finanzas Públicas mediante Resolución Ministerial N° 262 de fecha 15 de julio de 2009, en el marco del Decreto Supremo N° 181 de Normas Básicas del Sistema de Administración de Bienes y Servicios de fecha 28 de junio de 2009, normativa que es aplicable a contrataciones con financiamiento nacional por montos de Bs. 1.000.001 en adelante, establece un formato de análisis de precios unitarios de uso obligatorio.

El detalle de los precios unitarios para cada uno de los ítems de las alternativas, están adjuntos en los Anexos del Informe de la Etapa II del Plan Maestro Integral.

### 3.1.6.3. Presupuesto

#### Red de Alcantarillado Sanitario (Alternativa Única)

Tabla 3.6. Presupuesto de alcantarillado sanitario en el corto, mediano y largo plazo

DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL (Bs)
EMISARIOS	
EMISARIO PROLONGACIÓN SAN BLAS	6.188.983
EMISARIO SAN JORGE PTAR SAN LUIS	756.202
EMISARIO UNIV. EL TEJAR PTAR SAN LUIS	7.110.124
COLECTOR PRINCIPAL SAN JERÓNIMO SAN LUIS	3.440.991
BOMBEO SAN LUIS - PTAR	
IMPULSIÓN EB SAN LUIS A PTAR	4.309.429
ESTACIÓN DE BOMBEO SAN LUIS	1.969.350
CARCAMO DE BOMBEO EN EB- SAN LUIS. VOL= 1000 M3	2.244.585
RED DE ALCANTARILLADO SANIT.CORTO PLAZO	63.109.681
CONEXIONES DOMICILIARES ALCANTARILLADO (FONDO ROTATIVO)	5.345.280
BAÑOS ECOLÓGICOS	3.840.000
<b>SUBTOTAL OBRAS A CORTO PLAZO</b>	<b>98.314.625</b>
<b>OBRAS MEDIANO PLAZO</b>	
EMISARIO TORRECILLAS EST. DE BOMBEO 2	3.695.246
EMISARIO EL TEMPORAL	1.518.965
ESTACIÓN DE BOMBEO 2 EL TEMPORAL	
IMPULSIÓN EB EL TEMPORAL A PTAR SAN LUIS	3.304.621
ESTACIÓN DE BOMBEO EL TEMPORAL	1.400.767
CÁRCAMO DE BOMBEO EN EB EL TEMPORAL VOL=500M3	1.460.568
RENOVACIÓN DE EQUIPOS EN EB SAN LUIS	1.455.407
RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO MED. P.	63.844.065
<b>SUBTOTAL OBRAS MEDIANO PLAZO</b>	<b>76.679.639</b>
<b>OBRAS A LARGO PLAZO</b>	
RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO LARGO P.	17.247.514
<b>SUBTOTAL OBRAS LARGO PLAZO</b>	<b>17.247.514</b>
<b>COSTO TOTAL OBRAS</b>	<b>192.241.778</b>

Fuente: Elaboración propia

### Alternativa PTAR B1

Tabla 3.7. Presupuesto alternativa PTAR B1

Fuente: Elaboración propia

Ítem	Descripción	Costo (Bs)
1.	LLEGADA Y BY PASS GENERAL	170.902
2.	CANALES DE DESBASTE	276.683
3.	DESARENADOR	2.614.380
4.	MEDIDA DE CAUDAL	75.383
5.	ESTACION ELEVADORA	410.764
6.	REPARTO A DEC-ARQ CIRCULAR CONC. DE REP.	140.446
7.	DECANTACION PRIMARIA	10.339.516
8.	BOMBEOS DE FANGOS PRIMARIOS	329.234
9.	ARQUETA DE REUNION Y REPARTO A FILTROS	244.251
10.	FILTRO PERCOLADOR(PLASTICO)	41.236.528
11.	ARQUETA DE REUNION Y REPARTO A DECANTADO	170.856
12.	DECANTACION SECUNDARIA	18.770.592
13.	TANQUE DE CLORACION	914.065
14.	ARQUETA DE SALIDA-TOMA MUESTRAS	599.175
15.	BOMBEOS DE FANGOS ESPESADOR Y A FILTROS	2.311.121
16.	ESPESADOR DE GRAVEDAD	4.753.596
17.	BOMBEO A LA ERAS DE SECADO	309.444
18.	DESHIDRATAION MECANICA	75.724.755
19.	OBRAS MENORES	8.243.971
20.	EDIFICACIÓN	348.011
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>167.983.674</b>

### Alternativa PTAR B2

Tabla 3.8. Presupuesto alternativa PTAR

Ítem	Descripción	Costo (Bs)
1.	LLEGADA Y BY PASS GENERAL	170.900
2.	CANALES DE DESBASTE	276.679
3.	DESARENADOR	2.614.267
4.	MEDIDA DE CAUDAL	75.382
5.	ESTACION ELEVADORA	338.994
6.	ARQUETA DE REPARTO A DECANTADOR PRIMARIO	81.207
7.	DECANTACION PRIMARIA	10.339.486
8.	BOMBEOS DE FANGOS PRIMARIOS	299.742
9.	ARQUETA DE REPARTO A BIOLOGICO	201.725
10.	REACTOR BIOLOGICO	51.011.216
11.	ARQUETA DE REUNION Y REPARTO A DECANTADO	121.843
12.	DECANTACION SECUNDARIA	18.703.655
13.	TANQUE DE CLORACION	941.700
14.	BOMBEO DE FANGOS ESPESADOR A BIOLOGICO	753.386
15.	ESPESADOR DE GRAVEDAD	6.236.799
16.	BOMBEO A LAS ERAS DE SECADO	187.468
17.	DESHIDRATAION MECANICA	230.983.670
18.	OBRAS MENORES	13.010.539
19.	EDIFICACION	348.011
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>336.696.669</b>

Fuente: Elaboración propia



**Alternativa PTAR C1**

Tabla 3.9. Presupuesto alternativa PTAR C1

Ítem	Descripción	Costo (Bs)
1.	TRABAJOS PRELIMINARES	43.371
2.	LLEGADA Y BY[PASS GENERAL	2.660.969
3.	CANALES DE DESBASTE	202.258
4.	DESARENADOR	752.891
5.	MEDIDOR DE CAUDAL	78.518
6.	MEJORAMIENTO PTAR SAN LUIS	24.100.424
7.	ESTACION ELEVADORA	971.274
8.	ARQUETA DE REUNION Y REPARTO A FILTROS	703.131
9.	FILTRO PERCOLADOR (PLASTICO)	21.005.958
10.	ARQUETA DE REUNION Y REPARTO A DEC.	258.781
11.	DECANTACION SECUNDARIA	15.887.694
12.	TANQUE DE CLORACION	1.577.938
13.	ARQUETA DE SALIDA - TOMA MUESTRAS	833.025
14.	BOMBEO DE FANGOS ESPESADOR Y A FILTROS	1.444.678
15.	ESPESADOR DE GRAVEDAD	6.379.694
16.	OBRAS MENORES	3.408.598
17.	EDIFICACION	1.767.118
18.	VIAS DE ACCESO	2.210.233
19.	INSTALACIONES ELECTRICAS	15.730.175
20.	ILUMINACION	86.742
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>100.103.469</b>

Fuente: Elaboración propia

**Alternativa PTAR C2**

Tabla 3.10. Presupuesto alternativa PTAR C2

DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL (Bs)
TRABAJOS PRELIMINARES	43.371
LLEGADA Y BY PASS GENERAL	2.660.969
CANALES DE DESBASTE	202.258
DESARENADOR	752.891
MEDIDOR DE CAUDAL	78.518
MEJORAMIENTO PTAR SAN LUIS	23.423.414
ESTACIÓN ELEVADORA	971.274
ARQUETA DE REUNIÓN Y REPARTO A FILTROS	703.131
FILTRO PERCOLADOR DE PLÁSTICO	14.003.972
ARQUETA DE REUNIÓN Y REPARTO A DECANTAD.	258.781
DECANTACIÓN SECUNDARIA	10.591.796
TANQUE DE CLORACIÓN	1.183.453
ARQUETA DE SALIDA TOMA DE MUESTRAS	833.025
BOMBEO DE FANGOS A ESPESADOR Y A FILTROS	1.444.678
ESPESADOR DE GRAVEDAD	6.379.694
OBRAS MENORES	3.408.598
EDIFICACIÓN	1.767.118
VÍAS DE ACCESO	2.210.233
INSTALACIONES ELÉCTRICAS	15.730.175
ILUMINACIÓN	86.742
AMPLIACIÓN FILTROS PERCOLADORES (2 UNIDADES)	7.001.986
AMPLIACIÓN DECANTACIÓN SECUNDARIA (2 UNIDADES)	5.295.898
AMPLIACIÓN TANQUE DE CLORACIÓN (1 UNIDAD)	394.484
<b>COSTO TOTAL DE OBRAS</b>	<b>99.426.459</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 3.1.6.4. Comparación de alternativas

La Tabla 3.11 detalla el resumen de los costos totales de inversión para cada una de las alternativas planteadas.

Tabla 3.11. Resumen de costos de inversión (alcantarillado y PTAR)

Alternativa	Costo de Inversión (Bs)
Alcantarillado	192.241.778
PTAR B1	167.983.674
PTAR B2	336.696.669
PTAR C1	100.103.469
PTAR C2	99.426.459

Fuente: Elaboración propia

### 3.2. ALTERNATIVA SELECCIONADA

Una vez realizada la estimación de los presupuestos de cada una de las alternativas propuestas para el tratamiento de las aguas residuales en la ciudad de Tarija, la evaluación socioeconómica y la socialización con los involucrados correspondientes (Informe Etapa II del Plan Maestro Integral), a partir de la siguiente tabla-matriz que incluye los aspectos técnicos, económicos y ambientales, se concluye que la **Alternativa C2** es la más recomendable, junto con la alternativa única de alcantarillado.

Planes Maestros Metropolitanos de Agua Potable y Saneamiento de Cochabamba, La Paz y El Alto, Santa Cruz y el Valle Central de Tarija (Bolivia)

Informe Final del Plan Maestro Integral del Valle Central de Tarija

P Procedente, NP No Procedente, NA No Aprueba

ALTERNATIVAS	TECNOLOGIA Y DATOS RELEVANTES		TECNICOS						AMBIENTALES		ECONOMICOS		SOCIALES	
	espacio disponible	espacio para futura expansión	Análisis de riesgos	Facilidad de operación	Calidad del efluente	Posibilidad de reuso de las aguas	Condiciones climáticas	Efectos ambientales	VAN	Impacto sobre la tarifa	Predestinación de Pago	Utilización de las aguas	Impacto Social a la PTAR	
	5	4	3	3	4	3	2	2	5	5	5	5		
	<b>PUNTAJE MÁXIMO ASIGNADO A CRITERIOS</b>													
C1	L. Agua: Laguna Alveada + L. Sedimentación + Desinfección L. Fangos: Purga de fangos + Espesador + Deshidratación mecánica + inyección de cal	5	4	3	2	3	3	2	2	2	2	3	4	
	<b>PUNTAJE PARCIAL</b>													
C2	L. Agua: Laguna Anaerobia + Filtro Percolador + Decantador Secundario + Desinfección L. Fangos: Purga de fangos + Espesador + Deshidratación mecánica + inyección de cal	5	4	3	3	4	2	2	5	5	4	4		
	<b>PUNTAJE PARCIAL</b>													
B1	PreTratamiento + Decantador Primario + Filtros Percoladores + Decantador Secundario + Tanque Cloración + Espesador de gravedad + Deshidratación mecánica + inyección de Cal	5	4	3	2	4	2	2	1	1	2	4		
	<b>PUNTAJE PARCIAL</b>													
B2	PreTratamiento + Decantador Primario + F. Percoladores + Decantador Secundario + Tanque Cloración + Espesador de gravedad + Deshidratación mecánica + inyección de Cal	5	4	3	2	4	2	2	1	1	2	4		
	<b>PUNTAJE PARCIAL</b>													
	<b>PRIMERA CONDICIONANTE FINAL: ACEPTACIÓN SOCIAL</b>													
													P	
	<b>SEGUNDA CONDICIONANTE FINAL: CONCERTACIÓN CON EL OPERADOR</b>													
													P	

### 3.2.1. DESCRIPCIÓN DE LOS CRITERIOS

#### CRITERIOS TÉCNICOS

**Espacio disponible:** 50,8 hectáreas disponibles con la PTAR existente. La alternativa seleccionada no necesita más de 28,5 ha

**Espacio para futura expansión:** Existe espacio suficiente para la ampliación (2036).

**Análisis de riesgos:** Olores que puedan llegar a las casas colindantes y aeropuerto. En estos momentos es uno de los graves problemas existentes, a parte del pobre rendimiento de la PTAR existente.

**Facilidad de operación:** Los filtros percoladores son más sencillos de operar que los reactores biológicos de fangos activados "convencional" debido al sistema de aireación (oxígeno disuelto a lo largo del las distintas zonas de aireación), control de licor de mezcla (MLSS) en el tanque mediante la recirculación y purga de los fangos activos. Los costos de explotación de los fangos activos y el lagunaje aireado son más elevados debido a la altura que se encontraría la PTAR, ya que se necesitaría mayor cantidad de aire.

**Calidad de efluente (C1, C2, B1, B2):** DBO5 = 25 mg/l; Coliformes = 1000 NMP/100 ml; SST = 25 mg/l ; NH3 = 4mg/l (Se cumple en la segunda etapa - 2036)

**Posibilidad de reúso de las aguas:** La ubicación de la PTAR permitirá el reúso de las aguas tratadas, para riego. El reúso sería posible a cultivos de tallo alto.

#### CRITERIOS AMBIENTALES

**Condiciones climáticas:** Adecuadas para los tipos de PTAR's (C2). Clima templado, con una temperatura promedio de 20° C y mínima de 5° C. Precipitación pluvial promedio 612 mm por año. Altitud: 1874 msnm.

**Efectos ambientales:** Mínimos. Con los tipos de plantas propuestas, y asegurando una correcta operación y mantenimiento, los efectos ambientales, principalmente el olor, disminuyen considerablemente. Por otro lado, mejorará la calidad de las aguas del Río Guadalquivir.

#### CRITERIOS ECONÓMICOS

Costo Inversión C1 = Bs. 100,103,469 Costo de Operación y Mantenimiento C1:=Bs. 272,839,429

Costo Inversión C2 = Bs. 99,426,459 Costo de Operación y Mantenimiento C2:=Bs. 88,598,859

Costo Inversión B1 = Bs. 167,983,674 Costo de Operación y Mantenimiento B1:=Bs. 93,837,054

Costo Inversión B2 = Bs. 336,696,669 Costo de Operación y Mantenimiento B2:=Bs. 310,884,885

NOTA: la evaluación económica se elaboró con base en la alternativa de costo mínimo (inversión+ O&M), por lo tanto sólo se dispone del VAN y TIR de dicha alternativa (C2)

#### CRITERIOS SOCIALES

**Aceptación social:** Existe el "síndrome de la PTAR de San Luis" debido a los problemas de olores que está produciendo esta PTAR. Las mejoras y ampliación de la PTAR disminuirá los olores por completo y como resultado se obtendría una buena calidad de efluente para bien su vertido o riego a cultivos de tallo alto.

**Aceptación del operador:** El operador ha solicitado estudiar y solucionar los problemas existente en la PTAR existente de San Luis.

**Aceptación del reúso de las aguas y fango estabilizado:** La ubicación de la PTAR permitirá el reúso de las aguas tratadas al incorporarlas al río Guadalquivir, con lo cual se garantizaría el intercambio de agua de riego. Se obtendrá un fango estabilizado que podría utilizarse en la agricultura

**NOTA:** En todos los casos las PTAR's brindarán beneficios y mejoras en la salud de la población: En la actualidad las aguas servidas están siendo descargadas directamente tanto en los cursos de agua de la zona como en terrenos naturales, contaminándolos. Además, las aguas sin tratamiento previo son usadas para regar cultivos como lechugas, hortalizas, etc, que son consumidos por la población, generando enfermedades de origen hídrico. La implementación de la PTAR garantiza el reúso de las aguas tratadas para el riego de plantas de tallo alto

## 4. INGENIERÍA DEL PROYECTO

### 4.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

En el Plan Maestro Integral de Agua Potable y Saneamiento del Valle Central de Tarija, considera 3 fases para la *ejecución de obras* desde el año de arranque (2012) al año horizonte (2036), las cuales se indican a continuación:

- Corto Plazo: 2014 – 2018
- Mediano Plazo: 2021 – 2025
- Largo Plazo: 2031 – 2035

El sistema de saneamiento de Tarija es de tipo mixto (por gravedad y bombeo), y los componentes principales se describen a continuación. Se aclara que resultado de la evaluación de alternativas para el *tratamiento de las aguas residuales* en Tarija (Capítulo 3), la **Alternativa C2** es la alternativa elegida.

El presente Estudio de Identificación contempla las obras programadas en el corto plazo del Plan Maestro Integral.

#### 4.1.1. Alcantarillado sanitario

##### a) Obras

Para alcanzar la cobertura proyectada en el servicio de alcantarillado sanitario de Tarija se requiere la ampliación de la red existente, y la intercepción de las descargas que están llegando a las cámaras sépticas y a las quebradas que descargan al río Guadalquivir. Al mismo tiempo, se requiere completar los emisarios para transportar el total de las aguas residuales generadas a la PTAR San Luis. Finalmente, se requiere la implementación de sistemas por bombeo para conducir aquellas aguas que no puedan llegar por gravedad al sitio de tratamiento.

Se aclara que las conexiones domiciliarias deberán ser hechas por cuenta de cada usuario; sin embargo, para promover y facilitar que los usuarios de bajos recursos puedan tener acceso al servicio de alcantarillado se propone la disposición de un fondo rotativo que servirá para prestar dinero a los interesados que tendrían que reintegrarlo en dos años. Adicionalmente, para elevar la cobertura en saneamiento, se plantea la construcción de Baños Ecológicos en las áreas que no serán cubiertas con alcantarillado sanitario.

Las obras necesarias para la ampliación y mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Tarija, consideradas en el presente Estudio de Identificación, se detallan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Obras de alcantarillado sanitario a ejecutar

Fase	Obra	Características
Corto Plazo	Emisario Universidad El Tejar a PTAR San Luis, paralelo al existente.	Diám= 800 mm, L=2.053,3 m, material PRFV
	Prolongación Emisario San Blas	Diám= 800 mm, L=2.434,9m, material PRFV
	Colector principal San Jerónimo – San Luis a Estación de Bombeo San Luis	Diám= 150, 200, 250, 300, 450 y 600 mm, L=3.142,9 m, material PVC y PRFV
	Emisario San Jorge – PTAR San Luis	Diám= 250, 300 y 450 mm, L=1.495,9 m, material PVC y PRFV
	Estación de Bombeo San Luis	Capacidad para bombeo de 726,99 l/s en demanda máxima horaria hacia la planta de tratamiento San Luis. L= 1.782 m, Diám= 800, 900 mm
	Línea de impulsión EB San Luis – PTAR San Luis	Diám= 800, 900 mm”, L=1.782 m, material PRFV
	Mejoramiento y ampliación de la red de alcantarillado.	Longitud total= 233,4 km. Tubería de PVC. Diámetros 150, 200, 250 y 300 mm, L= 165,7; 51,3; 11,7 y 4,7 km
	Conexiones domiciliarias	9.150 conexiones domiciliarias, Diám. 4” PVC, mediante fondo rotativo para 640 servicios cada dos años, incluyendo instalaciones internas.
	Baños ecológicos	1.200 unidades en zonas que no tendrán cobertura de alcantarillado

Fuente: Elaboración propia

#### b) Equipos

En la red de alcantarillado sanitario se requieren los equipos necesarios para la estación elevadora que enviarán el agua residual proveniente de la margen derecha del río Guadalquivir hacia la PTAR San Luis, a la que se suman las aguas servidas de los barrios San Luis. Los equipos necesarios considerados en el presente Estudio de Identificación se detallan en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Equipamiento requerido para las obras de alcantarillado sanitario

Fase	Obra	Características
Corto Plazo	Estación de Bombeo San Luis	Equipos de bombeo para aguas residuales, Q=230 l/s c/u, H=18,6 m (4 unidades)

Fuente: Elaboración propia

#### c) Estudios

Es importante, para definir con más precisión los requerimientos de eficiencia en los procesos de tratamiento de la PTAR, la realización de campañas de muestreo y análisis de la calidad de las aguas residuales crudas. También deberá incluirse en el muestreo la calidad del agua del cuerpo receptor donde descargarán las aguas tratadas.

Para reducir la influencia de las aguas de lluvia tanto en los colectores como en la planta de tratamiento de aguas residuales se hace necesario un estudio de conexiones cruzadas y luego la implementación para hacer las modificaciones respectivas y que el sistema de drenaje funcione exclusivamente separado. En la actualidad se perciben olores de aguas residuales en las cámaras del alcantarillado pluvial, principalmente durante la época de estiaje.

#### d) Acciones

Controlar mediante Ordenanza Municipal la prohibición de hacer conexiones de aguas lluvias al alcantarillado sanitario, a fin de reducir el impacto de las conexiones erradas que provocarían una sobrecarga en la PTAR.

#### 4.1.2. Tratamiento de aguas residuales

Una vez realizado el análisis socioeconómico de las 4 alternativas para el tratamiento de aguas residuales, y la socialización de las mismas con las instituciones involucradas, se ha elegido la **Alternativa C2**.

#### a) Obras

A pesar de haber contado con el financiamiento para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tarija desde hace más de 5 años, no se ha podido lograr ese objetivo, siendo una de las quejas que más se tienen en cuanto a las condiciones ambientales negativas que ello genera. En este aspecto, el Plan Maestro Integral cuenta con una propuesta que podrá resolver los problemas de malos olores que emanan de las actuales instalaciones (Lagunas de San Luis), así como ampliar la capacidad para recibir mayores caudales.

Las obras que se proponen consisten en la rehabilitación de las 2 lagunas anaerobias mediante cobertura con geomembrana para mitigar los olores y captar el gas metano para su aprovechamiento o quema controlada; asimismo, para lograr el cumplimiento progresivo de la Ley 1333 se propone la construcción de obras complementarias para incrementar la eficiencia en la remoción de contaminantes. Esto se logrará agregando módulos de filtros percoladores y sedimentadores secundarios, después del paso del agua residual por las lagunas anaerobias cubiertas, así como el tratamiento de lodos y desinfección del efluente tratado.

Las obras necesarias para la ampliación y mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de San Luis, consideradas en el presente Estudio de Identificación, cubrirán la capacidad hasta el año 2023 (Ver Tabla 3.2).

Tabla 4.3. Obras de tratamiento de aguas residuales a ejecutar

Fase	Obra	Características
<b>Corto Plazo</b>	Planta de tratamiento de aguas residuales	Rehabilitación de las instalaciones actuales en las Lagunas de San Luis y ampliación de la infraestructura para tratar un caudal medio de 543,03l/s al año 2023.

Fuente: Elaboración propia

#### b) Equipos

Los equipos requeridos estarán localizados específicamente en la planta de tratamiento de aguas residuales de San Luis. La Tabla 4.4 muestra el detalle del equipamiento requerido.

Tabla 4.4. Equipamiento requerido para las obras de PTAR

Fase	Equipo	Características
<b>Corto Plazo</b>	Equipo en unidad de pre-tratamiento	Compuertas de accionamiento eléctrico, rejas mecánicas, compresores de aire y bombas para detritos.
	Equipo de Bombeo en estación elevadora	4 equipos de bombeo para aguas residuales con sus controles eléctricos y de protección, Q= 450 l/s, CDT= 10 m
	Equipo mecánico para aspersión	Brazo giratorio para distribución del agua sobre los filtros percoladores (4)
	Equipo y maquinaria en decantadores secundarios	Equipo para barrido de lodos en el fondo de los sedimentadores secundarios y recolección de sobrenadantes superficiales (4)
	Equipo de bombeo para lodos	3 Equipos de bombeo para lodos de aguas residuales Q= 165 l/s. Incluyen válvulas y controles eléctricos y de protección.
	Espesador y deshidratador de lodos	3 bombas helicoidales Q=45 m <sup>3</sup> /h. Incluyen válvulas y controles eléctricos y de protección.
	Equipo para desinfección del efluente tratado	8 Bombas dosificadoras de solución de hipoclorito, electromagnética de regulación proporcional, Caudal= hasta 170 l/h, presión= 10 bar.

Fuente: Elaboración propia

#### c) Estudios

Es importante, para definir con más precisión los requerimientos de eficiencia en los procesos de tratamiento de la PTAR, la realización de campañas de muestreo y análisis de la calidad de las aguas residuales crudas. Estos datos de varias campañas de muestreo servirán para el dimensionamiento óptimo y económico de los reactores que compondrán la estación depuradora. También deberá incluirse en el muestreo, la calidad del agua del cuerpo receptor donde descargarán las aguas tratadas.



#### d) Acciones

Para garantizar una calidad estable en el efluente de la PTAR es necesario que se lleve un monitoreo de la calidad del agua a la entrada a la planta; adicionalmente, y por referencias de hechos, se requiere un mayor control en los vertidos, principalmente de las industrias que descargan en el alcantarillado, para limitar la carga de contaminantes mediante el establecimiento de límites en los parámetros representativos según el tipo de industria. En la actualidad hay convenios firmados que establecen dichos parámetros, pero no se controla efectivamente con el consiguiente efecto en la distorsión de los procesos de remoción.

### 4.2. MEMORIA DE CÁLCULO

#### 4.2.1. Parámetros Básicos de Diseño

##### a) Periodo de diseño

Los factores que intervienen en la selección del período de diseño son:

- Vida útil de las estructuras y equipos tomando en cuenta la obsolescencia, desgaste y daños
- Ampliaciones futuras y planeación de las etapas de construcción del proyecto
- Cambios en el desarrollo social y económico de la población
- Comportamiento hidráulico de las obras cuando éstas no estén funcionando a su plena capacidad.
- El período de diseño debe adoptarse en función de los componentes del sistema.

Los periodos de diseños adoptados están basados en la Tabla 2.1 de la NB 688. Sin embargo, considerando que las obras del presente Estudio de Identificación entraran en operación en el corto plazo desde el año 2018, y el PMI está proyectado hasta el año 2036, se tienen 18 años de vida, es decir un poco menor al considerado en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5. Periodos de diseño recomendados

Componentes del sistema de saneamiento	Periodo de diseño considerado en el PMI (años)
Interceptores y emisarios	20
Colectores	20
PTAR	20
Equipos eléctricos	5 – 10
Equipos de combustión interna	5
Estación de bombeo	20
Edificios, laboratorios, etc.	20

Fuente: Elaboración propia en base a la Tabla 2.1 de la NB 688

##### g) Población del Proyecto

Pese a que la NB 688 y sus reglamentos indican claramente en el capítulo 2 inciso 2.3.2, usar los métodos para poblaciones menores a 10.000 habitantes (aritmético, geométrico, exponencial y logístico ver tabla 2.2 de la NB 688), se desarrolló de este modo; sin embargo desde el mes de diciembre del año 2012, se exigió mediante notas escritas que se vuelva a revisar este trabajo y se aplicó el método logístico para los 4 municipios que componen el Plan Maestro Integral de agua potable y Saneamiento del Valle Central de Tarija.

Dado que el INE cuenta con proyecciones (oficiales) de población por Municipio, y que además cuenta con proyecciones por ciudades de más de 10.000 habitantes, se ha partido de dicha información para estimar la población de la ciudad de Tarija.

En la ciudad de Tarija, el análisis se ha llevado hasta el nivel de distritos. Adicionalmente, se han utilizado datos demográficos del censo nacional de población y vivienda del 2001 y la proyección hecha en el Diagnóstico Municipal de la ciudad de Tarija, realizado el año 2006.

El método idóneo para la estimación y proyección de población es el de los Componentes del crecimiento poblacional (Naciones Unidas), empero, dada la falta de información no solamente actual sino con el nivel de detalle requerido por dicho método, se ha utilizado un método también convencional pero menos complejo que implica el uso de la función logística, ya que se cuenta con datos de 3 censos, lo que resulta en un sistema de tres ecuaciones con 2 incógnitas.

La utilización de la función logística se justifica porque es una curva que puede ser creciente o decreciente y que en el caso creciente los valores que toman la imagen de la función converge a un valor máximo al cual se aproxima cada vez más a medida que se incrementa el valor de la variable de dominio de la función; ésta propiedad es ideal para modelar el crecimiento demográfico, así el modelo utilizado es:

Ecuación de la población para cada distrito de la ciudad de Tarija

$$n_{it} = \frac{m_i}{1 + e^{-a_i - b_i t}}$$

donde  $n_{it}$  es la población del  $i$ -ésimo distrito ( $i = 1, 2, \dots, 13$ ) en el tiempo  $t$ ,  $m_i$  es el máximo de población que puede haber en el  $i$ -ésimo distrito dada su área,  $a_i$  y  $b_i$  son parámetros propios del  $i$ -ésimo distrito y  $t$  es el tiempo en años, para calcular el máximo de población se ha utilizado una densidad máxima de 250 habitantes por hectárea y esto se ha multiplicado por el área del distrito en hectáreas; resolviendo la ecuación de la población para  $a_i + b_i t$  se ha obtenido un sistema de dos ecuaciones lineales para cada distrito, luego hallando  $a_i$  y  $b_i$  se han reemplazado sus valores en la ecuación de la población y se han calculado estimaciones para los siguientes años.

Cabe notar que la proyección de la población del distrito 12 de Tarija entre los años 2001 y 2006 resultó decreciente por lo que se añadió una proyección del 2010 en el cálculo de los parámetros y como el sistema tenía más ecuaciones que incógnitas entonces se utilizó mínimos cuadrados ordinarios para su cálculo.

En la Tabla 4.6 se muestran los datos base de población del INE (2001) y del Plan Municipal de Ordenamiento Territorial (PMOT) de Tarija del año 2006.

Tabla 4.6. Datos de población por distritos 2001 y 2006

Distrito	Población 2001 (según INE)	Población proyectada 2006 (según PMOT)
1	3.024	3.804
2	5.433	7.074
3	4.661	6.083
4	5.040	6.441
5	6.443	8.086
6	15.865	17.612
7	15.387	18.432
8	18.312	24.713
9	18.748	24.596
10	15.807	20.114
11	7.914	10.543
12	5.085	4.871
13	14.064	19.120

Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE y Alcaldía de Tarija

Con estos valores de población urbana proyectada, en la siguiente Tabla se indican las tasas medias anuales de crecimiento del municipio de Tarija por quinquenio.

Tabla 4.7. Tasas medias anuales de crecimiento por quinquenio

Quinquenio	Tasa media anual
2011 - 2016	3,28%
2016 - 2021	3,71%
2021 - 2026	3,23%
2026 - 2031	2,81%
2031 - 2036	2,43%

Fuente: Elaboración propia

La proyección del crecimiento demográfico de Tarija del inicio al fin del periodo de diseño del Plan Maestro Integral se presenta en la Tabla 4.8 (población estable), sin embargo, para el cálculo de los caudales de diseño del sistema de saneamiento, será necesario agregar la población flotante que llega a la ciudad durante temporadas específicas y que ha sido estimada en función un análisis de la capacidad hotelera, con proyección de aumento futuro.

Tabla 4.8. Proyección de población de la ciudad de Tarija

Año	Proyección de la Población (hab)
2012	210.641
2013	217.065
2014	223.475
2015	230.211
2016	238.000
2017	244.659
2018	252.371
2019	260.409
2020	268.773
2021	277.249
2022	286.476
2023	295.816
2024	305.482
2025	315.473
2026	326.591
2027	336.432
2028	347.400
2029	358.693
2030	370.312
2031	381.124
2032	394.527
2033	407.122
2034	420.043
2035	433.290
2036	447.472

Fuente: Elaboración propia

#### h) Consumo de Agua

La contribución de las aguas residuales depende principalmente del abastecimiento de agua. Para el dimensionamiento del sistema de alcantarillado sanitario debe ser utilizado el consumo de agua efectivo per cápita, sin tomar en cuenta las pérdidas de agua. El consumo de agua per cápita es un parámetro extremadamente variable entre diferentes poblaciones y depende de diversos factores, entre los cuales se destacan:

- Los hábitos higiénicos y culturales de la comunidad
- La cantidad de micro medición de los sistemas de abastecimiento de agua
- Las instalaciones y equipamientos hidráulico - sanitario de los inmuebles
- Los controles ejercidos sobre el consumo
- El valor de la tarifa y la existencia o no de subsidios sociales o políticos
- La abundancia o escasez de los puntos de captación de agua
- La intermitencia o regularidad del abastecimiento de agua
- La temperatura media de la región
- La renta familiar
- La disponibilidad de equipamientos domésticos que utilizan agua en cantidad apreciable
- La intensidad de la actividad comercial

De acuerdo a la NB 688, para las zonas ubicadas en Valles y poblaciones mayores a 100.000 habitantes, como es el caso de la ciudad de Tarija, la dotación media diaria de agua debería estar en el rango de 200 y 250 Litros por persona al día. En principio, la dotación de agua debe ser suficiente para satisfacer los requerimientos de consumo doméstico, comercial, industrial y público; lo que significa que en el valor asignado ya no será necesario hacer una separación de dichos consumos, y éste será aplicado a la población a abastecer. Complementariamente, también se deben incorporar las pérdidas en el sistema de distribución.

Los consumos de agua analizados para el Municipio de Tarija, de acuerdo a los reportes de COSAALT, indican un consumo promedio para los usuarios medidos de 136 lppd en los últimos 3 años, sin tomar en cuenta las pérdidas. Por otro lado, se observa que el consumo de agua no medido alcanza valores de 260 lppd al 2012, lo cual confirma la necesidad de implementar micromedición en toda la red de distribución en Tarija.

En este sentido, ante la gran diferencia entre consumo medido y no medido al 2012 (aprox. 40%), la AAPS ha aprobado el PETDS incluyendo las dotaciones de agua totales, incluyendo pérdidas, en forma decreciente a largo plazo.

En la Tabla 4.9 se indican las dotaciones finales de agua por quinquenio del PETDS, a partir de las cuales se realizan las estimaciones de consumos domésticos y no domésticos, y consiguientemente el consumo total per cápita.

Tabla 4.9. Cálculo de la dotación

Detalle de dotación	Unidad	Años					
		2012	2016	2021	2026	2031	2036
Consumo doméstico	l/hab/día	118	117	116	115	114	113
Porcentaje de otros consumos	%	15%	15%	15%	16%	16%	16%
Consumo comercial, estatal, etc.	l/hab/día	18	18	18	18	18	18
Dotación global per cápita	l/hab/día	136	135	134	133	132	131
Pérdidas en aducciones	%	5%	5%	3%	3%	3%	3%
Pérdidas en plantas	%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
Pérdidas en red	%	37%	32%	29%	25%	21%	19%
Total pérdidas(**)	%	45%	40%	35%	31%	27%	25%
Total pérdidas	l/hab/día	110	90	72	60	49	44
<b>Dotación adoptada*</b>	<b>l/hab/día</b>	<b>245</b>	<b>225</b>	<b>205</b>	<b>193</b>	<b>181</b>	<b>175</b>

Fuente: Elaboración Propia con base a datos de COSAALT y el PETDS Tarija.

(\*) Las dotaciones finales fueron aprobadas en el PETDS de la AAPS.

(\*\*) Se refiere a las pérdidas acumuladas en los componentes del sistema.

La misma norma menciona que las dotaciones establecidas son solamente referenciales y deben ajustarse a estudios que identifiquen mejor la demanda de agua y análisis de los datos de producción y consumo del sistema.

Los consumos efectivos representativos actuales (2012) de 136 lppd se reducen al final del periodo de diseño (2036) hasta 131 lppd, a los cuales se les agregan las pérdidas estimadas inicialmente (valores comprendidos entre los del informe de ANC del PMI y los reportados por COSAALT).

#### i) Coeficiente de Retorno

El coeficiente de retorno (C) es la relación que existe entre el caudal medio de aguas residuales domésticas y el caudal medio de agua que consume la población. Del total de agua consumida, solo una parte contribuye al alcantarillado sanitario, pues el saldo es utilizado para lavado de vehículos, lavado de aceras y calles, riego de jardines y huertas, irrigación de parques públicos, terrazas de residencias y otros. De esta manera, el coeficiente de retorno depende de factores locales como la localización y tipo de vivienda, condición de las calles (pavimentadas o no), tipo de clima u otros factores.

En consecuencia, el coeficiente de retorno es la fracción del agua de uso doméstico servida (dotación neta), entregada como agua servida o negra, al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. Su estimación debe provenir del análisis de información existente de la localidad y/o mediciones de campo, o puede ser definido por la empresa prestadora del servicio basado desde luego en la existencia de macro y micro medición.

El análisis a continuación corresponde a la determinación del coeficiente de retorno para la ciudad de Tarija. Para realizar el cálculo aproximado del coeficiente de retorno, se utilizaron los caudales de producción de agua potable de fuentes naturales y pozos, como también los caudales de aguas residuales que recibe la PTAR de San Luis según la información proporcionada por COSAALT LTDA. Para este análisis, se tomó en cuenta la población del área que cubre el sistema de agua potable y alcantarillado sanitario que descargan sus aguas en la PTAR de San Luis, y los caudales registrados en época seca o de estiaje para evitar una distorsión en los valores del coeficiente de descarga debido a los caudales generados por infiltración y conexiones erradas o cruzadas.

Tabla 4.10. Coeficiente de retorno 2008 - 2011

GESTION 2008	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCTUBRE
Q Potable (l/s)	303,63	280,55	307,47	307,58	303,87	321,99
Q Residual (l/s)	215,26	205,52	204,94	205,01	196,53	207,95
C	0,71	0,73	0,67	0,667	0,65	0,65
<b>Promedio</b>	<b>0,68</b>					
GESTION 2009	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCTUBRE
Q Potable (l/s)	306,31	300,24	294,77	285,60	295,79	295,44
Q Residual (l/s)	236,09	212,89	230,97	226,11	223,61	222,20
C	0,77	0,71	0,78	0,79	0,76	0,75
<b>Promedio</b>	<b>0,76</b>					
GESTION 2010	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCTUBRE
Q Potable (l/s)	352,90	359,03	344,60	366,32	358,33	361,13
Q Residual (l/s)	256,56	223,51	215,82	227,60	206,38	222,20
C	0,73	0,621	0,63	0,62	0,58	0,62
<b>Promedio</b>	<b>0,63</b>					
GESTION 2011	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCTUBRE
Q Potable (l/s)	297,49	256,99	275,16	298,17	319,71	310,74
Q Residual (l/s)	223,44	223,93	284,92	206,22	205,66	225,0944
C	0,75	0,87	1,04	0,69	0,64	0,72
<b>Promedio</b>	<b>0,79</b>					

Fuente: Elaboración PMI - PTAR San Luis y Producción Agua de Potable COSAALT

Los valores que se deben utilizar del coeficiente de retorno según la norma para alcantarillado NB 688 está entre el 60% al 80% de la dotación de agua potable. Valores menores y mayores a este rango deben ser justificados por el proyectista.

En consecuencia a la norma NB688 se utilizará un valor de:

$$C = 0.80$$

#### j) Coeficiente de Punta

El coeficiente de punta "M" es la relación entre el caudal máximo horario y el caudal medio diario. El coeficiente de punta sirve para estimar el caudal máximo horario con base en el caudal medio diario, tiene en cuenta las variaciones del consumo de agua.

La variación del coeficiente de punta "M" puede ser estimada con base a diferentes relaciones y coeficientes, como las que se detallan a continuación.

Para el caso de Tarija, al tratarse de una ciudad más grande en términos de población, se adopta el valor promedio de los siguientes métodos de acuerdo a la NB 688:

$$M = K_1 \times K_2 = 1.2 \times 1.5 = 1.8$$

$$M = 1.47 \quad (\text{Coeficiente de Babbitt poblaciones de 1.000 hab a 1.000.00 hab})$$

$$M = 1.62$$

#### k) Coeficiente de infiltración

Las contribuciones indebidas en las redes de sistemas de alcantarillado sanitario, pueden ser originadas del subsuelo - genéricamente designadas como infiltraciones - o pueden provenir del encauce accidental o clandestino de las aguas pluviales. Las aguas del suelo penetran a través de las juntas y paredes de las tuberías, y por las estructuras de las cámaras de inspección o pozos de visita, cajas de inspección, cajas de paso, tubos de inspección, limpieza y terminales de limpieza.

El aporte del caudal por infiltración se debe establecer con base a un coeficiente de infiltración, el mismo que está en función del nivel freático y el tipo de unión de tuberías, y la longitud del colector a ser considerado. En otras palabras, el caudal de infiltración lineal es igual a (qinf) por la longitud (L) del tramo del colector (m).

Tabla 4.11. Coeficientes de infiltración en tuberías (l/s/m)

Unión	Tubo de cemento		Tubo de PVC	
	Cemento	Goma	Pegamento	Goma
Nivel Freático bajo	0,0005	0,0002	0,0001	0,00005
Nivel Freático alto	0,0008	0,0002	0,00015	0,00005

Fuente: NB 688

Dado que la red de colectores normalmente está construida con los dos tipos de materiales de tubería, se aplicarán los coeficientes de infiltración tomando en cuenta un nivel freático bajo.

#### l) Coeficiente de conexiones erradas

Se deben considerar los aportes de aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de malas conexiones (QCE) (de bajantes de tejados y patios). Estos aportes son función de la efectividad de las medidas de control sobre la calidad de las conexiones domiciliarias y de la disponibilidad de sistemas de recolección y evacuación de aguas pluviales.

De acuerdo con la normativa vigente nacional (NB 688), el caudal por conexiones erradas debe ser del 5 % al 10 % del caudal máximo horario de aguas residuales domésticas. Valores mayores a este rango deben ser justificados por el proyectista. Para el presente Plan Maestro se tomará en cuenta un porcentaje de conexiones erradas del 5%.

#### m) Caudales de Diseño

El caudal de diseño ( $Q_{DT}$ ) de cada tramo de la red de colectores se obtiene sumando al caudal máximo horario doméstico del día máximo,  $Q_{MH}$ , los aportes por infiltraciones lineales y conexiones erradas y de los caudales de descarga concentrada. El caudal de diseño está dado por:

$$Q_{DT} = Q_{MH} + Q_{INF} + Q_{CE} + \sum Q_{DC}$$

Donde:

- $Q_{DT}$  Caudal de diseño, en l/s
- $Q_{MH}$  Caudal máximo horario doméstico, en l/s
- $Q_{INF}$  Caudal por infiltración, en l/s
- $Q_{CE}$  Caudal por conexiones erradas, en l/s
- $Q_{DC}$  Caudal de descarga concentrada, en l/s

Tabla 4.12. Caudales de diseño de aguas residuales

Quinquenio	Pob. Total (hab)	Cobertura	Pob. Flotante (hab)	Pob. Servida (hab)	Dotación (lppd)	C	Qmed (l/s)	$K_1$	Qmax diario (l/s)	M	Qmax horario (l/s)
2012	210.641	79,70%	805	168.686	245	0,8	383	1,2	459	1,62	620
2016	238.000	79,70%	958	190.644	225	0,8	397	1,2	477	1,62	643
2021	277.249	90,00%	1190	250.714	205	0,8	476	1,2	571	1,62	771
2026	326.591	100,00%	1.478	328.069	193	0,8	586	1,2	704	1,62	949
2031	381.124	100,00%	1.835	382.959	181	0,8	642	1,2	770	1,62	1040
2036	447.472	100,00%	2.280	449.752	175	0,8	729	1,2	875	1,62	1181

Fuente: Elaboración propia



#### 4.2.2. Cálculo Hidráulico

##### 4.2.2.1. Sistema de alcantarillado sanitario

Para alcanzar la cobertura proyectada en el servicio de alcantarillado sanitario de Tarija se requiere la ampliación de la red existente y la intercepción de las descargas que están llegando a las cámaras sépticas y a las quebradas que llegan finalmente al río Guadalquivir, así como completar los emisarios para concentrar todas las aguas residuales a la planta San Luis. También se requiere la implementación de sistemas por bombeo para conducir aquellas aguas que no puedan llegar por gravedad al sitio de tratamiento.

En el caso del alcantarillado ubicado en la margen derecha del río Guadalquivir, es necesario finalizar las conexiones a los colectores primarios construidos en los últimos años y que llegarían a una planta proyectada en San Blas; pero al no encontrar viabilidad social para ese sub-proyecto, se propone continuar el emisario y cruzar el río Guadalquivir a la altura del Estrecho de San Luis, la longitud de ésta tubería será de 2.434,9 m en diámetro 800 mm. Al final del emisario se plantea la construcción de una estación de bombeo y línea de impulsión hasta las lagunas de San Luis. A ésta estación de bombeo también estaría llegando un nuevo emisario que recolectaría las aguas residuales de la zona entre San Gerónimo y San Luis.

En la margen derecha, el emisario existente que está llegando a las lagunas, de diámetro 1000 mm, ya no será capaz para conducir los caudales futuros, por lo que será necesario reforzarlo con otro paralelo que iniciará después de la Universidad Juan Misael Saracho, denominado Emisario Universidad El Tejar – PTAR San Luis, con una longitud de 2.503,3 m en diámetro 800 mm.

Para hacer llegar las aguas residuales generadas al norte del Aeropuerto se han proyectado dos tuberías; una denominada Emisario San Jorge – PTAR San Luis, que partiría desde el sur del Barrio San Jorge, que para llegar por gravedad necesitaría pasar por debajo de la pista del aeropuerto. La longitud de este tramo es de 1495.9 m compuesto por 563.2 m de tubería diámetro 250 mm, 693,5 m en 300 mm y 239,2 m en 450 mm. La otra tubería se ha denominado Emisario Torrecillas – EB2, para conducir las aguas residuales desde los barrios que tienen pendiente hacia la zona de El Portillo y que no pueden ser incorporadas por gravedad al Emisario San Jorge.

El Emisario Torrecillas –EB2 estará compuesto por los tramos de tubería según se presenta en la Tabla 4.13.

Tabla 4.13. Colector principal San Jorge – PTAR San Luis

No	Diámetro (mm)	Longitud (m)
1	200	99,8
2	250	1.895,7
3	300	528,8
4	450	742,5

Fuente: Elaboración propia

Una zona que no puede ser cubierta con alcantarillado, pero que está en proceso de gestión en COSAALT y la Gobernación Departamental, es la localizada desde El Tejar hasta San Luis, requerirá de bombeo para hacer llegar el agua residual hasta la Planta San Luis. Para ello se ha proyectado un colector principal (San Gerónimo - San Luis) que descargará en la Estación de Bombeo San Luis, donde también llegarán las aguas del emisor San Blas.

El colector principal San Gerónimo hacia la PTAR San Luis estará compuesto por los diámetros y longitudes de tuberías según el siguiente detalle:

Tabla 4.14. Colector principal San Gerónimo – PTAR San Luis

No	Diámetro (mm)	Longitud (m)
1	150	368,3
2	200	104,9
3	250	226,3
4	300	230,6
5	450	917,4
6	600	1.295,4

Fuente: Elaboración propia

En la fase de ejecución de obras a corto plazo se instalarán un total de 233,4 km de colectores diámetros 150, 200, 250 y 300 mm. Con el incremento de la extensión de la red de alcantarillado se supone la instalación de las acometidas domiciliarias por parte de los usuarios.

#### **Modelación hidráulica de la infraestructura del sistema**

Se presenta a continuación el informe de la Modelación Hidráulica en el Programa Computacional Sewercad.

#### **Criterios de Diseño**

La ecuación usada es la de Manning que responde a la expresión siguiente:

Método cálculo por gravedad:

$$V = \frac{1}{n} R_h^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V Velocidad, en m/s

N Coeficiente de rugosidad de Manning adimensional = 0.013 valor adoptado

R<sub>h</sub> Radio hidráulico, en m

S Pendiente, en m/m

Se usó también la ecuación de continuidad

$$Q = A \times V$$

Donde:

Q Caudal, en m<sup>3</sup>/s

A Área de la sección, en m<sup>2</sup>

V Velocidad, en m/s

Considerando secciones llena, parcialmente llena y relaciones de tirante, velocidades y caudales por tramos con el programa computacional Sewercad Versión 5.6.

Se detalla los parámetros principales de diseño del Modelo Hidráulico empleado:

- Tipo de cálculo: Hidráulico por gravedad.
- Tipo de Análisis: Estado Estacionario.
- Tipo de escurrimiento uniforme.
- Unidades: Sistema Internacional

- Los caudales de aporte por nodo fueron determinados en el presente estudio.
- Las distancias entre tramos y cotas de las cámaras fueron obtenidas de información del Municipio de Tarija. En general tramos existentes.
- La velocidad mínima en la tubería: 0,60 m/s, con la misma se asegura el auto lavado.
- La velocidad máxima en la tubería: 5,00 m/s.
- Altura mínima de relleno sobre tubería 1,30 m.
- Altura máxima de relleno sobre tubería 5,00 m.
- Diámetro mínimo de tubería: 150 mm.
- Tipo de Tubería: de 150 a 300 mm: PVC SDR 35; de 350 mm en adelante: PRFV (polietileno reforzado con fibra de vidrio).
- Coeficiente de rugosidad para cualquier tipo de material  $n=0,013$ . (NB 688)
- Diseño a tubería parcialmente llena. Tirante máximo de agua 75%.
- Pendientes mínimas admisibles de las tuberías: en base al diámetro de la tubería, detallado en la siguiente Tabla.

Tabla 4.15. Pendientes mínimas admisibles en tuberías de alcantarillado sanitario

Diámetro (mm)	Pendiente S 0/00
150	5,32
200	3,99
250	3,19

Fuente: Norma Boliviana NB 688

El detalle del dimensionamiento de colectores y emisarios se encuentra adjunto en el Anexo 7.

#### 4.2.2.2. Planta de tratamiento de aguas residuales

En cuanto a la solución para el tratamiento de las aguas residuales, la propuesta considera la rehabilitación de las Lagunas de San Luis mediante la conversión de las dos lagunas anaerobias abiertas en digestores anaerobios cerrados con geomembrana.

Para lograr la depuración adecuada, se requiere complementar el proceso anterior con otros módulos compuestos por filtros percoladores, sedimentadores secundarios y tratamiento de los lodos. La propuesta también incluye el mejoramiento del tratamiento preliminar antes de la entrada del agua a las lagunas. A continuación se detallan los componentes:

##### Tratamiento preliminar

- Canal de entrada y bypass para derivar el exceso de caudal producto de las conexiones erradas e infiltración de aguas lluvias.
- Reja mecánica para retirar los objetos grandes que causen problemas en los procesos de tratamiento y más que todo en los equipos de bombeo.
- Desarenador y trampa de grasas: para remover las partículas minerales con dimensiones mayores a 0.2 mm que representan un peligroso abrasivo en las bombas. Habrán tres desarenadores en paralelo.
- Canal Parshall para la medición de caudales y mantener una velocidad constante en el flujo del desarenador. La medición de los niveles se hará con dispositivo ultrasónico para registro continuo.

### **Tratamiento Primario**

Lagunas anaerobias cubiertas con geomembrana. Funcionarán en paralelo y estarán provistas con mecanismos para la extracción y quema de metano.

### **Tratamiento Secundario**

Inicia con el bombeo de los efluentes de las lagunas anaerobias para impulsarlas hacia los Filtros percoladores; de sección circular; la altura del lecho de piedra será de 4.5 m. La distribución del efluente sedimentado se hará mediante brazos giratorios. Luego el agua percolada pasará a los decantadores secundarios, de sección circular para remover los desprendimientos que se dan en los filtros. Estos sedimentadores serán mecanizados con barredor de lodos en el fondo y de espumas en la superficie.

### **Tratamiento Terciario**

Se realizará la reducción de coliformes mediante dosificación de hipoclorito al efluente tratado.

### **Tratamiento de Lodos**

La estabilización de los lodos se realizará mediante la mezcla con cal hidratada luego del espesamiento y deshidratación a través de filtros banda.

### **Obras adicionales**

Edificio de controles para la operación, edificio para deshidratación de lodos, laboratorio, vías de acceso, iluminación y áreas verdes.

El detalle del dimensionamiento de la PTAR se encuentra adjunto en el Anexo 7.

#### **4.2.3. Cálculo Estructural**

Los parámetros y bases para el prediseño estructural de las obras civiles de ampliación de la planta de tratamiento de aguas servidas San Luis son descritos a continuación.

#### **Generalidades**

Se aplicarán las normas del Código Boliviano del Hormigón Armado - CBH-87 y, en las partes que no se hallan descritas / prescritas específicamente, las reglas BAEL análogas en su última versión.

#### **Materiales**

A menos que se especifique lo contrario se utilizarán los siguientes materiales:

#### **Hormigón**

Tipo H20, con una resistencia característica a los 28 días, medida sobre probetas cilíndricas igual a:  $f_{ck} = 20,0$  MPa (resistencia promedio  $\sim 300$  daN/cm<sup>2</sup>), del tipo impermeable, con un contenido mínimo de cemento (sólo como referencia) de 350 kg/m<sup>3</sup> de hormigón, mezclado en sitio.

#### **Acero**

Semiduro, corrugado de alta adherencia, con una fatiga de fluencia, real o aparente al 0,2 %, de 420 MPa.

#### **Nivel de Control**

Para el control y supervisión de la obra se asumirá, en razón a las características e importancia de la misma, un nivel intenso.

#### **Diseño y cálculo estructural**

#### **Cargas a Considerar**

## Peso propio

Para cada una de las unidades las cargas debidas al peso propio serán determinadas en función a la geometría de los distintos elementos utilizando en general un peso específico para el hormigón armado de  $\gamma_h = 25,0 \text{ kN/m}^3$ .

## Cargas impuestas

Cargas verticales

Áreas de oficinas y laboratorios	2,50 $\text{kN/m}^2$	
Escaleras	3,00 "	
Cubierta planas accesibles	2,50 "	*/1
Carga de nieve	0,00 "	

Viento:

$q_n = 28.57 \text{ daN/m}^2$	$V_n = 76,97 \text{ km/h}$
$q_e = 50.00 \text{ daN/m}^2$	$V_e = 101,80 \text{ km/h}$
Sitio: Normal -->	$k_s = 1,0$

Empuje de tierras:	$g_t = 18,00 \text{ kN/m}^3$
	$k_a = 0,33$
	$k_e = 0,50$

Sobrecarga en terraplén  $q_v = 5,00 \text{ kN/m}^2$  (mínimo)

Adicionalmente a lo indicado anteriormente, se considerarán las sobrecargas debidas a la acción del agua, las que se fijaran en base a las dimensiones de cada una de las unidades, asumiendo en general el llenado completo de las unidades, haciendo abstracción de las alturas de revancha o alturas libres.

Para el agua se considerará un peso específico  $\gamma_a = 10,0 \text{ kN/m}^3$ .

Para todos se considerara el peso recomendado por el diseño de la planta, pero no menor a  $11,0 \text{ kN/m}^3$

Para el caso de empuje de tierras se asumirá un peso específico de  $\gamma_t = 18 \text{ kN/m}^3$ , un coeficiente de empuje activo  $K_a = 0,33$  y un coeficiente de empuje estático  $K_e = 0,50$ , correspondiente a un ángulo de fricción interna de  $30^\circ$ , y un coeficiente de empuje estático  $K_s = 0,50$

Las cargas debidas a equipos y cargas de explotación serán fijadas por la información para el cálculo estructural preparada por la componente del diseño hidráulico de la planta. No obstante lo anterior, se asumirá como mínimo una sobrecarga de  $2,5 \text{ kN/m}^2$ .

Las cargas debidas al peso de los materiales utilizados en la impermeabilización de cubiertas o los hormigones de segunda fase, se consideran como cargas permanentes diferenciadas del peso propio de la estructura.

## Solicitaciones

El cálculo de las solicitaciones en cada una de los elementos será efectuado mediante métodos en acuerdo con los principios de la mecánica, la resistencia de materiales y de la elasticidad, ya sea en forma manual o mediante ayudas de cálculo como tablas de diseño y/o programas para computadora, debidamente probados.

## Prediseño

El cálculo y diseño de las armaduras de los elementos de hormigón armado, será realizado en general mediante la teoría de los estados límites.

Al tratarse en la generalidad de los casos de estructuras que tienen que garantizar la estanqueidad, en el diseño se verificará el Estado Límite de Servicio (ELS) correspondiente, al ser éste determinante. El diseño y dimensionamiento de hormigón armado se utilizarán las siguientes tensiones límite:

### Caso normal (atmósfera normal)

$$f_s = f_e / 1,15;$$

$$f_c = f_{ck} / 1,50 \quad \text{para H20}$$

$$\text{Así, para AH 420} \quad f_s = 365,22 \text{ MPa}$$

$$\text{para H20} \quad f_c = 13,33 \text{ "}$$

### Caso de atmósfera medianamente agresiva (atmósfera húmeda)

$$f_s \leq (2/3) f_e$$

$$\leq 110 \cdot (n \cdot f_{tj}) / 0,5, \quad \text{con} \quad n = 1,6 \text{ para acero corrugado}$$

$$n = 1,0 \text{ para acero liso}$$

$$f_c = 0,60 f_{ck}$$

$$f_{tj} = 0,60 + 0,06 \cdot f_{ck}$$

En el caso presente:

$$\text{para H20} \quad f_{ck} = 20,0 \text{ MPa}$$

$$f_c = 12,0 \text{ Mpa}$$

$$f_{tj} = 1,80 \text{ MPa}$$

$$\text{para AH 420} \quad f_s = 280 \text{ MPa}$$

$$f_s = 186,7 \text{ MPa} \quad \text{adoptado}$$

### Caso de atmósfera agresiva o estructuras que requieren estanqueidad (caso general de los tanques, cámaras y canales de la planta)

$$f_s = (1/2) f_e$$

$$= 90 \cdot (n \cdot f_{tj}) / 0,5, \quad \text{con} \quad n = 1,6 \text{ para acero corrugado}$$

$$n = 1,0 \text{ para acero liso}$$

$$f_c = 0,60 f_{ck}$$

$$f_{tj} = 0,60 + 0,06 \cdot f_{ck}$$

En el caso presente:

$$\text{para H20} \quad f_{ck} = 20,0 \text{ MPa}$$

$$f_c = 12,0 \text{ MPa}$$

$$f_{tj} = 1,80 \text{ MPa}$$

$$\text{para AH 420} \quad f_s = 240,0 \text{ MPa}$$

$$f_s = 152,7 \text{ MPa} \quad \text{adoptado}$$

### Combinaciones de carga

Para cada una de las unidades que se halle ya sea parcialmente enterrada o enterrada, en el cálculo de las mismas se asumirán dos hipótesis de carga principales: 1) cámara llena sin empuje de tierras y 2) cámara vacía con empuje de tierras. La solución y armado satisfará ambos requerimientos. Una tercera hipótesis, unidad llena y enterrada será verificada.

Las combinaciones de carga serán las de reglamento, y serán tales que se logren, mediante la combinación adecuada y lógica, las solicitaciones más desfavorables en cada uno de los elementos.

### Tensión admisible del terreno

Como tensión admisible del terreno se asumirá el valor de  $1,20 \text{ daN/cm}^2$ . Este valor ha sido asumido en base a la experiencia y a las observaciones de campo realizadas por el Geólogo. Aún así, este valor deberá ser corroborado mediante los estudios exhaustivos de suelos y geotecnia correspondientes a la fase de elaboración del TESA.

### Otras consideraciones

- Juntas

Si bien el diseño de la planta tiende al de una planta compacta, dicho concepto no puede ser extendido en forma total al aspecto estructural y constructivo, debido a la disposición irregular de cada una de las componentes, a las características geométricas y de funcionamiento, y a la relación de dimensiones de cada una de ellas.

Por lo anterior se independizarán por lo general todas las unidades, tales como: la unidad del Floculador, decantador, tanque de recirculación, casa de química, etc.

La independencia estructural será lograda mediante la inclusión de juntas de dilatación y construcción, para las cuales se preverán dispositivos de impermeabilización en base a bandas "water stop" y sellado de juntas mediante mástiques permanentemente plásticos.

En lo relativo a los canales, tanto de desagüe de lodos como de dosificación, se preverá también de juntas de dilatación, en correspondencia con las cámaras de inspección o de derivación, de manera de permitir una fácil ejecución.

- Espesores mínimos

En general los espesores serán tales que satisfagan los requerimientos estructurales, tanto de tensiones límite como de anchuras máximas permisibles de fisuras.

El espesor de muros y losas se adoptará de manera tal que no sea necesaria la disposición de armadura transversal (por corte).

En la estructura principal de los elementos contenedores de agua (floculador y decantador) no se utilizarán espesores menores a 20 cm.

El espesor de la losas de fondo no será en ningún caso menor al espesor de los muros o paredes correspondientes.

- Recubrimiento de armaduras

El recubrimiento mínimo de las armaduras, dependerá del tipo de elemento estructural y del grado de exposición al que se halle sometido. Véase las Especificaciones Técnicas correspondientes, Art. 23.3.

- Ambientes interiores protegidos 1,0 cm
- Elementos expuestos a la atmósfera normal 2,0 cm
- Elementos expuestos a la atmósfera húmeda 2,5 cm
- Elementos expuestos a la atmósfera corrosiva 3,0 cm



■ Cuantía de armaduras

Por efecto de retracción y cambios de temperatura, la cuantía geométrica mínima de armaduras, será igual a 0,0035, en cada sentido (vertical y horizontal), distribuida entre ambas caras.

Se realizaron los cálculos de pre dimensionamiento estructural en el Anexo 8.

#### 4.3. CÓMPUTOS MÉTRICOS Y VOLÚMENES DE OBRA

Las medidas o dimensiones, tales como longitudes y diámetros de tuberías, volúmenes de excavación y relleno, número de piezas, entre muchas otras, han sido evaluadas directamente de los planos de prediseño de las infraestructuras que conforman tanto el sistema de alcantarillado sanitario como la planta de tratamiento de aguas residuales.

En las Tablas 4.16 y 4.17, se indica los cómputos considerados para el Alcantarillado y para la Alternativa de PTAR elegida. El detalle se encuentra en el Anexo 9.

Tabla 4.16. Cómputos métricos – sistema de alcantarillado sanitario

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
<b>1.1.</b>	<b>EMISARIOS</b>		
<b>1.1.2.</b>	<b>EMISARIO PROLONGACION SAN BLAS</b>		
16	INSTALACION DE FAENAS	GLB	1.00
17	REPLANTEO Y CONTROL LINEAS DE TUBERIAS	ML	2,434.90
18	PROV. COLOC TUBERIA PRFV D=800MM	ML	2,434.90
19	EXCAVACION ZANJAS SUELO SEMIDURO CON MAQUINARIA	M3	6,637.73
20	EXCAVACION COMUN SUELO MANUAL	M3	2,844.74
21	CAMA DE ARENA E=10CM	M3	314.40
22	PRUEBA HIDRAULICA	ML	2,434.90
23	RELLENO MATERIAL COMUN	M3	7,944.20
24	RETIRO DE ESCOMBROS	M3	314.40
25	CAMARA DE INSPECCION H°C° 50%P.D. H=2M	PZA	11.00
26	CAMARA DE INSPECCION DE H°C° 50% P.D. H=2-4M	PZA	8.00
<b>1.1.3.</b>	<b>EMISARIO SAN JORGE PTAR SAN LUIS</b>		
27	INSTALACION DE FAENAS	GLB	1.00
28	PRUEBA HIDRAULICA	ML	1,495.90
29	REPLANTEO Y CONTROL LINEAS DE TUBERIAS	ML	1,495.90
30	PROV.COLOC. TUBERIA PVC D=250MM SDR35	ML	563.20
31	PROV.COLOC. TUBERIA D=300MM SDR35	ML	693.50
32	PROV. COLOC. TUBERIA SDR41 D=450 MM	ML	239.20
33	EXCAVACION ZANJAS SUELO SEMIDURO CON MAQUINARIA	M3	2,063.90
34	EXCAVACION COMUN SUELO MANUAL	M3	884.53
35	CAMA DE ARENA E=10CM	M3	120.00
36	PRUEBA HIDRAULICA	ML	1,495.90
37	RELLENO MATERIAL COMUN	M3	2,713.70
38	RETIRO DE ESCOMBROS	M3	120.00
39	CAMARA DE INSPECCION H°C° 50%P.D. H=2M	PZA	8.00
40	CAMARA DE INSPECCION DE H°C° 50% P.D. H=2-4M	PZA	3.00
<b>1.1.5.</b>	<b>EMISARIO UNIV. EL TEJAR PTAR SAN LUIS</b>		
51	INSTALACION DE FAENAS	GLB	1.00
52	REPLANTEO Y CONTROL LINEAS DE TUBERIAS	ML	2,503.30

Planes Maestros Metropolitanos de Agua Potable y Saneamiento de Cochabamba, La Paz y El Alto,  
Santa Cruz y el Valle Central de Tarija (Bolivia)

Informe Final del Plan Maestro Integral del Valle Central de Tarija

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
53	PROV. COLOC TUBERIA PRFV D=800MM	ML	2,503.30
54	EXCAVACION ZANJAS SUELO SEMIDURO CON MAQUINARIA	M3	12,795.37
55	EXCAVACION COMUN SUELO MANUAL	M3	5,843.73
56	CAMA DE ARENA E=10CM	M3	371.30
57	PRUEBA HIDRAULICA	ML	2,503.30
58	RELLENO MATERIAL COMUN	M3	16,649.50
59	RETIRO DE ESCOMBROS	M3	371.30
60	CAMARA DE INSPECCION DE H°C° 50% P.D. H=2-4M	PZA	28.00
<b>1.1.6.</b>	<b>COLECTOR PRINCIPAL SAN JERONIMO SAN LUIS</b>		
61	INSTALACION DE FAENAS	GLB	1.00
62	REPLANTEO Y CONTROL LINEAS DE TUBERIAS	ML	3,142.90
63	PROV. COLOC. TUBERIA PVC D=150MM SDR35	ML	368.30
64	PROV.COLOC. TUBERIA PVC D=200MM SDR35	ML	104.90
65	PROV.COLOC. TUBERIA PVC D=250MM SDR35	ML	226.30
66	PROV.COLOC. TUBERIA D=300MM SDR35	ML	230.60
67	PROV. COLOC. TUBERIA SDR41 D=450 MM	ML	917.40
68	PROV. COLOC. TUBERIA PRFV D=600 MM	ML	1,295.40
69	EXCAVACION ZANJAS SUELO SEMIDURO CON MAQUINARIA	M3	5,625.54
70	EXCAVACION COMUN SUELO MANUAL	M3	2,410.94
71	CAMA DE ARENA E=10CM	M3	311.90
72	PRUEBA HIDRAULICA	ML	3,142.90
73	RELLENO MATERIAL COMUN	M3	7,175.20
74	RETIRO DE ESCOMBROS	M3	311.90
75	CAMARA DE INSPECCION H°C° 50%P.D. H=2M	PZA	17.00
76	CAMARA DE INSPECCION DE H°C° 50% P.D. H=2-4M	PZA	8.00
<b>1.2</b>	<b>ESTACION DE BOMBEO SAN LUIS</b>		
<b>1.2.1.</b>	<b>IMPULSION</b>		
77	INSTALACION DE FAENAS	GLB	1.00
78	REPLANTEO Y CONTROL LINEAS DE TUBERIAS	ML	1,782.02
79	PROV. COLOC TUBERIA PRFV D=800MM	ML	1,775.00
80	PROV. COLOC. TUBERIA PRFV D=900 MM	ML	7.01
81	EXCAVACION ZANJAS SUELO SEMIDURO CON MAQUINARIA	M3	3,201.75
82	EXCAVACION COMUN SUELO MANUAL	M3	1,372.18
83	CAMA DE ARENA E=10CM	M3	240.68
84	PRUEBA HIDRAULICA	ML	1,782.00
85	RELLENO MATERIAL COMUN	M3	3,436.60
86	RETIRO DE ESCOMBROS	M3	240.70
<b>1.2.2.</b>	<b>ESTACION DE BOMBEO</b>		
87	EDIFICACION	M2	50.00
88	EQUIPO DE BOMBEO (3 BOMBAS DE 200 HP CON TABLERO ELECTRICO)	PZA	3.00
89	ACCESORIOS ESTACION DE BOMBEO	GLB	1.00
90	LINEA ELECTRICA PRIMARIA	GLB	1.00
91	PUESTO DE TRANSFORMADORES	GLB	1.00
92	MALLA OLIMPICA-CERCO PERIMETRAL	M2	200.00

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
93	ILUM. ELECT.REFLECTOR 250W+POSTES F°G°	PZA	6.00
<b>1.2.3.</b>	<b>TANQUE DE 1000 M3</b>		
94	INSTALACION DE FAENAS	GLB	1.00
95	TRAZADO Y REPLANTEO	M2	550.00
96	EXCAVACION SUELO SEMIDURO CON MAQUINARIA	M3	2,000.00
97	EXCAVACION COMUN SUELO MANUAL	M3	185.00
98	CAPA DE HORMIGON POBRE 1:4:4 E=0.05M	M3	61.20
99	HORMIGON SIMPLE FC=210KG/CM2	M3	450.80
100	ACERO ESTRUCTURAL	KG	50,000.00
101	REVOQUE INTERIOR CON MORTERO + SIKA IMPERMEABILIZANTE	M2	850.00
102	REVOQUE EXTERIOR	M2	305.90
103	ACERA DE CEMENTO CON CONTRAPISO	M2	140.00
104	RETIRO DE ESCOMBROS	M3	100.00
<b>1.4.</b>	<b>RED DE ALCANTARILLADO SANIT.CORTO PLAZO</b>		
133	INSTALACION DE FAENAS	GLB	1.00
134	REPLANTEO Y CONTROL LINEAS DE TUBERIAS	ML	214,728.00
135	PROV. COLOC. TUBERIA PVC D=150MM SDR35	ML	152,456.88
136	PROV.COLOC. TUBERIA PVC D=200MM SDR35	ML	47,240.16
137	PROV.COLOC. TUBERIA PVC D=250MM SDR35	ML	10,736.40
138	PROV.COLOC. TUBERIA D=300MM SDR35	ML	4,294.56
139	PROV.COLOC. TUBERIA PVC D=350MM SDR35	ML	2,346.60
140	EXCAVACION ZANJAS SUELO SEMIDURO CON MAQUINARIA	M3	136,912.62
141	EXCAVACION COMUN SUELO MANUAL	M3	58,282.55
142	CAMA DE ARENA E=10CM	M3	13,313.14
143	PRUEBA HIDRAULICA	ML	214,728.00
144	RELLENO MATERIAL COMUN	M3	175,953.22
145	RETIRO Y REPOSICION DE ASFALTO	M2	18,062.45
146	RETIRO DE ESCOMBROS	M3	13,313.14
147	CAMARA DE INSPECCION H°C° 50%P.D. H=2M	PZA	1,355.00
148	CAMARA DE INSPECCION DE H°C° 50% P.D. H=2-4M	PZA	902.00
<b>1.5.</b>	<b>CONEXIONES DOMICILIARES</b>		
149	FONDO ROTATIVO PARA CONEXIONES DOMICILIARES	C/U	640.00
<b>1.6.</b>	<b>BAÑOS ECOLOGICOS</b>		
150	BAÑOS ECOLOGICOS	C/U	1,200.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.17. Cómputos métricos – PTAR San Luis

	ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
OBRAS A CORTO PLAZO	<b>0.</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>		
	1	INSTALACION DE FAENAS PTAR	GLB	1.00
	2	REPLANTEO Y TRAZADO PTAR	ML	1.00
	<b>1.</b>	<b>LLEGADA Y BY PASS GENERAL</b>		
	3	EXCAVACION ZANJAS SUELO SEMIDURO CON MAQUINARIA	M3	147.89

Planes Maestros Metropolitanos de Agua Potable y Saneamiento de Cochabamba, La Paz y El Alto,  
Santa Cruz y el Valle Central de Tarija (Bolivia)

Informe Final del Plan Maestro Integral del Valle Central de Tarija

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
4	EXCAVACION MANUAL 2-4M SUELO SEMIDURO	M3	54.60
5	HORMIGON POBRE	M3	2.42
6	HORMIGON ARMADO ESTRUCTURAS	M3	18.54
7	JUNTAS DE ESTANQUEIDAD	ML	19.10
8	CAMA DE ARENA E=10CM	M3	1.20
9	PROVISION E INST. TUB. PRFV 1000MM	ML	5.00
10	RELLENO MATERIAL SELECCIONADO SIN PROVISION	M3	7.23
11	RELLENO DE TRASDOS	M3	101.93
12	RELLENO MATERIAL COMUN	M3	42.24
13	BARANDAS DE HIERRRO GALVANIZADO	ML	16.00
14	COMPUERTA ESTANCA 4 LADOS(1100MMX1000MM)	PZA	1.00
15	EQUIPOS Y MAQUINARIA PRETRATAMIENTO	GLB	1.00
<b>2.</b>	<b>CANALES DE DESBASTE</b>		
16	EXCAVACION ZANJAS SUELO SEMIDURO CON MAQUINARIA	M3	157.56
17	EXCAVACION MANUAL 2-4M SUELO SEMIDURO	M3	54.60
18	HORMIGON POBRE	M3	8.54
19	HORMIGON ARMADO ESTRUCTURAS	M3	36.91
20	JUNTAS DE ESTANQUEIDAD	ML	34.40
21	CAMA DE ARENA E=10CM	M3	1.20
22	PROVISION E INST. TUB. PRFV 1000MM	ML	5.00
23	RELLENO MATERIAL SELECCIONADO SIN PROVISION	M3	7.23
24	RELLENO DE TRASDOS	M3	59.54
25	RELLENO MATERIAL COMUN	M3	42.24
26	BARANDAS DE HIERRRO GALVANIZADO	ML	34.40
27	TRAMEX	M2	36.00
28	COMPUERTA ESTANCA 3 LADOS(1200MMX700MM)	PZA	2.00
<b>3.</b>	<b>DESARENADOR</b>		
29	EXCAVACION ZANJAS SUELO SEMIDURO CON MAQUINARIA	M3	1,196.62
30	EXCAVACION MANUAL 2-4M SUELO SEMIDURO	M3	132.95
31	HORMIGON POBRE	M3	17.14
32	HORMIGON ARMADO ESTRUCTURAS	M3	184.82
33	JUNTAS DE ESTANQUEIDAD	ML	49.00
34	CAMA DE ARENA E=10CM	M3	1.20
35	PROVISION E INST. TUB. PRFV 1000MM	ML	5.00
36	RELLENO MATERIAL SELECCIONADO SIN PROVISION	M3	7.23
37	RELLENO MATERIAL COMUN	M3	42.24
38	RELLENO DE TRASDOS	M3	553.73
39	BARANDAS DE HIERRRO GALVANIZADO	ML	49.00
40	COMPUERTAS METALICAS	M2	4.00
41	TRAMEX	M2	40.80
42	COMPUERTA ESTANCA 4 LADOS(1100MMX1100MM)	PZA	4.00
<b>4.</b>	<b>MEDIDOR DE CAUDAL</b>		
43	EXCAVACION ZANJAS SUELO SEMIDURO CON MAQUINARIA	M3	73.72
44	EXCAVACION MANUAL 2-4M SUELO SEMIDURO	M3	54.60

Planes Maestros Metropolitanos de Agua Potable y Saneamiento de Cochabamba, La Paz y El Alto,  
Santa Cruz y el Valle Central de Tarija (Bolivia)

Informe Final del Plan Maestro Integral del Valle Central de Tarija

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
45	HORMIGON POBRE	M3	2.05
46	HORMIGON ARMADO ESTRUCTURAS	M3	10.89
47	JUNTAS DE ESTANQUEIDAD	ML	15.40
48	CAMA DE ARENA E=10CM	M3	1.20
49	PROVISION E INST. TUB. PRFV 1000MM	ML	5.00
50	RELLENO MATERIAL SELECCIONADO SIN PROVISION	M3	7.23
51	RELLENO DE TRASDOS	M3	49.53
52	RELLENO MATERIAL COMUN	M3	42.24
53	BARANDAS DE HIERRRO GALVANIZADO	ML	15.40
<b>5.</b>	<b>MEJORAMIENTO PTAR SAN LUIS</b>		
54	VACIAR Y LIMPIAR LAGUNAS	M3	43,542.98
55	EXCAVAR LAS LAGUNAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS 1.6M (5.1 - 3.5)	M2	109,479.48
56	RECONSTRUCCION INGRESOS LAGUNAS	GLB	2.00
57	RECUBRIMIENTO PERIMETRO INTERNO LAGUNA ANAEROBIA 1 (GEOTEXTIL)	M2	35,622.68
58	RECUBRIMIENTO PERIMETRO INTERNO LAGUNA ANAEROBIA 2 (GEOTEXTIL)	M2	32,802.00
59	CUBRIR LAS LAGUNAS ANAEROBIAS	GLB	68,424.00
60	QUEMADOR DE BIOGAS+SOPLANTES+TUBERIAS	PZA	1.00
61	BOMBA DE FANGOS PARA RECOGER EL FANGO EN LAS LAGUNAS ANAEROBIAS	PZA	8.00
62	INSTALACION ELECTRICA	GLB	1.00
<b>6.</b>	<b>ESTACION ELEVADORA</b>		
63	EXCAVACION ZANJAS SUELO SEMIDURO CON MAQUINARIA	M3	1,542.91
64	EXCAVACION MANUAL 2-4M SUELO SEMIDURO	M3	171.43
65	HORMIGON POBRE	M3	5.24
66	HORMIGON ARMADO ESTRUCTURAS	M3	63.92
67	JUNTAS DE ESTANQUEIDAD	ML	25.00
68	CAMA DE ARENA E=10CM	M3	13.20
69	PROV.COLOC. TUBERIA PVC D=200MM SDR35	ML	50.00
70	PROVISION E INST. TUB. PRFV 1000MM	ML	5.00
71	RELLENO MATERIAL SELECCIONADO SIN PROVISION	M3	205.23
72	RELLENO DE TRASDOS	M3	818.80
73	RELLENO MATERIAL COMUN	M3	338.97
74	TRAMEX	M2	31.80
75	MEDIDOR DE NIVEL RADAR	GLB	1.00
76	INTERRUPTOR DE NIVEL	PZA	6.00
77	VALVULA DE COMPUERTA	PZA	3.00
78	VALVULA DE RETENCION BR 2 1/2"	PZA	4.00
79	MANOMETRO	PZA	4.00
80	EQUIPOS Y MAQUINARIAS BOMBEO A FILTROS	GLB	1.00
<b>7.</b>	<b>ARQUETA DE REUNION Y REPARTO A FILTROS</b>		
81	EXCAVACION ZANJAS SUELO SEMIDURO CON MAQUINARIA	M3	2,822.40
82	EXCAVACION MANUAL 2-4M SUELO SEMIDURO	M3	90.96
83	HORMIGON POBRE	M3	4.46
84	HORMIGON ARMADO ESTRUCTURAS	M3	35.21
85	JUNTAS DE ESTANQUEIDAD	ML	24.00

Planes Maestros Metropolitanos de Agua Potable y Saneamiento de Cochabamba, La Paz y El Alto,  
Santa Cruz y el Valle Central de Tarija (Bolivia)

Informe Final del Plan Maestro Integral del Valle Central de Tarija

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
86	CAMA DE ARENA E=10CM	M3	63.90
87	PROVISION E INST. TUB. PVC 500MM	ML	420.00
88	RELLENO MATERIAL SELECCIONADO SIN PROVISION	M3	683.56
89	RELLENO DE TRADOS	M3	43.94
90	RELLENO MATERIAL COMUN	M3	1,987.07
91	TRAMEX	M2	31.59
<b>8.</b>	<b>FILTRO PERCOLADOR (4 UNIDADES)</b>		
92	EXCAVACION ZANJAS SUELO SEMIDURO CON MAQUINARIA	M3	4,587.63
93	EXCAVACION MANUAL 2-4M SUELO SEMIDURO	M3	514.75
94	HORMIGON POBRE	M3	260.57
95	HORMIGON ARMADO ESTRUCTURAS	M3	2,421.11
96	JUNTAS DE ESTANQUEIDAD	ML	343.06
97	CAMA DE ARENA E=10CM	M3	12.64
98	PROVISION E INST. TUB. PVC 500MM	ML	76.60
99	RELLENO MATERIAL SELECCIONADO SIN PROVISION	M3	123.15
100	RELLENO DE TRADOS	M3	702.91
101	RELLENO MATERIAL COMUN	M3	363.93
102	ESCALERAS METALICAS	ML	36.80
103	BARANDAS DE HIERRO GALVANIZADO	ML	115.20
104	EQUIPOS Y MAQUINARIA FILTRO PERCOLADOR (RELLENO PLASTICO Y BRAZO GIRATORIO)	GLB	0.69
<b>9.</b>	<b>ARQUETA DE REUNION Y REPARTO A DECANTAD.</b>		
105	EXCAVACION ZANJAS SUELO SEMIDURO CON MAQUINARIA	M3	604.80
106	EXCAVACION MANUAL 2-4M SUELO SEMIDURO	M3	90.96
107	HORMIGON POBRE	M3	4.46
108	HORMIGON ARMADO ESTRUCTURAS	M3	35.21
109	JUNTAS DE ESTANQUEIDAD	ML	24.00
110	CAMA DE ARENA E=10CM	M3	14.85
111	PROVISION E INST. TUB. PVC 500MM	ML	90.00
112	RELLENO MATERIAL SELECCIONADO SIN PROVISION	M3	144.01
113	RELLENO DE TRADOS	M3	43.94
114	RELLENO MATERIAL COMUN	M3	428.27
115	TRAMEX	M2	31.59
<b>10.</b>	<b>DECANTACION SECUNDARIA</b>		
116	EXCAVACION ZANJAS SUELO SEMIDURO CON MAQUINARIA	M3	17,346.75
117	EXCAVACION MANUAL 2-4M SUELO SEMIDURO	M3	653.75
118	HORMIGON POBRE	M3	373.93
119	HORMIGON ARMADO ESTRUCTURAS	M3	2,618.35
120	JUNTAS DE ESTANQUEIDAD	ML	415.95
121	CAMA DE ARENA E=10CM	M3	15.73
122	PROVISION E INST. TUB. PRFV 600MM	ML	87.40
123	RELLENO MATERIAL SELECCIONADO SIN PROVISION	M3	173.53
124	RELLENO DE TRADOS	M3	3,244.13
125	RELLENO MATERIAL COMUN	M3	439.77
126	EQUIPOS Y MAQUINARIA DECANTACION SECUNDARIA	GLB	0.67

Planes Maestros Metropolitanos de Agua Potable y Saneamiento de Cochabamba, La Paz y El Alto,  
Santa Cruz y el Valle Central de Tarija (Bolivia)

Informe Final del Plan Maestro Integral del Valle Central de Tarija

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
<b>11.</b>	<b>TANQUE DE CLORACION</b>		
127	EXCAVACION ZANJAS SUELO SEMIDURO CON MAQUINARIA	M3	2,893.25
128	EXCAVACION MANUAL 2-4M SUELO SEMIDURO	M3	321.49
129	HORMIGON POBRE	M3	29.00
130	HORMIGON ARMADO ESTRUCTURAS	M3	186.78
131	JUNTAS DE ESTANQUEIDAD	ML	59.73
132	CAMA DE ARENA E=10CM	M3	30.54
133	PROVISION E INST. TUB. PVC 500MM	ML	169.65
134	RELLENO MATERIAL SELECCIONADO SIN PROVISION	M3	339.30
135	RELLENO DE TRASDOS	M3	668.30
136	RELLENO MATERIAL COMUN	M3	851.18
137	BARANDAS DE HIERRO GALVANIZADO	ML	59.70
138	EQUIPOS Y MAQUINARIA TANQUE DE CLORACION	GLB	0.75
<b>12.</b>	<b>ARQUETA DE SALIDA TOMA DE MUESTRAS</b>		
139	EXCAVACION ZANJAS SUELO SEMIDURO CON MAQUINARIA	M3	2,883.23
140	EXCAVACION MANUAL 2-4M SUELO SEMIDURO	M3	320.35
141	HORMIGON POBRE	M3	5.02
142	HORMIGON ARMADO ESTRUCTURAS	M3	73.15
143	JUNTAS DE ESTANQUEIDAD	ML	24.40
144	CAMA DE ARENA E=10CM	M3	40.72
145	PROVISION E INST. TUB. PRFV 600MM	ML	226.20
146	RELLENO MATERIAL SELECCIONADO SIN PROVISION	M3	452.40
147	RELLENO DE TRASDOS	M3	1,212.52
148	RELLENO MATERIAL COMUN	M3	1,134.90
<b>13.</b>	<b>BOMBEO DE FANGOS A ESPESADOR Y A FILTROS</b>		
149	EXCAVACION ZANJAS SUELO SEMIDURO CON MAQUINARIA	M3	3,059.00
150	EXCAVACION MANUAL 2-4M SUELO SEMIDURO	M3	339.89
151	HORMIGON POBRE	M3	4.28
152	HORMIGON ARMADO ESTRUCTURAS	M3	54.51
153	JUNTAS DE ESTANQUEIDAD	ML	23.80
154	CAMA DE ARENA E=10CM	M3	61.88
155	PROVISION E INST. TUB. PRFV 600MM	ML	375.00
156	RELLENO MATERIAL SELECCIONADO SIN PROVISION	M3	609.98
157	RELLENO DE TRASDOS	M3	669.98
158	RELLENO MATERIAL COMUN	M3	1,774.51
159	TRAMEX	M2	23.10
160	MEDIDOR DE NIVEL RADAR	GLB	1.00
161	INTERRUPTOR DE NIVEL	PZA	8.00
162	VALVULA DE COMPUERTA	PZA	6.00
163	VALVULA DE RETENCION BR 2 1/2"	PZA	6.00
164	MANOMETRO	PZA	6.00
165	EQUIPOS Y MAQUINARIA BOMBEO DE FANGOS	GLB	1.00
<b>14.</b>	<b>ESPESADOR DE GRAVEDAD</b>		
166	EXCAVACION ZANJAS SUELO SEMIDURO CON MAQUINARIA	M3	955.78

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD
167	EXCAVACION MANUAL 2-4M SUELO SEMIDURO	M3	106.19
168	HORMIGON POBRE	M3	73.97
169	HORMIGON ARMADO ESTRUCTURAS	M3	599.43
170	JUNTAS DE ESTANQUEIDAD	ML	127.55
171	CAMA DE ARENA E=10CM	M3	6.30
172	PROV. COLOC. TUBERIA PVC 100 MM C-9	ML	61.80
173	RELLENO MATERIAL SELECCIONADO SIN PROVISION	M3	28.03
174	RELLENO DE TRASDOS	M3	143.88
175	RELLENO MATERIAL COMUN	M3	210.38
176	ESCALERAS METALICAS	ML	4.00
177	EQUIPOS Y MAQUINARIA ESPESADOR DE FANGOS	GLB	1.00
178	EQUIPOS Y MAQUINARIA BOMBAS A FILTROS BANDA	GLB	1.00
179	EQUIPOS Y MAQUINARIA FILTROS BANDA	GLB	1.00
<b>15.</b>	<b>OBRAS MENORES</b>		
180	OBRAS MENORES	GLB	1.00
<b>16.</b>	<b>EDIFICACION</b>		
181	EDIFICACION	M2	100.00
182	TALLER+LABORATORIO	GLB	1.00
183	INSTRUMENTACION	GLB	1.00
184	BASCULA DE ENTRADA	GLB	1.00
185	AREAS VERDES	GLB	1.00
<b>17.</b>	<b>VIAS DE ACCESO</b>		
186	VIAS DE ACCESO COMPONENTES PTAR	M3	1,018.00
187	LIMP. Y TRANSP. MAT. EXCEDENTE	M3	183,583.00
188	LIMPIEZA GENERAL	M3	120.00
<b>18.</b>	<b>INSTALACIONES ELECTRICAS</b>		
189	AMPLIACION DE LA LINEA TRIFASICA (100M)	GLB	1.00
190	INSTALACION ELECTRICA	GLB	1.00
191	GRUPO ELECTROGENO	GLB	1.00
192	PUESTO DE TRANSFORMACION	GLB	1.00
193	TABLEROS DE PROTECCION Y CONTROL ELECTRICO	GLB	1.00
194	SISTEMA DE VENTILACION NATURAL O MEDIANTE EQUIPOS	GLB	1.00
<b>19.</b>	<b>ILUMINACION</b>		
195	EQUIPOS DE ILUMINACION	GLB	1.00

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4. PRECIOS UNITARIOS

Para la estimación de los precios unitarios, se recabó la siguiente información:

- De documentos que abordaban trabajos similares
- De empresas proveedoras de materiales de construcción y equipos
- De empresas constructoras
- De la Cámara de la Construcción de Tarija.



Actualmente, el Modelo de Documento Base de Contratación para la Contratación de Obras en la modalidad de Licitación Pública, aprobado por el Ministerio de Economía y Finanzas Públicas mediante Resolución Ministerial N° 262 de fecha 15 de julio de 2009, en el marco del Decreto Supremo N° 181 de Normas Básicas del Sistema de Administración de Bienes y Servicios de fecha 28 de junio de 2009, normativa que es aplicable a contrataciones con financiamiento nacional por montos de Bs. 1.000.001 en adelante, establece un formato de análisis de precios unitarios de uso obligatorio.

Los precios unitarios se detallan en el Anexo 10.

#### 4.5. PRESUPUESTO DE INFRAESTRUCTURA

A continuación se presenta los presupuestos del alcantarillado sanitario y de la PTAR seleccionada para la ciudad de Tarija. El presupuesto desglosado se presenta en el Anexo 11.

Tabla 4.18. Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario por fases (en Bs.)

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	COSTO	%	
OBRAS A CORTO PLAZO	1.	OBRAS A CORTO PLAZO		
	1.1	EMISARIOS		
	1.1.2.	EMISARIO PROLONGACION SAN BLAS	6.188.983,01	
	1.1.3.	EMISARIO SAN JORGE PTAR SAN LUIS	756.201,75	
	1.1.5.	EMISARIO UNIV. EL TEJAR PTAR SAN LUIS	7.110.124,04	
	1.1.6.	COLECTOR PRINCIPAL SAN GERONIMO SAN LUIS	3.440.991,02	
	1.2	BOMBEO SAN LUIS - PTAR		
	1.2.1.	IMPULSION EB SAN LUIS A PTAR	4.309.428,87	
	1.2.2.	ESTACION DE BOMBEO SAN LUIS	1.969.350,18	
	1.2.3.	CARCAMO DE BOMBEO EN EB- SAN LUIS. VOL= 1000 M3	2.244.585,20	
	1.3.	RED DE ALCANTARILLADO SANIT.CORTO PLAZO	63.109.681,32	
	1.4.	CONEXIONES DOMICILIARES ALCANTARILLADO	5.345.280,00	
	1.5.	BAÑOS ECOLOGICOS	3.840.000,00	
	<b>TOTAL OBRAS A CORTO PLAZO</b>		<b>98.314.625,39</b>	<b>51,1%</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.19. Presupuesto de la planta de tratamiento de aguas residuales por fases (en Bs.)

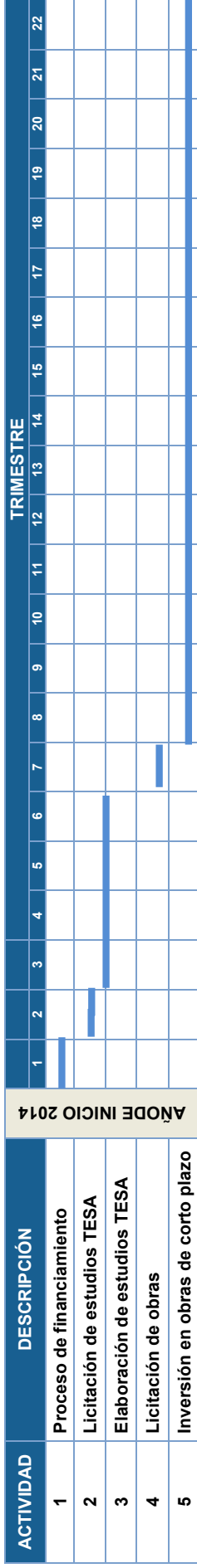
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	COSTO	%	
OBRAS A CORTO PLAZO	0.	TRABAJOS PRELIMINARES	43.371,24	87,2%
	1.	LLEGADA Y BY PASS GENERAL	2.660.969,21	
	2.	CANALES DE DESBASTE	202.257,96	
	3.	DESARENADOR	752.890,50	
	4.	MEDIDOR DE CAUDAL	78.517,95	
	5.	MEJORAMIENTO PTAR SAN LUIS	23.423.413,81	
	6.	ESTACION ELEVADORA	971.274,15	
	7.	ARQUETA DE REUNION Y REPARTO A FILTROS	703.131,34	
	8.	FILTRO PERCOLADOR DE PLASTICO	14.003.971,81	
	9.	ARQUETA DE REUNION Y REPARTO A DECANTAD.	258.780,66	
	10.	DECANTACION SECUNDARIA	10.591.796,14	
	11.	TANQUE DE CLORACION	1.183.453,13	
	12.	ARQUETA DE SALIDA TOMA DE MUESTRAS	833.024,51	
	13.	BOMBEO DE FANGOS A ESPESADOR Y A FILTROS	1.444.677,90	
	14.	ESPESADOR DE GRAVEDAD	6.379.694,10	
	15.	OBRAS MENORES	3.408.597,80	
	16.	EDIFICACION	1.767.117,97	
	17.	VIAS DE ACCESO	2.210.232,54	
	18.	INSTALACIONES ELECTRICAS	15.730.175,38	
	19.	ILUMINACION	86.742,48	
<b>TOTAL OBRAS A CORTO PLAZO</b>		<b>86.734.090,58</b>		

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRAS

El cronograma de ejecución contempla un total de 66 meses, desde la gestión de financiamiento, hasta la finalización de las obras de corto plazo.

Figura 4. 1. Cronograma de corto plazo inicio año 2014



Fuente: Elaboración propia

#### 4.7. PLANOS

Los planos que se presentan en el Anexo 12 son los siguientes:

- Planos con los componentes del sistema de saneamiento
- Planos de detalle del sistema de saneamiento propuesto.

### 5. GESTIÓN DE LOS SERVICIOS

#### 5.1. ENTIDAD PRESTADORA DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO (EPSA)

La Cooperativa de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de Tarija (COSAALT), es una entidad prestadora de servicios de agua potable (EPSA) constituida con la finalidad de operar y mantener el servicio de agua potable y el servicio de alcantarillado sanitario en la ciudad de Tarija.

La Cooperativa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Tarija Ltda. (COSAALT) mediante RAR No. 251/2010 de 14 de diciembre de 2010 dispone de Licencia para la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario en la ciudad de Tarija.

Actualmente, COSAALT tiene personalidad jurídica que le permite consolidar su situación legal como operador del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario en la ciudad de Tarija. Sin embargo, se identifica una necesidad de un fortalecimiento de la unidad legal y/o la implementación de una perspectiva que apoye la transformación institucional legal de la entidad en el nuevo marco integral de gestión de los recursos hídricos y que permita mejorar el desempeño institucional y en consecuencia la prestación de servicios bajo un enfoque ambiental, de preservación del recurso agua y con un enfoque de participación y acompañamiento social.

La Asamblea General constituye la autoridad superior que representa al conjunto de sus socios y es soberana y sus resoluciones tendrán carácter obligatorio para los socios, la Asamblea presidida por el Presidente del Concejo de Administración asume decisiones respecto a la gestión institucional de la Cooperativa. Conforme al organigrama se tiene como máxima instancia ejecutiva a la Gerencia General, como parte de apoyo y asistencia prevé las unidades de Asesoría Legal, Auditoría Interna, Relaciones Públicas y Planificación, como apoyo una Secretaria General y se distingue tres unidades de línea: La Gerencia Administrativa Financiera, la Gerencia Comercial y la Gerencia Técnica.

Figura 5.1. Organigrama



Fuente: Elaboración propia con Información COSAALT

## 5.2. DIAGNÓSTICO INSTITUCIONAL Y RECOMENDACIONES

- a) La Cooperativa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario de Tarija (COSAALT Ltda.), nace al cooperativismo al amparo de la resolución de Consejo de INALCO N° 03181 de fecha 27 de noviembre de 1986.
- b) La Cooperativa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Tarija Ltda. (COSAALT) mediante RAR No. 251/2010 de 14 de diciembre de 2010 dispone de Licencia para la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario en la ciudad de Tarija.
- c) Actualmente, COSAALT tiene personalidad jurídica que le permite consolidar su situación legal como operador del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario en la ciudad de Tarija. Sin embargo, se identifica una necesidad de un fortalecimiento de la unidad legal y/o la implementación de una perspectiva que apoye la transformación institucional legal de la entidad en el nuevo marco integral de gestión de los recursos hídricos y que permita mejorar el desempeño institucional y en consecuencia la prestación de servicios bajo un enfoque ambiental, de preservación del recurso agua y con un enfoque de participación y acompañamiento social.
- d) En el contexto descrito, la situación del derecho propietario se caracteriza por los siguientes aspectos: (i) La Cooperativa actualmente se encuentra administrando activos que en gran parte no son de su propiedad, lo que conlleva una serie de dificultades en cuanto a la toma de decisiones que impliquen comprometer su patrimonio, (ii) Se requiere generar una solución a la indefinición de tipo legal respecto a la propiedad de activos, puesto que para adquirir futuras obligaciones financieras esta situación debe quedar completamente resuelta, (iii) Se requiere completar la transferencia legal de algunas obras ejecutadas con recursos del Gobierno Municipal y que actualmente son utilizadas en la prestación del servicio (iv) Se requiere evaluar diferentes alternativas como por ejemplo transferencia por usufructo por un plazo determinado de tiempo, especificando los activos y bajo ciertas condiciones de cumplimiento, particularmente para las obras construidas por la Gobernación del Departamento de Tarija.
- e) COSAALT no dispone de un sistema de información gerencial y/o cuadro de mando integral, solamente dispone de algunas herramientas e instrumentos dispersos de preparación y generación de información en planificación y para administración y/o manejo de personal.
- f) Operativamente, el balance oferta-demanda, muestra que la planta de tratamiento de agua y la planta de tratamiento de aguas residuales tienen déficit para atender la demanda en el periodo transitorio 2011-2013. Se prevé superar esta condición mediante la ejecución de un conjunto de inversiones de ampliación y/o renovación.
- g) Se identifica una baja micro medición (aproximadamente un 62% al 2011), mostrando una situación técnica/operacional que requiere ser urgentemente mejorada. El ritmo anual de instalación de micro medidores previsto en el PTDS prevé instalar entre 4000-5000 medidores/año. Este comportamiento deberá ser respaldado por COSAALT y objeto de seguimiento por la autoridad regulatoria.
- h) Se prevé que una mayor cobertura en micro medición permitirá mejorar el comportamiento del agua no contabilizada y/o del derroche de agua observado en los usuarios y reportado como uno de los principales problemas por los responsables técnicos de la Cooperativa.
- i) Un balance oferta/demanda en la Planta Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) muestra un déficit en su comportamiento operativo.
- j) El operador COSAALT carece de un sistema tecnológicamente actualizado e integrado para el procesamiento y uso de información técnica asociada a la prestación de servicios.
- k) La estructura tarifaria aplicada por COSAALT LTDA., para los usuarios del sistema medido, contempla nueve categorías y tres rangos de consumo, (0-10 m<sup>3</sup>, 11-40m<sup>3</sup>, más de 40m<sup>3</sup>) al que se agrega un cargo fijo por alcantarillado. Para los usuarios del sistema no medido, se

disponen tarifas fijas asociadas a cargos fijos y cargos por excedente por agua y por alcantarillado.

- l) Se requiere encarar un proceso de revisión y/o actualización de la estructura tarifaria y la capacidad de pago o disponibilidad a pagar de los usuarios a efectos de generar condiciones que apoyen la sostenibilidad financiera de la Cooperativa y mejoren la aplicación de políticas de subsidio.
- m) COSAALT dispone de una utilidad operativa, que le permite únicamente encarar inversiones de reposición y/o inversiones menores, requiere de apoyo financiero externo para ejecutar inversiones importantes de ampliación ó mejora de los servicios.
- n) Se requiere fortalecer e incorporar arreglos institucionales con otros operadores del Valle Central de Tarija, como con entidades sectoriales y regionales.
- o) El componente de Fortalecimiento Institucional del Plan Maestro Integral del Valle Central de Tarija, ha propuesto: (i) A partir de la caracterización del contexto institucional actual, las alternativas de gestión institucional para una mejora en la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario, (ii) Los arreglos institucionales para mejorar la coordinación entre los actores sectoriales, (iii) Una propuesta de fortalecimiento institucional, con objetivos, estrategias, acciones y presupuesto y (iv) Recomendaciones para la ejecución del fortalecimiento institucional.

## 6. DESARROLLO COMUNITARIO

El Reglamento Nacional de Presentación de Proyectos de Agua Potable y Saneamiento establece que el Capítulo referido a Desarrollo Comunitario es aplicable a Proyectos para Poblaciones Menores a 10.000 habitantes, por lo que el Proyecto de Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Saneamiento de la ciudad de Tarija, que beneficia a 210.641 hab (año inicial 2012), no considera el planteamiento de este componente para la fase de factibilidad.

## 7. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

### 7.1. PRESUPUESTO GENERAL

El presupuesto general del proyecto se detalla en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1. Presupuesto general del proyecto

Módulo	Monto	
	(Bs)	(\$us)
Infraestructura	185.048.716	26.587.459
Elaboración Estudio TESA	2.954.003	424.426
Desarrollo Comunitario (3% de la infraestructura)	5.551.461	797.624
Supervisión de Obras (6% de la Infraestructura)	11.102.923	1.595.248
<b>Costo Total del Proyecto</b>	<b>213.909.539</b>	<b>30.734.129</b>

Fuente: Elaboración propia

Tipo de Cambio: Bs. 6.96

## 8. EVALUACIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

### 8.1. ANTECEDENTES

El objetivo principal es el determinar la viabilidad socioeconómica del proyecto Sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales de Tarija. Es decir, determinar si bajo la óptica del Estado y la sociedad el proyecto es conveniente y admite que se dispongan recursos públicos para su ejecución.

En este sentido, para la evaluación del sistema de saneamiento, que es objeto del presente estudio, se aplica el método de valoración contingente.

Los datos básicos utilizados en las evaluaciones económicas provienen de:

- Información técnica a nivel de Estudio de Identificación (EI) está relacionada con la población a ser beneficiada con el servicio, las inversiones requeridas, costos de operación y mantenimiento y volúmenes de evacuación de aguas residuales.

#### 8.1.1. Objetivos Evaluación Socio Económica

Analizar la viabilidad económica de la inversión requerida para realizar las obras de Alcantarillado Sanitario y PTAR en el municipio de Tarija aplicando una tasa de descuento del 12% que es la recomendada por la UCP, a fin de determinar la conveniencia de la ejecución, tomando en cuenta los aspectos siguientes:

- a) Mejorar la calidad de vida de los pobladores (condiciones higiénicas y de saneamiento de acuerdo la dotación de servicios).
- b) La situación socioeconómica actual de los pobladores.
- c) La capacidad y la disponibilidad a pagar de los beneficiarios.
- d) El crecimiento demográfico y espacial de la población.
- e) Presupuestos de obras

En este sentido se evalúa la alternativa seleccionada por el modelo de "Valoración Contingente", tomando en cuenta los indicadores de rentabilidad socioeconómicos:

Valor Actual Neto económico (VANE)

Tasa Interna de Retorno económico (TIRE)

#### 8.1.2. Costos de operación y mantenimiento

Son todos los costos en que se incurre para otorgar el servicio de saneamiento. Incluye los costos en el área operativa, comercial y administrativa así como los insumos para el tratamiento y la energía eléctrica. Para su aplicación se ha transformado los costos de mercado a económicos.

## 8.2. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO

### 8.2.1. Evaluación del Costo Mínimo

El método de costo mínimo se aplica para comparar alternativas de proyecto que generan idénticos beneficios. Si los beneficios son iguales, las alternativas se diferencian solo en sus costos por lo que podemos elegir la que nos permite alcanzar el objetivo deseado con el menor gasto de recursos.

Dado que los costos de las diferentes alternativas pueden ocurrir en distintos momentos del tiempo la comparación debe realizarse en valor actual, para este fin se aplica la siguiente fórmula:

$$VAC = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

VAC = Valor Actual de los Costos

C<sub>i</sub> = Costos del proyecto en el año i

r = Tasa de Descuento

### 8.2.2. Modelo de Valoración Contingente

El método de Valoración Contingente es una de las técnicas que tenemos para estimar el valor de bienes (productos o servicios) para los que no existe mercado. Se trata de simular un mercado mediante encuestas a los consumidores potenciales preguntándoles por la máxima cantidad de dinero que pagarían por el bien si tuvieran que comprarlo expresado en un monto mensual por familia. El Método de Valoración Contingente se utilizó para la evaluación de proyectos de Alcantarillado Sanitario y PTAR.

La evaluación misma consiste en recurrir a un flujo de caja anual de los beneficios evaluados por la disposición a pagar de cada familia proyectados.

Con el objetivo de conocer las variables que determinan la aceptación o rechazo del pago por Ampliación o Mejoramiento de Sistemas de Saneamiento se realizaron varios análisis de correlación y regresiones utilizando el programa SPSS. De esta manera se obtuvieron las variables para calcular la máxima DAP.

La DAP fue determinada en la Etapa II por separado para alcantarillado sanitario con un valor de Bs/mes 33.05 y para PTAR con Bs/mes 22.36 (anexo). La DAP utilizada para la evaluación del proyecto de saneamiento es de 33.05 Bs/mes.

### 8.2.3. Identificación de los beneficios del proyecto

Como se había indicado anteriormente, los beneficios de impacto positivo del proyecto se identificarán simulando las situaciones sin y con proyecto, considerando la duración y ubicación temporal.

Un mayor excedente del consumidor, resultante de la diferencia entre su disposición a pagar (DAP) cuando prescinde del beneficio del proyecto y la tarifa que efectivamente pagará con el proyecto.

## 8.3. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

El objetivo principal es el determinar la viabilidad socioeconómica del proyecto de Saneamiento de Tarija. Es decir, determinar si bajo la óptica del Estado y la sociedad el proyecto es conveniente y admite que se dispongan recursos para su ejecución.

Las hipótesis sobre las cuales se planificó el presupuesto del proyecto son las siguientes:

- El sistema planteado en el proyecto esté garantizado.
- Las inversiones recurrentes para la ampliación por expansión tienen que ser ejecutadas oportunamente.
- El operador realizará todos los esfuerzos para que el servicio que se presta tenga la calidad técnica requerida por la población.
- Por lo menos el 90% de la población se conectará al sistema.
- Las inversiones del proyecto permitirán que la evacuación de aguas residuales satisfaga y de solución a las necesidades de la población.



Para el proyecto de Alcantarillado Sanitario se presentó una alternativa única y en el caso de PTAR se presentaron 3 alternativas de las cuales la seleccionada fue la Alternativa Planta C2 (mediante el método de costo mínimo).

El VAC (Detalle en Anexo Inf. ETAPA II) de las 3 alternativas presentadas se muestra a continuación:

VAC Alternativa B1 = 140,262,058

VAC Alternativa B2 = 311,951,664

**VAC Alternativa C2 (seleccionada) = 81,887,175**

### 8.3.1. Inversiones

Los factores de conversión utilizados para la conversión de costos de mercado a costos económicos o eficiencia, son los proporcionados por la UCP el detalle de la conversión se encuentra en el Anexo 13.

Tabla 8.1 Razones precio de cuenta para conversión a precios económicos

Componente	Factor
Material nacional	0,862
Material importado	0,769
Equipo y maquinaria nacional	0,862
Equipo y maquinaria importada	0,769
Mano de obra calificada	1
Mano de obra no calificada	0,23
Herramientas	1
Cargas sociales	0
Gastos generales e imprevistos	0,862
Utilidad	0,862
Impuestos (IVA e IT)	0
Supervisión de obras	0,862
Desarrollo comunitario	0,862

Fuente: Factores proporcionados por la UCP

Las inversiones requeridas por el proyecto a precios económicos afectados por la razón precio cuenta se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 8.2 Presupuesto Proyecto Saneamiento Tarija – Precios económicos

CONCEPTO	Importe	Importe (TC 6.96)
	Bs.	\$us
EI TARIJA SANEAMIENTO	123,251,182	17,708,503
<b>SUB TOTAL</b>	<b>123,251,182</b>	<b>17,708,503</b>
Supervisión	5,312,126	763,236
<b>TOTAL</b>	<b>128,563,308</b>	<b>18,471,740</b>

Fuente: Elaboración propia

El valor de la inversión en términos socio económicos ha sido obtenido aplicando las razones precio cuenta, el total a invertir a corto plazo es de 18.4 millones de dólares americanos (incluyendo costos de Supervisión equivalentes al 5% de la inversión).

### 8.3.2. Aplicación del modelo -Resultados

Sobre la base de los criterios de identificación de beneficios y costos, se evaluó el proyecto de Saneamiento de Tarija con el método de valoración Contingente, los detalles de población y costos se encuentran en el Anexo 13.

VA Beneficios -A                      Bs. 228,711,058

VA Costos -B                            Bs. 123,567,381

VANS (A-B)                              Bs. 105,143,677

TASA INTERNA DE RETORNO =    29,25%

### 8.3.3. Conclusión

El proyecto mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales para la población de Tarija, bajo las inversiones planteadas en el presente proyecto, **es socioeconómicamente factible para la sociedad en su conjunto.**

## 8.4. EVALUACIÓN SOCIAL

El proyecto de Mejoramiento y ampliación del sistema de Saneamiento para la población urbana y periurbana de Tarija es viable socialmente, porque cumple con los siguientes criterios:

- Se garantizan las áreas para el mejoramiento y ampliación de los diferentes componentes del Proyecto de Ampliación y mejoramiento del sistema de Saneamiento serán construidos en espacios de propiedad de Municipio y el mejoramiento y ampliación de la PTAR se realizara en la misma área que es de propiedad del Estado.
- Se lograra impactar en la salud de la población, que puede medirse en la disminución de la Tasa de Mortalidad Infantil que según el ENDSA 2008 (que iniciara su actualización en esta gestión) que es de 38 por cada mil nacidos vivos.
- Además mejorara las frecuencias de las enfermedades de origen hídrico que a 2012 fueron de 11.480 casos de Infecciones respiratorias agudas y 44.111 de Enfermedades diarreicas agudas.

## 8.5. EVALUACIÓN AMBIENTAL

Con base en la Ficha Ambiental Preliminar, el análisis ambiental efectuado a las actividades a realizarse con el proyecto, tanto para la fase de construcción como de operación se puede resumir en el siguiente cuadro:

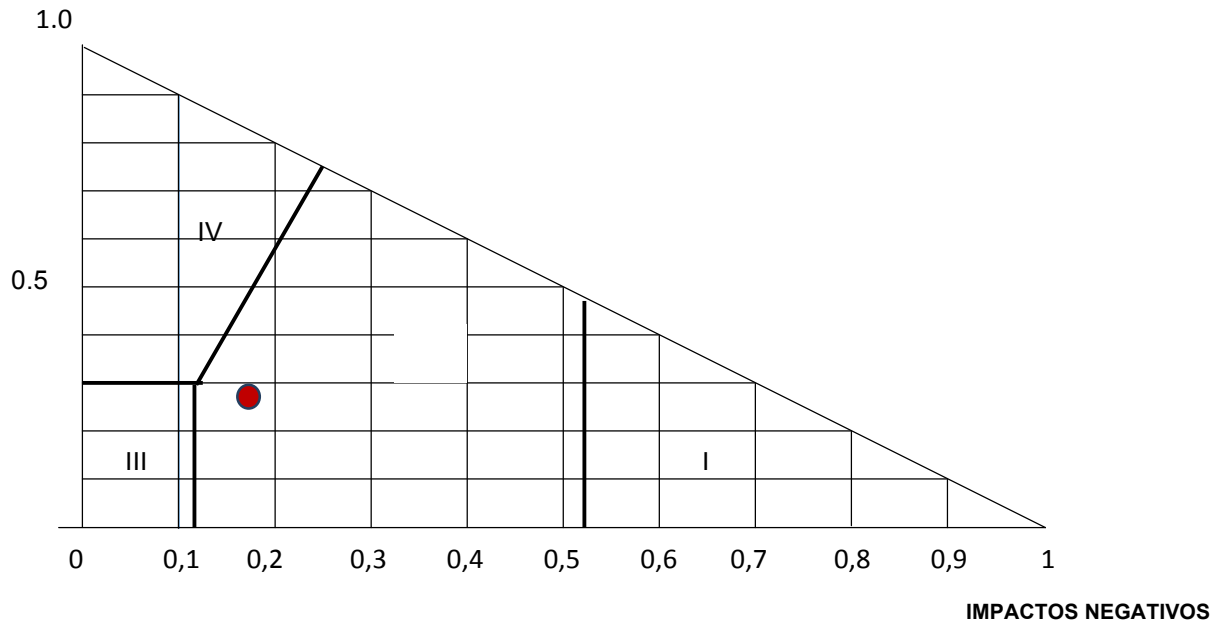
IMPACTOS AMBIENTALES	MEDIDAS DE MITIGACION
<b>FASE DE CONSTRUCCION</b>	
Emisión de polvos, en las excavaciones de zanjas para el tendido de tuberías y movimiento de tierras en la ampliación de la infraestructura de la PTAR	Humedecer las áreas de trabajo de forma periódica, dotar al personal equipo de protección personal
Generación de gases de combustión por el equipo a usar en obra	Mantenimiento preventivo y correctivo del equipo
Generación de aguas servidas en el campamento	Descargar al alcantarillado de la ciudad de Tarija
Erosión de suelos por las zanjas y ocupación de nuevas áreas	Trabajos a realizarse en el ancho previsto para estas actividades
Generación de residuos sólidos asimilables a domésticos en el campamento	Almacenamiento en recipientes para su entrega al servicio de recolección de Tarija
Afectación al personal por el ruido a generarse en las distintas actividades de construcción	Dotar al personal del correspondiente equipo de protección personal
Afectación al estilo de vida, por interrupción al tránsito normal y equipo en obra	Establecer horarios de trabajo, señalización y campañas de difusión
Generación de empleo, mano de obra calificada y no calificada	
Generación de ingresos al sector público por el uso de material local e importado	
La calidad de vida va a mejorar de las viviendas donde se construyan los baños ecológicos	
<b>FASE DE OPERACION</b>	
Generación de olores en la PTAR	Cerco vivo en el perímetro de las plantas, quema del biogás a generarse
Efluente de la planta de tratamiento con descarga al Río Guadalquivir	Los efluentes deberán dar cumplimiento del RMCH
Generación de residuos sólidos en el pretratamiento	Almacenamiento de los residuos y entrega al servicio de recolección de la ciudad
Mejora la calidad de vida de la población beneficiada con el proyecto	
Generación de empleo, mano de obra calificada principalmente	
La propiedad privada y pública se va a ver beneficiada con el proyecto de saneamiento	

La gestión ambiental del proyecto deberá sujetarse a la normativa vigente, primeramente se deberá contar con una categoría del proyecto, la misma que deberá ser emitida por la Autoridad Ambiental Competente. Para definir la categoría de manera preliminar, se ha **pre categorizado** el proyecto, para ello se ha acudido a la Ficha Ambiental (Anexo 6) y con base en la Matriz de Identificación de Impactos y tomando en cuenta la Gráfica: Clasificación de los proyectos para su evaluación Ambiental, del Reglamento para la Prevención y Control Ambiental, el proyecto presenta una Categoría de 2, que dice: *“Aquellos que requieren un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIA) ANALITICO ESPECIFICO. Estarán sometidos a un EEIA ANALITICO ESPECIFICO todos los proyectos, obras o actividades, públicos o privados que de acuerdo con la metodología de IIA de la FA, causen efectos significativos al ambiente en uno o algunos de los factores ambientales”*.

Por lo que el Estudio Ambiental estará enmarcado al Título III De la Evaluación de Impacto Ambiental, Capítulo IV Del Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, del Reglamento de Prevención y Control Ambiental. El alcance que deberá tener el estudio ambiental se señala en el Anexo 14 Términos de referencia para el Estudio TESA.

Figura 8.1. Clasificación de los proyectos para su evaluación ambiental

**IMPACTOS POSITIVOS**



IMPACTOS NEGATIVOS = - 0.18

IMPACTOS POSITIVOS = + 0.29

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se concluye que el proyecto de Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Saneamiento de la ciudad de Tarija, en el marco del Plan Maestro Integral de Agua Potable y Saneamiento del Valle Central de Tarija, es favorable en todo aspecto (técnico, social, financiero y económico) y se recomienda su implementación que es necesaria para Tarija.

Por lo tanto, se recomienda proceder con la elaboración del Estudio Técnico, Económico, Social y Ambiental (TESA) a diseño final, del proyecto de referencia.

## ANEXOS

- ANEXO 1: Mapa de ubicación del Municipio
- ANEXO 2: Plano del esquema de acceso vial
- ANEXO 3: Calidad de las aguas
- ANEXO 4: Estudio de suelos (incluye reporte fotográfico)
- ANEXO 5: Libreta topográfica (incluye reporte fotográfico)
- ANEXO 6: Ficha Ambiental Preliminar
- ANEXO 7: Memorias de cálculo
- ANEXO 8: Prediseño estructural
- ANEXO 9: Cómputos métricos
- ANEXO 10: Análisis de precios unitarios
- ANEXO 11: Presupuesto desglosado de la infraestructura
- ANEXO 12: Planos
- ANEXO 13: Evaluación socioeconómica
- ANEXO 14: Términos de referencia