

FUNDACION SUMAJ HUASI



AGENCIA SUECA DE DESARROLLO INTERNACIONAL (ASDI)

**EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS TECNOLOGÍAS
DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS PARA CENTROS
URBANOS EN BOLIVIA**

Consultor: Humberto Cáceres Magnus

Noviembre - 2011

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	OBJETIVO DEL DOCUMENTO.....	2
3	RESUMEN DE TECNOLOGÍAS DE SANEAMIENTO EMPLEADAS EN BOLIVIA.....	2
4	ALCANCES DEL ESTUDIO Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.....	4
4.1	Alcances del estudio.....	4
4.2	Metodología de Evaluación.....	4
5	DESCRIPCIÓN TIPIFICADA DE LOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO	5
5.1	Qué se entiende por sistema o servicio de saneamiento?	5
5.2	Alcantarillado Sanitario Convencional.....	5
5.3	Alcantarillado Sanitario Condominial	7
5.4	Servicio de saneamiento ecológico urbano.....	8
6	VALIDACIÓN Y EVALUACIÓN DE COSTOS DE SANEAMIENTO.....	11
6.1	Costos de Implementación	11
6.2	Costos de Preinversión.....	14
6.3	Costos de Operación y Mantenimiento	16
6.4	Costos Económicos Ambientales.....	18
6.4.1	Gases Efecto Invernadero producidos por los sistemas de alcantarillado sanitario 19	
6.4.2	Empleo y descarga de agua para los sistemas de alcantarillado sanitario.....	21
6.4.3	Reposición de nutrientes al suelo	22
7	ANÁLISIS Y CONCLUSIONES FINALES	27

INFORME FINAL

1 INTRODUCCIÓN

La Fundación Sumaj Huasi – Para la Vivienda Saludable con el financiamiento de la Agencia Sueca de Desarrollo Internacional (ASDI) se encuentra desarrollado un proyecto en el Distrito 7 de la Ciudad de El Alto denominado: “Agua y Saneamiento para Áreas Periurbanas de la ciudad de El Alto aplicando tecnologías alternativas”.

Este proyecto se desarrolla desde el año 2008 con la coordinación y seguimiento técnico del Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico como cabeza sectorial, con el objetivo de probar la tecnología del saneamiento ecológico en las áreas periurbanas, y así, alcanzar una nueva propuesta para la disposición final de las excretas humanas.

El proyecto, en sus dos fases iniciales, desarrolló 669 baños ecológicos en 20 barrios del Distrito 7, siendo que en su tercera fase – en actual ejecución – pretende implementar otros 200 baños más.

La implementación del saneamiento ecológico en áreas periurbanas es nuevo en Bolivia y solamente otras dos instituciones tienen experiencia documentada en Bolivia, estas son: la Fundación Agua Tuya y la ONG Water for People. Sin embargo, en ninguna de ellas se ha implementado un Servicio de Recolección, Transporte y Tratamiento de las heces fecales y la orina generadas en estos baños. El Servicio de Saneamiento Ecológico como tal, recién está incursionando en Bolivia y en muchos países latinoamericanos, que no cuentan con este tipo de tecnología y menos con un servicio similar.

A diferencia de los alcantarillados sanitarios convencional y condominial empleados para la evacuación de las excretas con agua potable, el saneamiento ecológico se caracteriza por la separación de las heces de la orina a través de un inodoro especial que no emplea agua para la evacuación de estos residuos.

Dentro del estudio del saneamiento ecológico urbano, el proyecto en el Distrito 7, ha previsto la comparación económica de los costos de preinversión, inversión, operación y mantenimiento con otros proyectos de saneamiento ecológico y con los sistemas de alcantarillado sanitario convencional y condominial.

El periodo de estudio fue de junio a octubre del 2011, habiéndose desarrollado un formulario de recolección de información, en cual diferentes entidades llenaron su información económica sobre inversión, operación y mantenimiento de los proyectos de disposición de excretas.

En este documento se presentan las evaluaciones comparativas entre las siguientes tecnologías hoy en día empleadas para la disposición de excretas en área urbana:

- Alcantarillado Sanitario Convencional
- Alcantarillado Sanitario Condominial
- Baños Ecológicos o Baños Secos Familiares

Para realizar la comparación, se ha solicitado información a diferentes entidades gubernamentales, no gubernamentales y de cooperación internacional que ejecutan proyectos de saneamiento básico.

2 OBJETIVO DEL DOCUMENTO

Informe Final de Investigación, cuyo objetivo es presentar una comparación de costos de inversión, operación y mantenimiento de los servicios de saneamiento más empleadas en Bolivia para la disposición de excretas en centros urbanos.

3 RESUMEN DE TECNOLOGÍAS DE SANEAMIENTO EMPLEADAS EN BOLIVIA

La disposición de excretas en Bolivia se remonta a la época de la colonia y particularmente a la Ciudad de Potosí, sin embargo, recién en el período 1920 a 1925 en el gobierno del Dr. Bautista Saavedra, “se presta atención preferente a los problemas de infraestructura de los servicios de alcantarillado de las principales ciudad de Bolivia, impulsando el diseño y construcción de sistemas completos de desagüe y drenaje para las ciudades de La Paz y Cochabamba”¹. En el mismo mandato mediante Ley del 8 de abril de 1922 se emite la primera normativa sanitaria relacionada al alcantarillado con el nombre: “Reglamentación de las Instalaciones Domiciliarias”. Posteriormente fue la Ciudad de Oruro la beneficiaria de un sistema de alcantarillado (1930 – 1933) y de esta forma fue expandiéndose los servicios al resto de las ciudades.

Desde entonces se han realizado diversas aplicaciones tecnológicas. Una de ellas con carácter investigativo fue el Proyecto Piloto YACUPAJ ejecutado en el Departamento de Potosí con el apoyo financiero del Programa de Agua y Saneamiento del PNUD/Banco Mundial, en el periodo 1989 a 1992. En este proyecto se probaron diferentes tipos de letrinas y su aceptación por los usuarios, entre las letrinas probadas se disponían de: (i) **letrinas de pozo seco**, (ii) **letrinas VIP** y (iii) **letrinas con arrastre de agua** o de sello hidráulico.

Después en el periodo 1995 a 1997 la ONG BIBOSI introdujo por primera vez en Bolivia el concepto de la **letrina abonera seca familiar** o LASF en un proyecto en el Departamento de Santa Cruz. Posteriormente (1998 – 2001), UNICEF con el apoyo financiero de ASDI, habría de implementar de forma masiva las letrinas secas alternantes en el suroeste de Cochabamba y el norte de Potosí. Más adelante esta tecnología se conocería como saneamiento ecológico y/o **baño ecológico**.

¹ Capra Jemio Guido, Ingeniería Sanitaria, Alcantarillado Sanitario y Pluvial, 1988.

En el periodo 1998 a 2001 el Programa de Agua y Saneamiento del PNUD/Banco Mundial con apoyo económico de la Agencia Sueca de Desarrollo Internacional y la empresa concesionaria Aguas el Illimani; ejecutaron el “Proyecto Piloto El Alto” el cual buscaba implementar, probar y capacitar sobre el empleo del **alcantarillado condominial**. El proyecto fue ejecutado en tres barrios de El Alto: Oro Negro, Caja Ferroviaria y San Juan Rio Seco.

Existen otras muchas experiencias implementadas por proyectos gubernamentales como la Dirección de Saneamiento Ambiental (DSA) del Ministerio de Salud, PROSABAR y PROAGUAS; el Fondo de Inversión Productiva y Social (FIS, hoy FPS), ONGs tales como: Save the Children, ADRA, CARE, Plan Internacional Altiplano, FHI – Bolivia, Fundación Sumaj Huasi, Danchurchaid, Water for People, Agua Tuya, IPTK, BIBOSI, Catholic Relief Services (CRS), Caritas Coroico, Caritas El Alto, Caritas La Paz, Caritas Oruro, PCI; Organismos de cooperación internacional: Proyectos de la Cooperación Danesa, GTZ (hoy GIT), Unión Europea, Programa Mundial de Alimentos (PMA), Proyectos de la Agencia Sueca de Desarrollo (Internacional ASDI), UNICEF, BID.

Además existen otras experiencias menores que no han sido documentadas pero que sin embargo han contribuido con el incremento de coberturas de saneamiento en Bolivia, el mejoramiento de la calidad de vida en los hogares y la protección del medio ambiente.

En resumen se puede afirmar que las tecnologías empleadas en Bolivia para la disposición de excretas son las siguientes:

- Letrina de pozo seco
- Letrina de pozo seco mejorada y ventilada (VIP)
- Letrina con arrastre de agua o con sello hidráulico
- Baño ecológico
- Alcantarillado sanitario convencional
- Alcantarillado sanitario condominial.

4 ALCANCES DEL ESTUDIO Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

4.1 Alcances del estudio

El saneamiento tiene como objetivo general la disposición final sanitaria de las heces fecales y orina producto de la función fisiología gastrointestinal del cuerpo humano ya sean en poblaciones urbanas o en comunidades rurales.

Para la presente investigación se realizará una comparación económica de los sistemas de saneamiento que se aplican a nivel urbano en poblaciones concentradas:

- Alcantarillado sanitario convencional,
- Alcantarillado sanitario condominial, y
- Servicio de baños ecológicos urbanos.

El análisis comparativo de los costos se realiza solamente para los sistemas o servicios de saneamiento aplicados a nivel urbano.

4.2 Metodología de Evaluación

Para efectos de evaluación de los sistemas o servicios de saneamiento se define la siguiente metodología:

Etapa 1: Descripción tipificada de los sistemas de saneamiento

Entiéndase como la identificación de las particularidades generales y sus partes de una solución tecnológica específica. Esto se realiza para fines comparativos y de evaluación.

Etapa 2: Validación y procesamiento de la información sobre costos

De la información recolectada sobre costos de preinversión, inversión, operación y mantenimiento; solamente se tomará aquella que sea comparable bajo dos criterios: (i) sean sistemas o servicios completos, y, (ii) tengan un rango poblacional similar.

Etapa 3: Análisis final

Los valores de los costos de preinversión, inversión, operación y mantenimiento se analizarán de forma comparativa para obtener lecciones sobre la aplicación actual de los sistemas de saneamiento.

5 DESCRIPCIÓN TIPIFICADA DE LOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO

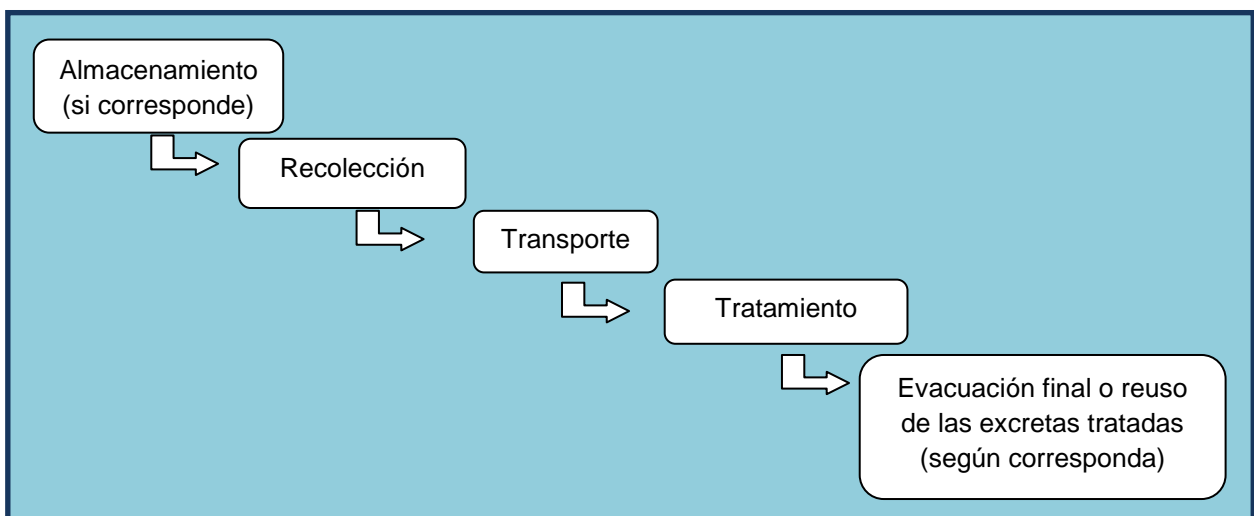
5.1 Qué se entiende por sistema o servicio de saneamiento?

Se entiende al conjunto de actividades o componentes que permiten el almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y evacuación final o uso de las heces y orina tratadas.

En la **Figura 1** se esquematiza el concepto general de las etapas o procesos.

Servicio de saneamiento, es el conjunto de actividades o componentes que permiten el almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y evacuación final o uso de las heces y orina tratadas.

Figura 1: Etapas o procesos de un sistema de saneamiento urbano



Fuente: Elaboración propia

5.2 Alcantarillado Sanitario Convencional

El alcantarillado sanitario convencional conlleva el **empleo del agua** potable para la evacuación de (i) las heces fecales y orina humana además de la incorporación de (ii) otras aguas grises provenientes de las actividades humanas cotidianas, (iii) aguas de actividades comerciales, (iv) aguas de procesos industriales y; eventualmente, (v) agua pluvial de techos y patios; todas estas son conducidas a través de alcantarillas a plantas de tratamiento con el denominativo general de “aguas residuales”.

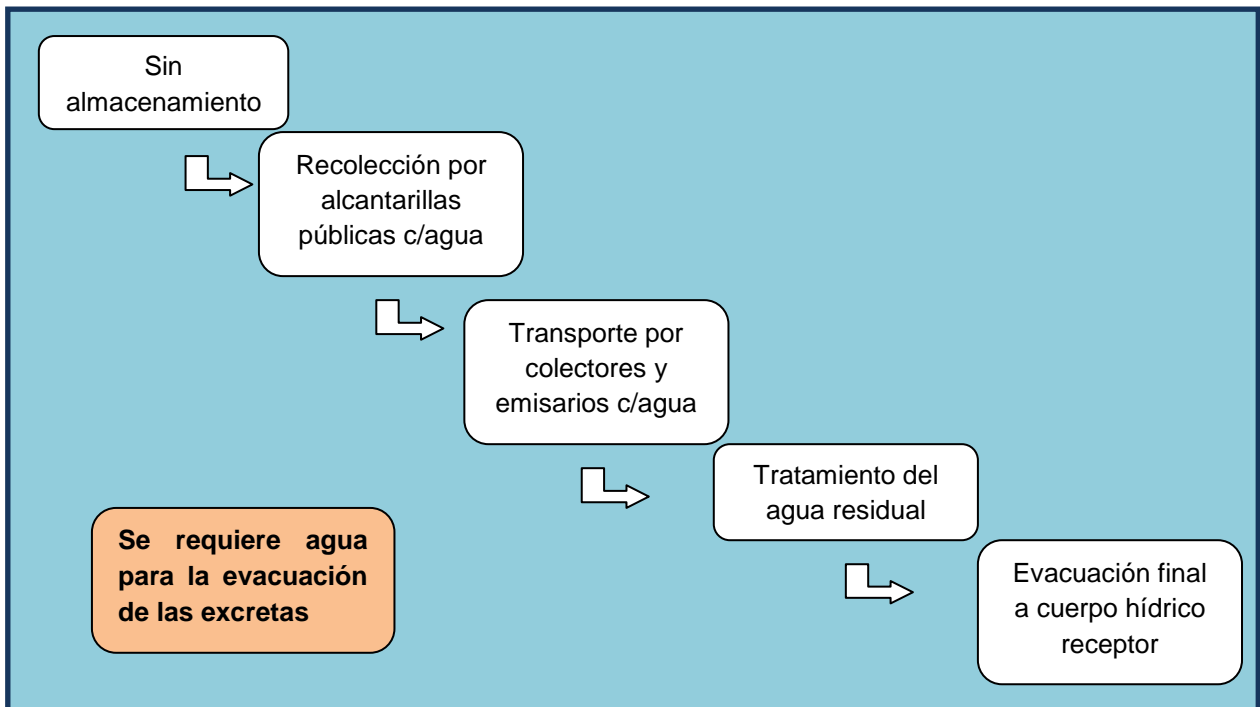
El alcantarillado convencional es un sistema de tuberías y cámaras de inspección que trabajan a superficie libre llevando el agua residual a través del subsuelo por las calles hasta su tratamiento y/o evacuación final. Véase la **Figura 2**.

En el sistema de alcantarillado convencional, la recolección y el transporte, normalmente se consideran como una sola actividad y, los procesos como los costos, se engloban bajo el concepto de “Sistema de Alcantarillado”. El tratamiento se hace en las “Plantas de Tratamiento de Agua Residual” (PTAR). La “evacuación final”, regularmente se realiza directamente al río, quebrada y; ocasionalmente, al lago más cercano al emplazamiento de la planta. En la **Figura 3** se detalla una representación de las etapas del alcantarillado sanitario convencional.



Figura 2: Esquema de un alcantarillado sanitario convencional

Figura 3: Representación de un sistema de alcantarillado sanitario convencional



Fuente: Elaboración propia

5.3 Alcantarillado Sanitario Condominial

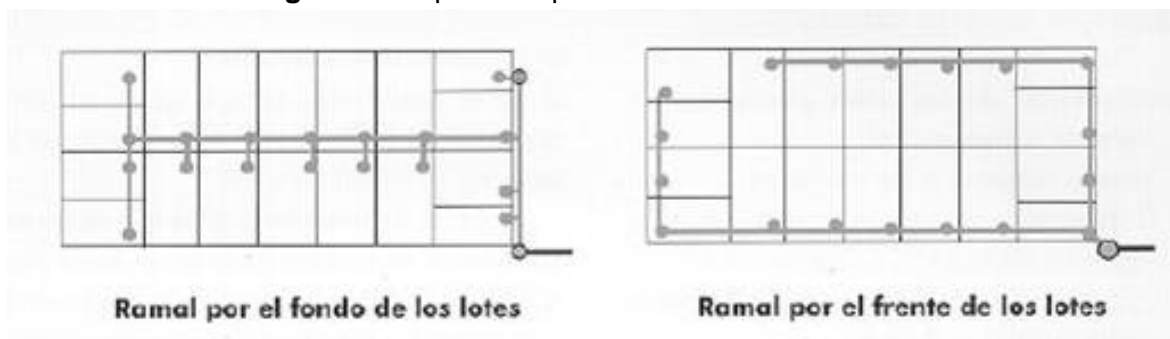
El alcantarillado sanitario condominial se ha diseñado considerando que las **aguas residuales** se recolectan por manzanos o condominios a través de una red interna que pertenece y es de responsabilidad de los dueños de las viviendas y negocios.

Cada manzano o condómino entrega **sus aguas** a un sistema de alcantarillado en las vías públicas similar al convencional, pero cuya diferencia es la disminución de tramos de tuberías para la recolección del agua residual.

El pequeño sistema de tuberías al interior del condominio debe ser mantenido por los usuarios del mismo, debiéndose prever las acciones de limpieza y reparación a cuenta de ellos. La empresa prestadora del servicio de recolección de la ciudad solamente se encarga de la red principal de alcantarillado que se encuentra por las calles.

En la Figura 4 se presentan dos esquemas del alcantarillado condominial.

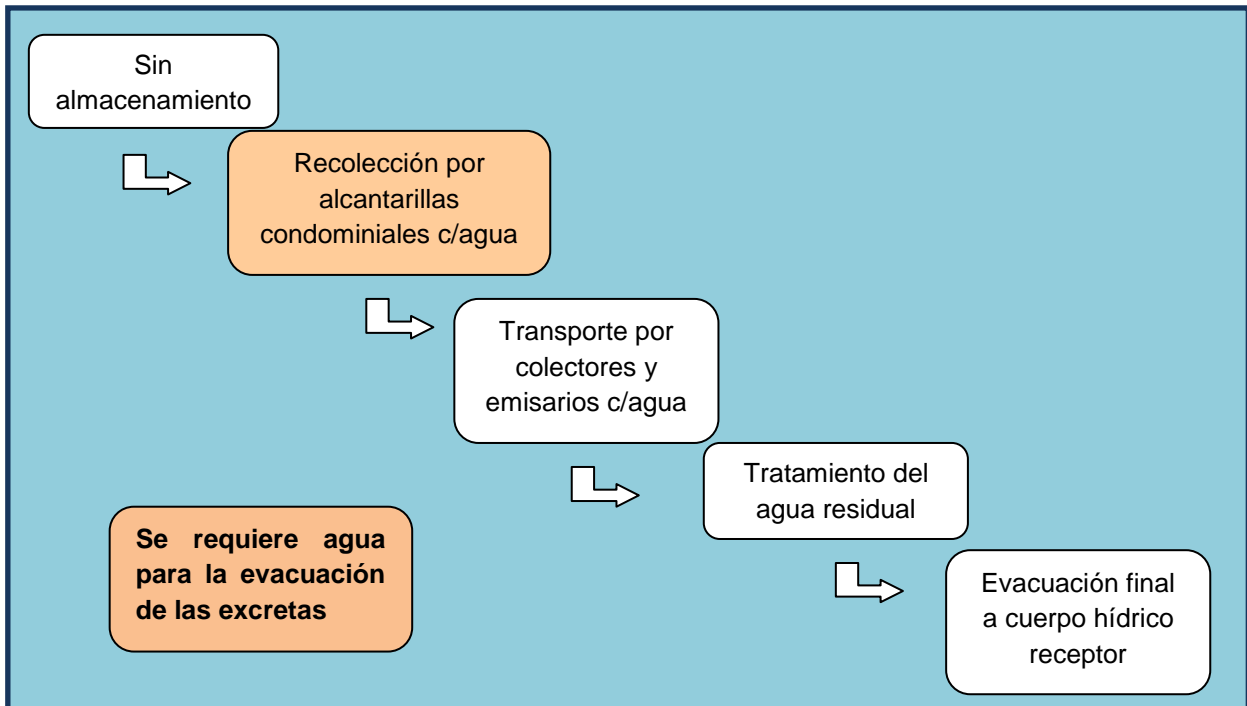
Figura 4: Esquemas tipo de alcantarillado condominial



En el sistema de alcantarillado condominial, la recolección se realiza a través de un subsistema dentro del condominio o manzano. El transporte de las aguas residuales se realiza mediante una red pública; por tanto, no son una sola actividad como el caso anterior del alcantarillado convencional. Así también, todos los costos de mantenimiento del subsistema condominial es de responsabilidad de los usuarios. El tratamiento se hace en las “Plantas de Tratamiento de Agua Residual” (PTAR). La “evacuación final”, regularmente se realiza directamente al río, quebrada y ocasionalmente, al lago más cercano al emplazamiento de la planta.

Por tanto el sistema de alcantarillado sanitario condominial se ajusta a la representación expuesta en la **Figura 5**.

Los sistemas de Alcantarillado Convencional y el Condominial requieren de agua para el transporte de las excretas humanas.

Figura 5: Representación de las etapas del alcantarillado condominial

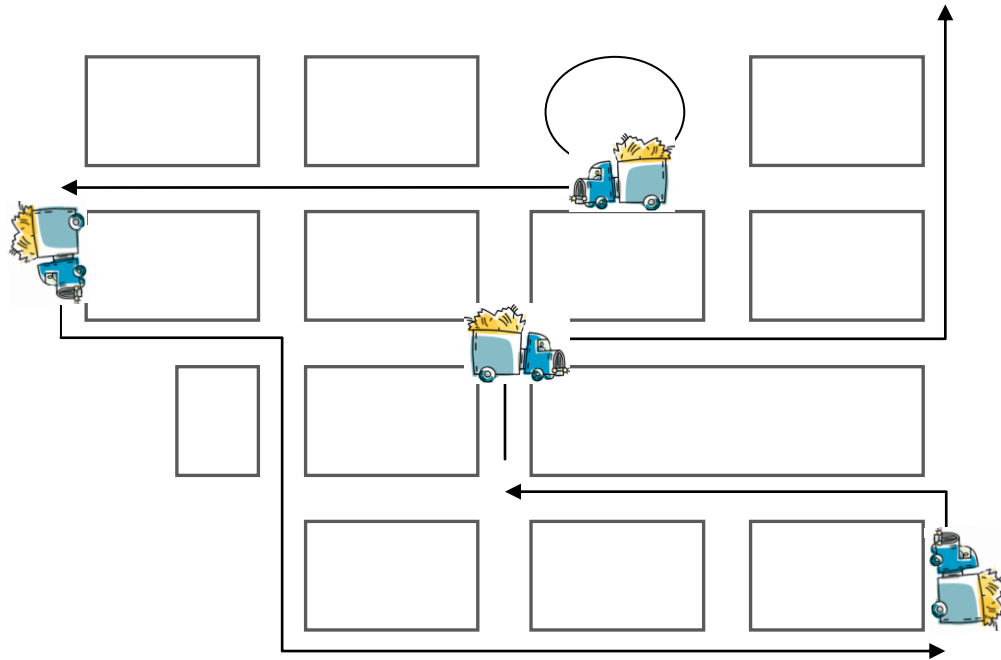
Fuente: Elaboración propia

5.4 Servicio de saneamiento ecológico urbano

La aplicación del concepto de “servicio de saneamiento ecológico en área urbana” es una iniciativa nueva para Bolivia y otros países latinoamericanos, el único proyecto que se está ejecutando en su clase es el ejecutado por la Fundación Sumaj Huasi para el Distrito 7 de la Ciudad de El Alto denominado: “Agua y Saneamiento para Áreas Periurbanas de la ciudad de El Alto aplicando tecnologías alternativas”. Si bien existen experiencias puntuales de saneamiento ecológico “in situ” o familiar, es diferente cuando se implementa un sistema completo de recolección, transporte, tratamiento y uso de la materia tratada que se producen en los baños ecológicos.

En la **Figura 6** se ejemplifica el sistema de recolección del saneamiento ecológico urbano, el cual es muy parecido al sistema de recolección de residuos sólidos pues se requiere de un vehículo para la recolección de la materia fecal y la orina.

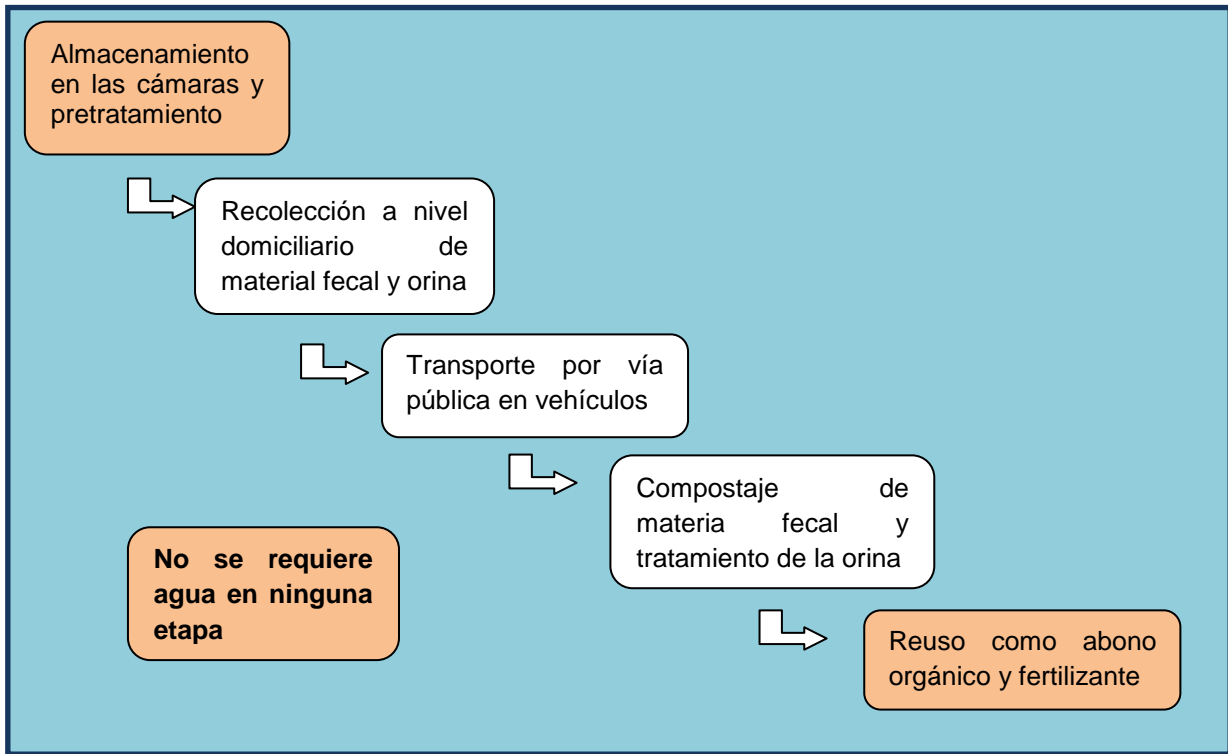
Figura 6: Esquema de la recolección y transporte de las excretas a través de un servicio de saneamiento ecológico



En la **Figura 7** se representa las etapas o componentes del sistema de saneamiento ecológico, ajustándolo del concepto general de sistema de saneamiento.

Un servicio de saneamiento ecológico urbano, no requiere de agua para el transporte de las excretas. Estas deben ser recolectadas y transportadas en vehículos adaptados hasta el lugar de su tratamiento.

Figura 7: Representación de la recolección y transporte de las excretas a través de un servicio de saneamiento ecológico



Fuente: Elaboración propia

En el servicio de saneamiento ecológico urbano se incorporan dos etapas más como parte del ciclo. El almacenamiento de la materia fecal y orina en el lugar de generación, aspecto que motiva incluso el inicio del tratamiento; y, una segunda actividad, la cual es la transformación de la materia fecal en abono orgánico y la orina en fertilizante.

Añadidas a estas dos etapas también existe una clara diferencia respecto al uso del agua, pues el saneamiento ecológico no emplea el agua potable para el transporte de las excretas y, es necesario remarcar, que las excretas transformadas en abono orgánico y fertilizante, en vez de contaminar el medio ambiente, reponen los componentes orgánicos y químicos que requieren las plantas para su crecimiento.

6 VALIDACIÓN Y EVALUACIÓN DE COSTOS DE SANEAMIENTO

Para la evaluación de los costos entre los tres sistemas de saneamiento principales se consideran tres escenarios:

- **Costos de implementación.** Aquellos que conllevan a la construcción de los baños, sistema de alcantarillas, plantas de tratamiento y facilidades de evacuación o reuso.
- **Costos de preinversión.** Se refieren a aquellos que demanda realizar un estudio de preinversión en sus componentes técnico, social, económico y ambiental.
- **Costos de operación y mantenimiento.** Aquellos que conllevan el mantenimiento preventivo y correctivo de los baños, sistema de alcantarillas, plantas de tratamiento y facilidades de evacuación o reuso.
- **Costos económicos ambientales.** Se refieren a los costos ambientales que se ahorrarían por evitar alguna acción o proceso en los sistemas de saneamiento.

6.1 Costos de Implementación

Los costos de implementación de los proyectos de sistemas de saneamiento suelen tener entre dos a cuatro componentes, según sea la entidad financiadora y/o implementadora, a saber:

- Componente 1: Construcción de la Infraestructura
- Componente 2: Supervisión de la construcción de la infraestructura
- Componente 3: Implementación de los Aspectos Sociales e Institucionales (DESCOM; o capacitación, asistencia técnica y/o fortalecimiento institucional)
- Componente 4: Supervisión de la Implementación de los Aspectos Sociales e Institucionales

Aún el proyecto más pequeño debe contar con los componentes 1 y 3 para considerarse la inversión completa. Para efectos de análisis, se consideraron los costos de inversión de proyectos (infraestructura y aspectos sociales) proporcionada por:

- Fondo Nacional de Desarrollo Productivo y Social,
- Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico,
- Fundación Sumaj Huasi,
- Fundación Agua Tuya, y
- Los Ings. Fernando Inchauste y Humberto Obleas en su tesis de maestría sobre alcantarillado condominial.
- Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico

En el **Anexo 1** se presentan los datos de operación y mantenimiento del servicio de saneamiento ecológico del Distrito 7 de El Alto de la Fundación Sumaj Huasi. En el **Anexo 2** el análisis de la información de los sistemas de alcantarillado sanitario facilitados por la Ministerio de Medio Ambiente y Agua. En el **Anexo 3** los valores obtenidos por Inchauste y Obleas para el alcantarillado condominial de El Alto. En el **Anexo 4** los datos del sistema de alcantarillado de Sebastián Pagador, actualmente monitoreado por la Fundación Agua Tuya. En el **Anexo 5** los resultados del estudio Evaluación del Funcionamiento de Plantas de Tratamiento de Agua Residual encargado por el SENASBA.

En el **Cuadro 6.1** se presentan los valores promedios de inversión, en conformidad al análisis estadístico de los datos obtenidos de las diferentes instituciones:

CUADRO 6.1: DETALLE DE COSTOS DE INVERSIÓN POR TECNOLOGÍA Y ETAPA
COSTOS PER CAPITA (Bolivianos)

Tecnología \ Costo	Baño (1)	Recolección	Transporte	Tratamiento	Total p/tecnología
Alcantarillado sanitario convencional (2)	1.495,40	2.364,31		347,27	4.206,98
Alcantarillado sanitario condominial (2) y (3)	1.495,40	187,6	1.208,00	347,27	3.238,27
Servicio de saneamiento ecológico urbano (4)	1.878,40	1.486,51		76,03	3.440,94

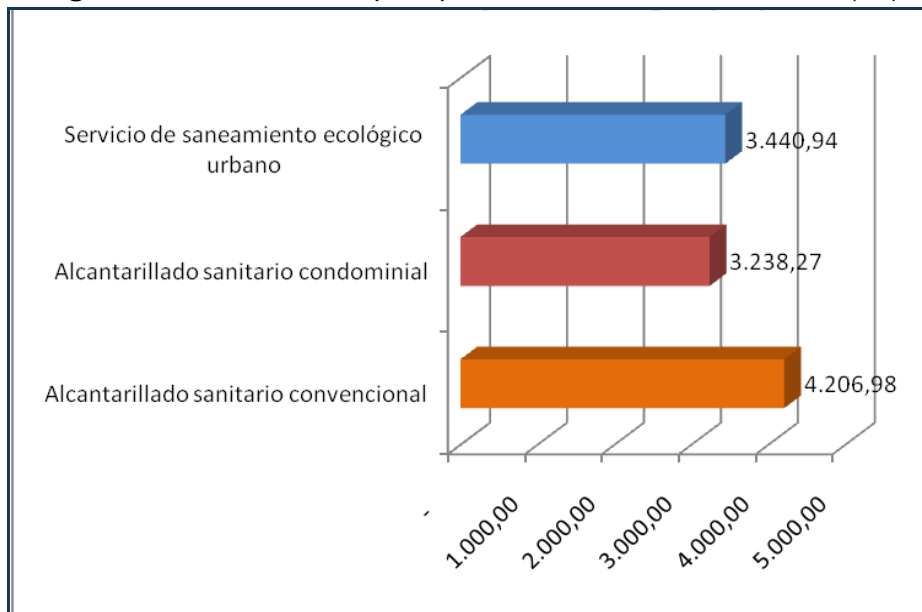
(1) Costos calculados para baños con muros de ladrillo, pisos y revoques de cemento. Los baños son pagados por los usuarios. Para el proyecto del Distrito 7 de Sumaj Huasi recibieron subvención de un 70%

(2) Costo de recolección: Evaluación de los Aspectos Técnicos, de calidad y desempeño de los Servicios de Tres Sistemas de Alcantarillado Sanitario Condominial del Proyecto Piloto El Alto. Inchauste & Obleas, 2011

(3) Costo de transporte. Fuente: MMAYA, Proyecto de alcantarillado condominial Concepción- Santa Cruz. Base de datos de proyectos solicitados Agosto 2011.

(4) Fuente: Fundación Sumaj Huasi, evaluación económica Proyecto D7 El Alto - ASDI. 2009 - 2010

Fuente: Elaboración propia

Figura 8: Inversión Total por tipo de sistema de saneamiento (Bs)

Fuente: Elaboración propia

El análisis de los montos de inversión encontrados, nos permite afirmar los siguientes aspectos:

- La implementación del alcantarillado convencional es mucho más caro que el resto de las soluciones tecnológicas. Es más oneroso en un 130 % que el alcantarillado condominial y más en un 122% que el saneamiento ecológico urbano.
- No existen muchos proyectos de alcantarillado condominial, pero evaluando la experiencia del proyecto piloto ejecutado en la ciudad de El Alto, el costo de instalación de las tuberías de alcantarillado dentro del condominio es significativamente menor y reducen los costos de inversión.
- El análisis de los Ings. Inchauste y Obleas en su tesis de maestría: “Evaluación de los Aspectos Técnicos, de Calidad y Desempeño de los Servicios de Tres Sistemas de Alcantarillado Condominial del Proyecto Piloto El Alto”, afirma que la reducción en los costos de inversión del alcantarillado condominial respecto al alcantarillado convencional alcanza a un 37%; y, si existe la participación de los beneficiarios con mano de obra, incluso se puede alcanzar un ahorro del 54%.
- El costo de inversión del baño ecológico suele ser mayor que el baño convencional con arrastre de agua para condiciones similares de distribución de artefactos sanitarios. Se ha estimado que el baño convencional o común es 25,6 % más barato que el baño ecológico; sin embargo, el baño ecológico en sí mismo incluye el separado de la orina de las heces, dándose desde el inicio el tratamiento de las excretas humanas.

- Los costos de inversión para la recolección y transporte de las excretas y orinas de los baños ecológicos a la planta de tratamiento cambia por completo el concepto de evacuación de excretas, pues si antes se empleaba el agua como medio de transporte, en el saneamiento ecológico las excretas se las lleva sobre ruedas. Desde el punto de vista del costo de inversión de la infraestructura necesaria para la recolección y transporte, existe un ahorro de un 59% del saneamiento ecológico respecto al alcantarillado convencional; existiendo una ventaja adicional ambiental difícil de monetizar, la cual es el ahorro de agua potable que sí es necesaria para otras necesidades humanas y urbanas.
- Los costos de implementación del tratamiento, muestra también una reducción significativa entre las plantas de tratamiento de agua residual (PTAR) empleadas para los alcantarillados con arrastre de agua y la planta de compostaje y vermicultura que se requiere para tratar los residuos de los baños ecológicos. Los datos iniciales reportan una reducción de 4,57 veces, es decir, las PTAR son 457% más caras que las plantas de compostaje para los productos de los baños ecológicos.

6.2 Costos de Preinversión

No existen muchos datos de los costos que demanda la elaboración de los estudios y proyectos a diseño final para los sistemas de saneamiento, pues son pagados por los gobiernos municipales, ONGs y proyectos específicos del estado, sin que exista una normativa especial.

Un criterio general que se emplea en los fondos y en el Proyecto de Saneamiento Básico para Pequeños Municipios del FPS es que la preinversión debe estar entre 3% a 5% del monto de inversión de obras.

Sin embargo, puesto que el diseño de los baños ecológicos es en su generalidad estándar dentro de la misma comunidad; es decir, podrían variar entre proyectos, pero no así en la misma área de un solo proyecto, los costos de preinversión reportados por la Fundación Sumaj Huasi permiten afirmar que la preinversión puede reducirse a un 1,2% – 2,0% del monto de inversión considerando el diseño del baño, la recolección, transporte y tratamiento.

Considerando estos porcentajes es posible calcular los costos de preinversión per cápita presentados en el **Cuadro 6.2**.

CUADRO 6.2: DETALLE DE COSTOS DE PREINVERSIÓN POR TECNOLOGÍA

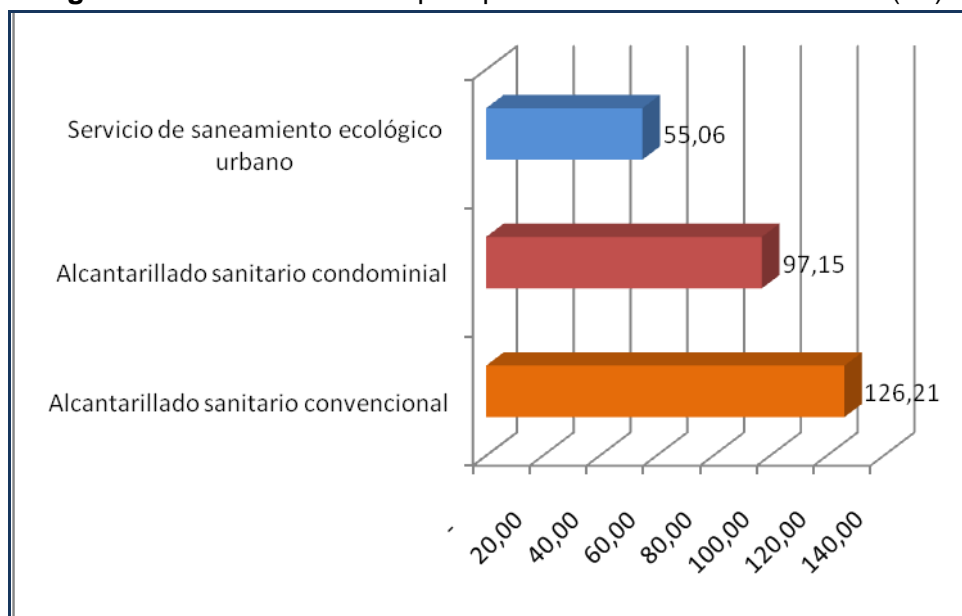
COSTOS PER CAPITA (Bolivianos)

Tecnología	Costo	Total de inversión p/tecnología	Total de preinversión p/tecnología
Alcantarillado sanitario convencional		4.206,98	126,21
Alcantarillado sanitario condominial		3.238,27	97,15
Servicio de saneamiento ecológico urbano		3.440,94	55,06

Fuente: Elaboración propia

El análisis de los costos obtenidos, permiten observar que la preinversión para el alcantarillado convencional está en el orden de 126,21 Bs por persona beneficiaria, siendo un 29,9% más caro que el alcantarillado condominial y 2,29 veces (229%) más caro que el diseño para un sistema de saneamiento ecológico urbano.

Figura 9: Preinversión Total por tipo de sistema de saneamiento (Bs)



Fuente: Elaboración propia

El costo de preinversión para el alcantarillado condominial es más barato que el alcantarillado convencional en la misma proporción que para los costos de inversión; sin embargo, en la práctica no existen más valores de costos de preinversión para el alcantarillado condominial que los reportados por el Proyecto Piloto de El Alto, el cual, por el mismo hecho de ser piloto tuvo una importante participación de profesionales extranjeros e investigadores y no son comparables.

6.3 Costos de Operación y Mantenimiento

Existe información escasa sobre los costos de operación y mantenimiento para los sistemas de saneamiento. En su generalidad las EPSA incorporan estos costos a los del servicio de agua potable sin realizar una discriminación específica.

Por otro lado, resulta difícil para las EPSA – aunque no imposible -, realizar la discriminación de sus costos por centro de gasto, aspecto que solamente es desarrollado hoy en día por SAGUAPAC (Santa Cruz) y ELAPAS (Sucre). A decir de la AAPS el resto de las entidades no realizan los costos por centro de generación o gasto.

Respecto al servicio de saneamiento ecológico urbano, la Fundación Sumaj Huasi proporcionó sus datos actuales, los cuales están siendo ajustados en la medida en que realizan la implementación de más baños ecológicos y se amplían las distancias entre los mismos, es decir, se incrementan los baños pero también la dispersión entre los mismos.

El Servicio Nacional de Asistencia Técnica en Saneamiento Básico ha contratado una consultoría para la Evaluación de Funcionamiento de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. En dicha consultoría se han obtenido datos sobre los costos de tratamientos de algunas de las plantas de tratamiento del país.

Entonces, para efectos de análisis, se consideraron los costos de operación y mantenimiento proporcionados por la AAPS, Fundación Agua Tuya, Fundación Sumaj Huasi y SENASBA, los cuales se hallan resumidos en el **Cuadro 6.3**.

CUADRO 6.3: DETALLE DE COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO POR SISTEMA DE SANEAMIENTO
COSTOS PER CAPITA ANUAL (Bolivianos/año)

	Baño (1)	Recolección	Transporte	Tratamiento	Total p/tecnología (8)
Alcantarillado sanitario convencional Santa Cruz - SAGUAPAC (2)	38,53	32,38		21,50	53,88
Alcantarillado sanitario convencional Sucre - ELAPAS (3) y (4)	38,53	5,02		8,61	13,63
Alcantarillado sanitario convencional Lomas del Pagador - CBBA - Agua Tuya (5)	38,53	35,52			35,52
Alcantarillado sanitario condominial (6)	38,53	ND	ND	ND	-
Servicio de saneamiento ecológico urbano (7)	53,45	20,64		6,23	26,87

(1) Costo estimado de uso de los baños. Estimación del consultor en base a los usos comunes de cada tipo de baño.

(2) Fuente: Costos ejecutados de O&M de SAGUAPAC Gestión 2008. Costos directos para recolección y transporte, como para tratamiento. AAPS - Información facilitada julio/2011

(3) Fuente: Evaluación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Dato de costo de tratamiento de aguas residuales. SENASBA - 2011.

(4) Fuente: Costos ejecutados de O&M de ELAPAS Gestión 2010. Costo total de O&M alcantarillado sanitario. AAPS - Información facilitada julio/2011

(5) Fuente: Fundación Agua Tuya. Costo total de O&M alcantarillado sanitario y PTAR en Lomas del Pagador – CBBA. Información facilitada junio/2011

(6) No existen datos sobre O&M de sistemas de alcantarillado condominial.

(7) Fuente: Fundación Sumaj Huasi, evaluación económica Proyecto D7 El Alto - ASDI. 2009 - 2010

(8) Para la suma total del costo por tecnología, no se ha considerado el gasto en los baños pues es absorbido por los usuarios. Se ha incluido el costo de O&M de los baños en esta tabla, sólo para fines comparativos y de análisis.

Fuente: Elaboración propia

Los costos de operación y mantenimiento dan lugar a un análisis aún mayor por diferentes causas que se explican a continuación:

- No existen datos detallados sobre los costos de operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado y aún menos de las plantas de tratamiento, son pocas las EPSA que realizan costeo por centro de gasto.

- El costo de operar un baño ecológico respecto al baño convencional con arrastre de agua es mayor por la compra del aserrín que se realiza en el Proyecto del Distrito 7 de El Alto; aspecto que redundaría en el bolsillo del beneficiario y no así en la entidad responsable del servicio. Sin embargo, el costo del aserrín se ha incrementado en el último tiempo por dos aspectos: la falta de madera en general (existe escasez de madera aún en las barracas) y el incremento del costo del mismo; pues al inicio del proyecto de El Alto, incluso se reportó que compraban el aserrín a precio simbólico.
- ELAPAS en Sucre tiene una de las plantas de tratamiento de aguas residuales más completas del país, sin embargo, según su capacidad financiera tan solo puede asignar 13,63 Bs por persona para la operación y mantenimiento de la misma. Mientras que SAGUAPAC ha reportado a AAPS un gasto de 53,88 Bs por persona atendida para fines de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario.
- Un dato muy interesante, es el proporcionado por la Fundación Agua Tuya pues el pequeño sistema de alcantarillado sanitario de Lomas de Pagador atiende a 151 viviendas y reporta un costo de Operación y Mantenimiento anual per cápita de 35,52 Bs. Este sistema es nuevo y está siendo monitoreado por la mencionada fundación.

6.4 Costos Económicos Ambientales

En el análisis se ha visto conveniente añadir el “Costo Económico - Ambiental”.

Este concepto hace referencia a la cuantificación económica del impacto ambiental ya sea positivo o negativo que produce una tecnología, un servicio o una actividad concreta. De este criterio general, nacen los conceptos de Gases Efecto Invernadero (GEI) y los Bonos de Carbono (BC) ², los cuales pretenden monetizar los efectos negativos por la contaminación ambiental del aire, la reducción de la capa de ozono y el calentamiento global.

Para efectos del presente trabajo se emplearán tres criterios de Costos Económicos Ambientales:

1. Gases Efecto Invernadero – su producción o reducción.
2. Empleo de agua potable.
3. Reposición de nutrientes al suelo.

² Revítese el Protocolo de Kioto sobre el cambio climático de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global.

6.4.1 Gases Efecto Invernadero producidos por los sistemas de alcantarillado sanitario

Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en aguas residuales brutas son el nitrógeno (N_2), el oxígeno (O_2), el dióxido de carbono (CO_2), el sulfuro de hidrógeno (H_2S), el amoníaco (NH_3), y el metano (CH_4). Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales. De estos, el dióxido de carbono y el metano son Gases de Efecto Invernadero ³.

El estudio “Estimación de Factores de Emisión de Gases Efecto Invernadero en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puchukollo Bajo” de La Ciudad de El Alto, Bolivia ⁴, determinó que la emisión anual de CO_2 eq. de toda la planta es del orden de 51.060,25 TM para un caudal medio anual de aguas residuales de 317 l/s. Es decir, que se emiten 5,1 Kgr. de CO_2 eq por cada metro cúbico de agua residual. Véase los **Cuadros 6.4 y 6.5.**

Cuadro 6.4: Determinación de la cantidad de CO_2 eq. emitido por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puchukollo Bajo – El Alto

Parámetro	Unidad	Línea II (lagunas)	Línea III (lagunas)	Total (TM/año)	GWP	Total CO_2 eq. (TM/año)
Producción Másica CH_4	TM/año	633,41	1.416,70	2.050,11	23	47.152,53
Producción Másica CO_2	TM/año	1.272,27	2.635,45	3.907,72	1	3.907,72
EMISION TOTAL ANUAL CO_2 eq.						51.060,25

Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio: “Estimación de Factores”.

Cuadro 6.5: Determinación de la tasa unitaria de la masa emitida de CO_2 eq. (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puchukollo Bajo – El Alto)

Masa emitida equivalente (CO_2) anual	TM CO_2 eq./año	51.060,25
Caudal medio (l/s)	l/s	317,00
volumen total anual	m ³	9.996.912,00
Tasa unitaria de masa emitida de CO_2	TM CO_2 eq./m ³	0,005108

Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio: “Estimación de Factores”.

Del estudio señalado se concluye que para las condiciones atmosféricas y calidad de vida de la ciudad de El Alto, por cada metro cúbico de agua residual se emiten 5,1 Kgrs de CO_2 equivalente.

³ Gases Efecto Invernadero medidos por el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO_2), gas metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF_6).

⁴ Véase: “Estimación de Factores de Emisión de Gases Efecto Invernadero en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Puchukollo Bajo”. Roberto Parra Z., Grover Apaza M., Afnan Agramont A. Instituto de Investigación y Desarrollo de Procesos Químicos – IIDEPROQ de la Universidad Mayor de San Andrés – Programa Nacional de Cambios Climáticos – PNCC - La Paz – Bolivia

Otras dos conclusiones que se pueden extraer de este estudio son las siguientes:

- La PTAR de Puchukollo tiene una eficiencia global del 66,08% en la remoción del DBO₅, por tanto, es previsible que el efluente de la planta seguirá emitiendo GEI después de su descarga. En el caso específico de la PTAR de Puchukollo la descarga se realiza al Río Seco, tributario del sistema Pallina-Katari-Cohana de la cuenca endorreica del Lago Titicaca en actual estudio por el alto grado de contaminación⁵.
- La segunda conclusión es que se vierte un caudal medio de 301,8 l/s al río Seco con una DBO₅ > 100 mg/l contaminando el medio ambiente. Este punto es evaluado más adelante.

En el proyecto desarrollado en el Distrito 7 de la Ciudad de El Alto por la Fundación Sumaj Huasi se están terminando de construir un total de 874 baños ecológicos (previsto para diciembre 2011), los cuales sirven a aproximadamente a 4.195 personas que producen un volumen anual de aguas residuales de 36.750 m³. Véase **Cuadro 6.6**.

Esto permite concluir que los 874 baños permiten una reducción de 187,70 TM de CO₂ eq. al año, o lo que es lo mismo, a 210 kg/CO₂ eq. por baño ecológico.

Cuadro 6.6: Estimación de la Reducción de GEI por el proyecto “Agua y Saneamiento para Áreas Periurbanas de la ciudad de El Alto aplicando tecnologías alternativas”.

Número de baños ecológicos	baño	874
Nº habitantes por vivienda	hab	4,8
Población total atendida	hab	4.195
Cantidad de agua empleada por día/habit./inodoro	l/h/d	24
Volumen de agua empleada en inodoro	l/d	100.685
Volumen total anual	m ³	36.749,95
Reducción anual de GEI por los baños ecológico	TM CO₂ eq./año	187,70
Reducción anual de GEI por baño	TM CO₂ eq./año	0,21

Fuente: Elaboración propia.

⁵ Refiérase al: Proyecto de Desarrollo Sostenible Local del Lago Titicaca. Departamento de Desarrollo Sostenible del Banco Mundial. 2011.

Estos datos son importantes desde el punto de vista de los Costos Económico – Ambientales, pues a mayor número de baños ecológicos, la reducción de los gases GEI es más alta y por tanto la mitigación del impacto ambiental es favorable para la naturaleza.

Si bien es cierto que el tratamiento de las excretas humanas (heces y orina) del servicio de saneamiento ecológico urbano emite gases (principalmente CH_4 y H_2S), estas emisiones son muy inferiores a las del agua residual, pues en el caso de las heces la biodegradación se realiza con casi nada de humedad al estar mezcladas aserrín y tierra, mientras que de la orina se libera NH_4 y vapor de agua. Aspecto que no es favorable para la emisión de gases ⁶.

En la actualidad el costo de la TM de CO_2 eq. es del orden de 18 \$us ⁷. Esto implica que para las 187,7 TM CO_2 eq. que se reducen con el proyecto del Distrito 7 de El Alto, se podrá alcanzar 3.378,60 \$us o su equivalente en moneda nacional de 23.650 bolivianos.

6.4.2 Empleo y descarga de agua para los sistemas de alcantarillado sanitario

Otro aspecto que es importante analizar desde el punto de vista del costo económico ambiental es el uso de agua en los sistemas de alcantarillado sanitario.

El agua potable es empleada como medio de transporte de las excretas, realizándose en su generalidad con agua de buena calidad, se la contamina y se descarga al medio ambiente ^{con} contaminantes orgánicos, físico-químicos y patogénicos.

Un reciente estudio realizado por la Cooperación Técnica Alemana sobre los artefactos ahorradores de agua en Bolivia ⁸ determinó que casi todos los inodoros comercializados en la actualidad, emplean 6 litros de agua por descarga. Aunque también, cabe mencionar, que lentamente están ingresando los inodoros con doble botón de descarga para 3 y 6 lts; y, existen inodoros con mayor requerimiento de agua potable.

Sin embargo, considerando que una persona hace uso del inodoro 4 veces al día, es posible afirmar que sólo por el empleo del inodoro cada persona emplea alrededor de 24 litros de agua potable cada día. Este caudal en su totalidad ingresa al sistema de alcantarillado sanitario y requiere de tratamiento como agua residual.

Por tanto una persona evacuará a través del inodoro un total de 8,76 m³ de agua residual al año. En el caso del Distrito 7 de El Alto, las 4.195 habitantes ahorran en total 36.748,20 m³ al año!!

⁶ Refiérase a la caracterización de la materia fecal, orina, abono y humus realizados por la Fundación Sumaj Huasi. R. Silvetti, et.al. 2011.

⁷ Refiérase a estudio: Ecobusinesslinks.com Carbon Offset Survey, el cual dispone de un estudio detallado de los contratos de bonos de carbono.

⁸ Refiérase al “Estudio sobre Accesorios y Artefactos Sanitarios Ahorradores de consumo de Agua, para instalaciones intradomiciliarias”. Cooperación Técnica Alemana (GIZ).

Si el costo por m³ de agua potable es de 2,9 Bs/m³ ⁽⁹⁾, entonces podemos afirmar que el ahorro monetario alcanzará a **117.594,24 Bs al año**.

Este aspecto es muy importante pues la reducción del agua para el uso del inodoro, no sólo es ahorro en agua potable, sino también, en los costos de tratamiento del agua residual producida. Por tanto se puede hablar de un doble ahorro e impacto positivo por el empleo del saneamiento ecológico.

6.4.3 Reposición de nutrientes al suelo

Una característica interesante del saneamiento ecológico, es la posibilidad de tratar la orina y las heces fecales para generar fertilizante y abono orgánico.

6.4.3.1 Aspectos sobre abonos orgánicos

No se conocen datos exactos del rendimiento de abono y fertilizante por baño ecológico, aspecto que se está investigando en la actualidad en el proyecto del Distrito 7 en El Alto; no existe ninguna otra experiencia documentada a nivel latinoamericano.

Los costos del abono de oveja y de vaca, como el de turba, en los mercados de la Ciudad de La Paz y El Alto son presentados en el **Cuadro 6.7**.

Cuadro 6.7: Costos referenciales de los abonos orgánicos en los mercados de las ciudades de El Alto y La Paz

Descripción	El Alto	La Paz
Costo abono de vaca (Bs/m ³)	300 ⁽¹⁾	180 ⁽³⁾
Costo abono de oveja (Bs/m ³)	400 ⁽²⁾	150 ⁽⁴⁾
Costo turba (Bs/m ³)	400 ⁽²⁾	150 ⁽⁴⁾
Costo de humus (Bs/m ³)	10 ⁽⁵⁾	8 ⁽⁵⁾

(1) Costo estimado en comunidades alrededor de El Alto que disponen de vacas.

(2) Volquetas de transporte en San Roque – El Alto. Del matadero de El Alto se puede conseguir rumen a 150 Bs/m³. La turba es traída desde Milluni.

(3) Comercialización de abono en comunidad de Chicani, zona sur, La Paz.

(4) Comercializadora del camino a Aranjuez, zona sur, La Paz.

(5) Ferias ocasionales de venta de plantas.

Fuente: Elaboración propia.

En el proyecto desarrollado por la Fundación Sumaj Huasi en la Ciudad de El Alto, con la cooperación financiera de ASDI, no solamente se ha transformado la materia fecal para convertirla en abono orgánico, sino que se ha incursionado en el empleo de vermicultura, generándose por tanto vermi-humus o simplemente humus.

⁹ Revítese la Resolución Administrativa No 282/2010 del 24 de diciembre del 2010 de la Autoridad en Fiscalización y Control Social del Agua y Saneamiento

Este proceso permite dos aspectos complementarios: la eliminación de agentes patógenos (bacterias, helmintos y áscaris) y la mejora en la calidad del material a humus el cual es superior al abono por su contenido de minerales y compuestos químicos ¹⁰.

6.4.3.2 Aspectos sobre fertilizantes

La fertilización se caracteriza por la reposición de compuestos químicos al suelo, útiles para las plantas. Los dos más empleados son: la urea (incorporación de N) y la combinación de sales químicas para la reposición de nitrógeno, fósforo y potasio (N, P, K).

En la actualidad solamente se comercializan fertilizantes químicos a través del comercio privado y por intermedio de una iniciativa del gobierno denominada Insumos Bolivia, entidad descentralizada del Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural.

Insumos Bolivia, en el marco del Programa Non Project Grand Aid (NPGA) de Cooperación para el Aumento de la Producción de Alimentos, ejecutado con apoyo del Gobierno del Japón, ha realizado la importación de fertilizantes para su distribución y comercialización a precio justo de forma directa al sector agrícola nacional, principalmente a los pequeños productores para contribuir con la seguridad alimentaria del país.



Los costos de fertilizantes químicos en las ciudades de La Paz y El Alto se expresan en el Cuadro 6.8.

¹⁰ Refiérase a los estudios de laboratorio de la Fundación Sumaj Huasi.

Cuadro 6.8: Costos referenciales de fertilizantes químicos en los mercados de las ciudades de El Alto y La Paz

Descripción	El Alto	La Paz
Urea 46 % (Bs/kg) – Insumos Bolivia	3,62 ⁽¹⁾	3,62 ⁽¹⁾
Urea 46 % (Bs/kg) – comercio informal	4 - 6 ⁽²⁾	4 - 6 ⁽³⁾
NPK 15-15-15 (Bs/kg) – Insumos Bolivia	5,46 ⁽¹⁾	5,46 ⁽¹⁾
NPK 15-15-15 (Bs/kg) – comercio informal	6 - 14 ⁽²⁾	8 - 16 ⁽³⁾

(1) Precios de Insumos Bolivia.

(2) Tiendas de fertilizantes y agroquímicos, Ceja – El Alto.

(3) Tiendas de fertilizantes y agroquímicos, Mercado de San Pedro – La Paz

Fuente: Elaboración propia.

6.4.3.3 Ahorro económico ambiental en nutrientes para el suelo

a) Ahorro empleando humus de heces fecales humanas

En la actualidad una familia del Distrito 7 de El Alto, realiza la disposición de un turril de 30 kg de material fecal al mes, de los cuales se estima que se transformarán en humus un 35% en peso, en otras palabras de un turril descartado se pueden lograr 10,5 kgs de humus. Estos datos son preliminares del estudio que realiza la Fundación Sumaj Huasi en el proyecto mencionado.

Por tanto, esto implicaría que para un valor del humus en el mercado paceño de 8 Bs/kg, el ahorro anual por la producción del vermihumus alcanzaría a un monto de Bs. **528.595,20**.

Cuadro 6.9: Determinación del ahorro por producción, transporte y aplicación del humus a partir de las heces fecales

Descripción	Unidad	Cantidad
Cantidad de material fecal evacuada por baño mensual	kg	30,00
Factor de conversión a humus		0,35
Cantidad de humus por baño mensual	kg	10,50
Nº total de baños		874,00
Generación anual de humus	kg	110.124,00
Costo del humus en mercado de La Paz	Bs/kg	8,00
Valor de humus en mercado	Bs	880.992,00
Gastos operativos por producción y transporte del humus (40%)	Bs	352.396,80

Ahorro real por reincorporación del material al suelo al año	Bs	528.595,20
---	-----------	-------------------

El ahorro en la generación, aplicación y reincorporación del humus al suelo es significativo para los costos actuales de comercialización. Sin embargo, es correcto afirmar que con una generación tan alta de humus los precios del mismo tenderán a bajar drásticamente. Sin embargo, el ahorro económico actual estimado, muestra un impacto importante desde el punto de vista del costo económico ambiental.

b) Ahorro con orina como fertilizante

La orina puede ser empleada como fertilizante con un tratamiento de oxidación y decantación simple. La cantidad de orina que se recoge por familia de 5 personas es de 20 litros semana. La dosificación empleada para papa es de 1 litro por metro cuadrado. Por tanto para los 874 baños existentes en El Alto se podría alcanzar un ahorro en la aplicación de urea de algo más de 93.000 Bs al año. En el **Cuadro 6.10** se presenta la determinación del ahorro empleando la orina como fertilizante para cultivos de papa.

Cuadro 6.10: Determinación del ahorro por empleo de la orina como fertilizante para cultivo de papa

Descripción	Unidad	Cantidad
Cantidad de orina evacuada por baño semanal	lts	20,00
Cantidad de orina anual por baño	lts	440,00
Nº total de baños		874,00
Cantidad de orina anual total	lts	384.560,00
Relación de aplicación de orina para la papa	lts/m ²	1,00
Cantidad de aplicaciones por cosecha		2,00
Area probable de fertilización	ha	192,28
Cantidad de urea por ha (papa)	kg	200,00
Costo de la urea (46%)	Bs/kg	3,62
Eficiencia del proceso de aplicación	%	90,00
Ahorro bruto anual empleando orina en vez de urea	Bs/año	125.289,65
Gasto operativo para tratamiento y aplicación de la orina (25%)	Bs	31.322,41
Ahorro efectivo anual empleando orina en vez de urea	Bs/año	93.967,24

6.4.3.4 Resumen de los costos económicos ambientales

El empleo de los baños ecológicos permite un ahorro en los costos económicos ambientales debido a los criterios y montos señalados en el **Cuadro 6.11**.

Cuadro 6.11: Ahorro económico ambiental por los diferentes criterios ambientales de análisis

Criterio de ahorro económico ambiental	Monto (Bs/año)
Ahorro económico por Gases Efecto Invernadero	23.650,00
Ahorro económico por el empleo de agua potable	117.594,24
Ahorro económico por reposición de nutrientes al suelo	622.562,44
Monto total estimado de ahorro en el Distrito 7 de El Alto para 874 baños ecológicos	763.806,68

7 ANÁLISIS Y CONCLUSIONES FINALES

El estudio presenta los costos de preinversión, inversión, operación y mantenimiento, y ambientales, de los sistemas de saneamiento más empleados en Bolivia. Los sistemas evaluados son el alcantarillado sanitario convencional, el alcantarillado sanitario condominial y el servicio de saneamiento ecológico urbano como experiencia nueva en el país.

Para la evaluación de los costos se ha revisado la información proporcionada por las diferentes entidades gubernamentales, ONGs y proyectos con experiencia en la materia. Algunas de ellas no realizaron un servicio de saneamiento como tal, sino soluciones in situ, razón por la cual para evaluación final se han tomado los datos reportados por: banco de proyectos del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), banco de proyectos del Fondo de Inversión Productiva y Social (FPS), Autoridad en Control y Fiscalización de Servicios de Agua y Saneamiento (AAPS), Fundación Agua Tuya y Fundación Sumaj Huasi.

Para la determinación de los costos ambientales se han tomado datos del costo de la Tonelada Métrica de CO₂ equivalente a nivel internacional. Los costos de agua potable empleados en los inodoros, según Resolución Administrativa 028/2010 de la AAPS. Finalmente, los datos de abonos, turba y humus de los mercados de La Paz y El Alto.

Las siguientes conclusiones son importantes de señalar:

1. La evaluación se ha realizado empleando los costos totales aportados por las instituciones mencionadas, no ha sido posible discretizar entre infraestructura y el componente social, pues no todos tienen este dato.
2. La implementación del alcantarillado convencional es mucho más caro que el resto de las soluciones tecnológicas. Es más oneroso en un 130 % que el alcantarillado condominial y más en un 122% que el saneamiento ecológico urbano.
3. Es importante observar que el alcantarillado sanitario condominial es una alternativa con menor costo de inversión respecto al alcantarillado convencional en un 37%, razón por la cual, es recomendable que las autoridades del sector saneamiento básico consideren su apoyo político. De hecho el considerar que el condominial es más barato que el convencional, ya es conocido en Bolivia, desde unos diez años, pero no ha existido apoyo técnico político para una mayor implementación.
4. Sin embargo, desde el punto de vista de operación y mantenimiento no es posible señalar si el alcantarillado condominial es más barato o no que el alcantarillado convencional. Ambas tecnologías requieren del empleo de agua potable y tratamiento del agua residual de forma similar y en cantidades similares, aspecto que no puede ser considerado como factor comparativo.

5. El proyecto de Saneamiento Ecológico en el Distrito 7 de la Ciudad de El Alto, se ha implementado como un servicio de recolección de las excretas (orina y heces), el cual en sus 2 primeros años de funcionamiento, muestra que es posible alcanzar un sistema de saneamiento con precios inferiores al alcantarillado sanitario convencional y además con un menor impacto ambiental.
6. El costo de inversión del baño ecológico suele ser mayor que el baño convencional con arrastre de agua para condiciones similares de distribución de artefactos sanitarios. Se ha estimado que el baño convencional o común es 25,6 % más barato que el baño ecológico; sin embargo, el baño ecológico en sí mismo incluye el separado de la orina de las heces, dándose desde el inicio el tratamiento de las excretas humanas.
7. Como se conoce el saneamiento ecológico permite el ahorro del agua, pues no usa la misma para el transporte de las excretas; y, además permite un manejo más seguro de las mismas sin contaminar los cuerpos de agua receptores. Desde el punto de vista operativo, las excretas - tanto la orina como las heces, son llevadas en camiones como residuo sólido, aspecto que favorece su manipulación.
8. El análisis de los costos totales de los diferentes sistemas de saneamiento básico, permiten observar un menor costo de preinversión al saneamiento ecológico pues no son necesarios muchos procesos como, el levantamiento topográfico, análisis del agua del cuerpo receptor y otros requeridos para los alcantarillados con arrastre de agua.
9. Desde el punto de vista del costo de inversión de la infraestructura necesaria para la recolección y transporte, existe un ahorro de un 59% del saneamiento ecológico respecto al alcantarillado convencional; existiendo una ventaja adicional ambiental, la cual es el ahorro de agua potable que sí es necesaria para otras necesidades humanas y urbanas.
10. Los costos de implementación del tratamiento, muestra también una reducción significativa entre las plantas de tratamiento de agua residual (PTAR) empleadas para los alcantarillados con arrastre de agua y, la planta de compostaje y vermicultura que se requiere para tratar los residuos de los baños ecológicos. Los datos iniciales reportan una reducción de 4,57 veces, es decir, las PTAR son 457% más caras que las plantas de compostaje para los productos de los baños ecológicos.
11. No existen datos detallados sobre los costos de operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado y aún menos de las plantas de tratamiento, son pocas las EPSA que realizan costeo por centro de gasto.
12. ELAPAS en Sucre ha reportado un costo de 13,63 Bs por persona/año para la operación y mantenimiento del alcantarillado sanitario; mientras que SAGUAPAC ha

reportado a la AAPS un gasto de 53,88 Bs por persona/año atendida para fines de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario. La Fundación Agua Tuya monitorea el sistema de alcantarillado sanitario de Lomas de Pagador de Cochabamba atiende a 151 viviendas y reporta un costo de Operación y Mantenimiento anual per cápita de 35,52 Bs.

13. El costo de operación y mantenimiento para realizar la recolección, transporte y tratamiento con el servicio de saneamiento ecológico es de 26,87 Bs/personas/año, menor que el costo medio del alcantarillado sanitario.
14. El análisis de los costos ambientales ahorrados por el empleo de los baños ecológicos en los criterios: (i) Reducción de Emisiones de Gases Efecto Invernadero (ii) Ahorro de agua potable; y (iii) Reincorporación de abonos y fertilizantes a los suelos permite aproximar un ahorro ambiental de aproximadamente 763.806 Bolivianos al año para los 874 baños actualmente construidos.
15. Es importante analizar el ahorro ambiental por reducción de los GEI, agua potable y reposición de nutrientes en los suelos, aspectos que normalmente no se consideran en los sistemas de alcantarillado sanitario tradicionales y rara vez son monetizados.
16. Los bajos costos reportados por el servicio de saneamiento ecológico que se está implementando en el Distrito 7 y, el escaso impacto negativo en el medio ambiente, permiten señalar que el saneamiento ecológico es una tecnología con alto potencial para ser aplicado en Bolivia.

ANEXO 1

FUNDACIÓN SUMAJ HUASI**SERVICIO DE RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE BAÑOS ECOLÓGICOS****CALCULO DE COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO - ANUAL**

Nº	Descripción	Unid.	Cantidad	PU (Bs)	Costo Parcial (Bs)
1	RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE				69.076,57
1.1	Honorarios	Mes	12	3.500,00	42.000,00
1.2	Alquiler oficinas	Mes	12	250,00	3.000,00
1.3	Comunicaciones	Mes	12	50,00	600,00
1.4	Servicios	Mes	12	30,00	360,00
1.5	Material de Escritorio	Gbl	1	100,00	100,00
1.6	Depreciación de muebles	Anual	1	428,57	428,57
1.7	Combustible	lts	600	3,74	2.244,00
1.8	Mantenimiento de vehículo	mto/mes	12	250,00	3.000,00
1.9	Depreciación vehículo	anual	1	11.200,00	11.200,00
1.10	Reposición turriles 100 lts	pza	43,7	120,00	5.244,00
1.11	Ropa de seguridad	mes	6	150,00	900,00
2	TRATAMIENTO				20.850,00
2.1	Honorarios	Mes	12	1.000,00	12.000,00
2.2	Alquiler terreno	Mes	12	200,00	2.400,00
2.3	Alquiler maquinaria	trimestre	4	500,00	2.000,00
2.4	Servicios	Mes	12	50,00	600,00
2.5	Reposición inversiones	Anual	1	1.750,00	1.750,00
2.6	Herramientas menores	Gbl	1	300,00	300,00
2.7	Ropa de seguridad	mes	12	150,00	1.800,00
3	PRODUCCIÓN HORTALIZAS				25.136,67
3.1	Honorarios	Mes	12	1.500,00	18.000,00
3.2	Semillas	trimestres	4	80,00	320,00
3.3	Agua	Mes	12	200,00	2.400,00
3.4	Fertilizantes	Mes	12	50,00	600,00
3.5	Depreciación valor del terreno	Anual	1	1.166,67	1.166,67
3.6	Depreciación de la infraestructura	Anual	1	1.750,00	1.750,00
3.7	Ropa de trabajo	Gbl	6	100,00	600,00
3.8	Herramientas menores	Gbl	1	300,00	300,00
TOTAL					115.063,24

ANEXO 2

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA – DATOS DE INVERSIÓN DE PROYECTOS

INCLUIR HOJA EXCEL

ANEXO 3

INCLUIR FOTOCOPIA DE TEXTO DE INCHAUSTE Y OBLEAS

ANEXO 4

INCLUIR FORMULARIO LLENO DE AGUA TUYA

ANEXO 5

**EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO A NIVEL NACIONAL
SERVICIO NACIONAL PARA LA SOSTENIBILIDAD DE SERVICIOS EN SANEAMIENTO BÁSICO (senasba)**

EPSA	Región	Sistema de Tratamiento	Efluente Muestras 2011			Eficiencia Prom [%]	Población Servida [Hab]	Costo O & M [\$us/año]	Ley 1333	Cumple [si/no]
			DBO	DQO	COLIS.					
SEMAPA	Valle	Rejillas, Lagunas Facultativas primarias y lagunas facultativas secundarias	Lagunas de Estabilización	DBO	80	85.77	350,000	234,500	80	Si
				DQO	244	73.59			250	Si
				COLIS.	1700000	99.82			1000	No
SAGUAPAC Norte 1	Llano	Rejillas, Lagunas; Anerobicas (encapsuladas), Facultativas y Maduración	Lagunas de Estabilización	DBO	84	86.21	103,127	69,095	80	No
				DQO	182	76.84			250	Si
				COLIS.	160000	99.96			1000	No
COSMOL	Llano	Rejillas, Laguna Anaeróbica, Laguna Facultativa, Laguna de Maduración	Lagunas de Estabilización	DBO	24	85.77	52,176	34,958	80	Si
				DQO	147.7	73.59			250	Si
				COLIS.	21000	99.82			1000	No
ELAPAS	Valle	Rejillas, Desarenador, Tanques Imhoff, filtros percoladores, Lagunas de Sedimentación y Maduración	Tanque Imhoff con filtros percoladores	DBO	46	91.71	180,000	221,400	80	Si
				DQO	228	85.62			250	Si
				COLIS.	24000	-			1000	No
PTAS	Altiplano	Rejillas, Desarenador, Clasificador de arenas y lodos, Sistema de Bombeo, Lagunas Anaeróbica, Lagunas Facultativas y Lagunas de Maduración	Lagunas de Estabilización	DBO		81.72	220,000	147,400	80	Si
				DQO		81.53			250	Si
				COLIS.		94.15			1000	Si
COSAALT	Valle	Laguna Anaeróbica, Laguna Facultativa, Laguna de Maduración y canal de evacuación	Lagunas de Estabilización	DBO	84	75.49	80,000	53,600	80	No
				DQO	182	69.70			250	Si
				COLIS.	160000	92.16			1000	No
EMAPYC	Llano	Rejillas, Desarenador, Canal Parshall, RAFA, Lagunas de estabilización y canal de evacuación	RAFA, lagunas de estabilización	DBO	142	73.89	56,000	59,920	80	No
				DQO	394	76.96			250	No
				COLIS.	35000	-			1000	No
EPSAS	Altiplano	Desarenador, laguna anaerobica, laguna facultativa, laguna de maduración, filtros percoladores	Lagunas de Estabilización	DBO	80	84.05	430,000	288,100	80	Si
				DQO	310	76.79			250	No
				COLIS.	55417	99.91			1000	No

