

Estudio básico

Diferentes modelos de servicio para baños mejorados y análisis de los costos asociados para su operación

(Different service models for UDDTs and analysis of the associated costs for their operation, including english summary)

Ing. Christian Olt
Lima, Perú, Diciembre 2009



Agradecimiento

Por la gran ayuda ofrecida para la realización de esta obra quiero agradecer a las siguientes personas:

- **Andreas Kanzler** (Director del departamento Agua y Saneamiento de la GTZ) y **Dra. Elisabeth von Münch** (Directora del programa Saneamiento Sostenible de la GTZ) por su apoyo para poder efectuar mi misión,
- **Michael Rosenauer** (Director del programa PROAGUA), por su confianza, por introducirme a las estructuras políticas e institucionales en el Perú y por las conversaciones valiosas con el fin de mi integración y orientación,
- **Dr. Christoph Platzer** (Gerente de Rotaria del Perú SAC y Asesor Técnico al programa PROAGUA), por el desarrollo común de los modelos de servicio (capítulo 4), por poner a disposición sus cálculos anteriormente hechos que han servido como base para la preparación del programa Excel (Anexo), por el control de mi obra y por sus consejos útiles,
- **Dra. Heike Hoffmann** (Gerente de Rotaria del Perú SAC), por poder acompañarla a visitar y controlar sus proyectos en curso de realización y así llegar a conocer los aspectos tanto técnicos como sociales importantes para el éxito de los proyectos,
- el **equipo entero** del programa PROAGUA, por su apoyo durante mi misión.

Christian Olt es Asesor Técnico en el programa Saneamiento Sostenible en la sede central de la GTZ en Eschborn, Alemania. Este reporte ha sido elaborado durante la misión en la dirección del programa PROAGUA en el Perú:

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
PROAGUA - Programa de Agua Potable y Alcantarillado
Avenida Los Incas 172, Piso 5
San Isidro
Lima 27, PERÚ

Índice

Acrónimos y Siglas	4
1 English summary (Resumen en inglés)	5
2 Introducción	7
2.1 Situación actual y Problema.....	7
2.2 Propuesta de la GTZ.....	7
2.3 Fin del estudio	9
2.4 Límite del estudio	9
3 Suposiciones	10
3.1 Temperatura ambiental y precipitación	10
3.2 Nivel del agua subterránea	10
3.3 Uso final de los residuos sanitarios.....	10
3.3.1 ... a nivel doméstico.....	10
3.3.2 ... a nivel municipal.....	10
3.3.3 Ambos modos de uso	11
3.4 Tratamiento de la orina	11
3.4.1 ... a nivel doméstico.....	11
3.4.2 ... a nivel municipal.....	11
3.5 Tratamiento de las heces.....	11
3.5.1 ... a nivel doméstico.....	11
3.5.2 ... a nivel municipal.....	11
3.6 Escala del estudio	12
3.7 Costos y Beneficios.....	13
3.8 Punto de vista y Sistema de referencia	13
3.9 Suposiciones diversas	14
4 Estudio de los modelos de servicio	14
4.1 Modelo 1.....	15
4.2 Modelo 2.....	15
4.3 Modelo 3.....	15
4.4 Modelo 4.....	16
5 Resultado	16
6 Recomendaciones	17
6.1 Elección del sistema de saneamiento.....	17
6.2 Tarifación	17
6.3 Análisis pendiente	18
7 Referencias	18
Anexos	21
Anexo 1: Listado del cálculo de costos (10.000 viviendas)	A1
Anexo 2: Listado del cálculo de costos (1.000 viviendas)	A21

Acrónimos y Siglas

ANEPSSA	Asociación Nacional de Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento del Perú
C	carbono
DBO	demanda bioquímica de oxígeno
DQO	demanda química de oxígeno
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall
EPS	Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Cooperación Técnica Alemana)
IGV	Impuesto General a las Ventas
K	potasio
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau (Cooperación Financiera Alemana)
MVCS	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
N	nitrógeno
P	fósforo
PROAGUA	Programa de Agua Potable y Alcantarillado de la GTZ en el Perú
SEDAPAL	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima, Perú
SENCICO	Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción, Perú
SUNASS	Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, Perú
SUNAT	Superintendencia Nacional de Administración Tributaria, Perú

Unidades

a	año
°C	grado Celsius
d	día
g	gramo
h	hora
ha	hectárea
hab	habitante
k	Kilo (= 10^3)
l	litro
M	Mega (= 10^6)
m	metro
S/.	Nuevo Sol Peruano
sem	semana
US\$	Dólar Estadounidense
viv	vivienda (casa, hogar)

1 English summary (Resumen en inglés)

In view of the poor sanitary situation especially in the dry, desert-like coastal area of Peru, the GTZ aims at identifying possible sanitation systems – complementing the existing sanitation infrastructure – that reduce water consumption to a minimum, that are economically comparable while having the same comfort as a water-borne sanitation system and that can be realized in little time. One alternative especially suitable for dry regions are sanitation systems based on urine diversion dehydration toilets (UDDT).

When implementing these toilets in large scale it is crucial to provide a complete sanitation service that (as an analogue of solid waste management) allows for collection, transportation and treatment of the “sanitary residues” (excreta) and preferably their reuse. In this study, different service models have been designed for the operation of UDDTs built in private households in peri-urban coastal areas of Peru, and a cost-benefit-analysis of the operating costs has been made.

The costs of the service models depend very much on the final use of the sanitary products. In this study, at household level urine will be infiltrated and faeces buried into the soil, at municipal level urine and faeces will be used as a fertiliser or soil conditioner, respectively, for urban green areas, forestation areas, fodder crops or renewable energy plants, but NOT for the fertilisation of edible plants (chapter 3.3).

The calculations take into account the cost reduction due to the reduction of water consumption as well as the economic benefit from the sale of the sanitary products (compost). The calculations are made based on an end user perspective and compared to a reference system consisting of a conventional water-borne sanitation system (chapters 3.7, 3.8).

The service models have been designed for enabling the end user to easily switch from one model to the other (chapter 4). The following four service models have been developed and analysed:

- M1: 2-vault-UDDT. Direct urine infiltration into the soil of the property of the respective household. Burial of the faeces on the own property after 1 year.
- M2: 2-vault-UDDT. Direct urine infiltration into the soil of the property of the respective household. Collection of the faeces after 1 year and central composting for 3 months.
- M3: 1-vault-UDDT. Direct urine infiltration into the soil of the property of the respective household. Collection of the faeces after 1 month and central composting for 3 months. (The faeces vault contains plastic bins provided with a reinforced paper bag each which will be composted together with its contents.)
- M4: 1-vault-UDDT. Collection of urine after 3 months and central storage for 1 month. Collection of faeces after 1 month and central composting for 3 months.

The results of the cost-benefit-analysis are shown in Tabla 1 (for a number of 10,000 households) and Tabla 2 (for a number of 1,000 households). The indicated values are in [US\$/household/month]. Each negative value represents an economic benefit.

The evaluation of Tabla 1 leads to the following conclusions:

- All of the three service models M1 to M3 result in a net benefit of approx. $\Sigma = 1.3$ to 1.7 US\$/household/month. In this way, the costs are not only covered by the reduction of water consumption and by the sale revenues but they also lead to an economic benefit.
- Among the models M1 to M3, the net benefits do not differ a lot from one model to the other. This may be explained as follows: Comparing with model M1, model M2 leads to lower transportation costs (since collection service of M2 can be carried out faster) but this advantage will be compensated by higher treatment costs. Comparing with model M2, model M3 leads to another reduction of transportation costs, but it also leads to higher costs for storage at home (paper bag consumption). Therefore, the decision for one or the other service model does not play a major role.
- The benefits of model M4 are almost equal to the costs ($\Sigma \cong 0$). The higher costs compared to the other models are due to higher investment and operation costs for urine transport and treatment.
- If additionally taking into account the revenue from a possible sale of the treated urine and assuming a urea market price of 1.14 US\$/kg, an additional benefit of 1.2 US\$/household/month would add (see Anexo 1, model M4.1, p. A20). Together with this additional benefit, the net benefit of model M4.1 of $\Sigma = 0 + 1.2 = 1.2$ US\$/household/month would have the same dimension as the models M1 to M3.

From the analysis of the results of Tabla 2, the following conclusions can be drawn:

- While comparing the results of Tabla 1 and Tabla 2 it can be found that costs are not proportional to the number of households served. Beyond that, while looking at the models M1 to M3, the costs of Tabla 2 increase from one model to the other, which is in contrast to the costs of Tabla 1 which decrease from one model to the other. This may be explained by fix costs (e.g. costs for labourers exclusively working as driver or guardian, the maintenance of vehicles, the purchase of transport vehicles, the construction of access areas and the treatment plant's complementary installations), which have to be covered by a lower number of households in Tabla 2.
- All of the models M1 to M3 lead to a net benefit of approx. $\Sigma = 0.1$ to 1.0 US\$/household/month.
- Model M4 leads to net costs of approx. $\Sigma = 3.2$ US\$/household/month.

The following statements apply for both tables:

- The reduced water consumption leads to an economic benefit of 2.4 US\$/household/month. This cost reduction results from the water saving due to the omission of water flushing. The amount of water saved has been multiplied by a water tariff which is cross-subsidised from other sources. If a realistic tariff which covered all the costs was taken into account, the cost reduction would be higher and thus the net costs even lower.
- The revenues from the sale of compost result in another benefit of approx. 0.2 US\$/household/month. These benefits do not represent real payments from the service company to the users. Nevertheless, the service company will offset the benefits against the costs and will pass these benefits by 100% down to the users (see chapter 3.8). It is assumed that the company will charge the users only in case that the sum of costs and benefits is positive (i.e. a net cost).
- Within one model, the reduction of the water consumption, the frequency of urine and faeces collection and the urine storage period have the biggest influence.
- All of the presented costs compare with the running costs of a conventional water-borne sanitation system: With a tariff for water and sewerage service of approx. 2 S/./m³ and assuming a repartition of 50% for sewerage service and a water consumption of 20 m³/household/month, this results in costs of $50\% \cdot 2$ S/./m³ $\cdot 20$ m³ / 2.86 S/./US\$ = 7.0 US\$/household/month. Thus, the running costs of the alternative sanitation service are always lower, and at the most 45% of those of the conventional sanitation.
- The reduction of the nutrient and carbon load can lead to cost savings at the treatment plant (chapter 3.7), which however has not been taken into account here (conservative assumption) but which will add to all of the presented models.

We suggest a separated tariff for water supply and sanitation service each with the following characteristics (chapter 6.2):

- 1) Water tariff: The tariff is constant up to a relatively low consumption level that takes into account the reduction of water consumption due to the use of the UDDT. From this consumption level on the tariff would have to increase progressively in order to provide an incentive to an economic water consumption and to avoid people using water for discharge purposes in another toilet, this in an area which is designated for dry sanitation. In order to be successful the actual water consumption has to be measured and controlled.
- 2) Sanitation tariff: Similarly to solid waste management a monthly tariff will be raised which is fixed for one household and only dependent on the chosen model and the number of persons per household. In case of a bad use of the toilet (i.e. inorganic waste is found in the faeces vault/bin or the faeces are too wet, which indicates a bad urine separation or a discharge of liquids into the faeces compartment), a multiple (e.g. 3 or 4 times) of the tariff above will be raised as an incentive to a good use of the toilet. The quality of the collected faeces will be optically evaluated by the sanitation service company at the moment of collection. In order to guarantee the users always use a sufficient amount of sawdust, the service company will provide the users with sawdust for free whose costs are already included in the raised tariff.

2 Introducción

2.1 Situación actual y Problema

La situación demográfica, hídrica y sanitaria actual en el Perú puede ser caracterizada como sigue (GTZ, 2008):

- El 60% de la población peruana vive en la zona desértica costera, la cual cubre sólo el 15% del territorio peruano. Sin mencionar datos precisos, la gran mayoría vive en zonas urbanas con una tendencia todavía creciente.
- El 76% de la población está conectada a la red de agua potable. En las zonas periurbanas la población con frecuencia sólo logra abastecerse de agua a partir de camiones cisterna.
- El 56% de la población está conectada a la red de alcantarillado. Sólo el 23% de las aguas residuales pasan por una planta de tratamiento que a menudo demuestran serios problemas operacionales. Así la mayor parte de las aguas residuales (> 77%) son descargadas casi sin tratamiento.
- Lima, la capital del Perú con unos 8.6 millones de habitantes, está situada en una de las áreas más secas del mundo.

En áreas donde el agua está disponible, la producción de agua es muy alta (aprox. 260 l/hab/d) con una pérdida de agua no facturada sobre el 40% (SUNASS, 2009). Los parques del centro de la ciudad se irrigan en exceso con agua fluvial y marina, pero también a menudo con agua potable. El uso de aguas grises no se practica porque la tarifa para el agua potable es muy baja (tarifa media de 1.9 S/. /m³ en Lima).

Se cuenta con unos 1.3 millones de habitantes en asentamientos humanos en los alrededores de Lima que no disponen de una conexión al abastecimiento público de agua, viviendo con menos de 25 l/hab/d (Platzer et al., 2008). Son ellos no conectados al sistema público que tienen que pagar los precios más elevados (hasta 15 S/. /m³ p.ej. en el distrito limeño Villa María del Triunfo) por una agua de calidad dudosa proveniente de servicios deficientes de agua y desagüe.

Se calcula alrededor de 3 millones de habitantes con el uso de letrinas¹ como instalación sanitaria. Existen muchos ejemplos del uso de aguas residuales crudas o de efluentes de lagunas sobrecargadas para el riego agrícola (Platzer et al., 2008).

- Una situación similar a la de Lima se puede encontrar en muchas ciudades costeras peruanas.

Históricamente, las condiciones higiénicamente insuficientes y, en consecuencia, las enfermedades de la población como el cólera, la disentería y la diarrea resultaron en la convicción que sólo una evacuación rápida de las aguas residuales afuera de las aglomeraciones pueda brindar una protección sanitaria adecuada (Trösch, 2004). Junto con el invento del baño con arrastre hidráulico se dio el caso del estado técnico que existe hoy en la mayoría de las ciudades del mundo. Estos sistemas de saneamiento convencionales centralizados se basan en el principio de una mezcla de las aguas residuales domésticas (e industriales), una evacuación de estas aguas mixtas por alcantarillado a una planta depuradora central antes de una descarga de las aguas tratadas a un agua superficial. El enfoque de las plantas depuradoras es la remoción y eliminación de la materia orgánica y de los nutrientes. Pero, estos sistemas de saneamiento con arrastre hidráulico exigen grandes cantidades de agua, recursos financieros y tiempo para su construcción, operación y mantenimiento lo que conduce a los problemas y desafíos siguientes:

- Primero, la disminución de los recursos hídricos en los glaciares prevista para el Perú debido al cambio climático reducirá la disponibilidad de agua potable (AUCC, 2008) de manera que será muy poco probable que el abastecimiento de la gran cantidad de agua potable pueda ser extendido a toda la población.
- Segundo, la conexión de la parte de la población ubicada en zonas periurbanas (sobre todo zonas apartadas y situadas en laderas) exigiría inversiones proporcionalmente mucho más altas los que tendrían que ser financiados por la totalidad.
- Y finalmente, es necesario actuar urgentemente para mejorar la salud de las poblaciones (sobre todo en zonas periurbanas) mediante la disposición rápida de una solución sanitaria.

2.2 Propuesta de la GTZ

Para mejorar la situación sanitaria de esa parte de la población ubicada en zonas periurbanas que todavía no está conectada a un sistema de saneamiento convencional, y teniendo en cuenta los aspectos mencionados arriba, es necesario buscar alternativas. Para no tener que esperar a una fecha lejana en el futuro, la GTZ quiere demostrar y proponer posibilidades que se pueden realizar en forma

¹ Los sistemas de saneamiento convencionales descentralizados (letrinas ventiladas o no, fosas sépticas) generalmente representan un riesgo para la salud humana porque la mezcla de las heces con la orina facilita la infiltración de patógenos y así la contaminación de aguas subterráneas muchas veces utilizadas como fuente de agua potable.

inmediata. Una parte del programa PROAGUA de la GTZ en el Perú tiene como objetivo buscar un sistema de saneamiento alternativo que:

- reduzca en lo mínimo la cantidad de agua requerida en comparación con sistemas de saneamiento con arrastre hidráulico y que así sea más independiente de la disponibilidad de agua,
- sea económicamente comparable a un sistema de saneamiento con arrastre hidráulico,
- se pueda realizar en poco de tiempo y de manera flexible para adaptarse a desarrollos demográficos y condiciones topográficas desfavorables, y
- tenga el mismo confort que un sistema de saneamiento con arrastre hidráulico.

Desde hace unos años existen nuevos sistemas de saneamiento que –de manera complementaria al sistema convencional existente– pueden ser construidos a corto plazo y durablemente operados. Como una alternativa sobre todo para regiones secas se brindan sistemas de saneamiento que empiezan con baños en los que la orina y las heces están separadamente colectados (mediante una taza separadora), almacenados y tratados. Estos baños serán llamados a continuación "baños mejorados" ó bien "UDDT" (abrev. por el término inglés: urine diversion dehydration toilet). Para más información refiéranse a (GTZ, 2009) y (Hoffmann et al., 2008).

Los baños mejorados (UDDT) pueden reducir el consumo de agua por aprox. 27 l/hab/d (véase el cálculo en el Anexo, sección 3.5). Varios ejemplos de baños mejorados construidos muestran que pueden ser hechos de manera estética y ópticamente atractiva, véase (Rotaria, 2009), ser rápidamente integrados en entornos muy diferentes, y (presupuesto su operación asegurada) tener el mismo confort que baños con arrastre hidráulico. Aparte de esto facilitan una economía de reciclaje en la que los diferentes componentes (orina, heces, aguas grises, aguas pluviales, si es que existen) –en analogía a la gestión de residuos sólidos– están colectados, tratados por separado y finalmente reutilizados en la agricultura. Esta manera de tratamiento lleva a una reducción de la disposición de patógenos, hormonas y residuos farmacéuticos provenientes de excrementos humanos en el las aguas de superficie, así como también a una conservación de la fertilidad de los suelos, véase (Werner et al., 2003) y (DWA, 2007).

Conforme a la definición de la Alianza de Saneamiento Sostenible (SuSanA), para ser sostenible, un sistema de saneamiento debe ser "no únicamente económicamente viable, socialmente aceptable, y tecnológicamente e institucionalmente apropiado, sino también debe proteger el medio ambiente y los recursos naturales". Por lo tanto, apoyándose en (SuSanA, 2008) y (WHO, 2006), estos sistemas de saneamiento persiguen cumplir con los siguientes cinco (05) criterios:

1) Salud e higiene:

El riesgo de exposición a patógenos y sustancias peligrosas que podrían afectar la salud pública deberán tener en cuenta en todos los puntos del sistema de saneamiento (esto es desde el inodoro vía los sistemas de recolección y de tratamiento hasta el punto de reutilización o disposición, así como las poblaciones aguas abajo). Es necesario que el tratamiento y la aplicación agrícola sean diseñados de manera que su efecto sanitario combinado alcance un nivel de salud por lo menos igual al nivel de salud existente, y que los operarios tomen medidas de protección sanitaria adecuadas durante la recolección, el tratamiento y la aplicación agrícola.

2) Medio ambiente y recursos naturales:

El consumo de energía, de agua y de materias primas necesarios para la construcción, operación y mantenimiento del sistema, así como las emisiones al medio ambiente deberán ser minimizados, y se deberá aspirar a un alto grado de reciclaje y de reutilización.

3) Tecnología y operación:

Sistemas sostenibles deberán funcionar de manera durable, disponer de una seguridad de servicio suficiente (frente a la escasez de agua, inundaciones, cortes de energía), ser adaptables a desarrollos demográficos y climáticos, y hacer posible que sean construidos, operados y monitoreados por la comunidad local o un equipo técnico local. Sistemas que han sido diseñados por un lugar deberán ser adaptados a los requerimientos y condiciones locales de otro lugar. Para garantizar su durabilidad, las instalaciones del sistema deberán ser examinadas regularmente y mantenidas, lo que requiere una capacitación de las personas encomendadas a esta tarea.

4) Financiación y aspectos económicos:

Los diferentes conceptos en cuestión deben ser evaluados (p.ej. a través de una comparación de costos) para identificar el concepto más económico a medio plazo.

Por ello los costos directos (para la construcción, operación, instrucción del personal, mantenimiento y arreglos necesarios) deben ser comparados con los beneficios directos resultando de ahorros (del consumo de agua potable o de costos de tratamiento) o de la venta eventual de los

productos sanitarios (fertilizante orgánico, biogás, agua recuperada). En el nivel macroeconómico, también se toma en cuenta los costos indirectos (contaminación ambiental y riesgos para la salud) y beneficios indirectos (incremento en la productividad agrícola, mejoras en la salud, creación de puestos de trabajo y reducción de riesgos ambientales). Luego hay que encontrar un sistema de tarifas que cubra todos los costos del proyecto y al mismo tiempo sea adaptado a la capacidad de los hogares y comunidades de pagar por el saneamiento.

5) Aceptación socio-cultural y aspectos institucionales:

Para cambiar prácticas culturales o convicciones religiosas, si es que se cambian, eso es muy duro y sólo funciona a largo plazo. Por eso es importante de involucrar al público en el proceso planificador desde el principio, de sensibilizarlo y de proveer a una comunicación clara, continua y creíble para ganar la confianza de los usuarios, la que es indispensable para la aceptación social.

La presente y futura demanda de productos sanitarios recuperados deberá ser evaluada en cualquier caso antes de su producción. Un nuevo sistema deberá aportar al usuario un beneficio y poseer por lo menos el mismo confort que antes del proyecto. Es necesario que los usuarios se den cuenta de este beneficio y que estén dispuestos y capaces de pagar un precio para esto (Kvarnström et al., 2006).

Los proyectistas deberán cumplir con el marco legal, conocer los requerimientos respectivos y involucrar las instituciones nacionales y locales en el proceso planificador.

La (WHO, 2006) concluye que "la violación o el incumplimiento de sólo uno de esos criterios puede llevar al fracaso del proyecto; el cumplimiento de todos criterios puede contribuir a un proyecto sostenible". Por lo tanto, es crucial que los sistemas de saneamiento sean diseñados, realizados y operados cuidadosamente con respecto a todos estos criterios de sostenibilidad. El enfoque de este estudio está en los criterios 3 (operación) y 4 (financiación).

2.3 Fin del estudio

Es evidente que el baño sea parte del sistema, pero también está claro que el abastecimiento solo de baños no sea suficiente para establecer un sistema funcionando. En el pasado la introducción de baños mejorados falló principalmente debido a "la ausencia de un concepto de manejo sostenible" (Platzer et al., 2008) concluyendo que "existe una alta necesidad de un servicio de saneamiento cuando se aplica a grandes escalas". Por lo tanto, aún más importante que la disposición de la infraestructura misma es poner a disposición un servicio completo y durable que permite la recolección, transporte, tratamiento de los residuos sanitarios y deseablemente su reutilización, sin ser subvencionado.

Este estudio tiene por fin de diseñar diferentes modelos de servicio para baños mejorados construidos en viviendas privadas situadas en zonas periurbanas costeras del Perú y de analizar los costos asociados para su operación. El estudio describe las suposiciones hechas para el cálculo (capítulo 3) que luego entran en un programa Excel. Este programa ha sido elaborado con la intención que pueda ser utilizado también para otros lugares con condiciones locales distintos. Después de la descripción de los modelos de servicio analizados (capítulo 4) los resultados estarán presentados (capítulo 5), seguidos de unas recomendaciones (capítulo 6).

2.4 Límite del estudio

Los límites del estudio son los siguientes:

- 1) Sólo se analizará la gestión de orina y heces. La gestión de las aguas grises no es objeto de este estudio. Se asume que las aguas grises podrán ser manejadas localmente en o cerca del terreno de los hogares.
- 2) Por ahora no hay solución de UDDT en edificios de más de 3 pisos. Por eso este análisis no se aplica a áreas con una alta verticalización.
- 3) En caso de una aplicación de orina como fertilizante, se recomienda mezclar la orina con agua en una proporción de 1 : 4 para diluirla y así no quemar las hojas de las plantas. Aunque se trata de una fertilización y no de un riego, esta (poca) cantidad de agua de dilución se podrá "convalidar" con la cantidad de agua necesaria para el riego. También la aplicación de fertilizantes minerales exige una cantidad de agua para que las plantas puedan absorber estos fertilizantes. Por lo tanto no se tomará en cuenta los costos relacionados con la aplicación de orina o del compost porque los costos también se producen luego de una fertilización con fertilizantes minerales convencionales cuales valores son considerados aproximadamente iguales.
- 4) Se considerarán tanto los costos de inversión como los de operación necesarios para el servicio de saneamiento. Los costos de inversión necesarios para las construcciones (p.ej. el baño o la ri-

gola de infiltración de orina) en los hogares están considerados despreciables y por eso no entran en este estudio.

- 5) La aplicación del programa Excel para un bajo número de viviendas (menos de 1.000) está limitada porque podría dar un resultado que no sea lo más económico. Como los costos de transporte y de tratamiento son parcialmente fijos, por debajo de este número hay que pensar p.ej. en el alquiler de vehículos de transporte (en lugar de su compra), la ida al trabajo en taxi y en un volteo manual de los cerros compost, lo que probablemente sería más barato.

3 Suposiciones

Las condiciones ambientales (promedio y variación anual de la temperatura ambiental, cantidad de precipitación, nivel del agua subterránea) así que el uso final determinan el tipo y la duración del tratamiento de los residuos sanitarios. Junto con la frecuencia de recolección deciden sobre el precio del servicio.

3.1 Temperatura ambiental y precipitación

La temperatura está variando entre 12°C y 35°C (suposición conservadora: 10-20°C).

Aunque en el verano peruano el aire puede ser muy húmedo, no hay casi ninguna lluvia en la zona costera del Perú. El total de la precipitación es de sólo 13 mm/a.

3.2 Nivel del agua subterránea

No se dispone de estudios de mecánica de suelos. Sin embargo, con miras a la presencia principal de suelos arenosos en la zona costera del Perú, el nivel del agua subterránea será asumido cerca del nivel del mar. El nivel del terreno de la zona costera poblada está asumido superior por lo menos a 30 msnm.

3.3 Uso final de los residuos sanitarios

3.3.1 ... a nivel doméstico

En el caso del uso a nivel doméstico (en el propio hogar), la orina y las heces podrán básicamente ser reutilizadas para la fertilización tanto de plantas ornamentales y forrajeras como de plantas comestibles (frutas y verdura). La posibilidad de una utilización de la orina como fertilizante en el mismo hogar será analizada mediante la estimación siguiente: La cantidad de nitrógeno diaria excretada es aprox. de 10,4 g/hab/d (BUW, 2009). Asumiendo una separación completa de la orina y ningunas pérdidas de nitrógeno, se generaría una cantidad de nitrógeno anual por vivienda de $10,4 \text{ g/hab/d} \cdot 365 \text{ d} \cdot 4 \text{ hab/viv} \cdot 10^{-3} = 15,2 \text{ kg N/viv/a}$. La demanda específica de nitrógeno del trigo es aprox. 155 kg N/ha (Metcalf & Eddy, 2003). Esto resulta a una superficie requerida de $15,2/155 \cdot 10^4 = 980 \text{ m}^2/\text{viv}$. Como los hogares en zonas urbanas no disponen de una superficie de esta dimensión, se suprime esta posibilidad.

Por lo tanto, teniendo en cuenta las condiciones del suelo (véase capítulo 3.2), la orina separada será infiltrada en el suelo. La infiltración de la orina no está considerada un empeoramiento comparado con la situación actual (en la que las aguas residuales son descargadas directamente en los ríos, utilizadas crudo para el riego, o en la que la orina de letrinas, contaminada de patógenos fecales, está infiltrada, véase capítulo 2.1). Se estima necesaria una rigola de infiltración de 2m de largo, 1m de ancho y 0,5m de profundidad, que consiste de una cama de grava cubierta por tierra del propio lugar.

Las heces serán secadas en una de las dos cajas del baño mejorado antes de ser enterradas las en el terreno del mismo hogar.

3.3.2 ... a nivel municipal

En el caso del uso a nivel municipal (recogida y tratamiento centralizado), tanto la orina como las heces tratadas serán reutilizadas como fertilizante o abono, respectivamente, para áreas verdes urbanas, áreas de reforestación, plantas forrajeras ó bien plantas productoras de energía renovable. De todas formas, no serán utilizadas para la fertilización de plantas comestibles, y muchos menos crudo. Tanto la orina y las heces no provienen de hospitales, residencias de ancianos, baños públicos altamente frecuentados por desamparados, drogadictos o trasnochadores. (Todos estos casos necesitarían un tratamiento más intensivo y extendido que no será analizado aquí.)

3.3.3 Ambos modos de uso

En los dos casos (reuso a nivel doméstico y municipal), y particularmente en el caso de una consumición cruda de las plantas, se recomienda permitir un período de 1 mes entre la última fertilización y la consumición, véase (WHO, 2006), tomo IV, capítulos 4.4.2 a 4.4.4. Esto se aplicará tanto al uso de orina como al uso de heces secadas.

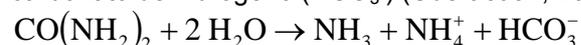
3.4 Tratamiento de la orina

3.4.1 ... a nivel doméstico

Teniendo en cuenta el uso previsto según capítulo 3.3.1 y como la infiltración no representa un uso a los efectos de las directivas (WHO, 2006), a nivel doméstico ningún tratamiento de la orina será dispuesto.

3.4.2 ... a nivel municipal

En el caso de recogida y tratamiento centralizado, el tratamiento de la orina se efectúa mediante un almacenamiento en contenedores cerrados sin añadidura de orina fresca. Durante ese almacenamiento se efectúa la hidrólisis de la urea: Cuando en contacto con agua y enzimas de ureasa (omnipresentes en suelos y aguas), la urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ se transforma en amoníaco (NH_3), amonio (NH_4^+) y carbonato de hidrógeno (HCO_3^-) (Udert et al., 2003):



causando la subida del valor pH y así condiciones alcalinas que son necesarias para la higienización de la orina. Para garantizar un tratamiento efectivo y seguro, hace falta

- una concentración de nitrógeno total de $C_N = C_{\text{NH}_3} + C_{\text{NH}_4} \geq 2 \text{ g/l}$, y
- un valor pH > 8,8.

Como la orina aquí no es diluida con agua, esos criterios están asumidos cumplido.

Según (WHO, 2006), tomo IV, tabla 4.6, el período de almacenamiento de la orina está variando de 1 a 6 meses. Sin embargo, nuevos conocimientos demuestran que el período requerido de almacenamiento de la orina se prolonga o se reduce en función de la temperatura de almacenamiento y del uso final de la orina (Nordin et al., 2009). Según (Winker et al., 2009) y (Vinnerås et al., 2008), "se considera suficiente un período de almacenamiento (de la orina) de 2 semanas hasta 1 mes para el uso en plantas no comido crudas o en plantas forrajeras". Como este uso corresponde al uso previsto según capítulo 3.3.2, se aplicará un período de almacenamiento de 1 mes.

Para asegurar un tratamiento de gran escala eficaz y seguro, es imprescindible la medición y el control de valores como la concentración de nitrógeno (C_N), el valor pH y el período de almacenamiento (Albinh y Vinnerås, 2007).

3.5 Tratamiento de las heces

3.5.1 ... a nivel doméstico

Teniendo en cuenta el uso previsto según capítulo 3.3.1 y como el enterramiento no representa un uso a los efectos de las directivas (WHO, 2006), no hay reglamento en cuanto al tratamiento. Sin embargo, por razones prácticas se aplicará un período de almacenamiento de 1 año.

3.5.2 ... a nivel municipal

En el caso de recogida y tratamiento centralizado, el tratamiento de las heces se podría efectuar por secado, compostaje, tratamiento de amonio (mediante la añadidura de urea) ó bien digestión anaerobia. El tratamiento elegido aquí es el compostaje previsto con un secado anterior.

Teniendo en cuenta una temperatura ambiental de 10-20°C (véase capítulo 3.1), se debería permitir un período de secado por lo menos de 1,5 años, véase (WHO, 2006), tomo IV, tabla 4.5. Como esto resultaría en una caja de baños considerada demasiado grande, el período de secado será limitado a no más de 1 año, y se tomará en cuenta un post-compostaje centralizado. Como está difícil de evaluar la reducción de patógenos por el secado, no se tendrá en cuenta la higienización parcial del secado, sino se permitirá un período de post-compostaje igual a él del compostaje único (suposición muy conservadora).

El compostaje representa el modo de tratamiento de heces más común (Niwa et al., 2009a). Es un proceso de degradación aerobio de residuos orgánicos por bacterias que se autocalentan. La higienización se efectúa por pasteurización (inactivación por calor). Las condiciones óptimas para

mantener el proceso del compostaje son las siguientes, véase (BUW, 2009) y (Niwagaba et al., 2009b):

- Ratio de carbono a nitrógeno de C/N > 35.
La carga de DBO del total de heces y papel higiénico no está suficiente para alcanzar esta ratio. Como el material de añadidura más común en el Perú es aserrín (teniendo un alto contenido de carbono), la cantidad requerida de aserrín será calculada. En el caso que otros materiales que aserrín sean añadidos con bajo contenido de carbono (p.ej. ceniza, cal, arena, tierra), es indispensable añadir basura orgánica (p.ej. desperdicios de comida, corte de hierba, residuos agrícolas). En cualquier caso, más el sustrato contiene material orgánico, más alta será la temperatura que alcanzará y más rápido se producirá el proceso de compostaje, véase (Niwagaba et al., 2009a) y (Niwagaba et al., 2009b).
- Grado de humedad entre 50-60%.
El material entrando en el proceso del compostaje a menudo no dispone de esta humedad, y además el calentamiento del cerro de compost lleva a una pérdida de agua. Por lo tanto es necesario regar el cerro y cubrirlo (p.ej. de plástico) después del riego y de cada volteo. Por falta de datos más precisos se contará con una cantidad de agua de 10% del volumen del compost, repartido en el período entero de compostaje.
- Aireación suficiente.
Aunque el volteo del cerro de compost contribuya a su aireación, esto no es suficiente para mantener viva la biomasa. Por lo tanto, la aireación se efectuará por convección natural: El cerro de compost será colocado en un soporte de ramas. Después de colocarlo se deberá crear aberturas verticales a espacios regulares de 2m.

Para garantizar una higienización adecuada, hace falta cumplir las condiciones siguientes:

- Alcanzar y mantener una temperatura de $T > 50^{\circ}\text{C}$ durante más de 1 semana en todas las partes del cerro de compost, véase (WHO, 2006), tomo IV, tabla 4.4. Como las temperaturas del cerro de compost normalmente sólo sobrepasan por $10\text{-}15^{\circ}\text{C}$ las temperaturas ambientales, para minimizar pérdidas de calor y así alcanzar temperaturas de higienización ($> 50^{\circ}\text{C}$) es importante proveer un aislamiento térmico adecuado de los reactores (Vinnerås, 2007), aún en áreas con un clima de temperaturas altas [(Vinnerås et al., 2003) y (Niwagaba et al., 2009a)], y aún cuando se añaden desperdicios de comida (Niwagaba et al., 2009b).
- Mezclar bien el sustrato para garantizar que todo el material sea sometido a esa temperatura (Albinh y Vinnerås, 2007). Según (Vinnerås, 2007), se puede asumir una mezcla completa circulando el sustrato 3 veces. También en otra planta de compostaje conocida al autor, se volteo el material tres veces. Teniendo en cuenta el uso final previsto del material (véase capítulo 3.3), se considera suficiente 3 volteos del material.

La experiencia de ensayos de campo muestra que una temperatura superior a los 50°C sólo se produce a partir de unos 11 a 15 días (2 semanas) después de iniciar el proceso (Vinnerås et al., 2003). Añadiendo el período necesario de tratamiento de 1 semana y teniendo en cuenta 3 volteos del sustrato, esto resulta en un período de permanencia de $4 \cdot (2+1) = 12$ semanas = 3 meses.

Para asegurar un tratamiento eficaz y seguro de gran escala, es imprescindible la medición y el control de la temperatura, del valor pH así que del contenido de humedad, de carbono y de nitrógeno en el cerro de compost a través del tiempo, véase (GTZ, 2006) y (Albinh y Vinnerås, 2007).

El tratamiento de amonio aquí no será perseguido por falta de experiencias con la aplicación de la urea de gran escala. Tampoco será perseguida aquí la digestión anaerobia porque necesitaría instalaciones técnicas sofisticadas y personal de servicio con experiencia para los cuales falta el tiempo y el financiamiento.

3.6 Escala del estudio

Este estudio se efectuará contando una vez con 10.000, otra vez con 1.000 viviendas (casas, hogares) de 4 personas cada una. El número de 10.000 viviendas fue elegido con el fin de acercarse más a la aplicación a gran escala. El número de 1.000 viviendas fue elegido para examinar los efectos de escala reducida. Será asumido que cada vivienda dispone de un (01) baño mejorado equipado o no con un urinario que será utilizado sólo por una persona a la vez.

Para el dimensionamiento tanto del almacenamiento intermedio en casa como del tratamiento centralizado, será asumido respectivamente el 100% de los valores de dimensionamiento de orina y heces por habitante por día. Esto representa una suposición conservadora, pero hay que asegurar volúme-

nes de almacenamiento suficientes y una recogida del material independiente de la presencia en casa.

En lo siguiente se analizará la distancia límite de transporte de orina. Las heces no serán consideradas con miras a su volumen mucho más bajo y su tratamiento elegido bajo energético. Tanto el transporte de orina por un lado como el tratamiento de las aguas residuales en una planta depuradora y la producción de fertilizantes minerales convencionales por otro lado consumen energía y llevan a costos. Por lo tanto existe un límite de distancia de transporte de la orina hasta la que el transporte de orina es favorable. En su estudio, (Masoom et al., 2009) comparó los costos de transporte de orina con los costos de fertilizantes minerales convencionales. Concluyó que el límite económico está variando entre 30-40 km. Sin embargo, no han sido considerados los costos adicionales para el tratamiento de las aguas residuales. Además la comparación sobre la base de costos parece difícil por dos razones: 1) Hasta ahora la orina no se vende y por eso no hay ingresos por su venta. 2) Los precios de fertilizantes minerales convencionales están sujetos a grandes variaciones. Por lo tanto parece más útil hacer la comparación sobre la base del consumo de energía. (Jönsson, 2002) comparó el consumo de energía de un sistema convencional (que consiste en la eliminación de nutrientes por un lado y la producción de fertilizantes por otro lado) con el del transporte de orina. Concluyó que el transporte de orina en camiones es energéticamente favorable hasta una distancia de 95 km. Se podrá asumir que la distancia total de transporte de la orina (ida a la planta de tratamiento y vuelta al campo de aplicación) sea inferior a esa distancia límite.

3.7 Costos y Beneficios

Se tomará en cuenta una vida útil del sistema de saneamiento de 30 años. Los costos de inversión serán repartidos en este período. Para componentes del sistema con una vida útil inferior a 30 años se considerará una reinversión al cabo de su vida útil propia (en el nivel de la inversión inicial). Los costos de inversión inicial serán convertidos en costos de capital anuales como sigue:

$$CC = CI \cdot \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

en la que:

- CC = costos de capital anuales
 CI = costo de inversión inicial
 i = tasa de interés real (en valor decimal)
 n = vida útil (en años)

Asumiendo una presencia en casa reducida, se tomará en cuenta:

- la disminución de costos debido a la reducción del consumo de agua potable. Como la zona costera del Perú está sufriendo por escasez de agua (capítulo 2.1), se puede asumir que toda la producción de agua podrá ser consumida. La parte de la población en cuestión todavía no está conectada a la red pública de agua potable ni a la de alcantarillado (capítulo 2.2). Por lo tanto será asumido que la reducción del consumo de agua potable lleva directamente a reducciones de costos en la parte de la producción y distribución del agua potable, y no causa ningún aumento de los costos de alcantarillado.
- el beneficio económico adicional que se genera vendiendo el compost. Para la orina, hasta ahora no hay un mercado de negocio. Por lo tanto, no se tomará en cuenta ingresos por la aplicación de la orina. (Sin embargo, aún cuando no se pueda cobrar un precio, la recogida y el tratamiento de la orina por separado pueden ayudar a disminuir los costos de tratamiento en una planta depuradora.)

Bien es verdad que estos beneficios no resultarán en pagos reales de la EPS a los usuarios. Sin embargo, la EPS compensará los beneficios con los costos y hará partícipes a sus usuarios de estos beneficios (véase capítulo 3.8).

3.8 Punto de vista y Sistema de referencia

El cálculo de costos depende mucho del punto de vista:

- Desde el punto de vista de una EPS, sólo se deberán tener en cuenta los costos y beneficios propios de la empresa (p.ej. no se deberán considerar los costos de almacenamiento individual en casa). La empresa realiza a fin de año la deducción de impuestos IGV, evaluando el IGV pagado (en productos y servicios comprados) y el IGV cobrado (en productos y servicios vendidos a los usuarios o a consumidores de fertilizantes). Asumiendo que el IGV cobrado excede al IGV pagado, la empresa deberá transferir a la Superintendencia Nacional de Administración Tributaria

(SUNAT) la diferencia correspondiente. Por lo tanto, el cálculo se efectuará sobre la base de costos netos y beneficios netos, sin IGV respectivamente.

- Desde el punto de vista de los usuarios, se deberá tener en cuenta todos los costos asociados a la operación del sistema de saneamiento. Los usuarios pagan impuestos IGV en toda prestación de servicio. Del IGV cobrado se ocupará la empresa, véase arriba. Por lo tanto, el cálculo se efectuará sobre la base de costos brutos y beneficios netos. Pero, la disminución de costos (debido a la reducción del consumo de agua) y los ingresos por la venta de los productos sanitarios sólo se deberán tomar en cuenta al 100% si la empresa hace partícipes a sus usuarios del 100% de los mismos.

Además, el nivel de la reducción del consumo de agua potable está en función del sistema de referencia:

- Abastecimiento público de agua o abastecimiento de agua mediante camiones cisternas. En el caso que el sistema de referencia sea una conexión a la red pública de agua, tanto la empresa como el usuario se beneficiarían (a partes diferentes) de un consumo de agua reducido, por lo que se podrá considerar como disminución de costos. En el caso que sea un abastecimiento de agua mediante camiones cisternas, sólo el usuario mismo se beneficiaría de un consumo de agua reducido, lo que se deberá tomar en cuenta sólo para él.
- Saneamiento con arrastre hidráulico y conexión a la red de alcantarillado o saneamiento sin arrastre hidráulico y sin alcantarillado. En el primer caso, tanto la empresa como el usuario se beneficiarían (a partes diferentes) de un consumo de agua reducido, por lo que se podrá considerar como disminución de costos. En el caso de un saneamiento sin arrastre hidráulico y sin alcantarillado, no habrá ninguna reducción del consumo de agua, por lo que no se deberá tener en cuenta ninguna disminución de costos.

En este estudio, el cálculo se efectuará del punto de vista de los usuarios de manera que el cálculo se efectuará sobre la base de costos brutos y beneficios netos. Como el fin de la EPS (ella misma u otra empresa encargada por ella) no consiste en maximizar beneficios sino en abastecer a un máximo de personas, ella tiene interés en que la gente opte por este servicio de saneamiento para así poder abastecer a más personas con la misma cantidad de agua disponible. Por lo tanto, será asumido que la EPS hace partícipes a sus usuarios del 100% de la disminución de costos y del 100% de los ingresos por la venta de los productos sanitarios. El sistema de referencia considerado es un sistema convencional (conexión a la red de agua potable, baño con arrastre hidráulico y conexión a la red de alcantarillado).

3.9 Suposiciones diversas

Como el papel higiénico usado sirve para aumentar el contenido de carbono y así ayuda en el proceso de compostaje (véase capítulo 3.5.2), deberá ser añadido en la caja de heces (y no, como usual en baños con arrastre hidráulico en el Perú, coleccionado por separado en un cubo de basura).

Para la recogida de orina y heces será asumido que al final de cada día los vehículos no se quedarán en el área de recogida sino por seguridad se regresarán a la planta de tratamiento central.

Durante el análisis resultó que los costos son básicamente más sensitivos al número de vehículos requeridos, menos al número de obreros. Por eso se recomienda aumentar –si necesario– el número de horas de trabajo diarias. En caso que superen las 8 horas por día, será asumida la provisión de un segundo turno de trabajo.

En cuanto a los valores asumidos, véase los comentarios en el programa Excel.

4 Estudio de los modelos de servicio

El modelo de servicio a implementar seguramente se distinguirá entre zona rural y zona urbana y será en función de las condiciones locales y también del número de habitantes servidos. Con el fin de poder comparar de manera generalizada los modelos de gestión para diferentes condiciones y de facilitar el cambio de un modelo de servicio a otro, los cuatro (04) modelos siguientes serán analizados:

- M1: UDDT a 2 cajas. Infiltración de la orina. Enterramiento de las heces en el propio terreno.
- M2: UDDT a 2 cajas. Infiltración de la orina. Recogida y compostaje de las heces.
- M3: UDDT a 1 caja. Infiltración de la orina. Recogida y compostaje de las heces.
- M4: UDDT a 1 caja. Recogida y tratamiento central de la orina y de las heces.

Los distintos modelos de servicio han sido elaborados también con el fin de facilitar un cambio de un modelo a otro sin que el usuario tenga que cambiar sus costumbres ni sus instalaciones ya construidas. Tampoco la EPS tendrá que calcular de nuevo su tarifa, la que básicamente depende del número de viviendas que han optado por ese modelo.

Los costos de modelos de servicio que incluyen una recogida del material (M2 a M4) están entre otras cosas en función de la accesibilidad de los hogares para vehículos. Aquí será asumido que los hogares sean directamente accesibles para el tipo de vehículo respectivamente indicado. En caso de inaccesibilidad para vehículos (como en algunos pocos distritos de Lima), el material deberá ser transportado desde los hogares hasta el vehículo de recolección que se encontrará lo más cerca de los hogares en cuestión posible. Se podría encargar una microempresa del transporte del material desde los hogares hasta el vehículo. Los costos resultando de la recolección manual dependen mucho de las condiciones locales y deberán ser analizados por el caso particular respectivo.

4.1 Modelo 1

Descripción del modelo:

- Se usará un baño mejorado a dos cajas de heces.
- La orina será directamente descargada por una tubería a una rigola de infiltración (cama de grava cubierta por tierra del propio lugar) situada en el terreno del hogar correspondiente.
- Se utilizará la primera caja de heces durante 1 año y se utilizará la segunda para un año más. Después de un período de aprox. 1 año de secado en la primera caja (sin ninguna nueva recarga), viene en el terreno una persona de servicio para vaciar la caja por una pala y enterrar su contenido en el terreno del mismo hogar.

4.2 Modelo 2

Descripción del modelo:

- Se usará un baño mejorado a dos cajas de heces.
- La orina será directamente descargada por una tubería a una rigola de infiltración (cama de grava cubierta por tierra del propio lugar) situada en el terreno del hogar correspondiente.
- Se utilizará la primera caja de heces durante 1 año y se utilizará la segunda para un año más. Después de un período de aprox. 1 año de secado en la primera caja (sin ninguna nueva recarga), viene en el terreno una persona de servicio para vaciar la caja por una pala, descargar su contenido en una carretilla y volcarla en una pick-up normal. El material será transportado a una planta de compostaje central en la que será tratado, antes de ser empaquetado para la venta.

4.3 Modelo 3

Descripción del modelo:

- Se usará un baño mejorado a una caja de heces.
- La orina será directamente descargada por una tubería a una rigola de infiltración (cama de grava cubierta por tierra del propio lugar) situada en el terreno del hogar correspondiente.
- La caja de heces contiene cubos de basura (preferiblemente de plástico para facilitar su limpieza, y redondo de D= 30cm y H= 45cm) equipados cada uno de una bolsa de papel reforzado de 30 L, las que deben ser preparadas con una cama de aserrín inicial. El volumen de la bolsa de 30 L corresponde a un período de uso de poco más de 1 mes y ha sido determinado para permitir que el cubo lleno todavía pueda ser llevado. Hay que asegurar que el cubo en uso, donde se depositan las heces, siempre se encuentre debajo de la taza del baño. La caja de heces será dimensionada para almacenar tres cubos en total. Cuando el primero se llena, el usuario lo cambia por uno de los vacíos. Sería suficiente efectuar un vaciado de los cubos a más tardar a los 3 meses, tiempo máximo en que las bolsas serían almacenadas dentro de los cubos situados en la caja. Sin embargo, por seguridad de servicio se efectuará una recogida mensual.² Antes del día previsto de recogida, el usuario llevará el cubo lleno (como tiene que hacerlo en el caso de una recolección de la basura sólida) a una estación de recogida situada en el límite del terreno del hogar y equipada con una puerta interior y otra exterior. El camión para recolectar las heces puede ser una pick-up normal. La empresa de recolección tiene una llave universal para acceder a la puerta exterior de la estación donde los usuarios depositan los cubos. La abre, saca los cubos y vuelca el contenido junto con la bolsa de papel en la pick-up. El material será transportado a una planta de compostaje central en la que será tratado, antes de ser empaquetado para la venta.

² Los costos adicionales debido a la frecuencia de recogida más alta son menos de 0,1 US\$/viv/mes, y se consideran aceptables.

4.4 Modelo 4

Descripción del modelo:

- Como modelo 3 con la modificación siguiente:
- La orina será descargada por tubería a un depósito de orina que se encuentra en una estación de recogida situada en el límite del terreno del hogar y equipada con una puerta interior y otra exterior. El camión para recolectar la orina tiene un tanque equipado con un dispositivo de succión. La empresa de recogida abre la puerta exterior de la estación de recogida, conecta la manguera de aspiración y vacía el depósito de orina por succión. El material será transportado a una planta de tratamiento central en la que la orina será almacenada, antes de ser embotellado para el re-uso.

5 Resultado

Teniendo en cuenta las suposiciones hechas, el cálculo de los modelos de servicio resulta a los costos como figuran en Tabla 1 (asumiendo un total de 10.000 viviendas) y Tabla 2 (asumiendo un total de 1.000 viviendas). Todo valor negativo significa un beneficio económico.

Tabla 1 Costos corrientes de los modelos de servicio analizados [US\$/viv/mes] en caso de un total de 10.000 viviendas

	M1	M2	M3	M4
Costos	1,09	0,93	0,86	2,61
Disminución de costos	-2,40	-2,40	-2,40	-2,40
Total Costos	-1,31	-1,47	-1,55	0,20
Total Beneficios	0,00	-0,17	-0,17	-0,17
Σ (Costos+Beneficios)	-1,31	-1,64	-1,71	0,03

Evaluando los resultados de la Tabla 1 se puede sacar las conclusiones siguientes:

- Todos los modelos M1 a M3 llevan a un beneficio neto de aprox. $\Sigma = 1,3$ a $1,7$ US\$/viv/mes. De esta manera los costos no sólo serán cubiertos por la reducción del consumo de agua potable y por los ingresos de venta sino también llevan a un beneficio económico.
- Entre los modelos M1 a M3, los beneficios netos no están variando mucho de un modelo a otro. Esto se explica como sigue: En comparación con modelo M1, el modelo M2 lleva a costos de transporte más bajos (porque este servicio se efectúa más rápido) pero esta ventaja será compensada por los costos de tratamiento. Comparándolo con modelo M2, bien es verdad que el modelo M3 lleva a otra reducción de costos de transporte pero también a costos de almacenamiento en casa más altos (bolsas de papel). Por lo tanto, la decisión para uno u otro de estos modelos no juega un papel importante.
- Los beneficios del modelo M4 están aproximadamente iguales a los costos ($\Sigma \cong 0$). Los costos más altos que otros modelos son debido a costos de inversión y de operación más altos para la recogida y el tratamiento de la orina.
- Si se tuviera en cuenta el ingreso adicional por una venta de la orina y asumiendo un precio de urea de 1,14 US\$/kg, se añadiría un beneficio adicional de 1,2 US\$/viv/mes (véase Anexo 1, modelo M4.1, p. A20). Junto con este beneficio adicional los beneficios netos del modelo M4.1 de $\Sigma = 0 + 1,2 = 1,2$ US\$/viv/mes tendrían la misma dimensión que los modelos M1 a M3.

Tabla 2 Costos corrientes de los modelos de servicio analizados [US\$/viv/mes] en caso de un total de 1.000 viviendas

	M1	M2	M3	M4
Costos	1,38	2,49	2,50	5,72
Disminución de costos	-2,40	-2,40	-2,40	-2,40
Total Costos	-1,03	0,09	0,10	3,32
Total Beneficios	0,00	-0,17	-0,17	-0,17
Σ (Costos+Beneficios)	-1,03	-0,08	-0,07	3,15

Evaluando los resultados de la Tabla 2 se puede concluir lo siguiente:

- Comparando los resultados de Tabla 1 y Tabla 2 se puede constatar que los costos no son proporcionales al número de viviendas servidas. Además, dentro de los modelos M1 a M3, los cos-

tos de la Tabla 2 aumentan de un modelo a otro, lo que está en oposición con los costos de la Tabla 1 que disminuyen de un modelo a otro. Esto se explica por costos fijos (p.ej. costos para obreros exclusivamente trabajando como conductor o guardián, el mantenimiento de vehículos, la compra de vehículos de transporte, la construcción de áreas de acceso e instalaciones complementarias de la planta de tratamiento), los que tienen que ser cobrados por un número de viviendas más bajo en Tabla 2.

- Todos los modelos M1 a M3 llevan a un beneficio neto de aprox. $\Sigma = 0,1$ a $1,0$ US\$/viv/mes.
- El modelo M4 lleva a costos netos de aprox. $\Sigma = 3,2$ US\$/viv/mes.

Para ambas tablas son válidas las siguientes declaraciones:

- La disminución de costos debido a la reducción del consumo de agua lleva a un beneficio de $2,4$ US\$/viv/mes. Esta disminución de costos resulta del ahorro de agua debido a la eliminación del arrastre hidráulico. La cantidad de agua ahorrada ha sido multiplicada por una tarifa de agua que está subvencionada por otras fuentes. Si se tuviera en cuenta una tarifa realista cobrando los costos, la disminución sería más alta y por lo tanto los costos aún más bajos.
- Los ingresos de venta del compost llevan a un beneficio económico de aprox. $0,2$ US\$/viv/mes. Estos beneficios no representan pagos reales de la EPS a los usuarios. Sin embargo, la EPS compensará los beneficios con los costos y hará partícipes a sus usuarios del 100% de estos beneficios (véase capítulo 3.8). Será asumido que sólo cobrará los usuarios en el caso que el total (Costos + Beneficios) dé un valor positivo (o sea un costo neto).
- Dentro de un modelo, la influencia más grande tienen la reducción del consumo de agua, el intervalo de recogida de orina y heces respectivamente, y el período de almacenamiento de orina.
- Todos los costos aquí presentados se comparan con los costos corrientes del saneamiento convencional con arrastre hidráulico y alcantarillado: Con una tarifa para los servicios de agua y alcantarillado de aprox. 2 S./m³ y asumiendo una repartición de 50% por el servicio de alcantarillado y un consumo de agua de 20 m³/viv/mes, esto resulta en costos de $50\% \cdot 2$ S./m³ $\cdot 20$ m³ / $2,86$ S./US\$ = $7,0$ US\$/viv/mes. Así, los costos corrientes del servicio de saneamiento alternativo son siempre inferiores, y como mucho 45% de los del saneamiento convencional.
- La disminución de la carga de nitrógeno y carbono puede llevar a un ahorro de los costos de tratamiento en la planta depuradora (véase capítulo 3.7), él que aquí no fue considerado (suposición conservadora) pero él que se adicionará a todos estos modelos.

6 Recomendaciones

6.1 Elección del sistema de saneamiento

Conforme al capítulo 2.3 se han propuesto diferentes modelos de servicio para un sistema de saneamiento sobre la base de baños mejorados (o sea baños con separación de orina y deshidratación de heces). En este análisis resultó que todos los modelos de servicio propuestos representan una alternativa económica con costos inferiores a un sistema de saneamiento convencional sobre la base de arrastre hidráulico, evacuación y tratamiento del desagüe. Por lo tanto recomendamos fuertemente tomar en cuenta este sistema de saneamiento alternativo que puede ser operado de manera complementaria al sistema convencional sobre todo en regiones escasas de agua con hogares que todavía no están conectadas a ningún sistema de saneamiento.

En caso de un tratamiento a nivel municipal, se recomienda que la recogida de los residuos sanitarios sea efectuada por una empresa (municipal o privada concesionada) especializada en la recogida de residuos sólidos.

6.2 Tarifación

Recomendamos una tarifa separada, una para el servicio de agua y otra para él de saneamiento, con las características siguientes:

- 1) Tarifa de agua potable: La tarifa está constante hasta a un nivel de consumo relativamente bajo que ya toma en cuenta la reducción del consumo de agua debido al uso del baño mejorado. A partir de este nivel de consumo la tarifa tendrá que aumentar progresivamente para incentivar a consumir poca agua y con el fin de evitar que la gente use el agua para propósitos de arrastre hidráulico en otro baño, en una zona que está destinada a operar con saneamiento seco. Para tener éxito, el consumo de agua potable actual tiene que ser medido y controlado.
- 2) Tarifa de saneamiento: En analogía a la gestión de los residuos sólidos se cobrará una tarifa mensual fija por hogar que sólo esté en función del modelo de servicio elegido y del número de

personas por vivienda. En caso de mal uso del baño (o sea se encuentra basura inorgánica en la caja de heces o las heces son demasiado húmedas, lo que indica una mala separación de orina o una descarga de líquidos en la caja de heces) se cobrará un múltiplo (p.ej. 3 o 4 veces) de esa tarifa como incentivo de un buen uso del baño. La calidad de las heces colectadas será ópticamente evaluada por la EPS al momento de recogida. Para asegurar que la gente siempre use una cantidad de aserrín suficiente, la EPS pondrá el aserrín a disposición de sus usuarios gratis cuyos costos ya están incluidos en la tarifa cobrada.

6.3 Análisis pendiente

El enfoque de este estudio está en aspectos operacionales y financieros. Para asegurar un sistema lo más sostenible posible es necesario analizar los modelos de servicio propuestos en cuanto a todos los criterios de sostenibilidad. Aquí está pendiente el análisis en cuanto a la aceptación socio-cultural y los aspectos institucionales (véase capítulo 2.2, criterio 5).

7 Referencias

(Albinh y Vinnerås, 2007)

Albinh A., Vinnerås B. (2007): Biosecurity and arable use of manure and biowaste – Treatment alternatives. *Livestock Science* 112, 232-239.

(AUCC, 2008)

Asociación Unidos por el Cambio Climático (2008): El cambio climático y la necesidad de decisiones estratégicas. Documento elaborado a solicitud de la Embajada Británica de Lima, Perú, Mayo 2008. URL: <http://libelula.com.pe/downloads/UK%20CC%20-version%2012.05-baja.pdf>

(BUW, 2007)

Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt (ed.): Siedlungswasserwirtschaft im ländlichen Raum – Abwasserentsorgung. Universidad de Bauhaus, Weimar, Alemania, Abril 2007.

(BUW, 2009)

Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt (ed.): Neuartige Sanitärsysteme. Universidad de Bauhaus, Weimar, Alemania, Febrero 2009.

(Drangert, 1998)

Drangert J.-O. (1998): Fighting the urine blindness to provide more sanitation options. *Water SA* 24(2), 157-164.

(DWA, 2007)

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (2007): Criterios de sostenibilidad de los nuevos conceptos de saneamiento. Papel de trabajo del Grupo de Trabajo 1.4 de la DWA, Diciembre 2007 (no publicado).

(GTZ, 2006)

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH (2006): Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos. Ciudad de México, México, Septiembre 2006. URL: <http://bav.agenciaambiental.gob.ar/repositorio/files/varios/compsmuni.pdf>

(GTZ, 2008)

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH (2008): La GTZ en el Perú. Lima, Perú, Abril 2008. URL: <http://www.gtz.de/de/dokumente/sp-gtz-in-peru.pdf>

(GTZ, 2009)

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH (2009): Technology Review 2 – Dehydration Toilets, Basic description of urine-diversion dehydration toilets (en inglés). Eschborn, Alemania, Octubre 2009. URL: <http://www.gtz.de/en/dokumente/gtz2009-en-technology-review-dehydration-toilets.pdf>

(Hoffmann et al., 2008)

Hoffmann H., Hoffmann D., Platzer C. (2008): Bano Ecológico Seco – solución económica. Presentación y manual de construcción. Rotaria del Perú SAC (ed.), Lima, Perú. URL:

<http://www.susana.org/images/documents/07-cap-dev/z-by-language/spanish/bes-rotaria-del-peru-gtz-es.pdf>

(Jönsson, 2002)

Jönsson H. (2002): Urine separating sewage systems – environmental effects and resource usage. *Water Science and Technology*, 46(6-7), 333-340.

(Jönsson et al., 2005)

Jönsson H., Baky A., Jeppsson U., Hellström D., Kärrman E. (2005): Composition of urine, faeces, greywater and biowaste (for utilisation in the URWARE model). Reporte 2005-6, *Urban Water* (ed.), Chalmers University of Technology, Gothenburg, Suecia.

(Kvarnström et al., 2006)

Kvarnström E., Emilsson K., Richert Stintzing A., Johansson M., Jönsson H., af Petersens E., Schönning C., Christensen J., Hellström D., Qvarnström L., Ridderstolpe P., Drangert J.-O. (2006): Urine Diversion - One Step Towards Sustainable Sanitation. Programa EcoSanRes, Reporte 2006-1. Stockholm Environment Institute, Stockholm, Suecia. URL:

http://www.ecosanres.org/pdf_files/Urine_Diversion_2006-1.pdf.

(Masoom et al., 2009)

Masoom P.M., Ito R., Funamizu N. (2009): Feasibility assessment of application of onsite volumen reduction system for source-separated urine. URL:

http://huussi.net/tapahtumat/DT2009/pdf/Mohammad_Masoom.pdf

(Metcalf & Eddy, 2003)

Metcalf & Eddy Inc. (ed., 2003): *Wastewater Engineering - Treatment and Reuse*. New York: McGraw-Hill, 4ª edición.

(Niwigaba et al., 2009a)

Niwigaba C., Nalubega M., Vinnerås B., Sundberg C., Jönsson H. (2009): Bench-scale composting of source-separated human faeces for sanitation. *Waste Management* 29, 585-589.

(Niwigaba et al., 2009b)

Niwigaba C., Nalubega M., Vinnerås B., Sundberg C., Jönsson H. (2009): Substrate composition and moisture in composting source-separated human faeces and food waste. *Environmental Technology* 30(5), 487-497.

(Nordin et al., 2009)

Nordin A., Nyberg K., Vinnerås B. (2009): Inactivation of *Ascaris* Eggs in Source-Separated Urine and Feces by Ammonia at Ambient temperatures. *Applied and Environmental Microbiology* 75(3), 662-667.

(Platzer et al., 2008)

Platzer C., Hoffmann H., Ticona E. (2008): Alternativas para un Saneamiento Convencional – Estudio Comparativo – Limitaciones y Potencial. Publicación presentada en la Conferencia Peruana de Saneamiento (PERUSAN), 25-27 de Noviembre 2008, Lima, Perú. URL:

<http://www2.gtz.de/Dokumente/oe44/ecosan/es-alternativas-to-waterborn-sanitation-2008.pdf>

(Rotaria, 2009)

Página web de Rotaria del Perú SAC. URL: <http://peru.rotaria.net/>, haz clic en "Proyectos", pues "Galería de Proyectos". Consulta en línea: 9 de noviembre 2009.

(SUNASS, 2009)

SUNASS (2009): Informe Indicadores de Gestión de la EPS – Año 2008. Agosto 2009.

http://www.sunass.gob.pe/documentos/indicadores/2008/2008_info.zip y

<http://www.sunass.gob.pe/documentos/indicadores/2008/indicadores08.xls>

(SuSanA, 2008)

Sustainable Sanitation Alliance (2008): Towards more sustainable sanitation solutions. Vision Statement I. URL: <http://www.susana.org/images/documents/02-vision/en-susana-vision-statement-I-version-1-2-feb-2008.pdf>.

(Trösch, 2004)

Trösch W. (2004): Urbanes Wassermanagement der Zukunft. URL: <http://www.gtz.de/ecosan/download/ecosan-Knittlingen-Frauenhofer.pdf>.

(Udert et al., 2003)

Udert K.M., Larsen T.A., Gujer W. (2003): Biologically induced precipitation in urine-collecting systems. *Water Science and Technology: Water Supply* 3(3), 71-78.

(UNESCO-IHE, 2008)

UNESCO Institute for Water Education (2008): Ecological Sanitation. UNESCO-IHE, Delft, Países Bajos. Curso virtual disponible en el URL siguiente: <http://susana.org/lang-es/cap-dev/training-course/unesco-ihe-online-course>. Haz clic en "Inicio".

(Vinnerås et al., 2003)

Vinnerås B., Björklund A., Jönsson H. (2003): Thermal composting of faecal matter as treatment and possible disinfection method – Laboratory-scale and pilot-scale studies. *Bioresource Technology* 88, 47-54.

(Vinnerås, 2007)

Vinnerås B. (2007): Comparison of composting, storage and urea treatment for sanitising of faecal matter and manure. *Bioresource Technology* 98, 3317-3321.

(Vinnerås et al., 2008)

Vinnerås B., Nordin A., Niwagaba C., Nyberg K. (2008): Inactivation of bacteria and viruses in human urine depending on temperature and dilution rate. *Water Research* 42, 4067-4074.

(Werner et al., 2003)

Werner C., Fall P.A., Schlick J., Mang H.P. (2003): Reasons for and principles of ecological sanitation. En: *Ecosan - closing the loop. Procedimientos del segundo simposio internacional, 07.-11.04.2003 en Lübeck (Alemania)*, p. 23-30. Eschborn, Alemania: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH (ed.).

(Winker et al., 2009)

Winker M., Vinnerås B., Muskulus A., Arnold U., Clemens J. (2009): Fertiliser products from new sanitation systems – Their potential values and risks. *Bioresource Technology* 100, 4090-4096.

(WHO, 2006)

World Health Organisation (2006): Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volumes 1-4. Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza. URL: http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/gsuww/en/index.html.

Anexos

El programa Excel en él que se basan los listados de cálculos siguientes fue establecido por Christian Olt que se apoya en cálculos anteriormente hechos por Christoph Platzer (Rotaria del Perú SAC).

Leyenda:

10.000	Campo de entrada de datos obligatorio
4	Campo de entrada de datos facultativo
0,09	Cálculo de datos (entrada cerrada)
320	Resultado intermedio
-1,31	Resultado final

Cálculo de costos

Modelo de servicio M1

1 SUPOSICIONES BÁSICAS

1.1 para dimensionamiento

El cálculo se efectuará del punto de vista de

Número de viviendas servidas

Número de personas por vivienda

La orina será recogida?

Intervalo de recogida de la orina

Las heces serán recogidas?

Intervalo del vacío de las cajas de heces

Recogida de cubos o por carretilla?

Producción de heces húmedas

Materia seca de las heces

Consumo papel higiénico

Densidad papel higiénico usado compactado

Porcentaje de aserrín utilizado para compostaje

Producción de orina

Unidad:

los usuarios -

10.000 viviendas

4 personas

no -

meses

no -

12 meses

-

0,14 l/hab/día

30 %

20 g/hab/día

350 g/l

5 % del vol. heces

1,30 l/hab/día

1.2 para costos

Días de trabajo efectivos anuales por obrero

250 días/año

Número de salarios

16 meses

Costos adicionales de salario

60 %

Conversión S/. --> US\$

2,86 S/. = 1 US\$

Impuesto General a las Ventas (IGV)

19 %

Tasa de interés nominal (en el mercado de capitales)

6,0 % p.a.

Tasa de inflación

3,0 % p.a.

Tasa de interés real

2,9 % p.a.

Construcciones:

Vida útil asumida

30 años

Conversión "costo de inversión singular" en "costos de capital regulares"

0,050 -

Tasa costos de mantenimiento

2,0 % p.a.

Máquinas (vehículos):

Vida útil asumida

10 años

Conversión "costo de inversión singular" en "costos de capital regulares"

0,117 -

Tasa costos de mantenimiento

3,0 % p.a.

2 DIMENSIONAMIENTO

2.1 Almacenamiento individual en casa

Parte de las heces considerada todavía húmeda (al final del almacenamiento)

10 %

Volumen heces semi-secas

0,05 l/hab/día

Volumen papel higiénico usado compactado

0,06 l/hab/día

Volumen aserrín necesario para compostaje

0,00 l/hab/día

Volumen total (heces, papel y aserrín)

0,11 l/hab/día

Volumen orina

0,00 l/hab/día

Factor de aumento heces y orina (para tener en cuenta visitas)

0 %

Volumen aserrín necesario para compostaje

3,8 l

Volumen caja de heces mínimo

161 l

Volumen caja de heces (para buena circulación de aire)

320 l

Volumen depósito de orina intermediario

0 l

2.2 Vacío

Ubicación

Densidad de la urbanización

2600 hab/km²

Superficie de la urbanización

15,4 km²

Diámetro de la urbanización

4,4 km

Distancia neta entre límite urbanización y área de la empresa

10 km

Distancia media por viaje (ida, vacío y vuelta)

26 km/viaje

Recogida de orina

Número de viviendas a servir por año

40.000 viv/año

Duración recogida por vivienda	(min x obrero)/viv
Velocidad media del viaje	40 km/h
Duración del viaje	40 min
Duración descarga	10 min
Máximo de volumen de transporte de los vehículos	m ³ /vehículo
Máximo de horas de trabajo diarias	h/día
Número de obreros activamente implicados en el vacío	1 obrero/vehículo
Número de obreros exclusivamente conductores	1 obrero/vehículo
Número de viviendas servidas por viaje	0 viv/viaje
Total número de viajes requeridos	0 viajes/año
Días de trabajo	0 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	24 días/año
Total días de trabajo requeridos	24 días/año
Número de vehículos requeridos	<input type="text" value="0"/> vehículos
Horas de trabajo diarias requeridas	<input type="text" value="0,0"/> h/(día x obrero)
Volumen de transporte requerido	0,0 m ³ /vehículo

Vacío de las cajas de heces

Número de viviendas a servir por año	10.000 viv/año
Duración vacío por vivienda	90 (min x obrero)/viv
Velocidad media del viaje	40 km/h
Duración del viaje	40 min
Duración descarga en la planta central	0 min
Máximo de volumen de transporte de los vehículos	7,0 m ³ /vehículo
Máximo de horas de trabajo diarias	8,0 h/día
Número de obreros por vehículo activamente implicados en el vacío mismo	4 obreros/vehículo
Número de obreros exclusivamente conductores	0 obreros/vehículo
El criterio para el dimensionamiento es el: <u>tiempo</u> de transporte.	
Número de viviendas servidas por día	20 viv/día
Total número de viajes requeridos	511 viajes/año
Días de trabajo	511 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	24 días/año
Total días de trabajo requeridos	535 días/año
Número de vehículos requeridos	<input type="text" value="2"/> vehículos
Horas de trabajo diarias requeridas	<input type="text" value="8,6"/> h/(día x obrero)
Volumen de transporte requerido	0,0 m ³ /vehículo

2.3 Tratamiento central

Almacenamiento de la orina

Duración del almacenamiento de la orina	mes
Volumen requerido del depósito orina	0 m ³
Volumen de un depósito orina	510 m ³ /unidad
Número requerido de depósitos orina	<input type="text" value="0"/> unidades
Grado de recuperación de orina	90 %
Producción de orina (valor de dimensionamiento)	<input type="text" value="0"/> m ³ /año

Planta de compostaje de las heces

Duración media de permanencia en el compostaje	meses
Volumen del compost	0 m ³
Altura del compost elegida	1,5 m
Porcentaje de la superficie utilizada para cerro de compost	90 %
Superficie requerida de la planta de compostaje	0 m ²
Porcentaje del volumen de agua a añadir al volumen del cerro de compost	10 %
Cantidad de agua para riego del cerro de compost	0,0 m ³
Número de retroexcavadoras	1 vehículo
Volumen pala de retroexcavadora	2 m ³
Duración carga, ida, descarga y vuelta	2 min
Máximo de horas de trabajo diarias	8 h/día
Aprovechamiento de la capacidad de la pala	70 %
Número de viajes requeridos por cerro	0 viajes/cerro
Días de trabajo de volteo por cerro	0,0 días/cerro
Días de riego, realización aislamiento térmico y realización aireación	0,5 días/cerro
Intervalo de volteos	3 semanas

Días de trabajo	9 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	12 días/año
Total días de trabajo	21 días/año
Número de operadores	1 obrero
Horas de trabajo diarias requeridas	0,0 h/día
Factor de reducción debido al compostaje: Volumen final / Volumen inicial	35 %
Grado de recuperación del compost	95 %
Producción de compost (valor de dimensionamiento)	0,0 m³/año

3 COSTOS

3.1 Almacenamiento individual en casa

Costos de inversión

Depósito de orina intermediario e instalaciones	US\$/unidad
Costos de capital resultantes	0 US\$/año

Costos de operación

Bolsa de papel reforzado para tomar heces (neto)	0,5 S/. por unidad
Costo de bolsas de papel	0 US\$/año
Aserrín u otro material de añadidura (neto)	0,1 S/. por L
Costo de compra de aserrín	1.329 US\$/año

Total

Total almacenamiento	1.329 US\$/año
----------------------	----------------

3.2 Vacío

Costos de inversión

Camión con tanque equipado con 1 dispositivo de succión (neto)	US\$/unidad
Ranchera (neto)	20.000 US\$/unidad
Total vehículos	40.000 US\$
Costos de capital resultantes	4.668 US\$/año

Costos de operación

Salario conductor	1.000 S/. por mes
Salario ayudante	1.000 S/. por mes
Costo de personal	76.621 US\$/año
Costo de mantenimiento vehículos	1.200 US\$/año
Precio gasóleo (neto)	10 S/. por galón
Conversión galón estadounidense --> litro	3,79 l/galón
Consumo de gasóleo	13 l/100km
Costo de combustible	1.621 US\$/año

Total

Total vacío	84.111 US\$/año
-------------	-----------------

3.3 Tratamiento central

Costos de inversión

Depósitos de orina e instalaciones (material) (neto)	US\$/unidad
Costos de realización soldaduras del plástico y ensayos de estanqueidad	20 %
Depósitos de orina e instalaciones (completo)	0 US\$
La retroexcavadora será comprada o alquilada?	-

Precio de compra de la retroexcavadora

Precio de alquiler de la retroexcavadora, conductor incluido	US\$/unidad
Total vehículos	US\$/día
Área de compostaje (placa de base) (neto)	0 US\$/año

131 US\$/m²

20 %

0 US\$

0 US\$

0 US\$

0 US\$/año

Costos de operación

Salario operador (volteos, riego, ejecución aireación)	0 S/. por mes
Salario guardián	700 S/. por mes
Costo de personal	0 US\$/año
Costo de mantenimiento vehículos	0 US\$/año
Tarifa agua potable y alcantarillado (neto)	5,29 S/. / m³
Costo de agua para riego del cerro del compost	0 US\$/año
Costo de energía: corriente para casita, gasóleo para vehículo (neto)	1.200 US\$/año, global

Total

Total tratamiento 0 US\$/año

3.4 Educación y Administración

Costos educativos (trabajo social)	0,10 US\$/viv/mes
-"	12.000 US\$/año
Costos administrativos (% del Total 3.1, 3.2 y 3.3)	15 %
-"	12.816 US\$/año
Total educación y administración	24.816 US\$/año

3.5 Disminución de costos debido a la reducción del consumo de agua potable

Sistema de referencia: Abastecimiento de agua por	red pública -
Sistema de referencia: Baño	con arrastre hidráulico
Sistema de referencia: Saneamiento	con alcantarillado
Cantidad de agua potable utilizada para arrastre hidráulico	12 l/uso del baño
Parte del tiempo pasado en casa	65 % del día
Cantidad de agua potable ahorrado	27 l/hab/d
Tarifa de agua potable (neto)	0,70 S/. / m ³
Tarifa de alcantarillado (neto)	1,04 S/. / m ³
Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio	0 %
Parte de la reducción de costos que será transferida a los usuarios	100 %
Disminución de costos	-242.493 US\$/año

3.6 Total Costos

Total (neto)	-132.237 US\$/año
Impuesto General a las Ventas (IGV)	-25.125 US\$/año
Total (bruto)	-157.362 US\$/año
	= -1,31 US\$/viv/mes

4 BENEFICIOS

4.1 Ingresos por la venta de la orina

Parte de orinaciones en casa	%
Precio de urea (bruto, IGV incluido)	US\$/kg urea
Precio de urea (neto)	0,00 US\$/kg urea
Contenido de nitrógeno de urea	46 %
Contenido de nitrógeno teórico de orina	4,0 kgN /500L
Contenido de nitrógeno real de la orina	80 % del valor teórico
Equivalente de urea	0,014 kg urea / kg orina
Valor mercantil estimado de orina	0,00 S/. por litro
Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio	%
Parte de los ingresos de venta que será transferida a los usuarios	100 %
Ingreso posible por la venta de orina (neto)	0 US\$/año

4.2 Ingresos por la venta del compost

Parte de defecaciones en casa	%
Precio de compost de guano de animales (bruto, IGV incluido)	S/. por litro
Precio de compost de guano de animales (neto)	0,13 S/. por litro
Factor de reducción del precio (conservador)	70 %
Valor mercantil estimado de compost (neto)	0,09 S/. por litro
Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio	%
Parte de los ingresos de venta que será transferida a los usuarios	100 %
Ingreso posible por la venta del compost (neto)	0 US\$/año

4.3 Total Beneficios

Total (neto)	0 US\$/año
	= 0,00 US\$/viv/mes

5 RESULTADO

Beneficios netos	-1,31 US\$/viv/mes
------------------	---------------------------

Cálculo de costos

Modelo de servicio M2

1 SUPOSICIONES BÁSICAS

1.1 para dimensionamiento

El cálculo se efectuará del punto de vista de
 Número de viviendas servidas
 Número de personas por vivienda
 La orina será recogida?
 Intervalo de recogida de la orina
 Las heces serán recogidas?
 Intervalo de recogida de las heces
 Recogida de cubos o por carretilla?
 Producción de heces húmedas
 Materia seca de las heces
 Consumo papel higiénico
 Densidad papel higiénico usado compactado
 Porcentaje de aserrín utilizado para compostaje
 Producción de orina

	Unidad:
los usuarios	-
10.000	viviendas
4	personas
no	-
	meses
sí	-
12	meses
carretilla	-
0,14	l/hab/día
30	%
20	g/hab/día
350	g/l
5	% del vol. heces
1,30	l/hab/día

1.2 para costos

Días de trabajo efectivos anuales por obrero
 Número de salarios
 Costos adicionales de salario
 Conversión S/. --> US\$
 Impuesto General a las Ventas (IGV)
 Tasa de interés nominal (en el mercado de capitales)
 Tasa de inflación
 Tasa de interés real

250	días/año
16	meses
60	%
2,86	S/. = 1 US\$
19	%
6,0	% p.a.
3,0	% p.a.
2,9	% p.a.

Construcciones:

Vida útil asumida
 Conversión "costo de inversión singular" en "costos de capital regulares"
 Tasa costos de mantenimiento

30	años
0,050	-
2,0	% p.a.

Máquinas (vehículos):

Vida útil asumida
 Conversión "costo de inversión singular" en "costos de capital regulares"
 Tasa costos de mantenimiento

10	años
0,117	-
3,0	% p.a.

2 DIMENSIONAMIENTO

2.1 Almacenamiento individual en casa

Parte de las heces considerada todavía húmeda (al final del almacenamiento)
 Volumen heces semi-secas
 Volumen papel higiénico usado compactado
 Volumen aserrín necesario para compostaje
 Volumen total (heces, papel y aserrín)
 Volumen orina
 Factor de aumento heces y orina (para tener en cuenta visitas)
 Volumen aserrín necesario para compostaje
 Volumen caja de heces mínimo
 Volumen caja de heces (para buena circulación de aire)
 Volumen depósito de orina intermediario

10	%
0,05	l/hab/día
0,06	l/hab/día
0,00	l/hab/día
0,11	l/hab/día
0,00	l/hab/día
0	%
3,8	l
161	l
320	l
0	l

2.2 Transporte

Ubicación

Densidad de la urbanización
 Superficie de la urbanización
 Diámetro de la urbanización
 Distancia neta entre límite urbanización y área tratamiento
 Distancia media por viaje (ida, recogida y vuelta)

2600	hab/km ²
15,4	km ²
4,4	km
10	km
26	km/viaje

Recogida de orina

Número de viviendas a servir por año

40.000	viv/año
---------------	---------

Duración recogida por vivienda	(min x obrero)/viv
Velocidad media del viaje	40 km/h
Duración del viaje	40 min
Duración descarga	10 min
Máximo de volumen de transporte de los vehículos	m ³ /vehículo
Máximo de horas de trabajo diarias	h/día
Número de obreros activamente implicados en el vacío	1 obrero/vehículo
Número de obreros exclusivamente conductores	1 obrero/vehículo
Número de viviendas servidas por viaje	0 viv/viaje
Total número de viajes requeridos	0 viajes/año
Días de trabajo	0 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	24 días/año
Total días de trabajo requeridos	24 días/año
Número de vehículos requeridos	<input type="text" value="0"/> vehículos
Horas de trabajo diarias requeridas	<input type="text" value="0,0"/> h/(día x obrero)
Volumen de transporte requerido	0,0 m ³ /vehículo

Recogida de heces

Número de viviendas a servir por año	10.000 viv/año
Duración recogida por vivienda	45 (min x obrero)/viv
Velocidad media del viaje	40 km/h
Duración del viaje	40 min
Duración descarga en la planta central	30 min
Máximo de volumen de transporte de los vehículos	3,0 m ³ /vehículo
Máximo de horas de trabajo diarias	8,0 h/día
Número de obreros por vehículo activamente implicados en el vacío mismo	2 obreros/vehículo
Número de obreros exclusivamente conductores	0 obreros/vehículo
El criterio para el dimensionamiento es el: <u>tiempo</u> de transporte.	
Número de viviendas servidas por día	18 viv/día
Total número de viajes requeridos	549 viajes/año
Días de trabajo	549 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	24 días/año
Total días de trabajo requeridos	573 días/año
Número de vehículos requeridos	<input type="text" value="2"/> vehículos
Horas de trabajo diarias requeridas	<input type="text" value="9,2"/> h/(día x obrero)
Volumen de transporte requerido	2,9 m ³ /vehículo

2.3 Tratamiento central

Almacenamiento de la orina

Duración del almacenamiento de la orina	mes
Volumen requerido del depósito orina	0 m ³
Volumen de un depósito orina	510 m ³ /unidad
Número requerido de depósitos orina	<input type="text" value="0"/> unidades
Grado de recuperación de orina	90 %
Producción de orina (valor de dimensionamiento)	<input type="text" value="0"/> m ³ /año

Planta de compostaje de las heces

Duración media de permanencia en el compostaje	3 meses
Volumen del compost	402 m ³
Altura del compost elegida	1,5 m
Porcentaje de la superficie utilizada para cerro de compost	90 %
Superficie requerida de la planta de compostaje	297 m ²
Porcentaje del volumen de agua a añadir al volumen del cerro de compost	10 %
Cantidad de agua para riego del cerro de compost	40,2 m ³
Número de retroexcavadoras	1 vehículo
Volumen pala de retroexcavadora	2 m ³
Duración carga, ida, descarga y vuelta	2 min
Máximo de horas de trabajo diarias	8 h/día
Aprovechamiento de la capacidad de la pala	70 %
Número de viajes requeridos por cerro	287 viajes/cerro
Días de trabajo de volteo por cerro	1,2 días/cerro
Días de riego, realización aislamiento térmico y realización aireación	0,5 días/cerro
Intervalo de volteos	3 semanas

Días de trabajo	29 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	12 días/año
Total días de trabajo	41 días/año
Número de operadores	1 obrero
Horas de trabajo diarias requeridas	1,3 h/día
Factor de reducción debido al compostaje: Volumen final / Volumen inicial	35 %
Grado de recuperación del compost	95 %
Producción de compost (valor de dimensionamiento)	679,6 m ³ /año

3 COSTOS

3.1 Almacenamiento individual en casa

Costos de inversión

Depósito de orina intermediario e instalaciones	US\$/unidad
Costos de capital resultantes	0 US\$/año

Costos de operación

Bolsa de papel reforzado para tomar heces (neto)	0,5 S/. por unidad
Costo de bolsas de papel	0 US\$/año
Aserrín u otro material de añadidura (neto)	0,1 S/. por L
Costo de compra de aserrín	1.329 US\$/año

Total

Total almacenamiento	1.329 US\$/año
----------------------	----------------

3.2 Transporte

Costos de inversión

Camión con tanque equipado con 1 dispositivo de succión (neto)	US\$/unidad
Pick-Up (neto)	40.000 US\$/unidad
Total vehículos	80.000 US\$
Costos de capital resultantes	9.337 US\$/año

Costos de operación

Salario conductor	1.000 S/. por mes
Salario ayudante	1.000 S/. por mes
Costo de personal	41.032 US\$/año
Costo de mantenimiento vehículos	2.400 US\$/año
Precio gasóleo (neto)	10 S/. por galón
Conversión galón estadounidense --> litro	3,79 l/galón
Consumo de gasóleo	16 l/100km
Costo de combustible	2.144 US\$/año

Total

Total transporte	54.912 US\$/año
------------------	-----------------

3.3 Tratamiento central

Costos de inversión

Depósitos de orina e instalaciones (material) (neto)	US\$/unidad
Costos de realización soldaduras del plástico y ensayos de estanqueidad	20 %
Depósitos de orina e instalaciones (completo)	0 US\$

La retroexcavadora será comprada o alquilada?

Precio de compra de la retroexcavadora	alquilada -
Precio de alquiler de la retroexcavadora, conductor incluido	60 US\$/día

Total vehículos	2.484 US\$/año
-----------------	----------------

Área de compostaje (placa de base) (neto)	131 US\$/m ²
---	-------------------------

Costos adicionales de aislamiento térmico y cobertura	20 %
---	------

Área de compostaje (completo)	46.755 US\$
-------------------------------	-------------

Área de carga, descarga y maniobra	20.000 US\$
------------------------------------	-------------

Instalaciones complementarias	25.000 US\$
-------------------------------	-------------

Costos de capital resultantes	7.112 US\$/año
-------------------------------	----------------

Costos de operación

Salario operador (volteos, riego, ejecución aireación)	0 S/. por mes
--	---------------

Salario guardián	700 S/. por mes
------------------	-----------------

Costo de personal	6.266 US\$/año
-------------------	----------------

Costo de mantenimiento vehículos	0 US\$/año
----------------------------------	------------

Tarifa agua potable y alcantarillado (neto)	5,29 S/. / m ³
---	---------------------------

Costo de agua para riego del cerro del compost	297 US\$/año
--	--------------

Costo de energía: corriente para casita, gasóleo para vehículo (neto)	1.200 US\$/año, global
---	------------------------

Total

Total tratamiento 14.875 US\$/año

3.4 Educación y Administración

Costos educativos (trabajo social)	0,10 US\$/viv/mes
-"	12.000 US\$/año
Costos administrativos (% del Total 3.1, 3.2 y 3.3)	15 %
-"	10.667 US\$/año
Total educación y administración	22.667 US\$/año

3.5 Disminución de costos debido a la reducción del consumo de agua potable

Sistema de referencia: Abastecimiento de agua por	red pública -
Sistema de referencia: Baño	con arrastre hidráulico
Sistema de referencia: Saneamiento	con alcantarillado
Cantidad de agua potable utilizada para arrastre hidráulico	12 l/uso del baño
Parte del tiempo pasado en casa	65 % del día
Cantidad de agua potable ahorrado	27 l/hab/d
Tarifa de agua potable (neto)	0,70 S/. / m ³
Tarifa de alcantarillado (neto)	1,04 S/. / m ³
Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio	0 %
Parte de la reducción de costos que será transferida a los usuarios	100 %
Disminución de costos	-242.493 US\$/año

3.6 Total Costos

Total (neto)	-148.709 US\$/año
Impuesto General a las Ventas (IGV)	-28.255 US\$/año
Total (bruto)	-176.964 US\$/año
	= -1,47 US\$/viv/mes

4 BENEFICIOS

4.1 Ingresos por la venta de la orina

Parte de orinaciones en casa	%
Precio de urea (bruto, IGV incluido)	US\$/kg urea
Precio de urea (neto)	0,00 US\$/kg urea
Contenido de nitrógeno de urea	46 %
Contenido de nitrógeno teórico de orina	4,0 kgN /500L
Contenido de nitrógeno real de la orina	80 % del valor teórico
Equivalente de urea	0,014 kg urea / kg orina
Valor mercantil estimado de orina	0,00 S/. por litro
Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio	%
Parte de los ingresos de venta que será transferida a los usuarios	100 %
Ingreso posible por la venta de orina (neto)	0 US\$/año

4.2 Ingresos por la venta del compost

Parte de defecaciones en casa	90 %
Precio de compost de guano de animales (bruto, IGV incluido)	0,16 S/. por litro
Precio de compost de guano de animales (neto)	0,13 S/. por litro
Factor de reducción del precio (conservador)	70 %
Valor mercantil estimado de compost (neto)	0,09 S/. por litro
Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio	0 %
Parte de los ingresos de venta que será transferida a los usuarios	100 %
Ingreso posible por la venta del compost (neto)	-20.129 US\$/año

4.3 Total Beneficios

Total (neto)	-20.129 US\$/año
	= -0,17 US\$/viv/mes

5 RESULTADO

Beneficios netos	-1,64 US\$/viv/mes
------------------	---------------------------

Cálculo de costos

Modelo de servicio M3

1 SUPOSICIONES BÁSICAS

1.1 para dimensionamiento

El cálculo se efectuará del punto de vista de

Número de viviendas servidas

Número de personas por vivienda

La orina será recogida?

Intervalo de recogida de la orina

Las heces serán recogidas?

Intervalo de recogida de las heces

Recogida de cubos o por carretilla?

Producción de heces húmedas

Materia seca de las heces

Consumo papel higiénico

Densidad papel higiénico usado compactado

Porcentaje de aserrín utilizado para compostaje

Producción de orina

Unidad:

los usuarios -

10.000 viviendas

4 personas

no -

meses

sí -

1 mes

cubo -

0,14 l/hab/día

30 %

20 g/hab/día

350 g/l

5 % del vol. heces

1,30 l/hab/día

1.2 para costos

Días de trabajo efectivos anuales por obrero

250 días/año

Número de salarios

16 meses

Costos adicionales de salario

60 %

Conversión S/. --> US\$

2,86 S/. = 1 US\$

Impuesto General a las Ventas (IGV)

19 %

Tasa de interés nominal (en el mercado de capitales)

6,0 % p.a.

Tasa de inflación

3,0 % p.a.

Tasa de interés real

2,9 % p.a.

Construcciones:

Vida útil asumida

30 años

Conversión "costo de inversión singular" en "costos de capital regulares"

0,050 -

Tasa costos de mantenimiento

2,0 % p.a.

Máquinas (vehículos):

Vida útil asumida

10 años

Conversión "costo de inversión singular" en "costos de capital regulares"

0,117 -

Tasa costos de mantenimiento

3,0 % p.a.

2 DIMENSIONAMIENTO

2.1 Almacenamiento individual en casa

Parte de las heces considerada todavía húmeda (al final del almacenamiento)

50 %

Volumen heces semi-secas

0,09 l/hab/día

Volumen papel higiénico usado compactado

0,06 l/hab/día

Volumen aserrín necesario para compostaje

0,00 l/hab/día

Volumen total (heces, papel y aserrín)

0,15 l/hab/día

Volumen orina

0,00 l/hab/día

Factor de aumento heces y orina (para tener en cuenta visitas)

50 %

Volumen aserrín necesario para compostaje

0,6 l

Volumen caja de heces mínimo

27 l

Volumen caja de heces (para buena circulación de aire)

50 l

Volumen depósito de orina intermediario

0 l

2.2 Transporte

Ubicación

Densidad de la urbanización

2600 hab/km²

Superficie de la urbanización

15,4 km²

Diámetro de la urbanización

4,4 km

Distancia neta entre límite urbanización y área tratamiento

10 km

Distancia media por viaje (ida, recogida y vuelta)

26 km/viaje

Recogida de orina

Número de viviendas a servir por año

40.000 viv/año

Duración recogida por vivienda	(min x obrero)/viv
Velocidad media del viaje	40 km/h
Duración del viaje	40 min
Duración descarga	10 min
Máximo de volumen de transporte de los vehículos	m ³ /vehículo
Máximo de horas de trabajo diarias	h/día
Número de obreros activamente implicados en el vacío	1 obrero/vehículo
Número de obreros exclusivamente conductores	1 obrero/vehículo
Número de viviendas servidas por viaje	0 viv/viaje
Total número de viajes requeridos	0 viajes/año
Días de trabajo	0 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	24 días/año
Total días de trabajo requeridos	24 días/año
Número de vehículos requeridos	<input type="text" value="0"/> vehículos
Horas de trabajo diarias requeridas	<input type="text" value="0,0"/> h/(día x obrero)
Volumen de transporte requerido	0,0 m ³ /vehículo

Recogida de heces

Número de viviendas a servir por año	120.000 viv/año
Duración recogida por vivienda	0,75 (min x obrero)/viv
Velocidad media del viaje	40 km/h
Duración del viaje	40 min
Duración descarga en la planta central	30 min
Máximo de volumen de transporte de los vehículos	7,0 m ³ /vehículo
Máximo de horas de trabajo diarias	8,0 h/día
Número de obreros por vehículo activamente implicados en el vacío mismo	2 obreros/vehículo
Número de obreros exclusivamente conductores	1 obrero/vehículo
El criterio para el dimensionamiento es el: <u>volumen</u> de transporte.	
Número de viviendas servidas por día	382 viv/viaje
Total número de viajes requeridos	315 viajes/año
Días de viaje	140 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	24 días/año
Total días de trabajo requeridos	164 días/año
Número de vehículos requeridos	<input type="text" value="1"/> vehículo
Horas de trabajo diarias requeridas	<input type="text" value="5,2"/> h/(día x obrero)
Volumen de transporte requerido	7,0 m ³ /vehículo

2.3 Tratamiento central

Almacenamiento de la orina

Duración del almacenamiento de la orina	mes
Volumen requerido del depósito orina	0 m ³
Volumen de un depósito orina	510 m ³ /unidad
Número requerido de depósitos orina	<input type="text" value="0"/> unidades
Grado de recuperación de orina	90 %
Producción de orina (valor de dimensionamiento)	<input type="text" value="0"/> m ³ /año

Planta de compostaje de las heces

Duración media de permanencia en el compostaje	3 meses
Volumen del compost	550 m ³
Altura del compost elegida	1,5 m
Porcentaje de la superficie utilizada para cerro de compost	90 %
Superficie requerida de la planta de compostaje	407 m ²
Porcentaje del volumen de agua a añadir al volumen del cerro de compost	10 %
Cantidad de agua para riego del cerro de compost	55,0 m ³
Número de retroexcavadoras	1 vehículo
Volumen pala de retroexcavadora	2 m ³
Duración carga, ida, descarga y vuelta	2 min
Máximo de horas de trabajo diarias	8 h/día
Aprovechamiento de la capacidad de la pala	70 %
Número de viajes requeridos por cerro	393 viajes/cerro
Días de trabajo de volteo por cerro	1,6 días/cerro
Días de riego, realización aislamiento térmico y realización aireación	0,5 días/cerro
Intervalo de volteos	3 semanas

Días de trabajo	37 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	12 días/año
Total días de trabajo	49 días/año
Número de operadores	1 obrero
Horas de trabajo diarias requeridas	1,6 h/día
Factor de reducción debido al compostaje: Volumen final / Volumen inicial	35 %
Grado de recuperación del compost	95 %
Producción de compost (valor de dimensionamiento)	679,6 m ³ /año

3 COSTOS

3.1 Almacenamiento individual en casa

Costos de inversión

Depósito de orina intermediario e instalaciones	US\$/unidad
Costos de capital resultantes	0 US\$/año

Costos de operación

Bolsa de papel reforzado para tomar heces (neto)	0,5 S/. por unidad
Costo de bolsas de papel	20.979 US\$/año
Aserrín u otro material de añadidura (neto)	0,1 S/. por L
Costo de compra de aserrín	2.517 US\$/año

Total

Total almacenamiento	23.497 US\$/año
----------------------	-----------------

3.2 Transporte

Costos de inversión

Camión con tanque equipado con 1 dispositivo de succión (neto)	US\$/unidad
Pick-Up (neto)	40.000 US\$/unidad
Total vehículos	40.000 US\$
Costos de capital resultantes	4.668 US\$/año

Costos de operación

Salario conductor	1.000 S/. por mes
Salario ayudante	1.000 S/. por mes
Costo de personal	17.585 US\$/año
Costo de mantenimiento vehículos	1.200 US\$/año
Precio gasóleo (neto)	10 S/. por galón
Conversión galón estadounidense --> litro	3,79 l/galón
Consumo de gasóleo	20 l/100km
Costo de combustible	1.538 US\$/año

Total

Total transporte	24.991 US\$/año
------------------	-----------------

3.3 Tratamiento central

Costos de inversión

Depósitos de orina e instalaciones (material) (neto)	US\$/unidad
Costos de realización soldaduras del plástico y ensayos de estanqueidad	20 %
Depósitos de orina e instalaciones (completo)	0 US\$

La retroexcavadora será comprada o alquilada?

Precio de compra de la retroexcavadora	alquilada -
Precio de alquiler de la retroexcavadora, conductor incluido	60 US\$/día

Total vehículos	2.943 US\$/año
-----------------	----------------

Área de compostaje (placa de base) (neto)	131 US\$/m ²
---	-------------------------

Costos adicionales de aislamiento térmico y cobertura	20 %
---	------

Área de compostaje (completo)	64.009 US\$
-------------------------------	-------------

Área de carga, descarga y maniobra	20.000 US\$
------------------------------------	-------------

Instalaciones complementarias	25.000 US\$
-------------------------------	-------------

Costos de capital resultantes	8.442 US\$/año
-------------------------------	----------------

Costos de operación

Salario operador (volteos, riego, ejecución aireación)	0 S/. por mes
--	---------------

Salario guardián	700 S/. por mes
------------------	-----------------

Costo de personal	6.266 US\$/año
-------------------	----------------

Costo de mantenimiento vehículos	0 US\$/año
----------------------------------	------------

Tarifa agua potable y alcantarillado (neto)	5,29 S/. / m ³
---	---------------------------

Costo de agua para riego del cerro del compost	407 US\$/año
--	--------------

Costo de energía: corriente para casita, gasóleo para vehículo (neto)	1.200 US\$/año, global
---	------------------------

Total

Total tratamiento 16.314 US\$/año

3.4 Educación y Administración

Costos educativos (trabajo social) 0,10 US\$/viv/mes
 -"- 12.000 US\$/año
 Costos administrativos (% del Total 3.1, 3.2 y 3.3) 15 %
 -"- 9.720 US\$/año
 Total educación y administración 21.720 US\$/año

3.5 Disminución de costos debido a la reducción del consumo de agua potable

Sistema de referencia: Abastecimiento de agua por red pública -
 Sistema de referencia: Baño con arrastre hidráulico
 Sistema de referencia: Saneamiento con alcantarillado
 Cantidad de agua potable utilizada para arrastre hidráulico 12 l/uso del baño
 Parte del tiempo pasado en casa 65 % del día
 Cantidad de agua potable ahorrado 27 l/hab/d
 Tarifa de agua potable (neto) 0,70 S/. / m³
 Tarifa de alcantarillado (neto) 1,04 S/. / m³
 Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio 0 %
 Parte de la reducción de costos que será transferida a los usuarios 100 %
 Disminución de costos -242.493 US\$/año

3.6 Total Costos

Total (neto) -155.970 US\$/año
 Impuesto General a las Ventas (IGV) -29.634 US\$/año

 Total (bruto) -185.605 US\$/año
 = -1,55 US\$/viv/mes

4 BENEFICIOS

4.1 Ingresos por la venta de la orina

Parte de orinaciones en casa %
 Precio de urea (bruto, IGV incluido) US\$/kg urea
 Precio de urea (neto) 0,00 US\$/kg urea
 Contenido de nitrógeno de urea 46 %
 Contenido de nitrógeno teórico de orina 4,0 kgN /500L
 Contenido de nitrógeno real de la orina 80 % del valor teórico
 Equivalente de urea 0,014 kg urea / kg orina
 Valor mercantil estimado de orina 0,00 S/. por litro
 Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio %
 Parte de los ingresos de venta que será transferida a los usuarios 100 %
 Ingreso posible por la venta de orina (neto) 0 US\$/año

4.2 Ingresos por la venta del compost

Parte de defecaciones en casa 90 %
 Precio de compost de guano de animales (bruto, IGV incluido) 0,16 S/. por litro
 Precio de compost de guano de animales (neto) 0,13 S/. por litro
 Factor de reducción del precio (conservador) 70 %
 Valor mercantil estimado de compost (neto) 0,09 S/. por litro
 Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio 0 %
 Parte de los ingresos de venta que será transferida a los usuarios 100 %
 Ingreso posible por la venta del compost (neto) -20.129 US\$/año

4.3 Total Beneficios

Total (neto) -20.129 US\$/año
 = -0,17 US\$/viv/mes

5 RESULTADO

Beneficios netos -1,71 US\$/viv/mes

Cálculo de costos

Modelo de servicio M4

1 SUPOSICIONES BÁSICAS

1.1 para dimensionamiento

El cálculo se efectuará del punto de vista de

Número de viviendas servidas
 Número de personas por vivienda
 La orina será recogida?
 Intervalo de recogida de la orina
 Las heces serán recogidas?
 Intervalo de recogida de las heces
 Recogida de cubos o por carretilla?
 Producción de heces húmedas
 Materia seca de las heces
 Consumo papel higiénico
 Densidad papel higiénico usado compactado
 Porcentaje de aserrín utilizado para compostaje
 Producción de orina

Unidad:

los usuarios -
10.000 viviendas
4 personas
sí -
3 meses
sí -
1 mes
cubo -
0,14 l/hab/día
30 %
20 g/hab/día
350 g/l
5 % del vol. heces
1,30 l/hab/día

1.2 para costos

Días de trabajo efectivos anuales por obrero
 Número de salarios
 Costos adicionales de salario
 Conversión S/. --> US\$
 Impuesto General a las Ventas (IGV)
 Tasa de interés nominal (en el mercado de capitales)
 Tasa de inflación
 Tasa de interés real

250 días/año
16 meses
60 %
2,86 S/. = 1 US\$
19 %
6,0 % p.a.
3,0 % p.a.
2,9 % p.a.

Construcciones:

Vida útil asumida
 Conversión "costo de inversión singular" en "costos de capital regulares"
 Tasa costos de mantenimiento

30 años
0,050 -
2,0 % p.a.

Máquinas (vehículos):

Vida útil asumida
 Conversión "costo de inversión singular" en "costos de capital regulares"
 Tasa costos de mantenimiento

10 años
0,117 -
3,0 % p.a.

2 DIMENSIONAMIENTO

2.1 Almacenamiento individual en casa

Parte de las heces considerada todavía húmeda (al final del almacenamiento)
 Volumen heces semi-secas
 Volumen papel higiénico usado compactado
 Volumen aserrín necesario para compostaje
 Volumen total (heces, papel y aserrín)
 Volumen orina
 Factor de aumento heces y orina (para tener en cuenta visitas)
 Volumen aserrín necesario para compostaje
 Volumen caja de heces mínimo
 Volumen caja de heces (para buena circulación de aire)
 Volumen depósito de orina intermediario

50 %
 0,09 l/hab/día
 0,06 l/hab/día
 0,00 l/hab/día
 0,15 l/hab/día
 1,30 l/hab/día
50 %
 0,6 l
 27 l
 50 l
 700 l

2.2 Transporte

Ubicación

Densidad de la urbanización
 Superficie de la urbanización
 Diámetro de la urbanización
 Distancia neta entre límite urbanización y área tratamiento
 Distancia media por viaje (ida, recogida y vuelta)

2600 hab/km²
 15,4 km²
 4,4 km
10 km
 26 km/viaje

Recogida de orina

Número de viviendas a servir por año

40.000 viv/año

Duración recogida por vivienda	7 (min x obrero)/viv		
Velocidad media del viaje	40 km/h		
Duración del viaje	40 min		
Duración descarga	10 min		
Máximo de volumen de transporte de los vehículos	10,0 m ³ /vehículo		
Máximo de horas de trabajo diarias	14 h/día		
Número de obreros activamente implicados en el vacío	1 obrero/vehículo		
Número de obreros exclusivamente conductores	1 obrero/vehículo		
Número de viviendas servidas por viaje	21 viv/viaje		
Total número de viajes requeridos	1.872 viajes/año		
Días de trabajo	444 días/año		
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	24 días/año		
Total días de trabajo requeridos	468 días/año		
Número de vehículos requeridos	<table border="1"><tr><td>2</td><td>vehículos</td></tr></table>	2	vehículos
2	vehículos		
Horas de trabajo diarias requeridas	<table border="1"><tr><td>12,8</td><td>h/(día x obrero)</td></tr></table>	12,8	h/(día x obrero)
12,8	h/(día x obrero)		
Volumen de transporte requerido	10,0 m ³ /vehículo		

Recogida de heces

Número de viviendas a servir por año	120.000 viv/año		
Duración recogida por vivienda	0,75 (min x obrero)/viv		
Velocidad media del viaje	40 km/h		
Duración del viaje	40 min		
Duración descarga en la planta central	30 min		
Máximo de volumen de transporte de los vehículos	7,0 m ³ /vehículo		
Máximo de horas de trabajo diarias	8,0 h/día		
Número de obreros por vehículo activamente implicados en el vacío mismo	2 obreros/vehículo		
Número de obreros exclusivamente conductores	1 obrero/vehículo		
El criterio para el dimensionamiento es el: <u>volumen</u> de transporte.			
Número de viviendas servidas por día	382 viv/viaje		
Total número de viajes requeridos	315 viajes/año		
Días de viaje	140 días/año		
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	24 días/año		
Total días de trabajo requeridos	164 días/año		
Número de vehículos requeridos	<table border="1"><tr><td>1</td><td>vehículo</td></tr></table>	1	vehículo
1	vehículo		
Horas de trabajo diarias requeridas	<table border="1"><tr><td>5,2</td><td>h/(día x obrero)</td></tr></table>	5,2	h/(día x obrero)
5,2	h/(día x obrero)		
Volumen de transporte requerido	7,0 m ³ /vehículo		

2.3 Tratamiento central

Almacenamiento de la orina

Duración del almacenamiento de la orina	1 mes		
Volumen requerido del depósito orina	1.560 m ³		
Volumen de un depósito orina	510 m ³ /unidad		
Número requerido de depósitos orina	<table border="1"><tr><td>3</td><td>unidades</td></tr></table>	3	unidades
3	unidades		
Grado de recuperación de orina	90 %		
Producción de orina (valor de dimensionamiento)	<table border="1"><tr><td>17.082</td><td>m³/año</td></tr></table>	17.082	m ³ /año
17.082	m ³ /año		

Planta de compostaje de las heces

Duración media de permanencia en el compostaje	3 meses
Volumen del compost	550 m ³
Altura del compost elegida	1,5 m
Porcentaje de la superficie utilizada para cerro de compost	90 %
Superficie requerida de la planta de compostaje	407 m ²
Porcentaje del volumen de agua a añadir al volumen del cerro de compost	10 %
Cantidad de agua para riego del cerro de compost	55,0 m ³
Número de retroexcavadoras	1 vehículo
Volumen pala de retroexcavadora	2 m ³
Duración carga, ida, descarga y vuelta	2 min
Máximo de horas de trabajo diarias	8 h/día
Aprovechamiento de la capacidad de la pala	70 %
Número de viajes requeridos por cerro	393 viajes/cerro
Días de trabajo de volteo por cerro	1,6 días/cerro
Días de riego, realización aislamiento térmico y realización aireación	0,5 días/cerro
Intervalo de volteos	3 semanas

Días de trabajo	37 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	12 días/año
Total días de trabajo	49 días/año
Número de operadores	1 obrero
Horas de trabajo diarias requeridas	1,6 h/día
Factor de reducción debido al compostaje: Volumen final / Volumen inicial	35 %
Grado de recuperación del compost	95 %
Producción de compost (valor de dimensionamiento)	679,6 m ³ /año

3 COSTOS

3.1 Almacenamiento individual en casa

Costos de inversión

Depósito de orina intermediario e instalaciones	110 US\$/unidad
Costos de capital resultantes	55.489 US\$/año

Costos de operación

Bolsa de papel reforzado para tomar heces (neto)	0,5 S/. por unidad
Costo de bolsas de papel	20.979 US\$/año
Aserrín u otro material de añadidura (neto)	0,1 S/. por L
Costo de compra de aserrín	2.517 US\$/año

Total

Total almacenamiento	78.986 US\$/año
----------------------	-----------------

3.2 Transporte

Costos de inversión

Camión con tanque equipado con 1 dispositivo de succión (neto)	100.000 US\$/unidad
Pick-Up (neto)	40.000 US\$/unidad
Total vehículos	240.000 US\$
Costos de capital resultantes	28.010 US\$/año

Costos de operación

Salario conductor	1.000 S/. por mes
Salario ayudante	1.000 S/. por mes
Costo de personal	74.938 US\$/año
Costo de mantenimiento vehículos	7.200 US\$/año
Precio gasóleo (neto)	10 S/. por galón
Conversión galón estadounidense --> litro	3,79 l/galón
Consumo de gasóleo	20 l/100km
Costo de combustible	10.677 US\$/año

Total

Total transporte	120.825 US\$/año
------------------	------------------

3.3 Tratamiento central

Costos de inversión

Depósitos de orina e instalaciones (material) (neto)	10.700 US\$/unidad
Costos de realización soldaduras del plástico y ensayos de estanqueidad	20 %
Depósitos de orina e instalaciones (completo)	38.520 US\$

La retroexcavadora será comprada o alquilada?

Precio de compra de la retroexcavadora **alquilada** - US\$/unidad

Precio de alquiler de la retroexcavadora, conductor incluido **60** US\$/día

Total vehículos 2.943 US\$/año

Área de compostaje (placa de base) (neto) **131** US\$/m²

Costos adicionales de aislamiento térmico y cobertura **20** %

Área de compostaje (completo) 64.009 US\$

Área de carga, descarga y maniobra 20.000 US\$

Instalaciones complementarias 25.000 US\$

Costos de capital resultantes 10.385 US\$/año

Costos de operación

Salario operador (volteos, riego, ejecución aireación) 0 S/. por mes

Salario guardián **700** S/. por mes

Costo de personal 6.266 US\$/año

Costo de mantenimiento vehículos 0 US\$/año

Tarifa agua potable y alcantarillado (neto) **5,29** S/. / m³

Costo de agua para riego del cerro del compost 407 US\$/año

Costo de energía: corriente para casita, gasóleo para vehículo (neto) **1.200** US\$/año, global

Total

Total tratamiento 18.258 US\$/año

3.4 Educación y Administración

Costos educativos (trabajo social) 0,10 US\$/viv/mes

-"- 12.000 US\$/año

Costos administrativos (% del Total 3.1, 3.2 y 3.3) 15 %

-"- 32.710 US\$/año

Total educación y administración 44.710 US\$/año

3.5 Disminución de costos debido a la reducción del consumo de agua potable

Sistema de referencia: Abastecimiento de agua por red pública -

Sistema de referencia: Baño con arrastre hidráulico

Sistema de referencia: Saneamiento con alcantarillado

Cantidad de agua potable utilizada para arrastre hidráulico 12 l/uso del baño

Parte del tiempo pasado en casa 65 % del día

Cantidad de agua potable ahorrado 27 l/hab/d

Tarifa de agua potable (neto) 0,70 S/. / m³

Tarifa de alcantarillado (neto) 1,04 S/. / m³

Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio 0 %

Parte de la reducción de costos que será transferida a los usuarios 100 %

Disminución de costos -242.493 US\$/año

3.6 Total Costos

Total (neto) 20.285 US\$/año

Impuesto General a las Ventas (IGV) 3.854 US\$/año

Total (bruto) 24.139 US\$/año

= 0,20 US\$/viv/mes

4 BENEFICIOS

4.1 Ingresos por la venta de la orina

Parte de orinaciones en casa 65 %

Precio de urea (bruto, IGV incluido) 0,00 US\$/kg urea

Precio de urea (neto) 0,00 US\$/kg urea

Contenido de nitrógeno de urea 46 %

Contenido de nitrógeno teórico de orina 4,0 kgN /500L

Contenido de nitrógeno real de la orina 80 % del valor teórico

Equivalente de urea 0,014 kg urea / kg orina

Valor mercantil estimado de orina 0,00 S/. por litro

Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio 0 %

Parte de los ingresos de venta que será transferida a los usuarios 100 %

Ingreso posible por la venta de orina (neto) 0 US\$/año

4.2 Ingresos por la venta del compost

Parte de defecaciones en casa 90 %

Precio de compost de guano de animales (bruto, IGV incluido) 0,16 S/. por litro

Precio de compost de guano de animales (neto) 0,13 S/. por litro

Factor de reducción del precio (conservador) 70 %

Valor mercantil estimado de compost (neto) 0,09 S/. por litro

Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio 0 %

Parte de los ingresos de venta que será transferida a los usuarios 100 %

Ingreso posible por la venta del compost (neto) -20.129 US\$/año

4.3 Total Beneficios

Total (neto) -20.129 US\$/año

= -0,17 US\$/viv/mes

5 RESULTADO

Costos netos 0,03 US\$/viv/mes

Cálculo de costos

Modelo de servicio M4.1

1 SUPOSICIONES BÁSICAS

1.1 para dimensionamiento

El cálculo se efectuará del punto de vista de

Número de viviendas servidas

Número de personas por vivienda

La orina será recogida?

Intervalo de recogida de la orina

Las heces serán recogidas?

Intervalo de recogida de las heces

Recogida de cubos o por carretilla?

Producción de heces húmedas

Materia seca de las heces

Consumo papel higiénico

Densidad papel higiénico usado compactado

Porcentaje de aserrín utilizado para compostaje

Producción de orina

Unidad:

los usuarios -

10.000 viviendas

4 personas

sí -

3 meses

sí -

1 mes

cubo -

0,14 l/hab/día

30 %

20 g/hab/día

350 g/l

5 % del vol. heces

1,30 l/hab/día

1.2 para costos

Días de trabajo efectivos anuales por obrero

250 días/año

Número de salarios

16 meses

Costos adicionales de salario

60 %

Conversión S/. --> US\$

2,86 S/. = 1 US\$

Impuesto General a las Ventas (IGV)

19 %

Tasa de interés nominal (en el mercado de capitales)

6,0 % p.a.

Tasa de inflación

3,0 % p.a.

Tasa de interés real

2,9 % p.a.

Construcciones:

Vida útil asumida

30 años

Conversión "costo de inversión singular" en "costos de capital regulares"

0,050 -

Tasa costos de mantenimiento

2,0 % p.a.

Máquinas (vehículos):

Vida útil asumida

10 años

Conversión "costo de inversión singular" en "costos de capital regulares"

0,117 -

Tasa costos de mantenimiento

3,0 % p.a.

2 DIMENSIONAMIENTO

2.1 Almacenamiento individual en casa

Parte de las heces considerada todavía húmeda (al final del almacenamiento)

50 %

Volumen heces semi-secas

0,09 l/hab/día

Volumen papel higiénico usado compactado

0,06 l/hab/día

Volumen aserrín necesario para compostaje

0,00 l/hab/día

Volumen total (heces, papel y aserrín)

0,15 l/hab/día

Volumen orina

1,30 l/hab/día

Factor de aumento heces y orina (para tener en cuenta visitas)

50 %

Volumen aserrín necesario para compostaje

0,6 l

Volumen caja de heces mínimo

27 l

Volumen caja de heces (para buena circulación de aire)

50 l

Volumen depósito de orina intermediario

700 l

2.2 Transporte

Ubicación

Densidad de la urbanización

2600 hab/km²

Superficie de la urbanización

15,4 km²

Diámetro de la urbanización

4,4 km

Distancia neta entre límite urbanización y área tratamiento

10 km

Distancia media por viaje (ida, recogida y vuelta)

26 km/viaje

Recogida de orina

Número de viviendas a servir por año

40.000 viv/año

Duración recogida por vivienda	7 (min x obrero)/viv		
Velocidad media del viaje	40 km/h		
Duración del viaje	40 min		
Duración descarga	10 min		
Máximo de volumen de transporte de los vehículos	10,0 m ³ /vehículo		
Máximo de horas de trabajo diarias	14 h/día		
Número de obreros activamente implicados en el vacío	1 obrero/vehículo		
Número de obreros exclusivamente conductores	1 obrero/vehículo		
Número de viviendas servidas por viaje	21 viv/viaje		
Total número de viajes requeridos	1.872 viajes/año		
Días de trabajo	444 días/año		
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	24 días/año		
Total días de trabajo requeridos	468 días/año		
Número de vehículos requeridos	<table border="1"><tr><td>2</td><td>vehículos</td></tr></table>	2	vehículos
2	vehículos		
Horas de trabajo diarias requeridas	<table border="1"><tr><td>12,8</td><td>h/(día x obrero)</td></tr></table>	12,8	h/(día x obrero)
12,8	h/(día x obrero)		
Volumen de transporte requerido	10,0 m ³ /vehículo		

Recogida de heces

Número de viviendas a servir por año	120.000 viv/año		
Duración recogida por vivienda	0,75 (min x obrero)/viv		
Velocidad media del viaje	40 km/h		
Duración del viaje	40 min		
Duración descarga en la planta central	30 min		
Máximo de volumen de transporte de los vehículos	7,0 m ³ /vehículo		
Máximo de horas de trabajo diarias	8,0 h/día		
Número de obreros por vehículo activamente implicados en el vacío mismo	2 obreros/vehículo		
Número de obreros exclusivamente conductores	1 obrero/vehículo		
El criterio para el dimensionamiento es el: <u>volumen</u> de transporte.			
Número de viviendas servidas por día	382 viv/viaje		
Total número de viajes requeridos	315 viajes/año		
Días de viaje	140 días/año		
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	24 días/año		
Total días de trabajo requeridos	164 días/año		
Número de vehículos requeridos	<table border="1"><tr><td>1</td><td>vehículo</td></tr></table>	1	vehículo
1	vehículo		
Horas de trabajo diarias requeridas	<table border="1"><tr><td>5,2</td><td>h/(día x obrero)</td></tr></table>	5,2	h/(día x obrero)
5,2	h/(día x obrero)		
Volumen de transporte requerido	7,0 m ³ /vehículo		

2.3 Tratamiento central

Almacenamiento de la orina

Duración del almacenamiento de la orina	1 mes		
Volumen requerido del depósito orina	1.560 m ³		
Volumen de un depósito orina	510 m ³ /unidad		
Número requerido de depósitos orina	<table border="1"><tr><td>3</td><td>unidades</td></tr></table>	3	unidades
3	unidades		
Grado de recuperación de orina	90 %		
Producción de orina (valor de dimensionamiento)	<table border="1"><tr><td>17.082</td><td>m³/año</td></tr></table>	17.082	m ³ /año
17.082	m ³ /año		

Planta de compostaje de las heces

Duración media de permanencia en el compostaje	3 meses
Volumen del compost	550 m ³
Altura del compost elegida	1,5 m
Porcentaje de la superficie utilizada para cerro de compost	90 %
Superficie requerida de la planta de compostaje	407 m ²
Porcentaje del volumen de agua a añadir al volumen del cerro de compost	10 %
Cantidad de agua para riego del cerro de compost	55,0 m ³
Número de retroexcavadoras	1 vehículo
Volumen pala de retroexcavadora	2 m ³
Duración carga, ida, descarga y vuelta	2 min
Máximo de horas de trabajo diarias	8 h/día
Aprovechamiento de la capacidad de la pala	70 %
Número de viajes requeridos por cerro	393 viajes/cerro
Días de trabajo de volteo por cerro	1,6 días/cerro
Días de riego, realización aislamiento térmico y realización aireación	0,5 días/cerro
Intervalo de volteos	3 semanas

Días de trabajo	37 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	12 días/año
Total días de trabajo	49 días/año
Número de operadores	1 obrero
Horas de trabajo diarias requeridas	1,6 h/día
Factor de reducción debido al compostaje: Volumen final / Volumen inicial	35 %
Grado de recuperación del compost	95 %
Producción de compost (valor de dimensionamiento)	679,6 m ³ /año

3 COSTOS

3.1 Almacenamiento individual en casa

Costos de inversión

Depósito de orina intermediario e instalaciones	110 US\$/unidad
Costos de capital resultantes	55.489 US\$/año

Costos de operación

Bolsa de papel reforzado para tomar heces (neto)	0,5 S/. por unidad
Costo de bolsas de papel	20.979 US\$/año
Aserrín u otro material de añadidura (neto)	0,1 S/. por L
Costo de compra de aserrín	2.517 US\$/año

Total

Total almacenamiento	78.986 US\$/año
----------------------	-----------------

3.2 Transporte

Costos de inversión

Camión con tanque equipado con 1 dispositivo de succión (neto)	100.000 US\$/unidad
Pick-Up (neto)	40.000 US\$/unidad
Total vehículos	240.000 US\$
Costos de capital resultantes	28.010 US\$/año

Costos de operación

Salario conductor	1.000 S/. por mes
Salario ayudante	1.000 S/. por mes
Costo de personal	74.938 US\$/año
Costo de mantenimiento vehículos	7.200 US\$/año
Precio gasóleo (neto)	10 S/. por galón
Conversión galón estadounidense --> litro	3,79 l/galón
Consumo de gasóleo	20 l/100km
Costo de combustible	10.677 US\$/año

Total

Total transporte	120.825 US\$/año
------------------	------------------

3.3 Tratamiento central

Costos de inversión

Depósitos de orina e instalaciones (material) (neto)	10.700 US\$/unidad
Costos de realización soldaduras del plástico y ensayos de estanqueidad	20 %
Depósitos de orina e instalaciones (completo)	38.520 US\$

La retroexcavadora será comprada o alquilada?

Precio de compra de la retroexcavadora **alquilada** - US\$/unidad

Precio de alquiler de la retroexcavadora, conductor incluido **60** US\$/día

Total vehículos 2.943 US\$/año

Área de compostaje (placa de base) (neto) **131** US\$/m²

Costos adicionales de aislamiento térmico y cobertura **20** %

Área de compostaje (completo) 64.009 US\$

Área de carga, descarga y maniobra 20.000 US\$

Instalaciones complementarias 25.000 US\$

Costos de capital resultantes 10.385 US\$/año

Costos de operación

Salario operador (volteos, riego, ejecución aireación) 0 S/. por mes

Salario guardián **700** S/. por mes

Costo de personal 6.266 US\$/año

Costo de mantenimiento vehículos 0 US\$/año

Tarifa agua potable y alcantarillado (neto) **5,29** S/. / m³

Costo de agua para riego del cerro del compost 407 US\$/año

Costo de energía: corriente para casita, gasóleo para vehículo (neto) **1.200** US\$/año, global

Total

Total tratamiento 18.258 US\$/año

3.4 Educación y Administración

Costos educativos (trabajo social) 0,10 US\$/viv/mes
 12.000 US\$/año
 Costos administrativos (% del Total 3.1, 3.2 y 3.3) 15 %
 32.710 US\$/año
 Total educación y administración 44.710 US\$/año

3.5 Disminución de costos debido a la reducción del consumo de agua potable

Sistema de referencia: Abastecimiento de agua por red pública -
 Sistema de referencia: Baño con arrastre hidráulico
 Sistema de referencia: Saneamiento con alcantarillado
 Cantidad de agua potable utilizada para arrastre hidráulico 12 l/uso del baño
 Parte del tiempo pasado en casa 65 % del día
 Cantidad de agua potable ahorrado 27 l/hab/d
 Tarifa de agua potable (neto) 0,70 S/. / m³
 Tarifa de alcantarillado (neto) 1,04 S/. / m³
 Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio 0 %
 Parte de la reducción de costos que será transferida a los usuarios 100 %
 Disminución de costos -242.493 US\$/año

3.6 Total Costos

Total (neto) 20.285 US\$/año
 Impuesto General a las Ventas (IGV) 3.854 US\$/año
 Total (bruto) 24.139 US\$/año
 = 0,20 US\$/viv/mes

4 BENEFICIOS

4.1 Ingresos por la venta de la orina

Parte de orinaciones en casa 65 %
 Precio de urea (bruto, IGV incluido) 1,14 US\$/kg urea
 Precio de urea (neto) 0,96 US\$/kg urea
 Contenido de nitrógeno de urea 46 %
 Contenido de nitrógeno teórico de orina 4,0 kgN /500L
 Contenido de nitrógeno real de la orina 80 % del valor teórico
 Equivalente de urea 0,014 kg urea / kg orina
 Valor mercantil estimado de orina 0,04 S/. por litro
 Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio 0 %
 Parte de los ingresos de venta que será transferida a los usuarios 100 %
 Ingreso posible por la venta de orina (neto) -147.990 US\$/año

4.2 Ingresos por la venta del compost

Parte de defecaciones en casa 90 %
 Precio de compost de guano de animales (bruto, IGV incluido) 0,16 S/. por litro
 Precio de compost de guano de animales (neto) 0,13 S/. por litro
 Factor de reducción del precio (conservador) 70 %
 Valor mercantil estimado de compost (neto) 0,09 S/. por litro
 Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio 0 %
 Parte de los ingresos de venta que será transferida a los usuarios 100 %
 Ingreso posible por la venta del compost (neto) -20.129 US\$/año

4.3 Total Beneficios

Total (neto) -168.119 US\$/año
 = -1,40 US\$/viv/mes

5 RESULTADO

Beneficios netos -1,20 US\$/viv/mes

Cálculo de costos

Modelo de servicio M1

1 SUPOSICIONES BÁSICAS

1.1 para dimensionamiento

El cálculo se efectuará del punto de vista de

Número de viviendas servidas

Número de personas por vivienda

La orina será recogida?

Intervalo de recogida de la orina

Las heces serán recogidas?

Intervalo del vacío de las cajas de heces

Recogida de cubos o por carretilla?

Producción de heces húmedas

Materia seca de las heces

Consumo papel higiénico

Densidad papel higiénico usado compactado

Porcentaje de aserrín utilizado para compostaje

Producción de orina

Unidad:

los usuarios -

1.000 viviendas

4 personas

no -

meses

no -

12 meses

-

0,14 l/hab/día

30 %

20 g/hab/día

350 g/l

5 % del vol. heces

1,30 l/hab/día

1.2 para costos

Días de trabajo efectivos anuales por obrero

250 días/año

Número de salarios

16 meses

Costos adicionales de salario

60 %

Conversión S/. --> US\$

2,86 S/. = 1 US\$

Impuesto General a las Ventas (IGV)

19 %

Tasa de interés nominal (en el mercado de capitales)

6,0 % p.a.

Tasa de inflación

3,0 % p.a.

Tasa de interés real

2,9 % p.a.

Construcciones:

Vida útil asumida

30 años

Conversión "costo de inversión singular" en "costos de capital regulares"

0,050 -

Tasa costos de mantenimiento

2,0 % p.a.

Máquinas (vehículos):

Vida útil asumida

10 años

Conversión "costo de inversión singular" en "costos de capital regulares"

0,117 -

Tasa costos de mantenimiento

3,0 % p.a.

2 DIMENSIONAMIENTO

2.1 Almacenamiento individual en casa

Parte de las heces considerada todavía húmeda (al final del almacenamiento)

10 %

Volumen heces semi-secas

0,05 l/hab/día

Volumen papel higiénico usado compactado

0,06 l/hab/día

Volumen aserrín necesario para compostaje

0,00 l/hab/día

Volumen total (heces, papel y aserrín)

0,11 l/hab/día

Volumen orina

0,00 l/hab/día

Factor de aumento heces y orina (para tener en cuenta visitas)

0 %

Volumen aserrín necesario para compostaje

3,8 l

Volumen caja de heces mínimo

161 l

Volumen caja de heces (para buena circulación de aire)

320 l

Volumen depósito de orina intermediario

0 l

2.2 Vacío

Ubicación

Densidad de la urbanización

2600 hab/km²

Superficie de la urbanización

1,5 km²

Diámetro de la urbanización

1,4 km

Distancia neta entre límite urbanización y área de la empresa

10 km

Distancia media por viaje (ida, vacío y vuelta)

23 km/viaje

Recogida de orina

Número de viviendas a servir por año

4.000 viv/año

Duración recogida por vivienda	(min x obrero)/viv
Velocidad media del viaje	40 km/h
Duración del viaje	35 min
Duración descarga	10 min
Máximo de volumen de transporte de los vehículos	m ³ /vehículo
Máximo de horas de trabajo diarias	h/día
Número de obreros activamente implicados en el vacío	1 obrero/vehículo
Número de obreros exclusivamente conductores	1 obrero/vehículo
Número de viviendas servidas por viaje	0 viv/viaje
Total número de viajes requeridos	0 viajes/año
Días de trabajo	0 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	24 días/año
Total días de trabajo requeridos	24 días/año
Número de vehículos requeridos	<input type="text" value="0"/> vehículos
Horas de trabajo diarias requeridas	<input type="text" value="0,0"/> h/(día x obrero)
Volumen de transporte requerido	0,0 m ³ /vehículo

Vacío de las cajas de heces

Número de viviendas a servir por año	1.000 viv/año
Duración vacío por vivienda	90 (min x obrero)/viv
Velocidad media del viaje	40 km/h
Duración del viaje	35 min
Duración descarga en la planta central	0 min
Máximo de volumen de transporte de los vehículos	2,0 m ³ /vehículo
Máximo de horas de trabajo diarias	8,0 h/día
Número de obreros por vehículo activamente implicados en el vacío mismo	1 obrero/vehículo
Número de obreros exclusivamente conductores	0 obreros/vehículo
El criterio para el dimensionamiento es el: <u>tiempo</u> de transporte.	
Número de viviendas servidas por día	5 viv/día
Total número de viajes requeridos	203 viajes/año
Días de trabajo	203 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	4 días/año
Total días de trabajo requeridos	207 días/año
Número de vehículos requeridos	<input type="text" value="1"/> vehículo
Horas de trabajo diarias requeridas	<input type="text" value="6,6"/> h/(día x obrero)
Volumen de transporte requerido	0,0 m ³ /vehículo

2.3 Tratamiento central

Almacenamiento de la orina

Duración del almacenamiento de la orina	mes
Volumen requerido del depósito orina	0 m ³
Volumen de un depósito orina	510 m ³ /unidad
Número requerido de depósitos orina	<input type="text" value="0"/> unidades
Grado de recuperación de orina	90 %
Producción de orina (valor de dimensionamiento)	<input type="text" value="0"/> m ³ /año

Planta de compostaje de las heces

Duración media de permanencia en el compostaje	meses
Volumen del compost	0 m ³
Altura del compost elegida	1,5 m
Porcentaje de la superficie utilizada para cerro de compost	90 %
Superficie requerida de la planta de compostaje	0 m ²
Porcentaje del volumen de agua a añadir al volumen del cerro de compost	10 %
Cantidad de agua para riego del cerro de compost	0,0 m ³
Número de retroexcavadoras	1 vehículo
Volumen pala de retroexcavadora	2 m ³
Duración carga, ida, descarga y vuelta	2 min
Máximo de horas de trabajo diarias	8 h/día
Aprovechamiento de la capacidad de la pala	70 %
Número de viajes requeridos por cerro	0 viajes/cerro
Días de trabajo de volteo por cerro	0,0 días/cerro
Días de riego, realización aislamiento térmico y realización aireación	0,2 días/cerro
Intervalo de volteos	3 semanas

Días de trabajo	3 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	2 días/año
Total días de trabajo	5 días/año
Número de operadores	1 obrero
Horas de trabajo diarias requeridas	0,0 h/día
Factor de reducción debido al compostaje: Volumen final / Volumen inicial	35 %
Grado de recuperación del compost	95 %
Producción de compost (valor de dimensionamiento)	0,0 m³/año

3 COSTOS

3.1 Almacenamiento individual en casa

Costos de inversión

Depósito de orina intermediario e instalaciones	US\$/unidad
Costos de capital resultantes	0 US\$/año

Costos de operación

Bolsa de papel reforzado para tomar heces (neto)	0,5 S/. por unidad
Costo de bolsas de papel	0 US\$/año
Aserrín u otro material de añadidura (neto)	0,1 S/. por L
Costo de compra de aserrín	133 US\$/año

Total

Total almacenamiento	133 US\$/año
----------------------	--------------

3.2 Vacío

Costos de inversión

Camión con tanque equipado con 1 dispositivo de succión (neto)	US\$/unidad
Ranchera (neto)	20.000 US\$/unidad
Total vehículos	20.000 US\$
Costos de capital resultantes	2.334 US\$/año

Costos de operación

Salario conductor	1.000 S/. por mes
Salario ayudante	1.000 S/. por mes
Costo de personal	7.411 US\$/año
Costo de mantenimiento vehículos	600 US\$/año
Precio gasóleo (neto)	10 S/. por galón
Conversión galón estadounidense --> litro	3,79 l/galón
Consumo de gasóleo	13 l/100km
Costo de combustible	570 US\$/año

Total

Total vacío	10.916 US\$/año
-------------	-----------------

3.3 Tratamiento central

Costos de inversión

Depósitos de orina e instalaciones (material) (neto)	US\$/unidad
Costos de realización soldaduras del plástico y ensayos de estanqueidad	20 %
Depósitos de orina e instalaciones (completo)	0 US\$
La retroexcavadora será comprada o alquilada?	-

Precio de compra de la retroexcavadora	US\$/unidad
Precio de alquiler de la retroexcavadora, conductor incluido	US\$/día
Total vehículos	0 US\$/año

Área de compostaje (placa de base) (neto)	131 US\$/m²
Costos adicionales de aislamiento térmico y cobertura	20 %

Área de compostaje (completo)	0 US\$
Área de carga, descarga y maniobra	0 US\$
Instalaciones complementarias	0 US\$
Costos de capital resultantes	0 US\$/año

Costos de operación

Salario operador (volteos, riego, ejecución aireación)	0 S/. por mes
Salario guardián	700 S/. por mes
Costo de personal	0 US\$/año
Costo de mantenimiento vehículos	0 US\$/año
Tarifa agua potable y alcantarillado (neto)	5,29 S/. / m³
Costo de agua para riego del cerro del compost	0 US\$/año
Costo de energía: corriente para casita, gasóleo para vehículo (neto)	1.200 US\$/año, global

Total

Total tratamiento 0 US\$/año

3.4 Educación y Administración

Costos educativos (trabajo social)	0,10 US\$/viv/mes
-"	1.200 US\$/año
Costos administrativos (% del Total 3.1, 3.2 y 3.3)	15 %
-"	1.657 US\$/año
Total educación y administración	2.857 US\$/año

3.5 Disminución de costos debido a la reducción del consumo de agua potable

Sistema de referencia: Abastecimiento de agua por	red pública -
Sistema de referencia: Baño	con arrastre hidráulico
Sistema de referencia: Saneamiento	con alcantarillado
Cantidad de agua potable utilizada para arrastre hidráulico	12 l/uso del baño
Parte del tiempo pasado en casa	65 % del día
Cantidad de agua potable ahorrado	27 l/hab/d
Tarifa de agua potable (neto)	0,70 S/. / m ³
Tarifa de alcantarillado (neto)	1,04 S/. / m ³
Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio	0 %
Parte de la reducción de costos que será transferida a los usuarios	100 %
Disminución de costos	-24.249 US\$/año

3.6 Total Costos

Total (neto)	-10.343 US\$/año
Impuesto General a las Ventas (IGV)	-1.965 US\$/año
Total (bruto)	-12.308 US\$/año
	= -1,03 US\$/viv/mes

4 BENEFICIOS

4.1 Ingresos por la venta de la orina

Parte de orinaciones en casa	%
Precio de urea (bruto, IGV incluido)	US\$/kg urea
Precio de urea (neto)	0,00 US\$/kg urea
Contenido de nitrógeno de urea	46 %
Contenido de nitrógeno teórico de orina	4,0 kgN /500L
Contenido de nitrógeno real de la orina	80 % del valor teórico
Equivalente de urea	0,014 kg urea / kg orina
Valor mercantil estimado de orina	0,00 S/. por litro
Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio	%
Parte de los ingresos de venta que será transferida a los usuarios	100 %
Ingreso posible por la venta de orina (neto)	0 US\$/año

4.2 Ingresos por la venta del compost

Parte de defecaciones en casa	%
Precio de compost de guano de animales (bruto, IGV incluido)	S/. por litro
Precio de compost de guano de animales (neto)	0,13 S/. por litro
Factor de reducción del precio (conservador)	70 %
Valor mercantil estimado de compost (neto)	0,09 S/. por litro
Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio	%
Parte de los ingresos de venta que será transferida a los usuarios	100 %
Ingreso posible por la venta del compost (neto)	0 US\$/año

4.3 Total Beneficios

Total (neto)	0 US\$/año
	= 0,00 US\$/viv/mes

5 RESULTADO

Beneficios netos	-1,03 US\$/viv/mes
------------------	---------------------------

Cálculo de costos

Modelo de servicio M2

1 SUPOSICIONES BÁSICAS

1.1 para dimensionamiento

El cálculo se efectuará del punto de vista de

Número de viviendas servidas

Número de personas por vivienda

La orina será recogida?

Intervalo de recogida de la orina

Las heces serán recogidas?

Intervalo de recogida de las heces

Recogida de cubos o por carretilla?

Producción de heces húmedas

Materia seca de las heces

Consumo papel higiénico

Densidad papel higiénico usado compactado

Porcentaje de aserrín utilizado para compostaje

Producción de orina

Unidad:

los usuarios -

1.000 viviendas

4 personas

no -

meses

sí -

12 meses

carretilla -

0,14 l/hab/día

30 %

20 g/hab/día

350 g/l

5 % del vol. heces

1,30 l/hab/día

1.2 para costos

Días de trabajo efectivos anuales por obrero

250 días/año

Número de salarios

16 meses

Costos adicionales de salario

60 %

Conversión S/. --> US\$

2,86 S/. = 1 US\$

Impuesto General a las Ventas (IGV)

19 %

Tasa de interés nominal (en el mercado de capitales)

6,0 % p.a.

Tasa de inflación

3,0 % p.a.

Tasa de interés real

2,9 % p.a.

Construcciones:

Vida útil asumida

30 años

Conversión "costo de inversión singular" en "costos de capital regulares"

0,050 -

Tasa costos de mantenimiento

2,0 % p.a.

Máquinas (vehículos):

Vida útil asumida

10 años

Conversión "costo de inversión singular" en "costos de capital regulares"

0,117 -

Tasa costos de mantenimiento

3,0 % p.a.

2 DIMENSIONAMIENTO

2.1 Almacenamiento individual en casa

Parte de las heces considerada todavía húmeda (al final del almacenamiento)

10 %

Volumen heces semi-secas

0,05 l/hab/día

Volumen papel higiénico usado compactado

0,06 l/hab/día

Volumen aserrín necesario para compostaje

0,00 l/hab/día

Volumen total (heces, papel y aserrín)

0,11 l/hab/día

Volumen orina

0,00 l/hab/día

Factor de aumento heces y orina (para tener en cuenta visitas)

0 %

Volumen aserrín necesario para compostaje

3,8 l

Volumen caja de heces mínimo

161 l

Volumen caja de heces (para buena circulación de aire)

320 l

Volumen depósito de orina intermediario

0 l

2.2 Transporte

Ubicación

Densidad de la urbanización

2600 hab/km²

Superficie de la urbanización

1,5 km²

Diámetro de la urbanización

1,4 km

Distancia neta entre límite urbanización y área tratamiento

10 km

Distancia media por viaje (ida, recogida y vuelta)

23 km/viaje

Recogida de orina

Número de viviendas a servir por año

4.000 viv/año

Duración recogida por vivienda	(min x obrero)/viv
Velocidad media del viaje	40 km/h
Duración del viaje	35 min
Duración descarga	10 min
Máximo de volumen de transporte de los vehículos	m ³ /vehículo
Máximo de horas de trabajo diarias	h/día
Número de obreros activamente implicados en el vacío	1 obrero/vehículo
Número de obreros exclusivamente conductores	1 obrero/vehículo
Número de viviendas servidas por viaje	0 viv/viaje
Total número de viajes requeridos	0 viajes/año
Días de trabajo	0 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	24 días/año
Total días de trabajo requeridos	24 días/año
Número de vehículos requeridos	<input type="text" value="0"/> vehículos
Horas de trabajo diarias requeridas	<input type="text" value="0,0"/> h/(día x obrero)
Volumen de transporte requerido	0,0 m ³ /vehículo

Recogida de heces

Número de viviendas a servir por año	1.000 viv/año
Duración recogida por vivienda	45 (min x obrero)/viv
Velocidad media del viaje	40 km/h
Duración del viaje	35 min
Duración descarga en la planta central	30 min
Máximo de volumen de transporte de los vehículos	2,0 m ³ /vehículo
Máximo de horas de trabajo diarias	8,0 h/día
Número de obreros por vehículo activamente implicados en el vacío mismo	1 obrero/vehículo
Número de obreros exclusivamente conductores	0 obreros/vehículo
El criterio para el dimensionamiento es el: <u>tiempo</u> de transporte.	
Número de viviendas servidas por día	9 viv/día
Total número de viajes requeridos	109 viajes/año
Días de trabajo	109 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	4 días/año
Total días de trabajo requeridos	113 días/año
Número de vehículos requeridos	<input type="text" value="1"/> vehículo
Horas de trabajo diarias requeridas	<input type="text" value="3,6"/> h/(día x obrero)
Volumen de transporte requerido	1,5 m ³ /vehículo

2.3 Tratamiento central

Almacenamiento de la orina

Duración del almacenamiento de la orina	mes
Volumen requerido del depósito orina	0 m ³
Volumen de un depósito orina	510 m ³ /unidad
Número requerido de depósitos orina	<input type="text" value="0"/> unidades
Grado de recuperación de orina	90 %
Producción de orina (valor de dimensionamiento)	<input type="text" value="0"/> m ³ /año

Planta de compostaje de las heces

Duración media de permanencia en el compostaje	3 meses
Volumen del compost	40 m ³
Altura del compost elegida	1,5 m
Porcentaje de la superficie utilizada para cerro de compost	90 %
Superficie requerida de la planta de compostaje	30 m ²
Porcentaje del volumen de agua a añadir al volumen del cerro de compost	10 %
Cantidad de agua para riego del cerro de compost	4,0 m ³
Número de retroexcavadoras	1 vehículo
Volumen pala de retroexcavadora	2 m ³
Duración carga, ida, descarga y vuelta	2 min
Máximo de horas de trabajo diarias	8 h/día
Aprovechamiento de la capacidad de la pala	70 %
Número de viajes requeridos por cerro	29 viajes/cerro
Días de trabajo de volteo por cerro	0,1 días/cerro
Días de riego, realización aislamiento térmico y realización aireación	0,2 días/cerro
Intervalo de volteos	3 semanas

Días de trabajo	6 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	2 días/año
Total días de trabajo	8 días/año
Número de operadores	1 obrero
Horas de trabajo diarias requeridas	0,2 h/día
Factor de reducción debido al compostaje: Volumen final / Volumen inicial	35 %
Grado de recuperación del compost	95 %
Producción de compost (valor de dimensionamiento)	68,0 m³/año

3 COSTOS

3.1 Almacenamiento individual en casa

Costos de inversión

Depósito de orina intermediario e instalaciones	US\$/unidad
Costos de capital resultantes	0 US\$/año

Costos de operación

Bolsa de papel reforzado para tomar heces (neto)	0,5 S/. por unidad
Costo de bolsas de papel	0 US\$/año
Aserrín u otro material de añadidura (neto)	0,1 S/. por L
Costo de compra de aserrín	133 US\$/año

Total

Total almacenamiento	133 US\$/año
----------------------	--------------

3.2 Transporte

Costos de inversión

Camión con tanque equipado con 1 dispositivo de succión (neto)	US\$/unidad
Pick-Up (neto)	40.000 US\$/unidad
Total vehículos	40.000 US\$
Costos de capital resultantes	4.668 US\$/año

Costos de operación

Salario conductor	1.000 S/. por mes
Salario ayudante	1.000 S/. por mes
Costo de personal	4.046 US\$/año
Costo de mantenimiento vehículos	1.200 US\$/año
Precio gasóleo (neto)	10 S/. por galón
Conversión galón estadounidense --> litro	3,79 l/galón
Consumo de gasóleo	13 l/100km
Costo de combustible	306 US\$/año

Total

Total transporte	10.220 US\$/año
------------------	-----------------

3.3 Tratamiento central

Costos de inversión

Depósitos de orina e instalaciones (material) (neto)	US\$/unidad
Costos de realización soldaduras del plástico y ensayos de estanqueidad	20 %
Depósitos de orina e instalaciones (completo)	0 US\$

La retroexcavadora será comprada o alquilada?

Precio de compra de la retroexcavadora	alquilada -
Precio de alquiler de la retroexcavadora, conductor incluido	US\$/unidad
Total vehículos	60 US\$/día

Área de compostaje (placa de base) (neto)	454 US\$/año
Costos adicionales de aislamiento térmico y cobertura	131 US\$/m²
Área de compostaje (completo)	20 %

Área de carga, descarga y maniobra	4.675 US\$
Instalaciones complementarias	20.000 US\$
Costos de capital resultantes	25.000 US\$

Costos de operación	2.960 US\$/año
---------------------	----------------

Salario operador (volteos, riego, ejecución aireación)	0 S/. por mes
Salario guardián	700 S/. por mes

Costo de personal	6.266 US\$/año
Costo de mantenimiento vehículos	0 US\$/año
Tarifa agua potable y alcantarillado (neto)	0 US\$/año

Costo de agua para riego del cerro del compost	5,29 S/. / m³
Costo de energía: corriente para casita, gasóleo para vehículo (neto)	30 US\$/año

Costo de energía: corriente para casita, gasóleo para vehículo (neto)	1.200 US\$/año, global
---	------------------------

Total

Total tratamiento 10.455 US\$/año

3.4 Educación y Administración

Costos educativos (trabajo social)	0,10 US\$/viv/mes
-"	1.200 US\$/año
Costos administrativos (% del Total 3.1, 3.2 y 3.3)	15 %
-"	3.121 US\$/año
Total educación y administración	4.321 US\$/año

3.5 Disminución de costos debido a la reducción del consumo de agua potable

Sistema de referencia: Abastecimiento de agua por	red pública -
Sistema de referencia: Baño	con arrastre hidráulico
Sistema de referencia: Saneamiento	con alcantarillado
Cantidad de agua potable utilizada para arrastre hidráulico	12 l/uso del baño
Parte del tiempo pasado en casa	65 % del día
Cantidad de agua potable ahorrado	27 l/hab/d
Tarifa de agua potable (neto)	0,70 S/. / m ³
Tarifa de alcantarillado (neto)	1,04 S/. / m ³
Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio	0 %
Parte de la reducción de costos que será transferida a los usuarios	100 %
Disminución de costos	-24.249 US\$/año

3.6 Total Costos

Total (neto)	880 US\$/año
Impuesto General a las Ventas (IGV)	167 US\$/año
Total (bruto)	1.048 US\$/año
	= 0,09 US\$/viv/mes

4 BENEFICIOS

4.1 Ingresos por la venta de la orina

Parte de orinaciones en casa	%
Precio de urea (bruto, IGV incluido)	US\$/kg urea
Precio de urea (neto)	0,00 US\$/kg urea
Contenido de nitrógeno de urea	46 %
Contenido de nitrógeno teórico de orina	4,0 kgN /500L
Contenido de nitrógeno real de la orina	80 % del valor teórico
Equivalente de urea	0,014 kg urea / kg orina
Valor mercantil estimado de orina	0,00 S/. por litro
Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio	%
Parte de los ingresos de venta que será transferida a los usuarios	100 %
Ingreso posible por la venta de orina (neto)	0 US\$/año

4.2 Ingresos por la venta del compost

Parte de defecaciones en casa	90 %
Precio de compost de guano de animales (bruto, IGV incluido)	0,16 S/. por litro
Precio de compost de guano de animales (neto)	0,13 S/. por litro
Factor de reducción del precio (conservador)	70 %
Valor mercantil estimado de compost (neto)	0,09 S/. por litro
Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio	0 %
Parte de los ingresos de venta que será transferida a los usuarios	100 %
Ingreso posible por la venta del compost (neto)	-2.013 US\$/año

4.3 Total Beneficios

Total (neto)	-2.013 US\$/año
	= -0,17 US\$/viv/mes

5 RESULTADO

Beneficios netos	-0,08 US\$/viv/mes
------------------	--------------------

Cálculo de costos

Modelo de servicio M3

1 SUPOSICIONES BÁSICAS

1.1 para dimensionamiento

El cálculo se efectuará del punto de vista de

Número de viviendas servidas

Número de personas por vivienda

La orina será recogida?

Intervalo de recogida de la orina

Las heces serán recogidas?

Intervalo de recogida de las heces

Recogida de cubos o por carretilla?

Producción de heces húmedas

Materia seca de las heces

Consumo papel higiénico

Densidad papel higiénico usado compactado

Porcentaje de aserrín utilizado para compostaje

Producción de orina

Unidad:

los usuarios -

1.000 viviendas

4 personas

no -

meses

sí -

1 mes

cubo -

0,14 l/hab/día

30 %

20 g/hab/día

350 g/l

5 % del vol. heces

1,30 l/hab/día

1.2 para costos

Días de trabajo efectivos anuales por obrero

250 días/año

Número de salarios

16 meses

Costos adicionales de salario

60 %

Conversión S/. --> US\$

2,86 S/. = 1 US\$

Impuesto General a las Ventas (IGV)

19 %

Tasa de interés nominal (en el mercado de capitales)

6,0 % p.a.

Tasa de inflación

3,0 % p.a.

Tasa de interés real

2,9 % p.a.

Construcciones:

Vida útil asumida

30 años

Conversión "costo de inversión singular" en "costos de capital regulares"

0,050 -

Tasa costos de mantenimiento

2,0 % p.a.

Máquinas (vehículos):

Vida útil asumida

10 años

Conversión "costo de inversión singular" en "costos de capital regulares"

0,117 -

Tasa costos de mantenimiento

3,0 % p.a.

2 DIMENSIONAMIENTO

2.1 Almacenamiento individual en casa

Parte de las heces considerada todavía húmeda (al final del almacenamiento)

50 %

Volumen heces semi-secas

0,09 l/hab/día

Volumen papel higiénico usado compactado

0,06 l/hab/día

Volumen aserrín necesario para compostaje

0,00 l/hab/día

Volumen total (heces, papel y aserrín)

0,15 l/hab/día

Volumen orina

0,00 l/hab/día

Factor de aumento heces y orina (para tener en cuenta visitas)

50 %

Volumen aserrín necesario para compostaje

0,6 l

Volumen caja de heces mínimo

27 l

Volumen caja de heces (para buena circulación de aire)

50 l

Volumen depósito de orina intermediario

0 l

2.2 Transporte

Ubicación

Densidad de la urbanización

2600 hab/km²

Superficie de la urbanización

1,5 km²

Diámetro de la urbanización

1,4 km

Distancia neta entre límite urbanización y área tratamiento

10 km

Distancia media por viaje (ida, recogida y vuelta)

23 km/viaje

Recogida de orina

Número de viviendas a servir por año

4.000 viv/año

Duración recogida por vivienda	(min x obrero)/viv
Velocidad media del viaje	40 km/h
Duración del viaje	35 min
Duración descarga	10 min
Máximo de volumen de transporte de los vehículos	m ³ /vehículo
Máximo de horas de trabajo diarias	h/día
Número de obreros activamente implicados en el vacío	1 obrero/vehículo
Número de obreros exclusivamente conductores	1 obrero/vehículo
Número de viviendas servidas por viaje	0 viv/viaje
Total número de viajes requeridos	0 viajes/año
Días de trabajo	0 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	24 días/año
Total días de trabajo requeridos	24 días/año
Número de vehículos requeridos	<input type="text" value="0"/> vehículos
Horas de trabajo diarias requeridas	<input type="text" value="0,0"/> h/(día x obrero)
Volumen de transporte requerido	0,0 m ³ /vehículo

Recogida de heces

Número de viviendas a servir por año	12.000 viv/año
Duración recogida por vivienda	0,75 (min x obrero)/viv
Velocidad media del viaje	40 km/h
Duración del viaje	35 min
Duración descarga en la planta central	30 min
Máximo de volumen de transporte de los vehículos	7,0 m ³ /vehículo
Máximo de horas de trabajo diarias	8,0 h/día
Número de obreros por vehículo activamente implicados en el vacío mismo	1 obrero/vehículo
Número de obreros exclusivamente conductores	1 obrero/vehículo
El criterio para el dimensionamiento es el: <u>volumen</u> de transporte.	
Número de viviendas servidas por día	382 viv/viaje
Total número de viajes requeridos	32 viajes/año
Días de viaje	23 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	3 días/año
Total días de trabajo requeridos	26 días/año
Número de vehículos requeridos	<input type="text" value="1"/> vehículo
Horas de trabajo diarias requeridas	<input type="text" value="0,8"/> h/(día x obrero)
Volumen de transporte requerido	7,0 m ³ /vehículo

2.3 Tratamiento central

Almacenamiento de la orina

Duración del almacenamiento de la orina	mes
Volumen requerido del depósito orina	0 m ³
Volumen de un depósito orina	510 m ³ /unidad
Número requerido de depósitos orina	<input type="text" value="0"/> unidades
Grado de recuperación de orina	90 %
Producción de orina (valor de dimensionamiento)	<input type="text" value="0"/> m ³ /año

Planta de compostaje de las heces

Duración media de permanencia en el compostaje	3 meses
Volumen del compost	55 m ³
Altura del compost elegida	1,5 m
Porcentaje de la superficie utilizada para cerro de compost	90 %
Superficie requerida de la planta de compostaje	41 m ²
Porcentaje del volumen de agua a añadir al volumen del cerro de compost	10 %
Cantidad de agua para riego del cerro de compost	5,5 m ³
Número de retroexcavadoras	1 vehículo
Volumen pala de retroexcavadora	2 m ³
Duración carga, ida, descarga y vuelta	2 min
Máximo de horas de trabajo diarias	8 h/día
Aprovechamiento de la capacidad de la pala	70 %
Número de viajes requeridos por cerro	40 viajes/cerro
Días de trabajo de volteo por cerro	0,2 días/cerro
Días de riego, realización aislamiento térmico y realización aireación	0,3 días/cerro
Intervalo de volteos	3 semanas

Días de trabajo	7 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	2 días/año
Total días de trabajo	9 días/año
Número de operadores	1 obrero
Horas de trabajo diarias requeridas	0,3 h/día
Factor de reducción debido al compostaje: Volumen final / Volumen inicial	35 %
Grado de recuperación del compost	95 %
Producción de compost (valor de dimensionamiento)	68,0 m³/año

3 COSTOS

3.1 Almacenamiento individual en casa

Costos de inversión

Depósito de orina intermediario e instalaciones	US\$/unidad
Costos de capital resultantes	0 US\$/año

Costos de operación

Bolsa de papel reforzado para tomar heces (neto)	0,5 S/. por unidad
Costo de bolsas de papel	2.098 US\$/año
Aserrín u otro material de añadidura (neto)	0,1 S/. por L
Costo de compra de aserrín	252 US\$/año

Total

Total almacenamiento	2.350 US\$/año
----------------------	----------------

3.2 Transporte

Costos de inversión

Camión con tanque equipado con 1 dispositivo de succión (neto)	US\$/unidad
Pick-Up (neto)	40.000 US\$/unidad
Total vehículos	40.000 US\$
Costos de capital resultantes	4.668 US\$/año

Costos de operación

Salario conductor	1.000 S/. por mes
Salario ayudante	1.000 S/. por mes
Costo de personal	1.893 US\$/año
Costo de mantenimiento vehículos	1.200 US\$/año
Precio gasóleo (neto)	10 S/. por galón
Conversión galón estadounidense --> litro	3,79 l/galón
Consumo de gasóleo	20 l/100km
Costo de combustible	138 US\$/año

Total

Total transporte	7.900 US\$/año
------------------	----------------

3.3 Tratamiento central

Costos de inversión

Depósitos de orina e instalaciones (material) (neto)	US\$/unidad
Costos de realización soldaduras del plástico y ensayos de estanqueidad	20 %
Depósitos de orina e instalaciones (completo)	0 US\$

La retroexcavadora será comprada o alquilada?

Precio de compra de la retroexcavadora	alquilada -
Precio de alquiler de la retroexcavadora, conductor incluido	US\$/unidad
Total vehículos	60 US\$/día

Área de compostaje (placa de base) (neto)	553 US\$/año
Costos adicionales de aislamiento térmico y cobertura	131 US\$/m²
Área de compostaje (completo)	20 %

Área de carga, descarga y maniobra	6.401 US\$
Instalaciones complementarias	20.000 US\$
Costos de capital resultantes	25.000 US\$

Costos de operación	3.146 US\$/año
---------------------	----------------

Salario operador (volteos, riego, ejecución aireación)	0 S/. por mes
Salario guardián	700 S/. por mes

Costo de personal	6.266 US\$/año
Costo de mantenimiento vehículos	0 US\$/año

Tarifa agua potable y alcantarillado (neto)	5,29 S/. / m³
Costo de agua para riego del cerro del compost	41 US\$/año

Costo de energía: corriente para casita, gasóleo para vehículo (neto)	1.200 US\$/año, global
---	------------------------

Total

Total tratamiento 10.653 US\$/año

3.4 Educación y Administración

Costos educativos (trabajo social)	0,10 US\$/viv/mes
-"	1.200 US\$/año
Costos administrativos (% del Total 3.1, 3.2 y 3.3)	15 %
-"	3.135 US\$/año
Total educación y administración	4.335 US\$/año

3.5 Disminución de costos debido a la reducción del consumo de agua potable

Sistema de referencia: Abastecimiento de agua por	red pública -
Sistema de referencia: Baño	con arrastre hidráulico
Sistema de referencia: Saneamiento	con alcantarillado
Cantidad de agua potable utilizada para arrastre hidráulico	12 l/uso del baño
Parte del tiempo pasado en casa	65 % del día
Cantidad de agua potable ahorrado	27 l/hab/d
Tarifa de agua potable (neto)	0,70 S/. / m ³
Tarifa de alcantarillado (neto)	1,04 S/. / m ³
Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio	0 %
Parte de la reducción de costos que será transferida a los usuarios	100 %
Disminución de costos	-24.249 US\$/año

3.6 Total Costos

Total (neto)	988 US\$/año
Impuesto General a las Ventas (IGV)	188 US\$/año
Total (bruto)	1.176 US\$/año
	= 0,10 US\$/viv/mes

4 BENEFICIOS

4.1 Ingresos por la venta de la orina

Parte de orinaciones en casa	%
Precio de urea (bruto, IGV incluido)	US\$/kg urea
Precio de urea (neto)	0,00 US\$/kg urea
Contenido de nitrógeno de urea	46 %
Contenido de nitrógeno teórico de orina	4,0 kgN /500L
Contenido de nitrógeno real de la orina	80 % del valor teórico
Equivalente de urea	0,014 kg urea / kg orina
Valor mercantil estimado de orina	0,00 S/. por litro
Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio	%
Parte de los ingresos de venta que será transferida a los usuarios	100 %
Ingreso posible por la venta de orina (neto)	0 US\$/año

4.2 Ingresos por la venta del compost

Parte de defecaciones en casa	90 %
Precio de compost de guano de animales (bruto, IGV incluido)	0,16 S/. por litro
Precio de compost de guano de animales (neto)	0,13 S/. por litro
Factor de reducción del precio (conservador)	70 %
Valor mercantil estimado de compost (neto)	0,09 S/. por litro
Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio	0 %
Parte de los ingresos de venta que será transferida a los usuarios	100 %
Ingreso posible por la venta del compost (neto)	-2.013 US\$/año

4.3 Total Beneficios

Total (neto)	-2.013 US\$/año
	= -0,17 US\$/viv/mes

5 RESULTADO

Beneficios netos	-0,07 US\$/viv/mes
------------------	---------------------------

Cálculo de costos

Modelo de servicio M4

1 SUPOSICIONES BÁSICAS

1.1 para dimensionamiento

El cálculo se efectuará del punto de vista de

Número de viviendas servidas
 Número de personas por vivienda
 La orina será recogida?
 Intervalo de recogida de la orina
 Las heces serán recogidas?
 Intervalo de recogida de las heces
 Recogida de cubos o por carretilla?
 Producción de heces húmedas
 Materia seca de las heces
 Consumo papel higiénico
 Densidad papel higiénico usado compactado
 Porcentaje de aserrín utilizado para compostaje
 Producción de orina

Unidad:

los usuarios -
1.000 viviendas
4 personas
sí -
3 meses
sí -
1 mes
cubo -
0,14 l/hab/día
30 %
20 g/hab/día
350 g/l
5 % del vol. heces
1,30 l/hab/día

1.2 para costos

Días de trabajo efectivos anuales por obrero
 Número de salarios
 Costos adicionales de salario
 Conversión S/. --> US\$
 Impuesto General a las Ventas (IGV)
 Tasa de interés nominal (en el mercado de capitales)
 Tasa de inflación
 Tasa de interés real

250 días/año
16 meses
60 %
2,86 S/. = 1 US\$
19 %
6,0 % p.a.
3,0 % p.a.
2,9 % p.a.

Construcciones:

Vida útil asumida
 Conversión "costo de inversión singular" en "costos de capital regulares"
 Tasa costos de mantenimiento

30 años
0,050 -
2,0 % p.a.

Máquinas (vehículos):

Vida útil asumida
 Conversión "costo de inversión singular" en "costos de capital regulares"
 Tasa costos de mantenimiento

10 años
0,117 -
3,0 % p.a.

2 DIMENSIONAMIENTO

2.1 Almacenamiento individual en casa

Parte de las heces considerada todavía húmeda (al final del almacenamiento)
 Volumen heces semi-secas
 Volumen papel higiénico usado compactado
 Volumen aserrín necesario para compostaje
 Volumen total (heces, papel y aserrín)
 Volumen orina
 Factor de aumento heces y orina (para tener en cuenta visitas)
 Volumen aserrín necesario para compostaje
 Volumen caja de heces mínimo
 Volumen caja de heces (para buena circulación de aire)
 Volumen depósito de orina intermediario

50 %
 0,09 l/hab/día
 0,06 l/hab/día
 0,00 l/hab/día
 0,15 l/hab/día
 1,30 l/hab/día
50 %
 0,6 l
 27 l
 50 l
 700 l

2.2 Transporte

Ubicación

Densidad de la urbanización
 Superficie de la urbanización
 Diámetro de la urbanización
 Distancia neta entre límite urbanización y área tratamiento
 Distancia media por viaje (ida, recogida y vuelta)

2600 hab/km²
 1,5 km²
 1,4 km
10 km
 23 km/viaje

Recogida de orina

Número de viviendas a servir por año

4.000 viv/año

Duración recogida por vivienda	7 (min x obrero)/viv		
Velocidad media del viaje	40 km/h		
Duración del viaje	35 min		
Duración descarga	10 min		
Máximo de volumen de transporte de los vehículos	10,0 m ³ /vehículo		
Máximo de horas de trabajo diarias	8 h/día		
Número de obreros activamente implicados en el vacío	1 obrero/vehículo		
Número de obreros exclusivamente conductores	1 obrero/vehículo		
Número de viviendas servidas por viaje	21 viv/viaje		
Total número de viajes requeridos	188 viajes/año		
Días de trabajo	76 días/año		
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	24 días/año		
Total días de trabajo requeridos	100 días/año		
Número de vehículos requeridos	<table border="1"><tr><td>1</td><td>vehículo</td></tr></table>	1	vehículo
1	vehículo		
Horas de trabajo diarias requeridas	<table border="1"><tr><td>3,2</td><td>h/(día x obrero)</td></tr></table>	3,2	h/(día x obrero)
3,2	h/(día x obrero)		
Volumen de transporte requerido	10,0 m ³ /vehículo		

Recogida de heces

Número de viviendas a servir por año	12.000 viv/año		
Duración recogida por vivienda	0,75 (min x obrero)/viv		
Velocidad media del viaje	40 km/h		
Duración del viaje	35 min		
Duración descarga en la planta central	30 min		
Máximo de volumen de transporte de los vehículos	7,0 m ³ /vehículo		
Máximo de horas de trabajo diarias	8,0 h/día		
Número de obreros por vehículo activamente implicados en el vacío mismo	1 obrero/vehículo		
Número de obreros exclusivamente conductores	1 obrero/vehículo		
El criterio para el dimensionamiento es el: <u>volumen</u> de transporte.			
Número de viviendas servidas por día	382 viv/viaje		
Total número de viajes requeridos	32 viajes/año		
Días de viaje	23 días/año		
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	3 días/año		
Total días de trabajo requeridos	26 días/año		
Número de vehículos requeridos	<table border="1"><tr><td>1</td><td>vehículo</td></tr></table>	1	vehículo
1	vehículo		
Horas de trabajo diarias requeridas	<table border="1"><tr><td>0,8</td><td>h/(día x obrero)</td></tr></table>	0,8	h/(día x obrero)
0,8	h/(día x obrero)		
Volumen de transporte requerido	7,0 m ³ /vehículo		

2.3 Tratamiento central

Almacenamiento de la orina

Duración del almacenamiento de la orina	1 mes		
Volumen requerido del depósito orina	156 m ³		
Volumen de un depósito orina	510 m ³ /unidad		
Número requerido de depósitos orina	<table border="1"><tr><td>0</td><td>unidades</td></tr></table>	0	unidades
0	unidades		
Grado de recuperación de orina	90 %		
Producción de orina (valor de dimensionamiento)	<table border="1"><tr><td>1.708</td><td>m³/año</td></tr></table>	1.708	m ³ /año
1.708	m ³ /año		

Planta de compostaje de las heces

Duración media de permanencia en el compostaje	3 meses
Volumen del compost	55 m ³
Altura del compost elegida	1,5 m
Porcentaje de la superficie utilizada para cerro de compost	90 %
Superficie requerida de la planta de compostaje	41 m ²
Porcentaje del volumen de agua a añadir al volumen del cerro de compost	10 %
Cantidad de agua para riego del cerro de compost	5,5 m ³
Número de retroexcavadoras	1 vehículo
Volumen pala de retroexcavadora	2 m ³
Duración carga, ida, descarga y vuelta	2 min
Máximo de horas de trabajo diarias	8 h/día
Aprovechamiento de la capacidad de la pala	70 %
Número de viajes requeridos por cerro	40 viajes/cerro
Días de trabajo de volteo por cerro	0,2 días/cerro
Días de riego, realización aislamiento térmico y realización aireación	0,3 días/cerro
Intervalo de volteos	3 semanas

Días de trabajo	7 días/año
Días de mantenimiento (reparaciones, carga de combustible)	2 días/año
Total días de trabajo	9 días/año
Número de operadores	1 obrero
Horas de trabajo diarias requeridas	0,3 h/día
Factor de reducción debido al compostaje: Volumen final / Volumen inicial	35 %
Grado de recuperación del compost	95 %
Producción de compost (valor de dimensionamiento)	68,0 m³/año

3 COSTOS

3.1 Almacenamiento individual en casa

Costos de inversión

Depósito de orina intermediario e instalaciones	110 US\$/unidad
Costos de capital resultantes	5.549 US\$/año

Costos de operación

Bolsa de papel reforzado para tomar heces (neto)	0,5 S/. por unidad
Costo de bolsas de papel	2.098 US\$/año
Aserrín u otro material de añadidura (neto)	0,1 S/. por L
Costo de compra de aserrín	252 US\$/año

Total

Total almacenamiento	7.899 US\$/año
----------------------	----------------

3.2 Transporte

Costos de inversión

Camión con tanque equipado con 1 dispositivo de succión (neto)	100.000 US\$/unidad
Pick-Up (neto)	40.000 US\$/unidad
Total vehículos	140.000 US\$
Costos de capital resultantes	16.339 US\$/año

Costos de operación

Salario conductor	1.000 S/. por mes
Salario ayudante	1.000 S/. por mes
Costo de personal	9.072 US\$/año
Costo de mantenimiento vehículos	4.200 US\$/año
Precio gasóleo (neto)	10 S/. por galón
Conversión galón estadounidense --> litro	3,79 l/galón
Consumo de gasóleo	20 l/100km
Costo de combustible	951 US\$/año

Total

Total transporte	30.562 US\$/año
------------------	-----------------

3.3 Tratamiento central

Costos de inversión

Depósitos de orina e instalaciones (material) (neto)	10.700 US\$/unidad
Costos de realización soldaduras del plástico y ensayos de estanqueidad	20 %
Depósitos de orina e instalaciones (completo)	0 US\$

La retroexcavadora será comprada o alquilada?

alquilada -

Precio de compra de la retroexcavadora US\$/unidad

Precio de alquiler de la retroexcavadora, conductor incluido 60 US\$/día

Total vehículos 553 US\$/año

Área de compostaje (placa de base) (neto) 131 US\$/m²

Costos adicionales de aislamiento térmico y cobertura 20 %

Área de compostaje (completo) 6.401 US\$

Área de carga, descarga y maniobra 20.000 US\$

Instalaciones complementarias 25.000 US\$

Costos de capital resultantes 3.146 US\$/año

Costos de operación

Salario operador (volteos, riego, ejecución aireación) 0 S/. por mes

Salario guardián 700 S/. por mes

Costo de personal 6.266 US\$/año

Costo de mantenimiento vehículos 0 US\$/año

Tarifa agua potable y alcantarillado (neto) 5,29 S/. / m³

Costo de agua para riego del cerro del compost 41 US\$/año

Costo de energía: corriente para casita, gasóleo para vehículo (neto) 1.200 US\$/año, global

Total

Total tratamiento 10.653 US\$/año

3.4 Educación y Administración

Costos educativos (trabajo social)	0,10 US\$/viv/mes
-"	1.200 US\$/año
Costos administrativos (% del Total 3.1, 3.2 y 3.3)	15 %
-"	7.367 US\$/año
Total educación y administración	8.567 US\$/año

3.5 Disminución de costos debido a la reducción del consumo de agua potable

Sistema de referencia: Abastecimiento de agua por	red pública -
Sistema de referencia: Baño	con arrastre hidráulico
Sistema de referencia: Saneamiento	con alcantarillado
Cantidad de agua potable utilizada para arrastre hidráulico	12 l/uso del baño
Parte del tiempo pasado en casa	65 % del día
Cantidad de agua potable ahorrado	27 l/hab/d
Tarifa de agua potable (neto)	0,70 S/. / m ³
Tarifa de alcantarillado (neto)	1,04 S/. / m ³
Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio	0 %
Parte de la reducción de costos que será transferida a los usuarios	100 %
Disminución de costos	-24.249 US\$/año

3.6 Total Costos

Total (neto)	33.431 US\$/año
Impuesto General a las Ventas (IGV)	6.352 US\$/año
Total (bruto)	39.783 US\$/año
	= 3,32 US\$/viv/mes

4 BENEFICIOS

4.1 Ingresos por la venta de la orina

Parte de orinaciones en casa	65 %
Precio de urea (bruto, IGV incluido)	0,00 US\$/kg urea
Precio de urea (neto)	0,00 US\$/kg urea
Contenido de nitrógeno de urea	46 %
Contenido de nitrógeno teórico de orina	4,0 kgN /500L
Contenido de nitrógeno real de la orina	80 % del valor teórico
Equivalente de urea	0,014 kg urea / kg orina
Valor mercantil estimado de orina	0,00 S/. por litro
Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio	0 %
Parte de los ingresos de venta que será transferida a los usuarios	100 %
Ingreso posible por la venta de orina (neto)	0 US\$/año

4.2 Ingresos por la venta del compost

Parte de defecaciones en casa	90 %
Precio de compost de guano de animales (bruto, IGV incluido)	0,16 S/. por litro
Precio de compost de guano de animales (neto)	0,13 S/. por litro
Factor de reducción del precio (conservador)	70 %
Valor mercantil estimado de compost (neto)	0,09 S/. por litro
Parte de la reducción de costos retenida por la empresa de servicio	0 %
Parte de los ingresos de venta que será transferida a los usuarios	100 %
Ingreso posible por la venta del compost (neto)	-2.013 US\$/año

4.3 Total Beneficios

Total (neto)	-2.013 US\$/año
	= -0,17 US\$/viv/mes

5 RESULTADO

Costos netos	3,15 US\$/viv/mes
--------------	--------------------------