

# Métodos y Maneras de Recolectar y Transportar los Lodos Fecales

Georges Mikhael, David M. Robbins, James E. Ramsay y Mbaye Mbéguéré

## Objetivos de aprendizaje

- Entender los aspectos sociales, procedimentales y técnicos de la recolección y transporte de los lodos fecales de estructuras descentralizadas de saneamiento, junto con la magnitud del problema.
- Conocer los tipos de equipos que pueden ser utilizados para vaciar las diversas estructuras descentralizadas de saneamiento.
- Concientizarse de los asuntos y variables en juego en el transporte de lodos fecales hasta una estación de tratamiento o transferencia.
- Saber qué es una estación de transferencia, cómo se opera y qué factores influyen sobre su ubicación.

## 4.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo presenta las mejores prácticas para la recolección y transporte de lodos fecales (LF) que son aplicables para una variedad de proveedores de servicio, desde personas independientes con triciclos de carga a grandes compañías con muchos vehículos (a veces cientos) para el transporte y que operan en ciudades densamente pobladas. Por estas razones, se presenta una diversidad de técnicas, desde métodos manuales básicos hasta el uso de sofisticados camiones aspiradores. Debido a la complejidad de las diferentes tecnologías descentralizadas, situaciones económicas y facilidades de acceso, muchos tipos de proveedores de servicio pueden encontrarse frecuentemente trabajando simultáneamente en la misma zona, incluso dentro de una misma compañía.

Las personas y compañías que recolectan y transportan LF desde tecnologías descentralizadas de saneamiento, como tanques sépticos y letrinas de pozo, rinden un valioso servicio para los barrios y ciudades donde trabajan (Figura 4.1). Ofrecen un eslabón crítico en la cadena de servicio que hace el acceso al saneamiento una realidad. Sin sus servicios, las instalaciones descentralizadas de saneamiento no funcionarían correctamente. Este capítulo aborda los aspectos técnicos y procedimentales de la recolección de LF de las tecnologías descentralizadas, su transporte al lugar de tratamiento y las maneras en que los proveedores de servicio logran realizar estas tareas.

El objetivo de este capítulo es resaltar los aspectos de un servicio de vaciado que sea ideal, profesional y seguro. Los proveedores eficientes dependen de personal capacitado, equipo funcional y procedimientos adecuados para llevar a cabo el trabajo con seguridad y un impacto mínimo sobre el ambiente. Las autoridades sanitarias promueven medidas como capacitación y certificación de los trabajadores y emisión de licencias para los vehículos de recolección. Los procedimientos deben ajustarse al contexto local, tomando en cuenta los objetivos globales.

## 4.2 TAREAS Y RESPONSABILIDADES

Las tareas y responsabilidades cotidianas de los recolectores y transportistas de LF incluyen las que realizan antes, durante y después del vaciado, siendo estas últimas el transporte de los LF a la estación de tratamiento. Como se explicará en el Capítulo 12, los proveedores de servicio pueden ser personas independientes, compañías de diferentes tamaños o municipalidades.

Varias tareas deben realizarse en el vaciado de las instalaciones descentralizadas de saneamiento:

- Conversar previamente con los clientes para arreglar la logística e informarles de los procedimientos;
- Informar de la tarifa estandarizada o negociar una tarifa, según el modelo de negocios;
- Encontrar las instalaciones que deben vaciarse;
- Determinar la accesibilidad al lugar;
- Abrir la estructura;
- Vaciar los LF;
- Evaluar la condición de la estructura;
- Cerrarla;
- Limpiar el área;
- Realizar una inspección final e informar a los clientes de cualquier novedad sobre la estructura.



**Figura 4.1** Vaciado de los lodos fecales de un tanque séptico con un equipo aspirador. La seguridad ocupacional podría mejorarse con la provisión y uso adecuado de los equipos de protección personal. (foto: David M. Robbins).

Esta sección ofrece información más detallada sobre actividades que deben realizarse óptimamente antes del vaciado. La recolección y el transporte serán tratados en secciones posteriores.

### 4.2.1 Interacción con los clientes

El operador que viene para vaciar los LF es frecuentemente la única persona que interactúa con el cliente respecto a su estructura descentralizada de saneamiento. De esta manera, tiene la responsabilidad no solo de ejecutar las tareas debidamente, pero también conocer este tipo de saneamiento y contar con la capacidad de comunicar al cliente por qué el vaciado seguro de los LF es necesario y beneficioso para este último y su comunidad. Además, es el único miembro del equipo que observa la estructura de contención llena y luego vacía, a fin de evaluar si está funcionando correctamente e identificar necesidades de reparación o asuntos relacionados con su operación adecuada que podrían incrementar la vida útil de la estructura. Asimismo, puede ayudar a resolver problemas e informar a la comunidad del manejo de LF (MLF). Es una buena oportunidad para que los proveedores de servicio puedan colaborar con los gobiernos locales a difundir información, como folletos sobre el debido cuidado de los tanques sépticos o cómo mejorar a las letrinas.

#### Caso de Estudio 4.1: Interacción con los clientes en la ciudad de Marikina, Filipinas

En la ciudad de Marikina, se lleva la interacción con los clientes varios pasos más adelante. El municipio y la empresa de agua armaron un programa muy organizado de vaciado de lodos fecales (LF) que visita a cada barrio, cada 5 años. Se asocian con los proveedores de servicio privados de la siguiente manera:

- Varios días antes del vaciado, envían una camioneta a perifonear con altoparlantes para avisar a los residentes del trabajo;
- Un día antes del vaciado, trabajadores municipales visitan a las casas y entregan folletos;
- Identifican los hogares que requieren ayuda para abrir sus tanques sépticos y entregan un listado de personas que lo pueden hacer a cambio de una pequeña tarifa; y
- El día del vaciado, están presentes para contestar preguntas, dirigir el tráfico y resolver problemas.

Como resultado, logran el cumplimiento de la ordenanza local de vaciado de LF en un 95 %.





**Figura 4.2** Ejemplo del vaciado de lodos fecales en Dakar, Senegal, con la estructura de contención ubicada en un patio interno donde hizo falta la cooperación de los residentes para el acceso (foto: Linda Strande).

Los proveedores de servicio coordinan con los residentes del hogar para determinar la ubicación de la estructura a vaciar, para identificar sus tapas (si es que existen), para decidir dónde ubicar el equipo de vaciado y cualquier otro asunto pertinente. Muchas veces, los tanques están ubicados directamente debajo de la cocina o el baño y resulta necesario entrar en el hogar con el equipo de vaciado. Por lo tanto, es primordial mantener un ambiente de cooperación y comunicación con los residentes del hogar, lo que también contribuye a la eficiencia. La Figura 4.2 muestra un ejemplo de esto, en el cual se tuvo que ingresar a un patio interno de la casa para acceder a un tanque séptico.

Los proveedores de servicio deben procurar cumplir con las siguientes reglas generales al interactuar con los residentes del hogar:

- Ser educado y siempre pedir permiso explícito antes de realizar el servicio;
- Contestar las preguntas de la mejor manera posible y referir otras inquietudes a la autoridad correspondiente cuando sea necesario;
- Ser precavidos si se ingresa a los hogares con mangueras y otros equipos y hacer todo lo posible para evitar daños a los muebles, paredes y pisos;
- Comunicar cualquier acontecimiento, preferiblemente con un registro escrito del servicio y de cualquier novedad hallada; y
- Velar por la limpieza durante y después del servicio.

#### 4.2.2 Ubicación del sistema a vaciar

Muchas veces, no es obvia la ubicación de la estructura de contención descentralizada que requiere ser vaciado. Por ejemplo, los tanques sépticos suelen ser enterrados y años después nadie sabe dónde están. Por otro lado, si se trata de un conjunto de letrinas, no es siempre claro para cuál del grupo esté contratado el servicio.

Los métodos para ubicar los tanques de contención sanitaria incluyen los siguientes:

- Preguntar al cliente;
- Buscar las tapas o losas de concreto (Figura 4.3);
- Ubicar cajas de revisión dentro o fuera de la casa. La dirección del tubo que sale de esta caja puede indicar la ubicación del tanque;
- Clavar una varilla de metal (p.ej., 1 cm de diámetro) suavemente en la tierra para tratar de sentir el tanque;
- Buscar depresiones en la tierra alrededor de la casa;
- Si la casa es elevada sobre postes, mirar debajo de ella para buscar tubos de aguas servidas o de ventilación que pueden estar enterradas y raspando alrededor de estos tubos se puede tal vez encontrar el tanque;
- Si la casa fue construida sobre un piso de cemento, golpear el piso suavemente con una barra de hierro en busca de sonidos ‘huecos’.



**Figura 4.3** Ejemplo de un tanque séptico con la tapa bien diseñada para fácil acceso, en la provincia Vung Tau de Vietnam (foto: Linda Strande).

#### 4.2.3 Determinación de su accesibilidad

El primer paso para determinar la accesibilidad de tanques sépticos o letrinas de pozo es averiguar si el mismo sitio es accesible y luego evaluar si cada compartimento de la estructura puede ser accedido por el servicio de vaciado de los LF. Los siguientes factores determinan la accesibilidad de un sitio:

Amplitud de la vía

- Si se utiliza un camión, los caminos deben ser suficientemente anchos para el paso del camión u otros equipos de vaciado de los LF.

Acceso al sitio

- ¿Es necesario cruzar la propiedad de otro vecino para alcanzar la estructura?
- ¿Hay complicaciones por el clima, como caminos que se vuelven muy lodosos cuando llueve o riachuelos que no se pueden cruzar cuando están crecidos?

Ubicación del sitio

- Si se utiliza un camión o una carretón, ¿pueden estos acercarse lo suficiente?
- ¿Está suficientemente cerca de una estación de tratamiento de LF (ETLF) para permitir el transporte?

Las siguientes preguntas adicionales pueden ayudar al proveedor de servicio a determinar si una estructura es accesible para ser vaciado:

- ¿Se puede abrir lo suficiente para introducir el equipo de vaciado de lodos (p.ej., una manguera)?
- ¿Existen tapas que se pueden abrir para cada compartimento?
- ¿Es necesario abrir nuevos huecos? ¿Los clientes están de acuerdo con este servicio?
- ¿Se tendrá que reconstruir losas, pisos o tapas después del vaciado?
- ¿Se derrumbará el pozo al vaciarlo?



#### 4.2.4 Herramientas del oficio

El proceso de vaciado de LF requiere que el proveedor de servicio tenga acceso a ciertas herramientas y que estas sean utilizadas y mantenidas debidamente. (La Figura 4.4 demuestra un ejemplo de mantenimiento inadecuado). Las herramientas específicas varían según la tecnología aplicada y su disponibilidad en el mercado local.

Las herramientas utilizadas por todos los que trabajan en este campo incluyen las siguientes:

- Palas, palancas y varillas para ubicar tanques y accesos;
- Destornilladores y otras herramientas similares para abrir accesos y tapas;
- Palas de mango largo y baldes, que pueden ser necesarios para retirar algunos sólidos que no saldrían de otra manera;
- Ganchos para sacar desechos no biodegradables (basura);
- Mangueras para bombear los LF y para agregar agua cuando hace falta; y
- Equipo de seguridad
  - Bloques de madera para prevenir el movimiento del vehículo parqueado;
  - Equipo de protección personal, como cascos, máscaras, gafas, botas y guantes;
  - Desinfectantes, barreras, material absorbente y bolsas plásticas para limpiar los LF que se hayan regado.

Los empleados de las compañías de recolección y transporte deben ser responsables de mantener las herramientas y otros equipos en buen estado. Además, deben informar a sus superiores de las reparaciones que sean necesarias.



**Figura 4.4** Las mangueras y sus accesorios requieren frecuente atención y reparación para mantenerles funcionando debidamente. Esta foto muestra un caso de mantenimiento inadecuado, con fugas de LF que salen de roturas en una manguera (foto: David M. Robbins).

#### 4.3 PROPIEDADES DE LOS LODOS FECALES RESPECTO A SU RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

Los LF pueden ser retirados de tanques sépticos y letrinas por medio de técnicas manuales y mecanizadas con herramientas manuales, camiones tanqueros aspiradores, sistemas de bombeo o tornillos sinfín (husillos). El método específico que se utiliza depende del tipo de estructura descentralizada, de la accesibilidad del sitio, de lo que dispone el proveedor de servicio y de su grado de experiencia.

Es necesario conocer las propiedades de los LF para poder entender los desafíos a enfrentarse en su recolección y transporte. Estas propiedades son influenciadas por contenido de agua, tiempo de retención, presencia de materiales no biodegradables y contenido orgánico. Por ejemplo, en una letrina de pozo, los LF depositados recientemente, que se encuentran encima, tienen generalmente mayores concentraciones de agua y sustancias orgánicas que en las capas más profundas y consecuentemente menor densidad (Buckley, *et al.*, 2008). Por lo tanto, la parte superior es menos viscosa y más fácil de recolectar. La escasez de agua y sustancias orgánicas en las capas más profundas, antiguas y digeridas dificulta su recolección y estos LF son llamados frecuentemente 'lodos espesos'. Dependiendo del método de recolección, muchas veces hace falta agregar agua para poder bombear este material. Esto sugiere que el tiempo de retención podría ser un buen indicador de la facilidad de recolección de LF. (Hay más detalle sobre las características de LF en el Capítulo 2.)

#### 4.4 RECOLECCIÓN MANUAL

Los proveedores de servicio que usan métodos manuales de recolección son generalmente de comunidades de bajos ingresos que viven en asentamientos informales. Muchas veces reciben apodosos despectivos, como carroñeros, vyura (hombres rana en Swahili), baye pelle (hombres de la pala) o kaka bailers (achicadores de caca). En algunas regiones, pertenecen a grupos marginalizados, como los Dalit (intocables) de India. Sin importar las maneras en que los prejuicios sociales se manifiestan, estos proveedores de servicio son estigmatizados frecuentemente dentro de sus familias y comunidades, debido a la naturaleza de su trabajo.

La recolección manual de LF se divide en dos categorías: 'inodoros con recipientes especiales para las heces' y 'sacar por baldes'. Estos métodos pueden ser practicados con seguridad, si los operadores realizan sus tareas con equipos correctos y los siguientes procedimientos apropiados. Por ejemplo, no es seguro entrar físicamente en los pozos, como se hace actualmente en varios países de África Subsahariana o el sur y sudeste de Asia. También se debe evitar totalmente el vertido de los LF directamente en el ambiente y, más bien, descargarlos en estaciones de tratamiento o transferencia.

Los gobiernos locales y nacionales, como los de Ghana y Bangladesh, están comenzando a identificar y prohibir las prácticas antihigiénicas e inseguras aplicadas en la recolección manual de LF. También pueden ayudar a promover la recolección higiénica de LF al difundir buenas prácticas, imponer restricciones sobre prácticas inseguras y dar incentivos, como capacitaciones y entrega de licencias. La formalización del sector informal a través de capacitación y licencias impulsará la demanda para servicios mejorados, mejorará la higiene y fomentará el desarrollo de negocios y la creación de fuentes de empleo.

##### 4.4.1 Inodoros con recipientes especiales para las heces

Un ejemplo de esta contención en recipientes intercambiables es el "Uniloo" (Figura 4.5), tecnología innovadora diseñada para una recolección manual higiénica. Este sistema consiste en un inodoro móvil, modular y con separador de orina, que tiene un recipiente reemplazable y sellable para las heces (IDEO, 2012). Con capacidad para 20 litros de excremento, el "Uniloo" aísla tanto a los usuarios como a los recolectores del contacto directo con los LF. Los recolectores sacan y sellan periódicamente el recipiente lleno y lo reemplazan con otro vacío y lavado. Los recipientes llenos son transportados económicamente hasta una estación de tratamiento o transferencia, donde el personal capacitado los vacía, con todas las medidas de protección del caso.



#### 4.4.2 Sacar en baldes

El método de sacar por baldes consiste en la recolección de LF de los pozos con recipientes y palas, ambos con mangas largas. Los baldes llenos son halados hasta el nivel de la tierra, donde son vaciados en tanques adaptados a carretones que luego son llevados a una estación de tratamiento o transferencia.

### 4.5 RECOLECCIÓN MECÁNICA MANUAL

Innovaciones recientes en el desarrollo de aparatos mecánicos operados por fuerza humana están apoyando a los proveedores de servicio a recolectar los LF de manera más rápida, segura y eficiente. Esta sección describe cuatro de estos aparatos que son de mayor aplicación: el “Tragón” (Gulper), bombas manuales de diafragma, el “Mordiscón” (Nibbler) y el MAPET.

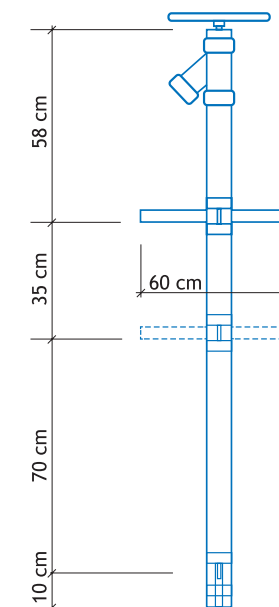
#### 4.5.1 El “Tragón” de lodos (Gulper)

Este aparato (Figura 4.6) fue desarrollado en 2007 por la Escuela Londinense de Higiene y Medicina Tropical (LSHTM). Es una bomba económica de desplazamiento positivo, operada manualmente bajo los mismos fundamentos de las bombas de agua de acción directa.

El Tragón tiene un diseño sencillo que se presta para ser construido con materiales de fácil acceso y técnicas de fabricación que son comunes en los países de bajos ingresos. Consiste en un tubo de PVC con dos válvulas tipo mariposa hechas de acero inoxidable en su interior. Una válvula, ‘la del pie’, queda fijada en el extremo inferior del tubo y la segunda, ‘la del émbolo’, está conectada al mango en forma de T por medio de una barra. Al mover el mango arriba y abajo, las dos válvulas se abren y se cierran, una luego de la otra, y los LF suben a lo largo del tubo hasta el pico de salida (que se inclina hacia abajo) en la parte superior. Una malla que cubre al extremo inferior impide el ingreso de desechos no biodegradables que de otra manera atascarían la bomba.



**Figura 4.5** El cartucho para recibir las heces en el ‘Uniloo’ fue desarrollado por la compañía Unilever, la fundación Water and Sanitation for the Urban Poor (WSUP) y la compañía IDEO en el país de Ghana (foto: Nyani Quarmyne).



**Figura 4.6** Esquema del “Tragón” (Gulper; Tilley *et al.*, 2014).

Desde el inicio de su desarrollo, el diseño del Tragón se ha modificado varias veces para que sea más amigable para el usuario y mejor adaptado a las condiciones locales. Se ha probado un variante con el mango en forma de palanca para facilitar el bombeo y otro con su longitud ajustable a la profundidad del pozo. Otras bombas basadas en principios similares incluyen la “Bomba para los Pobres” (Poor Pump) y la “Bomba Manual para Desfangado” (Manual Desludging Hand Pump, MDHP).

El Tragón funciona bien con los lodos menos viscosos y puede bombear a una tasa de aproximadamente 30 L/minuto. La profundidad desde donde se puede bombear es fija para cada unidad del Tragón.

Dependiendo del diseño y materiales exactos, el costo de inversión de un Tragón puede variar entre 40 y 1.400 dólares estadounidenses (Boot, 2007; Godfrey, 2012; Still y Foxon, 2012).

Algunos desafíos reportados por los desarrolladores y usuarios del Tragón incluyen:

- Dificultad para ubicar y operar la bomba en letrinas con pequeñas cabinas (Godfrey, 2012);
- Atascos causados por desechos no biodegradables;
- Rotura del tubo de PVC después de mucho uso; y
- Salpicado de LF durante el bombeo (Godfrey, 2012);

De los sistemas de recolección manual presentados en esta sección, el Tragón ha sido aceptado por el mayor número de proveedores de servicio en África y Asia. Sin embargo, todavía no se han reportado casos de proveedores de servicio que se enteren y produzcan esta bomba sin la intervención de organizaciones externas (p.ej., financiamiento, capacitación, apoyo técnico).

#### 4.5.2 Bombas manuales de diafragma

Estas son bombas sencillas y económicas, capaces de extraer LF de baja viscosidad y que contengan pocos desechos no biodegradables (Figura 4.7). Consisten generalmente en un disco rígido con una membrana flexible de caucho (diafragma) fijada encima. Un sello hermético entre el disco y el diafragma forma una cavidad. Para operar la bomba, se empuja y hala alternadamente al diafragma (generalmente por medio de una palanca) para expandir y comprimir el espacio interior, de manera algo similar a la acción de aplicar un émbolo de caucho para destapar un inodoro con arrastre de agua. El extremo del tubo que se pone en el pozo tiene una malla para prevenir el ingreso de desechos inorgánicos y una válvula unidireccional para impedir el regreso de los LF. Otra válvula similar se encuentra después de la diafragma, por la misma razón.





Figura 4.7 Operación de una bomba manual de diafragma en Bangladesh (foto: Georges Mikhael).

Aunque estas bombas son suficientemente livianas para ser cargadas por una o dos personas, a veces se les coloca ruedas para facilitar su transporte. El costo de inversión puede variar de 300 a 850 dólares estadounidenses, según el modelo.

Se han reportado los siguientes desafíos con esta tecnología:

- Taponamiento cuando ingresan desechos no biodegradables;
- Dificultades en mantener hermético el sello del diafragma, lo que resulta en el ingreso de aire y bajo rendimiento;
- Formación de grietas en el diafragma de caucho (Muller y Rijnsburger, 1992); y
- Dificultad para obtener o fabricar estas bombas y los repuestos respectivos.

#### 4.5.3 El “Mordiscón” (Nibbler)

Esta bomba continua, de movimiento circular y de desplazamiento de los LF fue desarrollada por LSHTM casi al mismo tiempo que el Tragón. Es capaz de recolectar LF de mediana viscosidad a través de vueltas continuas de una cadena de rodillos, encerrada dentro de un tubo de PVC. El tubo puede insertarse en el acceso a la estructura de contención, sin necesidad de romperla.

La cadena es impulsada al girar manualmente una doble manivela y piñón situados en la parte superior del tubo. Discos metálicos semicirculares conectados ligera y horizontalmente a la cadena a intervalos regulares sacan los LF en la parte inferior del pozo y los desplazan hacia arriba. Una vez en la parte superior del tubo, los LF son raspados de los discos hacia un conector en forma de Y, que guía los LF al recipiente que se utiliza para su transporte. Una placa vertical que abarca toda la longitud del tubo divide los carriles ascendente y descendente de la cadena y los discos. Debido a un limitado éxito durante los ensayos, el desarrollo del Mordiscón fue suspendido.

#### 4.5.4 MAPET

En Tanzania durante 1992, la organización WASTE desarrolló y probó un sistema de aspiradora que funcione con la fuerza humana para la recolección de LF y lo llamaron la “Tecnología Manual para Vaciado de Pozos” (en inglés, Manual Pit Emptying Technology, MAPET). De las tecnologías manuales en este capítulo, el MAPET es, a la vez, la más antigua y la más técnicamente avanzada. Tiene dos componentes separados, cada uno puesto en su propio carrito manual: una bomba y un tanque de vacío de 200 litros.

Desde el punto de vista técnico, las pruebas demostraron que el MAPET funciona bien y puede bombear LF desde una profundidad de hasta 3 metros a una tasa de 10 a 40 L/minuto, según su profundidad y viscosidad (Brikké y Bredo, 2003). Las pruebas también concluyeron que WASTE superó la mayoría de los desafíos técnicos que desde un inicio se debían atender. Sin embargo, 8 años después de su introducción, solo uno de los ocho MAPETS en Tanzania era todavía funcional y, luego de 13 años, ninguno (BPD, 2005). Las razones por esta falta de sostenibilidad a largo plazo incluyen:

- Terminación del apoyo institucional, del cual los proveedores de servicio se habían vuelto muy dependientes;
- Dependencia de la importación de un repuesto clave (un aro de pistón de cuero) que no se podría abastecer localmente; y
- La dificultad para los proveedores de servicio en recuperar los costos de transporte y mantenimiento con las tarifas del vaciado (WASTE Consultants, 1993).

#### 4.5.5 Una comparación de estos equipos

La Tabla 4.1 resume la experiencia que ha habido con estos cuatro equipos manuales.



Tabla 4.1 Tabla de comparación entre algunos equipos manuales de recolección de LF

| Equipo                    | Rendimiento                                                                                                                                                                                       | Costos de inversión y operación (\$ EE.UU.)                                                                                                     | Desafíos                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tragón (Gulper)           | <ul style="list-style-type: none"><li>Adecuado para bombear LF de baja viscosidad</li><li>Tasa promedio de flujo de 30 L/min</li><li>Altura máxima del bombeo depende del diseño exacto</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>Costo de Inversión: 40 a 1.400 (según el diseño exacto)</li><li>Costo de operación: desconocido</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>Dificultad para acceder a letrinas con casitas pequeñas</li><li>Atascos por desechos inorgánicos</li><li>El tubo de PVC es vulnerable a romperse</li><li>Salpicado de LF entre el pico de la bomba y el recipiente</li></ul> |
| Bomba manual de diafragma | <ul style="list-style-type: none"><li>Adecuado para bombear LF poco viscosos</li><li>Tasa máxima de flujo: 100 L/min</li><li>Altura máxima de bombeo 3,5 a 4,5 m</li></ul>                        | <ul style="list-style-type: none"><li>Inversión: 300 a 850 (según el modelo y fabricante)</li><li>Operación: desconocido</li></ul>              | <ul style="list-style-type: none"><li>Atascos por desechos inorgánicos</li><li>Difícil de sellar, lo que resulta en ingreso de aire</li><li>Difícil abastecerse de bombas y repuestos</li></ul>                                                                    |
| Mordiscón (Nibbler)       | <ul style="list-style-type: none"><li>Puede ser más adecuado para LF viscosos</li></ul>                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"><li>Inv.: desconocido</li><li>Operación: desconocido</li></ul>                                                | <ul style="list-style-type: none"><li>Puede no ser adecuado para LF secos, con muchos desechos inorgánicos</li></ul>                                                                                                                                               |
| MAPET                     | <ul style="list-style-type: none"><li>Tasas máximas de flujo entre 10 y 40 L/min, según la viscosidad y la altura</li><li>Altura máxima de bombeo: 3 m</li></ul>                                  | <ul style="list-style-type: none"><li>Inversión: 3.000 (en 1992)</li><li>Operación: 175/año (solo costos de mantenimiento en 1992)</li></ul>    | <ul style="list-style-type: none"><li>Requiere fuerte apoyo institucional a los proveedores</li><li>Se depende de la importación de un repuesto clave</li><li>Es difícil recuperar los costos con las tarifas de vaciado</li></ul>                                 |

4.6 RECOLECCIÓN MOTORIZADA

Las tecnologías completamente mecanizadas son operadas con electricidad o combustible. Pueden ser montadas encima de marcos o carritos para incrementar su movilidad y para transportar mayores cantidades a mayores distancias. Esta sección presenta una variedad de equipos mecanizados que están ampliamente disponibles, como bombas mecanizados con diafragma, bombas trituradoras de desperdicios y algunos tipos de aspiradoras montadas sobre vehículos. También se detallan equipos menos comunes, que se encuentran en fases tempranas de desarrollo (como husillos motorizados) o que ya no se desarrollan (como el “Comelón”).

4.6.1 Bombas motorizadas de diafragma

Estas funcionan de la misma manera que las ya descritas bombas manuales de diafragma, solo que son operadas con motores. Existen muchos tipos y marcas comerciales diferentes, para muchas aplicaciones y solo una de estas es el bombeo de LF. Aunque pueden ser operados con electricidad, aire comprimido o hidráulicamente, el tipo más común tiene un motor de gasolina o diésel. En general, se les coloca sobre un marco o carrito para mejor movilidad.

El rendimiento de los modelos con motores de gasolina o diésel varían según su tamaño y modelo. Son generalmente más aptos para bombear LF y pueden lidiar con algunas partículas grandes (MSF, 2010). Una bomba normal, con manguera de 3 pulgadas diámetro, puede bombear partículas hasta de 60 mm, con una tasa de flujo máxima de 300 a 330 L/min y una altura máxima de 15 m.

Unas bombas motorizadas de diafragma fueron utilizadas para vaciar letrinas tipo ‘VIP’ en Sudáfrica, pero se atascaban frecuentemente con desechos inorgánicos grandes que estuvieron presentes en los LF (O’Riordan, 2009). Otra limitación en los países de bajos ingresos fue la falta de acceso a repuestos.

Una bomba motorizada de diafragma con una manguera de 3 pulgadas (75 mm) diámetro cuesta alrededor de 2.000 dólares estadounidenses.

4.6.2 Bombas trituradoras de desperdicios

Las bombas trituradoras de desperdicios (‘trash pumps’ en inglés) funcionan de forma similar a las bombas centrífugas impulsoras de agua, con ciertas características diferentes. El impulsor tiene generalmente menos cuchillas sólidas, a veces con filos cortantes para despedazar los sólidos que estén presentes en el líquido. La carrocería de la bomba suele ser fácil de abrir para desatascarla cuando sea necesario (MSF, 2010).

Estas bombas son adecuadas para LF con alto contenido de agua. Así como el caso de las bombas motorizadas de diafragma, el rendimiento depende del tamaño y el modelo. Las de 3 pulgadas pueden recibir partículas sólidas que miden hasta 20 o 30 mm, sus tasas máximas de flujo son de unos 1.200 L/min y pueden bombear hasta una altura de unos 25 o 30 m. Su precio de compra es alrededor de 1.800 dólares estadounidenses.

4.6.3 El tornillo sinfín motorizado

Los tornillos sinfín o husillos (con siglas en inglés SAS) se basan en el tornillo de Arquímedes. Algunas pruebas con husillos manuales determinaron que eran demasiado lentos para funcionar bien (Still y O’Riordan, 2012). Están desarrollándose actualmente algunos prototipos, con ciertos aspectos replicados de los tornillos sinfin comerciales para abrir agujeros en la tierra. Consisten en un tornillo ubicado en un tubo plástico y que se extiende unos 5 a 15 cm del extremo inferior del tubo, con un motor eléctrico en la parte superior para hacer girar al tornillo (Figura 4.8).

Para operarlo, se le coloca en los LF y al girar el tornillo sus cuchillas en la parte inferior reciben los LF y los alzan a través del tubo. En la parte superior, el pico de salida se inclina hacia abajo para descargar los LF en un recipiente. El aparato pesa unos 20 a 40 kg y puede ser operado por una sola persona. Las tasas de flujo están estimadas entre 40 y 50 L/min y estas bombas pueden ser adecuadas para LF con alta viscosidad y hasta semisólidos.



Figura 4.8 Tornillo sinfín motorizado en Sudáfrica (foto: David M. Robbins).



Son capaces de recibir pequeñas cantidades de desechos inorgánicos (de los Reyes, 2012) y nuevos prototipos incorporan una marcha de retroceso para desatascar más fácilmente los desechos inorgánicos grandes. Se ha reportado que la construcción de uno de los prototipos cuesta unos 700 dólares y no hay datos sobre sus costos operativos.

Algunos de los desafíos para la aplicación de husillos motorizados incluyen los siguientes (Still y O’Riordan, 2012; Still y Foxon, 2012):

- Un proceso complicado de vaciado, debido a la rigidez y la longitud fija del aparato;
- Baja funcionalidad con lodos relativamente secos o que contienen grandes cantidades de desechos inorgánicos;
- Dificultades con la limpieza posterior del aparato; y
- Dificultades para maniobrarlo por su peso y tamaño.

#### 4.6.4 El “Comelón” (“Gobbler”)

Este aparato fue desarrollado en 2009 por la Comisión de Investigación Hídrica (WRC) de Sudáfrica, como una versión más robusta y eficiente del mencionado Mordiscón (“Nibbler”). Se basa en los mismos principios operativos, con la adición de un motor eléctrico que da movimiento a una cadena más gruesa. También se reemplazaron los discos metálicos del Mordiscón con cucharones metálicos para alzar los LF y se aumentó un raspador para vaciar los cucharones en el punto de la descarga (Still y O’Riordan, 2012).

Durante las pruebas, hubo problemas con lodos que impidieron el libre movimiento de los eslabones de la cadena (Still y O’Riordan, 2012; Still y Foxon, 2012). Otros inconvenientes en su construcción y operación incluyeron (Still y O’Riordan, 2012):

- Fabricación compleja que requiere un alto número de piezas;
- Dificultad para transportar y ubicar la bomba por su gran peso;
- Dificultad para vaciar estructuras de contención de diferentes profundidades, ya que su longitud no era ajustable.

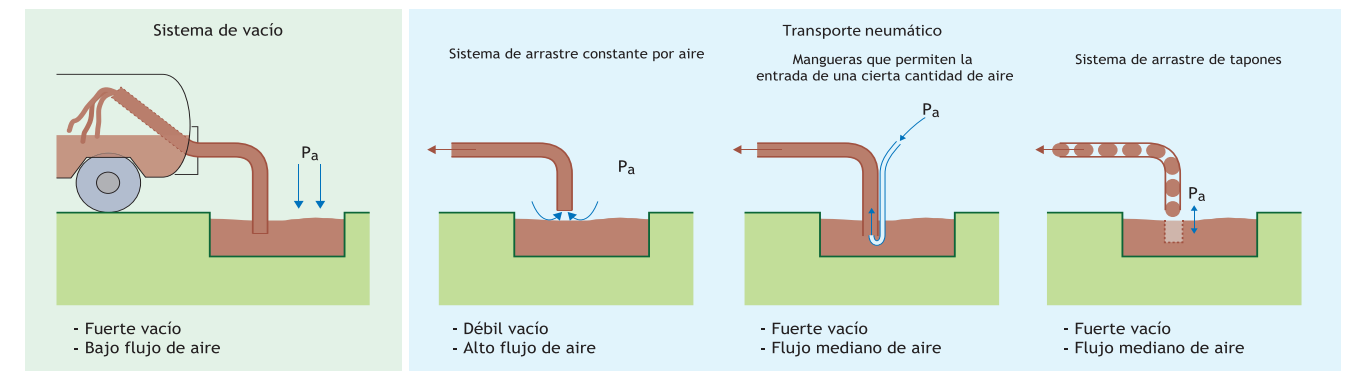
El costo estimado del prototipo del Comelón fue aproximadamente 1.200 dólares. Igual que el Mordiscón, no se le invirtieron más esfuerzos para su desarrollo, debido a los problemas experimentados (Still y Foxon, 2012).

#### 4.6.5 Equipos aspiradores sobre camiones

Los sistemas de bombeo que utilizan aspiradoras han resultado muy funcionales para vaciar los LF de las estructuras descentralizadas de contención. Estas bombas al vacío pueden ser montadas sobre camiones o remolques reforzados, carretones más livianos e incluso carritos manuales para recibir cantidades menores en asentamientos urbanos densamente poblados donde no pueden ingresar los camiones grandes. Estas bombas funcionan frecuentemente a partir del mismo motor del camión, aunque también pueden tener sus propios motores. Existe una gran variedad de tamaños y modelos para adaptar a distintas situaciones, generalmente con volúmenes entre 200 y 16.000 litros. A continuación, se describen los diferentes tipos de sistemas que funcionan al vacío.

##### Camiones aspiradores convencionales

Estas bombas al vacío se dimensionan según la distancia, la altura y el volumen del bombeo, además del volumen del tanque. Al diseñar estos sistemas de recolección y transporte, se debe consultar con los fabricantes nacionales para determinar los tipos de equipos que están disponibles. También se debe verificar bien sus especificaciones para asegurar que el camión sea adecuado para la tarea.



**Figura 4.9 Cuatro tipos de técnicas para aspirar los lodos (adaptado de Böesch y Schertenleib, 1985)**

El volumen de los camiones utilizados para recolección de LF varía generalmente entre 1.000 y 5.500 litros. Los proveedores de servicio deben analizar varios factores en su selección de un camión aspirador, incluyendo los siguientes:

- Volumen normal de los tanques y pozos a ser vaciados;
- Ancho normal de los caminos;
- Peso máximo que resisten los caminos;
- Distancia hasta la estación de tratamiento de LF (ETLF);
- Modelos que existen en el mercado nacional;
- Presupuesto; y
- El grado de destreza de los operadores.

Los tanqueros aspiradores convencionales suelen contar con una bomba relativamente económica de paletas deslizantes y poco volumen o con una bomba de anillo líquido, la cual es más cara. La primera es más apropiada para tanqueros aspiradores de baja capacidad, que aplican técnicas con fuerte vacío y bajo flujo de aire para recolectar los lodos. Estas técnicas de transporte al vacío funcionan mejor con LF poco viscosos, como los de tanques sépticos (Böesch y Schertenleib, 1985).

Las bombas de anillo líquido son más apropiadas para tanques de gran capacidad y el uso de las técnicas de transporte neumático. La Figura 4.9 indica tres de estas técnicas, a saber, arrastre constante por aire, ingreso de aire y arrastre de tapones. Son más adecuadas para LF más viscosos, como los que se encuentra en los fondos de tanques sépticos y letrinas.

Algunos camiones aspiradores convencionales también están habilitados con ciertas capacidades para la separación del agua, para reducir el volumen y el peso que se debe transportar y así incrementar su eficiencia. Para esto, hace falta descargar estas aguas servidas, generalmente en un alcantarillado para que luego reciban su debido tratamiento. La desventaja de este sistema más complejo es que requiere mejor capacitación de los operadores y también un mayor número de repuestos especializados.

##### El BREVAC

En 1983, el Centro Internacional de Referencia para la Disposición de Desechos (IRCWD, por sus siglas en inglés) realizó pruebas en Botswana, con diferentes camiones aspiradores convencionales y especializados, juntos con equipos mecánicos de recolección. Uno de los camiones especializados que examinaron fue el BREVAC (Figura 4.10), que había sido desarrollado por el Establecimiento de Investigación sobre la Construcción (BRE, por sus siglas en inglés).

Este equipo fue diseñado para transportar un tanque con dos compartimientos: uno de 4,3 m<sup>3</sup> para LF y otro de 1 m<sup>3</sup> para transportar líquidos (p.ej., agua) (Böesch y Schertenleib, 1985). Tiene una bomba de vacío de



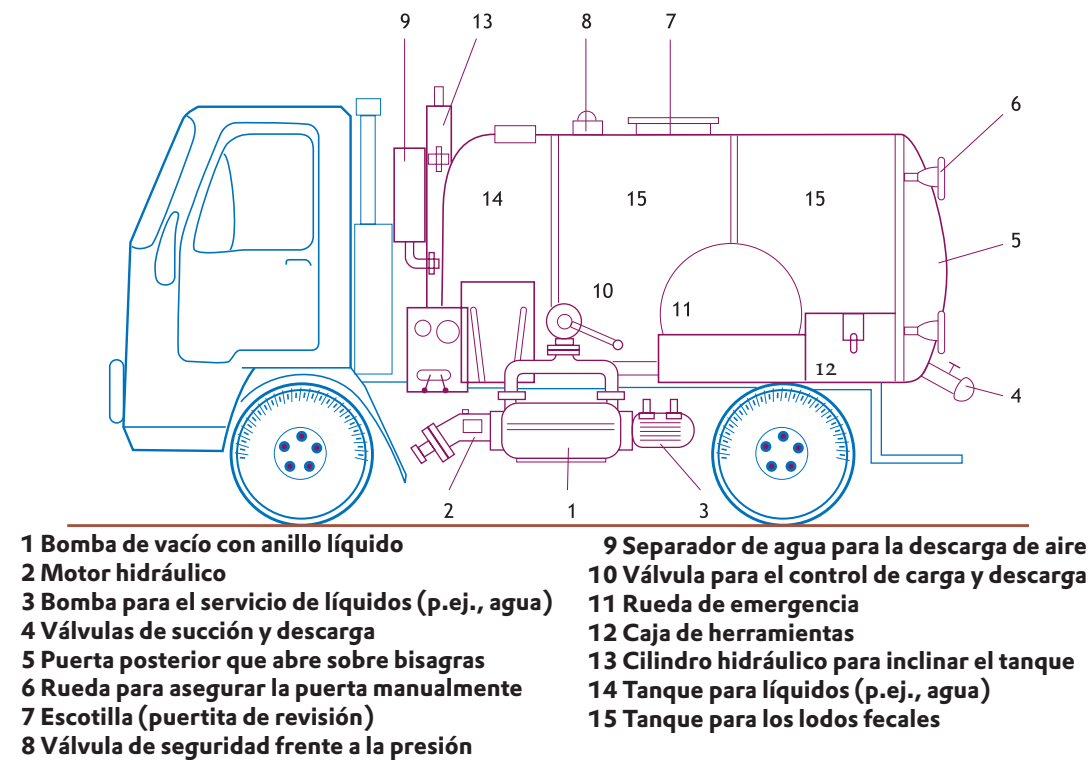


Figura 4.10 Esquema del camión aspirador BREVAC (adaptado de Böesch y Schertenleib, 1985)

anillo líquido y de alto rendimiento, con una capacidad de succión de 80 kPa y una tasa de flujo de aire de 26 m<sup>3</sup>/minuto. También cuenta con un cilindro hidráulico para inclinar el tanque y facilitar su lavado (luego de su vaciado).

Durante estas pruebas, el camión cisterna BREVAC demostró ser adecuado para succionar LF muy viscosos desde letrinas de pozo y también para maniobrar en espacios estrechos y sobre terrenos difíciles (Böesch y Schertenleib, 1985). Su capacidad para romper masas de lodos con agua bajo presión evita la necesidad que una persona tenga que entrar en los pozos durante el vaciado. Algunos aspectos del diseño tenían que ser reconfigurados (p.ej., un indicador a partir de una pelota flotante para mostrar el nivel de los lodos) y, por otro lado, se encontró que los desechos inorgánicos se atascaban en sus mangueras en varias ocasiones. Sin embargo, esta tecnología fue calificada como excelente en general y muy apta para esta tarea.



Figura 4.11 Los modelos Mark III (izq.) y Mark IV (der.) de BREVAC, aparatos para succionar y transportar lodos fecales (foto: Peter Edwards).

Debido a su diseño de alta tecnología, los repuestos especializados necesarios para operarlo y los altos costos asociados, no se ha mantenido ni una demanda ni una presencia del BREVAC en el mercado meta.

### El Vacutug

En 1995, las lecciones aprendidas con el BREVAC y el MAPET por IRCWD fueron tomadas en cuenta para el desarrollo de Vacutug de ONU-HABITAT. La primera versión, Mark I, fue desarrollada en Irlanda por Manus Coffey y Asociados (MCA) y probada en Kenia por la Organización de Salud y Agua de Kenia (KWAHO). Luego se han desarrollado cuatro versiones posteriores en Bangladesh y varias unidades de cada modelo han sido vendidas (Figura 4.11, Tabla 4.2).

Tabla 4.2 Propiedades de diferentes versiones de Vacutug

| Versión     | Capacidad (litros) | Ancho Relativo | Distancia de Viaje | Ubicación y Propulsión                                  | Costo (\$ EE.UU., sin el envío) |
|-------------|--------------------|----------------|--------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Mark I y II | 500                | Muy angosto    | Corta              | Sobre un chasis de camión                               | 10.000                          |
| Mark III    | 1.900              | Normal         | Larga              | Sobre un remoque, halado por un tractor o una camioneta | 20.000                          |
| Mark IV     | 700                | Angosto        | Mediana            | Sobre un chasis de un triciclo motorizado               | 15.000                          |
| Mark V      | 1.000              | Angosto        | Mediana            | Sobre un chasis de un triciclo motorizado               | 15.000                          |

#### 4.6.6 ¿Cómo prestar los servicios de aspiradores sobre camiones?

Estas unidades de succión para retirar LF son sistemas mecánicos complejos y deben ser operados correctamente, no solo para cumplir con la tarea, sino también para proteger la integridad del equipo y la salud del personal.

Se recomiendan los siguientes pasos para la operación de camiones aspiradores:

1. Estacionar el camión lo más cerca posible a la estructura. La longitud de la manguera y la altura a bombear desde el fondo del pozo determinan la distancia máxima. El camión no debe estar normalmente a más de 25 metros de distancia horizontal o 4 metros de altura. Las distancias o elevaciones que sean mayores requieren bombas intermedias.
2. Informar al cliente de la llegada del camión y tomar nota de cualquier asunto o preocupación.
3. Inspeccionar el sitio para determinar posibles peligros, como solicitar a las personas que se retiren cuando sea necesario u observar si el agua freática esté muy alta, lo que podría causar la flotación del tanque en el momento de vaciarlo.
4. Asegurar el camión con trancas en las ruedas.
5. Extender y conectar las mangueras.
6. Abrir la tapa de la estructura de contención.
7. Prender el equipo de succión, a partir de la transmisión del camión.
8. Con la válvula cerrada, aumentar el vacío hasta ver en el indicador que su fuerza esté correcta y en seguida introducir la manguera en la estructura y abrir la válvula lo suficiente para que los LF suban al tanque del camión. Al cerrar la válvula momentáneamente, el vacío se fortalece de nuevo para seguir succionando los LF.
9. Continuar este proceso hasta vaciar la estructura de contención.
10. Cuando hace falta, se puede romper la masa sólida de LF con una pala de mango largo, al agregar agua para diluirla o al cambiar la direccionalidad de la bomba y así disolver estas acumulaciones con los LF bajo presión. Luego, se cambia otra vez la direccionalidad para seguir retirando los LF. Es primordial



asegurar que la manguera esté en buena condición, con todas las conexiones bien ajustadas antes de aplicar este método.

11. Los operadores deben retirar 90 o 95 % de los LF y se recomienda a la administración verificar esto por medio de chequeos imprevistos.
12. Identificar cualquier condición anormal, como altas concentraciones de desechos inorgánicos, aceites o grasas. El color y olor de los LF proveen pistas de cómo se está utilizando la estructura de contención y posibles cantidades excesivas de químicos.
13. Una vez vacía, inspeccionar la estructura. En el caso de un tanque séptico, el operador debe revisar también lo siguiente:
  - a. Escuchar para observar si existen aguas que regresan desde la salida del pozo, lo que puede indicar que el campo de infiltración esté taponado (si es que consta tal campo);
  - b. Asegurar que estén ubicados debidamente los tubos en forma de T a la entrada y a la salida. Muchas veces, estos se rompen y se caen al fondo del pozo;
  - c. Inspeccionar al pozo por grietas u otros daños;
  - d. Verificar que el pozo esté ventilado debidamente;
  - e. Asegurar de colocar de nuevo las tapas en forma correcta, luego del vaciado;
  - f. Preparar un informe escrito que indica:
    - Cuántos LF fueron retirados;
    - Condición de la estructura;
    - Recomendaciones para su mantenimiento;
    - Recomendaciones para su buen uso.
14. Colocar bien la tapa y guardar las mangueras;
15. Limpiar con materiales absorbentes cualquier salpicado de LF;
16. Informar al cliente de que se ha completado el trabajo, entregarle el informe final y conversar sobre las novedades y recomendaciones. En algunos casos, se recibe el pago de forma inmediata, pero puede haber otros sistemas de pago;
17. Retirar las trancas de las ruedas y conducir el tanquero al siguiente sitio o a la estación de tratamiento o transferencia.



Figura 4.12 Ejemplo de un buen método para ensamblar la manguera fácil y rápidamente (foto: Linda Strande).



Figura 4.13 Ejemplo de una manguera mantenida indebidamente, amarrada con fundas plásticas y cuerdas (foto: David M. Robbins).

4.6.7 Resumen de los sistemas motorizados

La Tabla 4.3 presenta los principales aspectos de los equipos mecanizados para vaciar LF que se trataron en esta sección. También resalta el rendimiento, el costo y las inquietudes respecto a cada uno.

Tabla 4.3 Características de varios equipos motorizados para el vaciado de lodos fecales.

| Equipo                                 | Rendimiento                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Costo (\$ EE.UU.)             |                       | Desafíos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Inversión                     | Operación             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Bombas motorizadas de diafragma        | <ul style="list-style-type: none"><li>• Pueden bombear LF líquidos con partículas de hasta 60 mm</li><li>• Tasa de flujo máximo 300 a 330 L/min</li><li>• Altura máxima de bombeo 15 m</li><li>• Fácil bombear desde diferentes profundidades</li></ul>                                                 | 2.000                         | Desconocido           | <ul style="list-style-type: none"><li>• Se atascan con desechos inorgánicos en los LF</li><li>• Repuestos difíciles de encontrar</li></ul>                                                                                                                                                                               |
| Bombas trituradoras de desperdicios    | <ul style="list-style-type: none"><li>• Pueden bombear LF líquidos con partículas de hasta 30 mm</li><li>• Tasa de flujo máximo 1.200 L/min</li><li>• Altura máxima de bombeo 25 o 30 m</li><li>• Fácil bombear desde diferentes profundidades</li></ul>                                                | 500 a 5.000                   | Desconocido           | <ul style="list-style-type: none"><li>• Repuestos difíciles de encontrar</li><li>• Requieren estructuras de contención</li><li>• Pueden atascarse</li></ul>                                                                                                                                                              |
| Tornillos Sinfín o Husillos            | <ul style="list-style-type: none"><li>• Pueden bombear LF líquidos con pocos desechos inorgánicos</li><li>• Tasa de flujo &gt;50 L/min</li><li>• Altura máxima de bombeo &gt;3 m</li><li>• Difícil bombear desde diferentes profundidades</li></ul>                                                     | 700                           | Desconocido           | <ul style="list-style-type: none"><li>• La longitud fija del tubo y del tornillo</li><li>• No adecuados para LF muy espesos con muchos desechos plásticos</li><li>• Difícil de limpiar después del uso</li><li>• Difícil de maniobrar por su peso y tamaño</li></ul>                                                     |
| Comelón (Gobbler)                      | <ul style="list-style-type: none"><li>• Se traba fácilmente con los lodos en las partes móviles</li><li>• Altura máxima de bombeo &gt;3 m</li><li>• Difícil bombear desde diferentes profundidades</li></ul>                                                                                            | 1.200                         | Desconocido           | <ul style="list-style-type: none"><li>• Fabricación compleja con muchas piezas</li><li>• Muy pesado</li><li>• Longitud no ajustable</li></ul>                                                                                                                                                                            |
| Vacutug                                | <ul style="list-style-type: none"><li>• Puede bombear bien LF poco viscosos con algo de desechos inorgánicos</li><li>• Ideal para áreas de acceso limitado</li><li>• Altura de bombeo varía según el modelo</li><li>• Difícil bombear desde diferentes profundidades</li></ul>                          | 10.000 a 20.000               | 25/carga <sup>1</sup> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Transporte lento a veces</li><li>• Dificultad con LF viscosos</li><li>• Pequeño volumen (500 a 1.900 L)</li><li>• No es viable económicamente transportar lejos</li></ul>                                                                                                        |
| Camión Tanquero Aspirador Convencional | <ul style="list-style-type: none"><li>• Puede bombear bien LF poco viscosos con algo de desechos inorgánicos</li><li>• Ideal para transportar grandes cantidades grandes distancias</li><li>• Altura de bombeo varía según el modelo</li><li>• Difícil bombear desde diferentes profundidades</li></ul> | 10.000 a 100.000 <sup>2</sup> | Muy variable          | <ul style="list-style-type: none"><li>• Difícil acceder a sectores urbanos densamente poblados</li><li>• Requiere repuestos especializados, lo que dificulta su sostenibilidad económica en contextos de bajos ingresos</li><li>• Su costo de inversión es demasiado alto para algunos proveedores de servicio</li></ul> |

<sup>1</sup> Se supone dos cargas por día, una distancia promedio de 10 km y una velocidad promedio de 10 km/h (Mikhael y Parkinson, 2011). <sup>2</sup> El rango de precio para los camiones aspiradores convencionales varía ampliamente dependiendo de su capacidad, sus capacidades adicionales (p.ej., el poder emitir chorros de agua para lavar los tanques), los costos de envío y si el vehículo es nuevo o de segunda mano.



## 4.7 TRANSPORTE DE LOS LODOS FECALES

La mayor parte de los equipos manuales de pequeña escala (que se describieron en la Sección 4.5) y algunos de los equipos motorizados (de la Sección 4.6), no son diseñados para transportar los LF. Por lo tanto, son utilizados generalmente en conjunto con equipos económicos para su transporte hasta una estación de tratamiento o transferencia.

Estos equipos son clasificados en dos categorías: los que son impulsados por animales o seres humanos y los que son impulsados por motores. En esta sección, se describen los diferentes tipos de equipos manuales y motorizados más empleados actualmente, juntos con sus ventajas y desventajas.

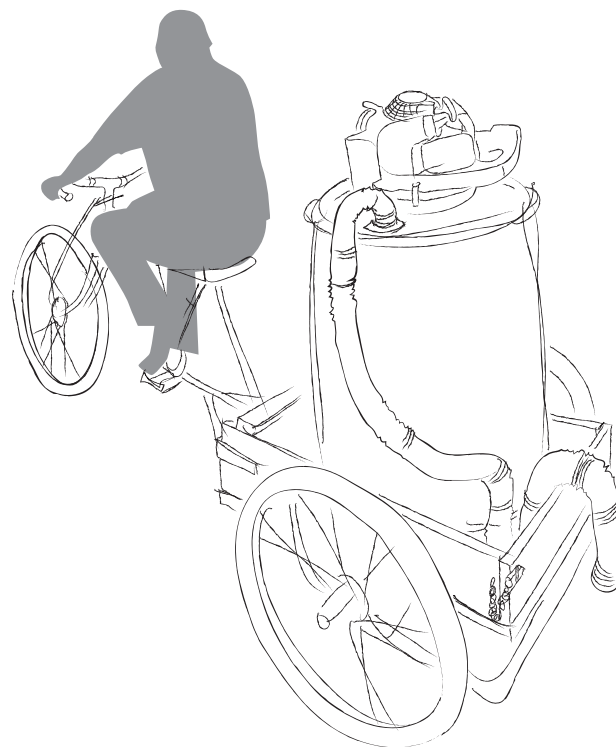
Es necesario tomar en cuenta los siguientes factores en el transporte de los LF:

- El tipo de vehículo a utilizar, incluyendo su capacidad de transitar en las vías, su mantenimiento, sus licencias, sus permisos y su parqueadero cuando no esté en uso;
- La clase de equipo para retirar los LF, incluyendo las mangueras, bombas, husillos y otras herramientas;
- Los equipos para limpiar los LF que se rieguen accidentalmente, incluyendo palas, desinfectantes, material absorbente y bolsas plásticas;
- La experiencia y las destrezas del operador, incluyendo la capacitación y certificación que el trabajo pueda exigir;
- Los procedimientos a seguir, incluyendo las reglas de circulación en las vías y las maneras de realizar las actividades en la ETLF; y
- Otros aspectos, como el uso de las estaciones de transferencia, seguridad, salud ocupacional y tecnologías nuevas.

### 4.7.1 Transporte manual

Hoy en día en los países de bajos ingresos, se transportan los LF en carritos manuales normales para el transporte general de carga y también en otros diseñados específicamente para esta función (Figura 4.14). Aunque los diseños varían ampliamente, los carritos normales suelen tener una cama para recibir la carga, montada sobre un solo eje con uno o más ruedas. Los recipientes de LF, con capacidades de hasta 200 litros pueden ser llevados en carritos empujados o halados manualmente (Still y Foxon, 2012; Strauss y Montangero, 2002; Barreiro, *et al.*, 2003; Chowdhry y Koné, 2012). Son diseñados para alta maniobrabilidad en espacios estrechos y pueden ser eficientes en un rango de hasta 3 km.

Puesto que los equipos económicos de transporte manual tienen generalmente poca capacidad, limitados rangos de movimiento y baja velocidad, no son adecuados para un transporte a larga distancia.



**Figura 4.14** Dibujo esquemático de una tecnología para el transporte de lodos fecales impulsada por la fuerza humana (figura: Research Triangle Institute).



**Figura 4.15** Un vehículo para la recolección y transporte de lodos fecales que circula por las calles ajetreadas de la ciudad de Manila, Filipinas (foto: David M. Robbins).

### 4.7.2 Transporte motorizado

Los equipos motorizados de transporte brindan el potencial para movilizar mayores cantidades de manera más rápida, reduciendo así los tiempos de viaje y ampliando el rango de cobertura geográfica, en comparación al transporte manual. Por otro lado, la operación y mantenimiento de estos equipos motorizados se complican más que en el transporte manual, sin embargo se aplican muchas variaciones en los países de bajos ingresos. Antes de elegir un tipo de sistema de transporte, es importante verificar que existan localmente las destrezas y los conocimientos necesarios para realizar su mantenimiento.

Los triciclos motorizados constituyen el equipo más pequeño para el transporte económico de los LF. Sus tamaños y potencias varían ampliamente, pero son excelentes para acceder a los barrios con calles estrechas. Algunos modelos tienen capacidades de hasta 1.000 kg, por medio de recipientes apilados en el espacio normal para carga (O'Riordan, 2009) o bien un tanque adaptado a la parte de atrás del triciclo (Figura 4.14).

También se ha utilizado equipos motorizados más caros para la recolección de LF, incluyendo camionetas con capacidades entre 2.000 y 5.000 kg, pero pueden resultar demasiado costosas para los proveedores de servicio de pequeña escala (McBride, 2012; Bhagwan *et al.*, 2012). A veces, se ajustan accesorios adicionales a las camionetas, como pequeñas grúas a fin de alzar los recipientes (Losai Management Limited, 2011).

### 4.7.3 Entrega de los lodos fecales a la estación de tratamiento o transferencia

Se está volviendo más común en las ETLF más grandes habilitar puestos mecanizados de recepción de LF (Figura 4.16), donde el operador puede conectar la manguera del camión aspirador a un acceso o puerto de entrada, se inscribe electrónicamente y se descargan los LF. El puesto de recepción registra la hora y fecha, el volumen, el nombre del operador y cualquier otro dato relevante requerido, reduciendo así el error humano e incrementando la exactitud y rendición de cuentas por parte de los proveedores de servicio. Aunque las grandes operaciones puedan utilizar estos puestos mecanizados de recepción, los sistemas menores y estaciones de transferencia aplican métodos manuales para el vaciado de los camiones tanqueros.





**Figura 4.16** Puesto automatizado para la recepción de lodos fecales en la Estación Sur de Tratamiento de Lodos de Tanques Sépticos, operado por el Departamento de Agua de Manila, Filipinas (foto: WSUP, Sam Parker).

Indiferente del método de entrega de los LF a la estación de tratamiento o transferencia, los operadores deben regirse por las siguientes pautas de seguridad:

1. Avisar al operador o guardia de la estación de su llegada.
2. Cumplir cuidadosamente el protocolo de muestreo de los LF. Algunas ETLF designan sitios separados para LF domésticos y lodos comerciales. Los operadores de la estación pueden solicitar muestras de los LF antes de permitir su descarga si existe cualquier sospecha que los LF contengan materiales que podrían alterar el tratamiento.
3. Estacionar el camión en el lugar designado para la descarga de los LF, poner la transmisión en neutro, aplicar el freno de mano y trancar las ruedas.
4. Conectar la manguera.
5. Aplicar el mecanismo correspondiente para descargar los LF.
6. Obtener la autorización necesaria y acceso a la estación de transferencia antes del transporte de los LF, ya que algunas estaciones mantienen sus puestos de entrada asegurados con llave.
7. Asegurar que suficiente agua esté disponible para lavar los sólidos, ya que algunas estaciones de transferencia tienen tamices para excluir los sólidos no biodegradables.
8. Guardar los sólidos no biodegradables que se sacan de los tamices en un lugar seguro para su drenaje y secado antes de su almacenamiento y disposición adecuada, sea por medio de incineración o su desecho en un relleno sanitario.
9. Aplicar técnicas adecuadas para alzar los barriles al descargarlos en una estación de transferencia, como pararse sobre una superficie estable y utilizar todo el equipo de protección personal.
10. Limpiar cualquier LF que se haya regado en el área alrededor de la entrada, luego de completar la descarga y cerrar el punto de ingreso.
11. Utilizar el equipo de protección personal, como guantes y cascos y abstener de fumar durante todo el proceso de recolección, transporte y descarga.
12. Aplicar medidas adecuadas de higiene (p.ej., lavado de manos), al guardar las mangueras y otros equipos.
13. Completar el papeleo correspondiente.

## 4.8 ESTACIONES DE TRANSFERENCIA

### 4.8.1 Introducción

Las secciones anteriores de este capítulo presentaron diferentes opciones para la recolección y transporte de LF, incluyendo equipos pequeños adecuados para servir lugares inaccesibles para camiones aspiradores grandes. Aunque algunos de estos equipos pueden transportar los LF a través de cortas distancias, los tiempos de viaje podrían ser demasiado largos para que sea viable económicamente para movilizar el material hasta una ETLF.

Para enfrentar este asunto, se han desarrollado enfoques descentralizados para dividir el transporte en una fase primaria y una fase secundaria. Durante la fase primaria, los LF son transportados en carritos y vehículos pequeños desde los puntos de recolección hasta una estación cercana de transferencia. En la fase secundaria, los LF son transportados en camiones tanqueros de gran capacidad desde las estaciones de transferencia hasta las ETLF. Es primordial que las estaciones de transferencia sean accesibles tanto para los vehículos de transporte primario como para los de transporte secundario.

### 4.8.2 Tipos de estaciones de transferencia

Hay dos tipos principales de estaciones de transferencia: las ‘fijas’ y las ‘móviles’. A continuación, se describen estos tipos de estaciones.

#### Estaciones fijas de transferencia

Las estaciones fijas de transferencia pueden dividirse en cuatro categorías. La primera consiste en ‘tanques permanentes de almacenamiento’, grandes estructuras de concreto que son diseñados para guardar los LF durante cortos tiempos, sin capacidad para su tratamiento. Un ejemplo de esto es el tanque contenedor subterráneo (TCU) en Accra, Ghana (Boot, 2007). Con volúmenes de unos 23 m<sup>3</sup>, los TCU fueron diseñados para ser accedidos por los recolectores de los baldes de las letrinas (transporte primario) y por los camiones aspiradores (transporte secundario). Sin embargo, la separación natural entre los líquidos y los sólidos que ocurre al guardar los LF por periodos de tiempo relativamente largos pronto causó problemas operativos para las autoridades. Por lo tanto, muchos TCU fueron abandonados debido al proceso demasiado costoso y demoroso para sacar los sedimentos que se acumulan en sus fondos.

Para mitigar estos desafíos en el retiro de sedimentos, se desarrolló una segunda categoría, llamada la ‘estación modular de transferencia’, con recipientes portátiles que reemplazan al tanque de concreto. Estos recipientes son de diferentes tamaños:

- Pequeño (p.ej., barriles metálicos de 200 litros; McBride, 2012);
- Mediano (Grandes Recipientes para mercancías a Granel (GRG, IBC en inglés), que consisten en un marco metálico que respalda en su interior a un contenedor plástico de 500 a 3.000 litros);
- Grande (tanques metálicos hechos a la medida, >2.000 L; Macleod, 2005; Strauss y Montangero, 2002).

Una estación fija de transferencia cumple esencialmente la función de ofrecer una instalación segura para el almacenamiento temporal de los LF y puede ser diseñado según el tipo de recipiente que se utiliza. Por ejemplo, en un proyecto en Ghana, se utilizó un pozo revestido con concreto, dentro de una parcela con cerramiento, con el fin de prevenir la manipulación indebida, inundación o derramamiento durante su almacenamiento. Estos recipientes son vaciados oportunamente por camiones aspiradores.

Un tercer tipo de estación fija de transferencia es el ‘tanque permanente multifuncional’. Además de proveer capacidad de almacenamiento, también reciben LF frescos directamente de inodoros públicos. En algunos casos, proporcionan algo de tratamiento parcial, como separación de agua (por medio de tanques de sedimentación, lechos de secado o tubos de textiles; ERE Consulting Group e Indah Water Konsortium, 2012) o digestión anaeróbica (p.ej., tanques sépticos, reactores anaeróbicos con divisiones tipo ABR o digestores de biogás). Las principales ventajas de estas estaciones incluyen mayor aceptación de su ubicación por parte de la comunidad



(por lo que incluye baños públicos) y una reducción del costo del transporte secundario gracias a la separación del agua. Además, se podría generar algunos productos secundarios benéficos (p.ej., biogás o agua para riego), en caso de tratar a los LF en algún grado. (En el Caso de Estudio 4.2, se analiza una estación de transferencia que también recibe LF frescos).

El cuarto tipo de estación fija de transferencia es la ‘estación conectada al alcantarillado’, que cuentan con acceso directo o indirecto a una red sanitaria, para el transporte secundario de los LF, su efluente líquido o ambos. Con mucha razón, las empresas públicas y los propietarios de activos desalientan la descarga de LF en el alcantarillado, por lo que puede ocasionar un aumento en las obstrucciones de la red, debido a su alto contenido de sólidos, y también sobrecargas de DBO en la EDAR (Capítulo 9). Sin embargo, las descargas ilegales a la red son generalmente frecuentes debido a la falta de alternativas legales y la facilidad de verter los LF en las bocas de revisión.

Estaciones móviles de transferencia

Las estaciones móviles de transferencia consisten en recipientes de fácil transporte que proveen capacidad de almacenamiento temporal en cualquier lugar cercano a las estructuras a vaciar. Pueden ser vehículos tanqueros motorizados o tanques montadas sobre chasis para formar remolques (que en el momento indicado son halados por un tractor o un camión).

Estas estaciones pueden ser colocadas en cualquier sector donde los equipos de pequeña escala tienen que vaciar varias estructuras de contención de los LF. Su mayor ventaja es que esquiva los procedimientos frecuentemente largos y complejos para ubicar estaciones fijas en barrios densamente poblados. También pueden servir para el transporte secundario una vez que estén llenas, como pueden ser manejadas o remolcadas hasta una ETLF.

Si son remolcadas, el vehículo motorizado puede realizar otras tareas relacionadas o no relacionadas en camino, a fin de incrementar la eficiencia y sostenibilidad financiera. Se ha aplicado este tipo de sistema en lugares como Maseru, Lesoto (Strauss y Montangero, 2002)

4.8.3 Ubicación de las estaciones de transferencia

A fin de establecer un sistema exitoso de transporte con distintas fases y estaciones de transferencia, la ubicación de estas estaciones debe planificarse cuidadosamente. Esta sección resalta los aspectos más importantes para tomar en cuenta durante esta planificación.

Optimización de la cobertura

La cobertura de las estaciones de transferencia debe ser suficiente para cubrir la demanda generada por los equipos de pequeña escala que recolectan los LF y, al mismo tiempo, minimizar los costos globales del transporte primario. Para determinar la cobertura apropiada de las estaciones de transferencia, es necesario analizar sus tamaños, la distancia de la una a la otra y los costos de los métodos de transporte primario y secundario. El uso provisional de estaciones móviles puede ayudar a optimizar la cobertura, al permitir la evaluación de la idoneidad de ubicaciones potenciales, a través de un tiempo, sin comprometer los recursos necesarios para la construcción de una estación fija.

Disponibilidad de terrenos

El proceso para hallar un terreno adecuado para la construcción de una estación de transferencia y obtener los permisos correspondientes puede ser difícil y demoroso. Puede involucrar largas negociaciones con varias agencias gubernamentales y algunos propietarios de terrenos, en especial si se trata de asentamientos informales. Como no son permanentes, las estaciones móviles pueden mitigar potencialmente estos desafíos y, por otro lado, se puede considerar el uso de estaciones modulares de transferencia, que requieren poco

espacio. Sin embargo, cabe mencionar que, sin las garantías legales adecuadas, los proveedores de servicio pueden verse obligados por los diferentes dueños de los terrenos a reubicar estas estaciones.

Aceptación

Las comunidades rechazan frecuentemente la ubicación de una estación de transferencia cerca de sus casas. Este sentimiento de “en mi jardín, no” puede constituir un gran desafío en los asentamientos informales densamente poblados, donde hay poco o nada de terreno abierto. Se ha reportado este tipo de rechazo en Dar-es-Salam, Tanzania (Muller y Rijnsburger, 1992), Maputo, Mozambique (Godfrey, 2012) y Freetown, Sierra Leona. Por lo tanto, la participación de las comunidades en este proceso de ubicación, desde muy temprano, puede ser necesaria. Se puede ayudar a incrementar el grado de aceptación al ofrecer incentivos y combinar las estaciones de transferencia con otras instalaciones que los pobladores anhelan, como inodoros y duchas comunales.

Acceso

Dependiendo de su tipo, una estación de transferencia debe ser accesible para los vehículos de transporte primario y secundario, además de tener una conexión al alcantarillado, para su correcta operación. Por ejemplo, aunque la ubicación de una estación de transferencia en la mitad de un asentamiento informal densamente poblado reduciría las distancias de transporte primario, no sería accesible probablemente para los grandes vehículos del transporte secundario. Por lo tanto, es necesario asegurar que las estaciones de transferencia estén ubicadas en vías suficientemente grandes para permitir la circulación de los vehículos del transporte secundario.

Caso de Estudio 4.2: Una estación de transferencia multifuncional, modular y de gran volumen

Una estación de transferencia que consistió de un contenedor de envío internacional de 6 m<sup>3</sup> ubicado encima de un contenedor tanquero ISO de 6 m<sup>3</sup> fue construida por GOAL en Sierra Leona (Figura 4.17). El tanquero fue adaptado para servir como un punto de descarga para los proveedores de servicio primarios, además de tener un inodoro para hombres y otro para mujeres en la parte superior. Estaba configurado para recibir los lodos fecales (LF) en barriles de 60 litros a través de un ducto con un tamiz. Cuando sea necesario, los dos contenedores podrán ser desarticulados, alzados por una grúa y transportados por camión a otro lugar.

El agua para la estación fue proveída por la red de agua entubada que llenaba un tanque de almacenamiento de PVC y permitía la limpieza de los barriles de 60 litros, además de los inodoros de arrastre de agua y los lavabos para el lavado de manos. Las aguas negras de los inodoros iban directamente al tanque de almacenamiento y las aguas grises del lavabo a un pozo de absorción. El acceso a los inodoros fue por medio de unas gradas y un pasillo (que limitaba el acceso para las personas discapacitadas).

Ubicación de la estación

Se había identificado un sitio adecuado en un terreno privado, con el acuerdo de que se podría reubicar la estación a futuro en caso de que haga falta. Las autoridades locales otorgaron los permisos respectivos más fácilmente que si fuera una estación fija, como no era clasificada como una estructura permanente. Los habitantes aledaños también aceptaron la estación en seguida, ya que les ofrecía acceso a inodoros, lo que les hacía mucha falta. No se ha determinado todavía si esta ubicación es óptima para los transportistas primarios y secundarios de los LF.



## Rendimiento

En 2012, esta estación de transferencia todavía no estaba funcionando y no se había establecido su sistema de manejo. Por lo tanto, es difícil evaluar su rendimiento. Sin embargo, se ha identificado los siguientes retos potenciales:

- La posibilidad que el propietario pueda, a futuro, exigir la reubicación de la estación, lo que requerirá todo proceso nuevo de selección de un nuevo sitio;
- El riesgo de contacto entre el público y los LF, dada la estrecha cercanía entre los inodoros y el punto de descarga;
- La velocidad de sedimentación y la necesidad de desalojar los sedimentos; y
- Las implicaciones económicas de un potencialmente alto volumen de agua que ingrese al tanque desde los inodoros.

Algunos de estos asuntos podrán ser enfrentados a futuro, junto con la construcción de una rampa para hacer rodar los barriles hasta el punto de descarga y la posible instalación de equipos para la separación del agua.



**Figura 4.17** Estación de transferencia multifuncional, modular y de gran volumen (arriba) y uno de sus inodoros (abajo) (foto: GOAL).

## 4.9 SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Existen muchas consideraciones específicas de salud y seguridad asociadas con la recolección, transporte y descarga de LF. Por desgracia, en la actualidad, la mayoría de los vaciadores en los países de bajos ingresos no aplican medidas adecuadas de salud y seguridad, en especial los que usan técnicas manuales o equipos de pequeña escala. Como consecuencia, los proveedores de servicio corren un alto riesgo de exposición a peligros físicos, químicos y biológicos. Esta sección ofrece un breve resumen de algunos de estos peligros, juntos con ciertos métodos para reducir la exposición a ellos. (Hay más información sobre salud y seguridad en el Capítulo 11.)

### 4.9.1 Riesgos físicos

Los siguientes peligros físicos pueden presentarse durante el manejo de LF:

- Inestabilidad del suelo alrededor de un pozo sin revestimiento puede dar lugar a su derrumbamiento durante el vaciado (en especial si la operación es manual);
- Riesgo de resbalarse, tropezarse o caerse;
- Exposición a objetos cortopunzantes presentes en los LF (p.ej., vidrio, metal);
- Cargas excesivamente pesadas (p.ej., recipientes de LF, tapas de concreto); y
- Incidentes con el tráfico vehicular (en especial durante el transporte).

### 4.9.2 Riesgos químicos

Existen los siguientes peligros químicos conocidos:

- Exposición directa o indirecta, en la piel, nariz y boca, a químicos (p.ej., hidrocarburos añadidos para controlar supuestamente los olores, aunque no se recomienda esta práctica);
- Trabajar en espacios confinados en presencia de gases nocivos (p.ej., metano, amoníaco, dióxido de azufre) o concentraciones insuficientes de oxígeno (en especial durante una operación manual de vaciado).

### 4.9.3 Riesgos biológicos

Existen los siguientes peligros biológicos al manejar los LF:

- Exposición directa o indirecta, en la piel, nariz o boca, a numerosos tipos de patógenos presentes en los LF (p.ej., bacterias, virus, protozoarios y helmintos, sobre los cuales hay más información en el Capítulo 2).

### 4.9.4 Otros riesgos

Es muy común que los recolectores de LF consuman alcohol durante sus labores, lo que pone en riesgo su salud y la del resto (Godfrey, 2012; Mikhael, 2011).

### 4.9.5 Mitigación de riesgos

Las medidas preventivas para mitigar estos riesgos pueden ser adoptadas voluntariamente o por medio de la regulación, en caso de que existan mecanismos para exigir su cumplimiento.



La primera y mejor línea de defensa para mitigar estos riesgos es limitar la exposición a ellos, mediante las siguientes medidas:

- Proveer y utilizar equipos adecuados de protección personal para evitar la exposición directa o indirecta a los LF (p.ej., guantes, overoles, botas de caucho reforzados con metal en la suela, gafas y máscaras);
- Desarrollar y llevar a cabo un programa de capacitación sobre los procedimientos operativos y el uso de las herramientas y equipos de protección, de forma adaptada a las condiciones locales y las estructuras de contención local, a fin de evitar el contacto directo con los LF.

Se recomienda aplicar medidas preventivas sanitarias, como la vacunación y la desparasitación. Esta última es especialmente importante para los trabajadores que están cambiando de las prácticas inseguras a las seguras.

#### 4.10 CONCLUSIONES

Se ha logrado mucho en el campo de MLF a fin de mejorar las prácticas de recolección y transporte. Sin embargo, todavía existen grandes vacíos que requieren soluciones prácticas e innovadoras.

Muchos de los desafíos enfrentados en el vaciado de las estructuras descentralizadas de contención tienen que ver con su diseño. Por ejemplo, un tanque séptico ubicado lejos del camino es difícil de acceder para los camiones aspiradores. Las estructuras de contención de los LF que vienen de inodoros con sello de agua contienen mucho menos material no biodegradable (p.ej., desechos sólidos domésticos, producto de higiene menstrual, trapos), lo que facilita su vaciado y reduce la posibilidad de atascos.

Al innovar los servicios de recolección y transporte más seguros, funcionales y eficientes, se deben considerar mejoras en las estructuras existentes de contención, además de desarrollar diseños. Para que la puesta en práctica de los nuevos diseños sea eficiente, se requiere un enfoque multidisciplinario, con la participación de una variedad de profesionales, como especialistas en saneamiento, ingenieros en diseño, expertos en mercadeo y promoción, albañiles y abogados.

De un punto de vista técnica, se han emitido recomendaciones para mejorar las estructuras sanitarias existentes y facilitar su vaciado. Una sugerencia es la instalación de un tubo empotrado que extiende hasta el fondo de una letrina para facilitar su vaciado por succión (Coffey, 2007). Incluso este tubo serviría para inyectar aire o agua a baja presión para mover y hacer más líquidos los LF espesos en el fondo y, de esta manera, iniciar el bombeo con los LF más densos y difíciles en el fondo y finalizarlo con la parte más líquida y fácil. Esta recomendación es respaldada por Hawkins (1982) quien indica que la adición de un 2 % de agua a los LF puede incrementar su fluidez entre 30 y 300 veces. Aunque las pruebas iniciales con este diseño fueron alentadoras, no se ha visto su promoción o adopción a gran escala.

Otro método innovador es el ‘Omni-Ingester’, que se está desarrollando con fondos de la Fundación Bill y Melinda Gates. Será diseñado para separar el agua, la arena y la basura de los LF y luego sanearlos en el camión recolector, así reduciendo el volumen y el peso a transportarse a la ETLF, lo que resulta ser frecuentemente la parte más cara del servicio. Tales tecnologías, operadas juntamente con programas comunitarias de MLF, pueden proveer oportunidades transformativas para mejorar el saneamiento a gran escala y al mismo tiempo proteger la salud y seguridad del proveedor de servicio.

#### 4.11 BIBLIOGRAFÍA

- Barreiro, W.C., Strauss, M., Steiner, M., Mensah, A., Jeuland, M., Bolomey, S., Koné, D. (2003). Urban excreta management - Situation, challenges, and promising solutions. En IWA Asia-Pacific Regional Conference.
- Bhagwan, J., Wall, K., Kirwan, F., Ive, O.M., Birkholtz, W., Shaylor, E., Lupuwana, N. (2012). Demonstrating the Effectiveness of Social Franchising Principles: The Emptying of Household VIPs, a Case Study from Govan Mbeki Village.

- Boesch, A., Schertenleib, R. (1985). Emptying On-Site Excreta Disposal Systems: Field Tests with Mechanized Equipment in Gaborone (Botswana). Duebendorf, Suiza: International Reference Centre for Waste Disposal (IRCWD).
- Boot, N.L.D. (2007). Talking Crap: Faecal Sludge Management in Accra, Ghana. Water, Engineering and Development Centre (WEDC). Loughborough, Gran Bretaña: Loughborough University.
- BPD (2005). Sanitation Partnerships: Dar es Salaam Case Study. Dar-es-Salaam, Tanzania: Building Partnerships for Development.
- Brikké, F., Bredero, M. (2003). Linking Technology Choice with Operation and Maintenance in the Context of Community Water Supply and Sanitation. Report for World Health Organization and IRC Water and Sanitation Centre, Ginebra, Suiza.
- Buckley, C., Foxon, K.M., Brouckaert, C.J., Rodda, N., Nwaneri, C., Balboni, E., Couderc, A., Magagna, D. (2008). Scientific Support for Design and Operation of Ventilated Improved Pit Latrines and the Efficacy of Pit Latrine Additives. University of KwaZulu-Natal, Pollution Research Group, School of Chemical Engineering. Gezina: Water Research Commission.
- Chowdhry, S., Koné, D. (2012). Business Analysis of Faecal Sludge Management: Emptying and Transportation Services in Africa and Asia. Seattle: The Bill & Melinda Gates Foundation.
- Coffey, M. (2007). Propose and Test Pit Latrine Designs for Effective Emptying by Mechanical Exhauster. Newtown Mount Kennedy, Irlanda: Manus Coffey Associates.
- De los Reyes, F. (2012). Hygienic Pit Emptying with Low Cost Auger Pump. Available from Sustainable Sanitation Alliance: <http://www.susana.org/images/documents/07-cap-dev/b-conferences/12-FSM2/c8.3-fsm2-de-los-reyes-north-carolina-state-university-usa.pdf>, accedido enero 2013.
- ERE Consulting Group, Indah Water Konsortium (2012). Landscape Analysis and Business Model Assessment in Faecal Sludge Management: Extraction and Transportation Model in Malaysia. Seattle: The Bill & Melinda Gates Foundation.
- Godfrey, A. (2012). Faecal Sludge Management Demonstration Project in Maxaquene A and B, Maputo, Mozambique. Maputo: WSUP.
- GRET Cambodia. (2011). Landscape Analysis and Business Model Assessment in Faecal Sludge Management: Extraction & Transportation Models - Cambodia, Volume 1 – Main Report. Phnom Penh, Camboya: Bill & Melinda Gates Foundation.
- Hawkins, P. M. (1982). Emptying On-Site Excreta Disposal Systems in Developing Countries: An Evaluation of the Problems. IRCWD News (17), p.1-9.
- IDEO (2012). Clean Team Brand Guide. San Francisco, California: IDEO.org.
- Losai Management Limited (2011). Landscape Analysis and Business Model Assessment in Faecal Sludge Management: Extraction and Transportation Models in Africa. Webster: The Bill & Melinda Gates Foundation.
- Macleod, N.A. (2005). The Provision of Sustainable Sanitation Services to Peri-urban and Rural Communities in the eThekweni (Durban) Municipality.
- MCA (2007). Operating and Maintenance Manual for UN-HABITAT MK III Vacutug Latrine Emptying Vehicle. Dublín, Irlanda: Manus Coffey and Associates.
- McBride, A. (2012a). A Portable Pit Latrine Emptying Machine - The eVac. Pietermaritzburg, Sudáfrica: PID, EWBUK, WfP.
- McBride, A. (2012b). The eVac in Malawi. Blantyre, Malawi: PID, EWB-UK.
- Mikhael, G. (2011). Assessment of Faecal Sludge Emptying Services – Freetown, Sierra Leone. Freetown, Sierra Leone: GOAL Sierra Leone.
- Mikhael, G., Parkinson, J. (2011). Assessment of Financial Costs of Sludge Emptying Vacutug Services in Dhaka, Bangladesh (Unpublished). Londres, Gran Bretaña: Water and Sanitation for the Urban Poor (WSUP) and International Water Association (IWA).
- MSF (2010). Public Health Engineering in Precarious Situations. Médecins Sans Frontières (MSF).
- Muller, M. S., Rijnsburger, J. (1992). MAPET: A Neighbourhood-based pit emptying service with locally manufactured handpump equipment in Dar es Salaam, Tanzania. Gouda, Holanda: WASTE Consultants.



- O’Riordan, M. (2009). WRC PROJECT 1745 Management of sludge accumulation in VIP latrines Investigation into Methods of Pit Latrine Emptying. Durban: Partners in Development (Pty) Ltd.
- Still, D., Foxon, K. (2012). Tackling The Challenges of Full Pit Latrines Volume 1: Understanding sludge accumulation in VIPs and strategies for emptying full pits. Gezina: Water Research Commission.
- Still, D., O’Riordan, M. (2012). Tackling the Challenges of Full Pit Latrines Volume 3: The Development of Pit Emptying Technologies. Gezina: Water Research Commission.
- Strauss, M., Montangero, A. (2002). Faecal Sludge Management – Review of Practices, Problems and Initiatives. Dubendorf, Suiza: EAWAG / SANDEC.
- Tilley, E., Lüthi, C., Morel, A., Zurbrugg, C., Schertenleib, R. (2008). Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento. EAWAG, Dübendorf, Suiza. Disponible en: [http://www.eawag.ch/forschung/sandec/publikationen/compendium\\_e/spanish\\_version](http://www.eawag.ch/forschung/sandec/publikationen/compendium_e/spanish_version)
- WASTE Consultants. (1993). Summary of the Comparative Study on Pit Emptying Technologies (COMPET). Dar-es-Salaam, Tanzania: WASTE Consultants.

### Textos complementarios

- Boesch, A., Schertenleib, R. (1985). Emptying onsite excreta disposal system – Field Tests with Mechanized Equipment in Gaborone (Botswana). International Reference Centre for Waste Disposal (IRCWD). (IRCWD report; no. 03/85). Duebendorf, Suiza: International Reference Centre for Waste Disposal.
- O’Riordan, M. (2009). Investigation into methods of pit latrine emptying – Management of sludge accumulation in VIP latrines. Water Research Commission (WRC), Sudáfrica
- Still, D., Foxon, K., O’Riordan, M. (2012). Tackling the challenges of full pit latrines – Volumes 1 to 3. WRC Report No. 1745/1/12, Water Research Commission, Sudáfrica.

### Preguntas para el Estudio de este Capítulo

1. Nombre cuatro tecnologías mecánicas manuales para la recolección de LF y describa cómo funcionan.
2. ¿Qué desafíos técnicos se presentan frecuentemente en la operación del “Tragón” (“Gulper”)?
3. Explique qué son las estaciones de transferencia y describe dos tipos de ellas.
4. Describa tres tipos de peligros presentes en la recolección y transporte de los LF y las maneras de mitigarlos.

# Panorama de las Tecnologías de Tratamiento

Mariska Ronteltap, Pierre-Henri Dodane y Magalie Bassan

### Objetivos de aprendizaje

- Conocer las tecnologías existentes para el tratamiento de lodos fecales.
- Enterarse de nuevas tecnologías con potencial para el futuro y los conocimientos que todavía hacen falta para ponerlas en práctica.
- Entender las ventajas, las limitaciones y los ámbitos de aplicación de las tecnologías de tratamiento.
- Comparar y contrastar las diferentes tecnologías de tratamiento, en función de eficiencia e idoneidad en los contextos locales.
- Comprender la importancia de encontrar combinaciones de las tecnologías que se ajusten a los diferentes contextos.

## 5.1 INTRODUCCIÓN

En los capítulos anteriores, se analizaron las características de los lodos fecales (LF), las formas de recolectarlos y transportarlos hasta las estaciones de tratamiento de los LF (ETLF), junto con un resumen de los mecanismos de tratamiento. En este capítulo, se reseñan las diferentes tecnologías para aplicar dichos mecanismos.

Cada tecnología tiene diferentes ámbitos de aplicación. Pueden utilizarse para el tratamiento o co-tratamiento de LF frescos (p.ej., baños públicos), digeridos o pretratados. Dada la abundancia de desechos como plásticos y papeles los LF entregados en las ETLF por los camiones, es necesario que les sea realizado un tamizado antes de someterse a la mayoría de las tecnologías de tratamiento. También, se debería revisar las características de los LF que fueron colectados en instalaciones comerciales o industriales, puesto que podrían estar contaminados con metales o presentar altas concentraciones de aceites y grasas o las otras sustancias nocivas que se mencionaron en el Capítulo 2 y deben ser segregados y tratados por aparte. Luego del tratamiento, hay tres tipos de productos finales:

- Desechos gruesos que se quedan en los tamices;
- Lodos tratados; y
- Efluentes líquidos (p.ej., lixiviados).

La Figura 5.1 presenta varias alternativas para el tratamiento de LF y sus productos finales (los cuales se detallan más en la Sección 17.4.3). Es necesario tomar en cuenta el contexto local, las regulaciones existentes y los objetivos del uso final de los materiales (Capítulo 10) en la selección de tecnologías o combinaciones de las mismas. El proceso consistirá de combinaciones de: