

**CARTILLA
NO. 4**



Saneamiento

**Programa de Estudios y Capacitación
para Proveedores de Servicios de Agua, Saneamiento e Higiene**

CONTENIDO

> CARTILLA NO. 4: *Sistemas de Saneamiento*

1 INTRODUCCIÓN 7

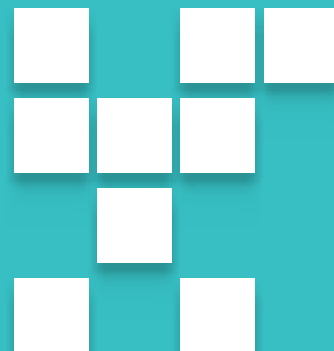
2 SISTEMAS BÁSICOS DE SANEAMIENTO RURAL 11

- 2.1 Niveles de servicio en saneamiento
- 2.2 Opciones tecnológicas en saneamiento
- 2.3 Sistemas con recolección de tuberías
 - 2.3.1 Alcantarillado convencional
 - 2.3.2 Alcantarillado condominial
 - 2.3.3 Alcantarillado de pequeño diámetro
 - 2.3.4 Tratamiento de aguas residuales canalizadas por tuberías de desagües
 - 2.3.5 Lagunas de estabilización
- 2.4 Sistemas sin red de tuberías de recolección
 - 2.4.1 Tanques sépticos
 - 2.4.2 Biodigestor clarificador o Tanque IMHOFF
 - 2.4.3 Letrinas de hoyo seco con ventilación
 - 2.4.4 Letrinas abonera seca familiar
 - 2.4.5 Baño de arrastre hidráulico 21
 - 2.4.6 Letrinas composteras o Baño Ecológico
- 2.5 Tipos de sistemas de saneamiento: Ventajas y desventajas
- 2.6 Clase Practica

3 MANEJO Y TRATAMIENTO DE LODOS 29

- 3.1 Manejo y Tratamientos
- 3.2 Tratamiento de los lodos de fosas sépticas
- 3.3 Mantenimiento de letrinas de hoyo seco ventilado
- 3.4 Otras formas de tratamiento
- 3.5 Clase Practica
- 3.6 Construcción de Obras

4 REFERENCIAS 37



CURSO DE ALBAÑILERÍA Y FONTANERÍA en Agua, Saneamiento e Higiene

Tema: Sistemas de Saneamiento

Perfil del Facilitador:

Requisitos:

➤ Los candidatos y las candidatas para facilitador del “Curso de Albañilería y Fontanería en Agua, Saneamiento e Higiene” en el tema Sistema de Saneamiento, deberán cumplir con los siguientes criterios:

- Preferiblemente de las Regiones Autónomas, con dominio de al menos una lengua de los pueblos originarios de la región del Caribe nicaragüense.
- Conocimiento del contexto rural y de los pueblos originarios de la Costa Caribe nicaragüense.
- **Formación Académica.** Profesional con título universitario en Ingeniería Civil, o bien en Arquitectura, Agrónoma o Ciencias Ambientales. Así mismo Licenciatura en Pedagogía, Ciencias de la Educación, y Ciencias Sociales, o afines.
- **Cursos o post-gradados.** Preferiblemente con formación de postgrado, diplomado superior o maestría relacionada a Gerencia de Proyectos de Construcción, Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Agua y Saneamiento, Gestión Ambiental, Ciencias Ambientales, Desarrollo Local, Pedagogía o Ciencias de la Educación.

➤ **Experiencia**

➤ **Experiencia General**

El facilitador deberá haberse desempeñado en las áreas de la docencia o cargos en área de planificación y/o académicos en educación técnica, planificación en las temáticas de educación, salud, agua, saneamiento e higiene, ambientales, desarrollo rural, así como desarrollo comunal.

➤ **Experiencia específica**

Se evaluará experiencias del facilitador en docencia con enfoque de las técnicas de construcción.

Otras áreas, catedrático de educación técnica y/o superior en las temáticas de: construcción, agua, saneamiento e higiene; medio ambiente, ciencias sociales, agronomía.

Técnicos en capacitación vinculado a proyectos de agua, saneamiento e higiene, medio ambiente y educación, ejecutadas con instituciones del Estado y ONG.

Presentación de la Cartilla IV. *Sistemas de Saneamiento*

No	Concepto	Detalles
1.	Contenido	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tipos de sistemas básicos de saneamiento rural 2. Manejo y tratamiento de lodos
2.	Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocer los principales sistemas básicos de saneamiento rural, tipos, ventajas, técnicas constructivas <ul style="list-style-type: none"> - Identificar los sistemas de saneamiento rural. - Analizar las ventajas comparativas entre los sistemas - Aplicar las técnicas constructivas en los sistemas de disposición de excretas
3.	Duración	Carga horaria: 40 horas <ul style="list-style-type: none"> - Clases teóricas: 6 horas - Clases prácticas: 10 horas - C. practicas no presenciales: 24 horas (Construcción de obras)
4.	Estrategia de implementación	<p>Con el propósito de contribuir a fortalecer las capacidades técnicas y habilidades en las labores de albañilería el curso se desarrollará de la siguiente manera:</p> <p><i>Conferencia o exposición directa.</i> En las clases teóricas, el facilitador hará una descripción detallada de los diferentes tipos de sistemas básicos de saneamiento rural, así como el manejo y tratamiento de, motivando al grupo a la reflexión y participación a expresar sus experiencias en labores el sector de agua, saneamiento e higiene.</p> <p>Prácticas de reforzamiento se llevará a cabo en Etapas de las clases prácticas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Clase práctica demostrativa en dos sesiones (10 horas)</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Llevar a cabo la demostración de los sistemas de construcción de una letrina, baño con su tanque séptico con los materiales, herramientas y equipo de trabajo.</i> • <i>Recorrido</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Hacer un recorrido por algunas instituciones, escuelas secundarias y algunos barrios para observar obras de construcción de sistemas de saneamiento (previamente seleccionadas)</i> • <i>Construcción de una obra (asignado por el facilitador)</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Sistema de Tanque séptico. Construir la fosa, su caja de registro y colocación de bloques y construcción del área de ducha e instalación de accesorios de baño. Se formará en grupo de cuatro y puede construir los dos partes de forma simultaneo.</i> - <i>Letrina seca con ventilación. En grupo de tres participantes, podría tener una duración de cuatro días, por la espera de secado y curado de la loza.</i> <p>El facilitador asignará a cada grupo la obra a construir, cada grupo construirá una sola obra, cada grupo estará conformado por tres o cuatro integrantes.</p>



5.	Instrumentos o técnicas del curso	<p>Las técnicas a utilizarse en el curso con el fin de optimizar el aprendizaje están:</p> <p><i>Trabajo grupal.</i> Los participantes se formarán en grupo para elaborar trabajos del curso, también para discutir y consensuar resultados.</p> <p><i>Exposición de trabajo.</i> Exponer ante los participantes, anécdotas de sus labores en el área de albañilería para compartir y reflexionar.</p> <p><i>Sesión de discusión.</i> Se motivará al grupo la discusión de temas vinculada a mediciones, calidad de trabajo, aplicación de normas y construcciones alternativas</p> <p>El Apoyo de material didáctico para las conferencias, el retroproyector, cartulina, marcadores, pizarras básicamente y para las clases prácticas, están los materiales de construcción como cementos, arenas, varias, bloques y herramientas de trabajo.</p>
6.	Evaluación	<p>A fin de verificar el éxito o alcances del curso, el facilitador hará una evaluación sistemática del curso, de esta forma se podrá medir la eficacia y resultados esperados, así como el proceso de aprendizaje de los participantes y la labor de enseñanza del facilitador. Para la elaboración del informe y valoración de cada uno de los participantes se propone considerar los siguientes aspectos, básicamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Conocimientos adquiridos por los participantes:</i> Valorar el grado de asimilación de las temáticas desarrolladas en la unidad de cada uno de los participantes, valorar la profundidad del abordaje de la temática. La valoración (se calificará de 00 a 100 puntos, 60 calificación mínima de aprobación). • <i>Alcance de los objetivos del curso.</i> Autoevaluación del facilitador. Valorar: Cumplimiento de los contenidos del curso, participación activa de los participantes, uso de materiales didácticos apropiados. • <i>La percepción general del curso:</i> A través de los participantes conocer, cómo percibieron (observó) el curso, en relación a los temas desarrollados, métodos utilizados, así como la organización del curso.

Introducción

1 INTRODUCCION

La cartilla de sistemas de Saneamiento se enmarca en el proyecto “Fortaleciendo Mercados de Agua y Saneamiento para Facilitar Acceso para Poblaciones Periurbanas en la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte (RACCN) de Nicaragua”, y tiene como propósito contribuir en el fortalecimiento de las capacidades técnicas y habilidades de los proveedores de servicios de agua, saneamiento e higiene de los municipios Puerto Cabezas, Waspam y Rosita.

El saneamiento básico se refiere al mejoramiento y mantenimiento según estándares, de las fuentes y sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano. Incluye la adecuada deposición sanitaria de los excrementos y orina en letrinas y baños; el buen manejo de las basuras domiciliarias; el combate a plagas portadoras de enfermedades como ratas, cucarachas, moscas; así como el control de enfermedades (dengue) y de zoonosis, o sea, de enfermedades que pueden transmitirse de animales a seres humanos (gripe aviar, rabia, hantavirus). En la medida que se atiendan estas necesidades, mejorarán los estándares de calidad ambiental y, por ende, la salud de las personas.

Con el propósito de contribuir al cambio y hacer incidencia en este campo, la cartilla contiene temas de Sistemas de Saneamiento, haciendo énfasis en los tipos de sistemas básicos de saneamiento rural y manejo y tratamiento de lodos, describiendo de forma sencilla y detallada.





**Sistemas Básicos de
Saneamiento Rural**



2 SISTEMAS BASICAS DE SANEAMIENTO RURAL

2.1 Niveles de servicio en saneamiento

Los niveles de servicio en saneamiento se refieren a las necesidades atendidas por el sistema implantado para la evacuación o disposición final de excretas y de aguas residuales. Pueden ser a nivel unifamiliar y multifamiliar.

2.2 Opciones tecnológicas en saneamiento

Opción tecnológica en saneamiento comprende la solución de ingeniería que se ajusta a las características físicas locales y a las condiciones socio-económicas de la comunidad. Permiten seleccionar la manera óptima de dotar servicios de calidad de saneamiento a un costo compatible con la realidad local. Las opciones tecnológicas en saneamiento están divididas en dos grupos:



Soluciones con recolección por red de tuberías con arrastre hidráulico.

Soluciones sin red de recolección (disposición in situ) con o sin arrastre hidráulico.

En el cuadro siguiente se muestra la correspondencia entre las opciones tecnológicas en saneamiento y sus niveles de servicio.

OPCIÓN TECNOLÓGICA		NIVEL DE SERVICIO	
Con sistema de recolección en red de tuberías	Alcantarillado convencional	Multifamiliar	Disposición de excretas y de aguas residuales
	Alcantarillado condominial		
	Alcantarillado de pequeño diámetro		
Sin sistema de recolección en red de tuberías	Unidad sanitaria con pozo séptico	Unifamiliar	Disposición de excretas
	Unidad sanitaria con biodigestor	Unifamiliar	
	Letrina de hoyo seco ventilado		
	Letrina de pozo anegado		
	Letrina de cierre hidráulico		
	Letrina compostera o baño ecológico		

La selección de una u otra opción tecnológica debe considerar los siguientes factores:

- Tamaño de la comunidad.
- Dispersión de las viviendas.
- Disponibilidad de agua.
- Recursos disponibles.
- Capacidad de los beneficiarios para la operación y mantenimiento.

Una recomendación sobre las opciones técnicas, es la siguiente:

- ▶ En poblaciones menores a 100 familias (450 personas) no se usa alcantarillado. Solo deben considerarse sistemas de recolección sin uso de red de tuberías.
- ▶ En centros poblados entre 100 y 200 familias puede usarse alcantarillado sólo con pozos sépticos y percolador.
- ▶ En centros poblados de 200 a 400 familias se acepta usar alcantarillado con tanques sépticos o con lagunas facultativas, según las condiciones locales.
- ▶ En poblaciones mayores a 400 familias se acepta el alcantarillado con lagunas facultativas o tanque Imhoff. (es un tipo de tanque de doble función -recepción y procesamiento- para aguas residuales)
- ▶ En cualquier caso, para que se plantee alcantarillado debe contarse con conexión domiciliaria de agua y, si no lo existen, debe tenerse compromisos formales de los beneficiarios de adquirir instalaciones intradomiciliarias (baños o tuberías), asistencia técnica para su instalación y/o sistemas de financiamiento. Asimismo, de ser necesario, debe considerarse un tratamiento focalizado de subvención para familias en extrema pobreza (los casos sociales).

2.3 Sistemas con recolección de tuberías

2.3.1 Alcantarillado convencional



En zonas rurales y pequeñas localidades, cuando el número de viviendas aumenta y se reduce la dispersión, y cuando las viviendas están dotadas de unidades sanitarias, es necesario proveer un sistema para recolección de las aguas residuales generadas.

El alcantarillado convencional es el sistema usualmente utilizado en zonas urbanas, siendo también empleado en algunos casos en zonas rurales o pequeñas comunidades.

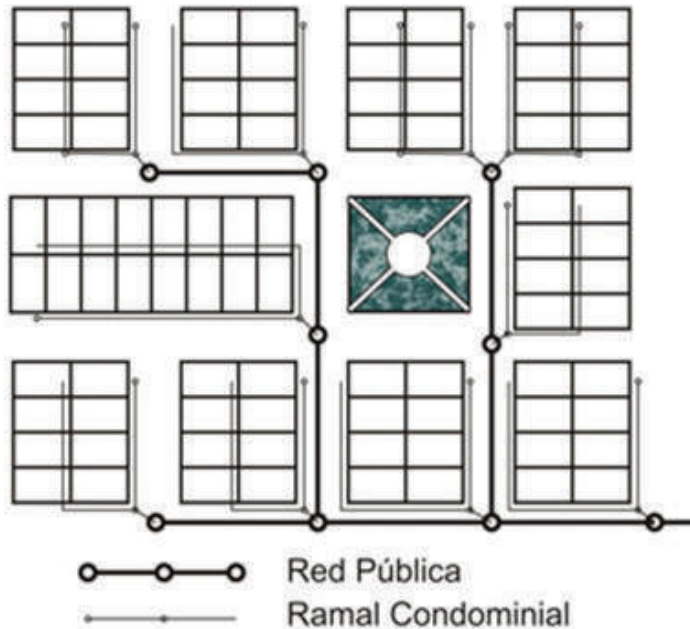
Al ser un sistema por arrastre hidráulico, se debe prever la dotación de agua suficiente para su funcionamiento adecuado.

Las aguas servidas recolectadas deben ser conducidas a un sistema de tratamiento antes de la disposición final en el ambiente, para evitar la contaminación.

El alcantarillado convencional en la mayoría de los casos considera la implantación de la infraestructura, no estando prevista la participación de los beneficiarios en las diferentes etapas de implantación del proyecto.

2.3.2 Alcantarillado condominial

Sistema de Alcantarillado Condominial



El sistema de alcantarillado condominial es un sistema de alcantarillado sanitario destinado a recolectar y transportar aguas residuales utilizando el ramal condominial como unidad básica de conexión. El ramal condominial es una tubería que recolecta aguas residuales de un conjunto de edificaciones y la descarga a la red pública en un solo punto.

Desde el punto de vista técnico, el sistema condominial divide la red de alcantarillado en dos componentes: el ramal condominial y las redes públicas

El ramal condominial atiende a un condominio (una manzana o un grupo de viviendas). redel ramal puede colocarse a menor profundidad y es de menor diámetro (usualmente 100 mm), asentada en zonas

protegidas alrededor de la manzana (veredas o jardines) o al interior de los lotes. Así, no recibe cargas vehiculares.

Los domicilios se conectan a los ramales condominiales por medio de cajas condominiales, que a la vez tienen la función de elemento de inspección para mantenimiento. Los ramales condominiales se conectan a la red pública en un solo punto, quedando definido de esa manera el condominio como una unidad de atención al usuario. La red pública conduce los desagües hasta el sistema de tratamiento de desagües previo a su disposición final (Lampoglia, Mendonça, 2006)

Así, esta es una propuesta de infraestructura de bajo costo. La reducción del diámetro de la tubería y su menor profundidad permite ahorros considerables en el costo de ejecución de la obra. Con relación al sistema convencional, el alcantarillado condominial permite un ahorro en los costos de inversión alrededor de 40% y hasta más. Por otro lado, la incorporación del componente social resulta en mayor uso de la infraestructura, garantizando la rentabilidad económica y social para el proyecto

El componente social busca incorporar a los futuros usuarios en todas las etapas del proyecto, desde la definición de la ubicación del ramal hasta el tipo de gestión a ser implementado. Estas decisiones se toman tanto a nivel individual (ubicación de las instalaciones intradomiciliarias y su conexión al ramal condominial) como a nivel colectivo (la ubicación del ramal y el tipo de gestión a implementar). El resultado observado es el mejor funcionamiento y utilización de la infraestructura construida (Neder, Lampoglia 2003).

2.3.3 Alcantarillado de pequeño diámetro

Alcantarillado de pequeño diámetro



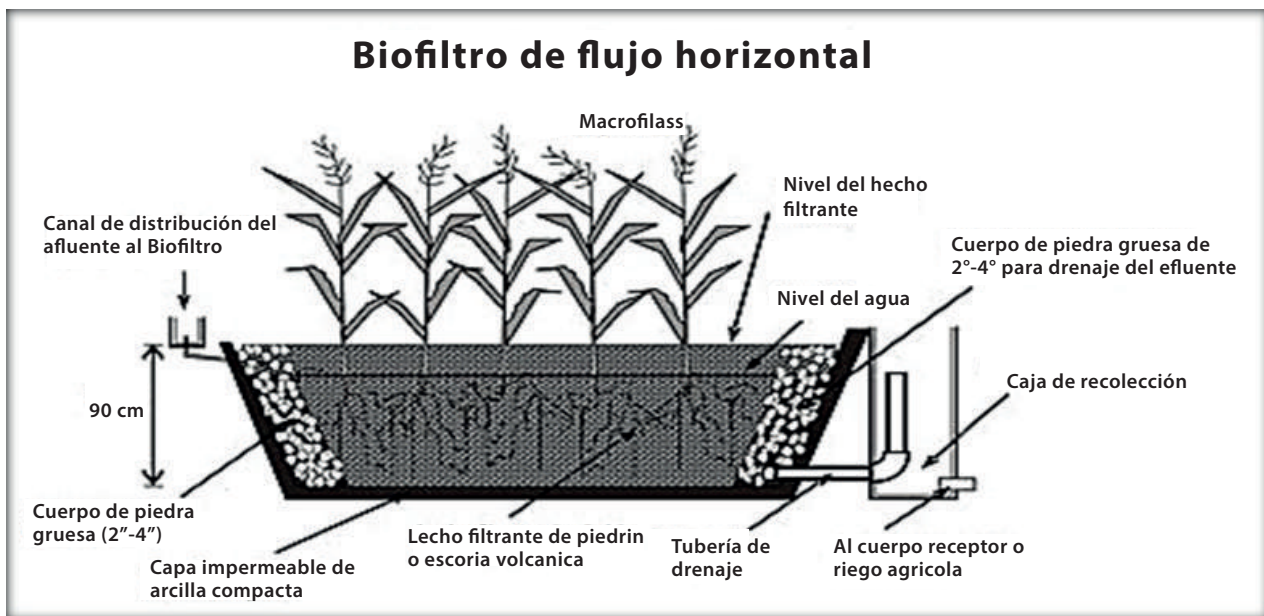
En el sistema de alcantarillado de pequeño diámetro, las aguas residuales son previamente sedimentadas en un tanque séptico unifamiliar, instalado a la salida de la caja de registro. La descarga del tanque se conecta a la red de alcantarillado, que tiene un diámetro mínimo de 100 mm. Como se efectúa la remoción de sólidos previamente a la descarga a la red de alcantarillado, los requerimientos de mantenimiento se reducen significativamente en la red.

La reducción de la carga orgánica en el desagüe recolectado también se reflejará en una economía en el sistema de tratamiento.

Sin embargo, es necesario prever la limpieza y el mantenimiento periódico de los tanques sépticos, la que estará a cargo de cada usuario o de un servicio municipal o privado, previamente negociado con la asociación de vecinos. Esto último es muy importante para garantizar la operación y mantenimiento del sistema.

2.3.4 Tratamiento de aguas residuales canalizadas por tuberías de desagües

- **Biofiltros**





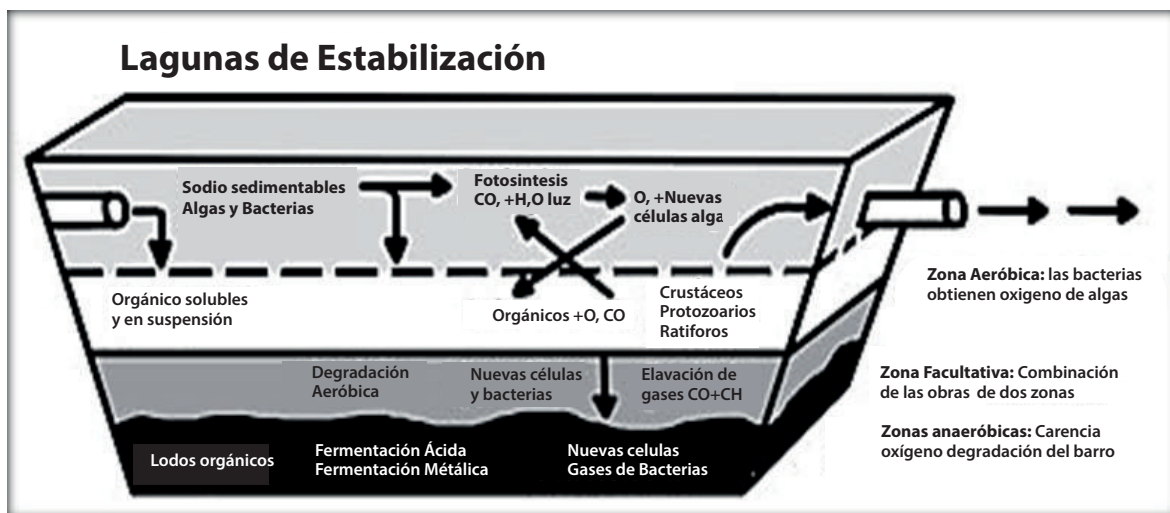
El biofiltro es un humedal artificial de flujo superficial o subterráneo sembrado con plantas de pantano en la superficie del lecho filtrante, por donde las aguas residuales pre tratadas fluyen en forma horizontal o vertical.

Durante su paso a través de las diferentes zonas del lecho filtrante, el agua residual es depurada por la acción de microorganismos que se adhieren a la superficie, y por otros procesos físicos como la filtración y la sedimentación. Usualmente, los biofiltros son utilizados para poblaciones hasta 10.000 habitantes. Es utilizado después de un tratamiento primario (tanque séptico, Inhoff o laguna).

Por el desarrollo de las urbes surge la necesidad de deshacerse de las aguas residuales. El método de tratamiento iniciado en la década de los 50 fue el de Lagunas de estabilización. Tiene insuficiencias. Otros métodos son la Letrina, trinchera, tanque séptico, filtro de arena. Estos tienen poca capacidad y deben construirse separadas de pozos, aguas superficiales y edificaciones. Además, periódicamente deben trabajarse para recuperar su capacidad filtrante.

El Biofiltro es un filtro biológico de grava o arena, sembrado con plantas de pantano y con aguas residuales pre-tratadas. La experiencia inicial de Nicaragua se tuvo en 1996 y se ha visto que es una tecnología atractiva para países en desarrollo.

2.3.5 Lagunas de estabilización



Las lagunas de estabilización son el proceso de tratamiento de desagües más comúnmente utilizado para pequeñas comunidades, en la Región Latinoamericana y del Caribe.

Es un proceso de estabilización natural, que consiste en mantener el desagüe en las lagunas por un período de retención suficientemente elevado hasta lograr la estabilización de la materia orgánica, a través de la simbiosis entre las algas, productoras de oxígeno y las bacterias que lo utilizan para metabolizar la materia orgánica produciendo CO_2 , que a su vez lo consumen las algas. Un sistema de lagunas de estabilización opera bajo condiciones totalmente naturales.

A pesar de su simplicidad, las lagunas de estabilización requieren un mínimo de operación y mantenimiento. Para garantizar el buen funcionamiento, es necesario remover la materia flotante (grasas y desechos) de las lagunas facultativas, retirar las malezas que crezcan en los taludes y eliminar la vegetación en el interior de los estanques.

En casos de sobrecarga y mal funcionamiento, es necesario desviar el desagüe de la laguna hasta su recuperación. En cuanto al mantenimiento, los lodos acumulados en el fondo de las lagunas deben ser removidos periódicamente. La limpieza se efectúa retirando la laguna de operación, drenando su contenido y secando el lodo antes de su remoción. Durante estos períodos, el desagüe debe ser desviado a otra unidad.

2.4 Sistemas sin red de tuberías de recolección



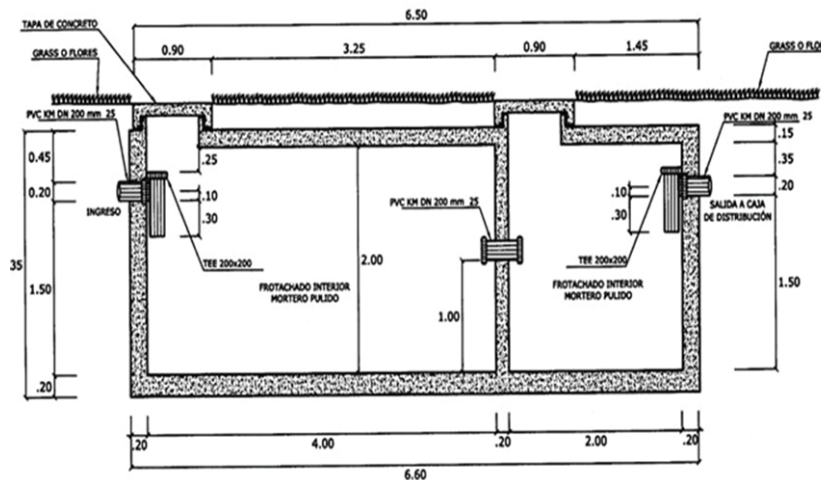
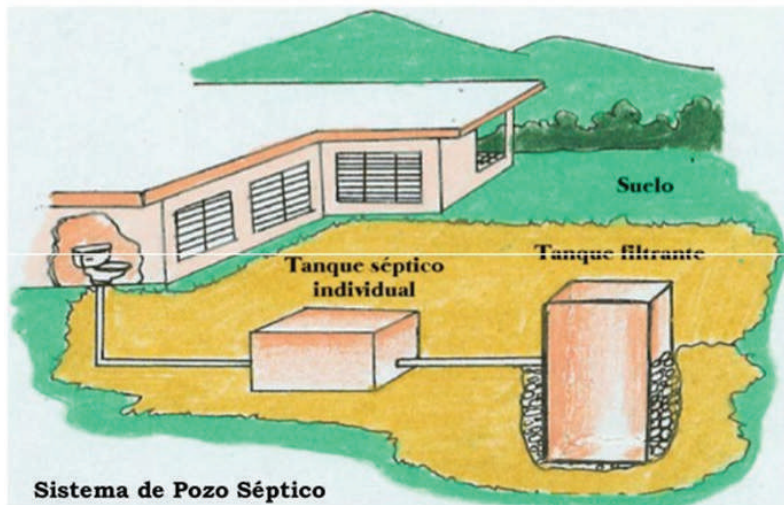
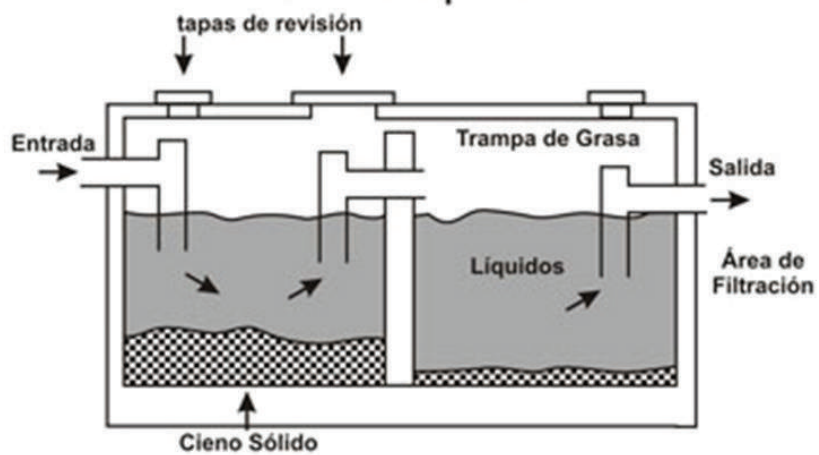
Existen sistemas que pueden ser construidos por los usuarios, sin mayores dificultades técnicas, y otros donde necesariamente se incluyen equipos fabricados por empresas privadas, algunos de los cuales pueden estar patentados.

2.4.1 Tanques sépticos

El sistema es adecuado para viviendas con conexiones domiciliarias de agua y cuando el suelo es permeable y no sujeto a inundaciones para recibir los efluentes o aguas residuales. Las aguas residuales están compuestas por las aguas grises y las aguas negras. Las aguas grises, también conocidas como aguas servidas, son las aguas provenientes de duchas, lavatorios y sifones de recolección de aguas de lavado que generalmente son jabonosas. Las aguas negras son aquellas aguas provenientes de los inodoros o aguas con excretas.

Las unidades sanitarias están conformadas por duchas, lavaderos e inodoro. Cuando se instalan esas unidades, las aguas residuales generadas deben ser tratadas antes de la disposición al ambiente. El tratamiento de las aguas residuales puede ser en pozos sépticos para unidades unifamiliares o multifamiliares; y la disposición final de los efluentes ya tratados, puede realizarse en zanjas de infiltración o pozos absorbentes.

Los pozos sépticos quitan materia sólida por decantación, al detener agua residual en el tanque, lo que permite que se decanten los sedimentos y que flote la capa de impurezas. Para que esta separación ocurra, el agua residual debe detenerse en el tanque un mínimo de 24 horas.



Tanque séptico y sus medidas

- **Recomendaciones**

Ubicación

Los tanques sépticos deben ubicarse fuera de la zona urbana incluida de la zona de expansión y considerando la dirección de las corrientes de aire, para que no vaya del tanque al poblado, por lo malos olores en el momento de la limpieza de los tanques.

Referencialmente, se indica los siguientes distanciamientos mínimos:

- o Al centro poblado 50 m.
- o A árboles 3 m.
- o Cauces naturales de agua 30 m.
- o Pozo de agua 15 m.

Determinación de la capacidad de los tanques

Como regla práctica se puede considerar las siguientes capacidades para tanques de 20 m³

- o Mínimo 25 familias.
- o Máximo 40 familias.
- o Media 30 familias.

Características (Se puede adaptar con otras medidas)

- o **Periodo de retención:** 24 a 48 horas.
- o **Capacidad de tanques:** Mínimo 3 m³, máximo: 20 m³. Sin embargo, debe indicarse que la institución de Water for the World de USA, consideran el diseño de tanques hasta de 39 m³.
- o **Número de cámaras.** Una hasta 5 m³ y 2 a 3 cámaras a volúmenes mayores a 5 m³. La primera cámara deberá tener 50 a 60% de la capacidad total.
- o **Relación de medidas:**
 - Profundidad 1.20 a 1.70 m.
 - Borde libre 0.30 m.
 - Relación larga / ancho 2 a 1 / 3 a 1.
 - Ancho mínimo 0.6 m.
- o **Tuberías de ingreso y salida:**
 - Diámetro mínimo: 4" con tees.
 - Salida 5 cms más baja que entrada.
 - Las tees separadas de menos 0.2 a 0.3 m.
- o Tapa de tanque
- o Sirven para inspección y limpieza.
- o Pueden ser una por cámara o a lo largo de todo el tanque.

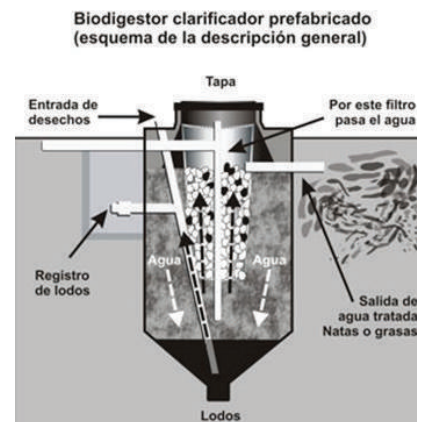
- o Interconexión entre cámaras: Tubo 4" a media altura del tabique, para evitar paso de lodos y natas.
- o Pendiente de tanque. 2% hacia ingreso.

Diseño recomendado

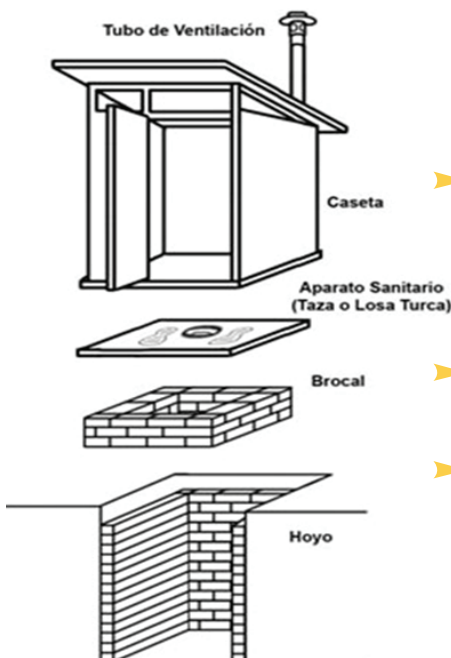
- o Tanques de 20 m³ en batería con lados comunes.
- o Medidas (L x a x h): 6 x 2 x 2 m, con tirante d = 1.70 y borde libre f = 0.30 m.
- o Compartimentos: 2 de 3.50 y 2.50 m. de largo respectivamente.
- o Tapa a todo lo largo del tanque con lozas removibles de 0.4 m. de ancho, para facilitar limpieza de natas y lodos destapando la totalidad del tanque.
- o En los casos que el terreno lo permita en el fondo de la primera cámara se colocará un tubo con válvula para el drenaje de los lados hasta los lechos de secado.
- o el tanque debe ser tapado con 0.3 m. de altura de tierra para evitar ingreso de aire, por las juntas de las tapas.

2.4.2 Biodigestor clarificador o Tanque IMHOFF

Este sistema es una variante de los pozos sépticos que considera la construcción de un módulo sanitario, con un biodigestor pre-fabricado y zanja de infiltración para el tratamiento de las aguas residuales producidas. Las aguas residuales generadas son conducidas a un biodigestor con capacidad de 600 litros y posteriormente transferidas a una zanja de infiltración. El biodigestor es un equipo de tratamiento de aguas residuales, autolimpiable, que no necesita instrumentos para la extracción de lodos sino solo abrir una válvula para extraerlos cada 18 a 24 meses. Las aguas residuales tratadas en el biodigestor van a zanjas de infiltración, pozos absorbentes o se pueden reusar para pequeños sembríos.

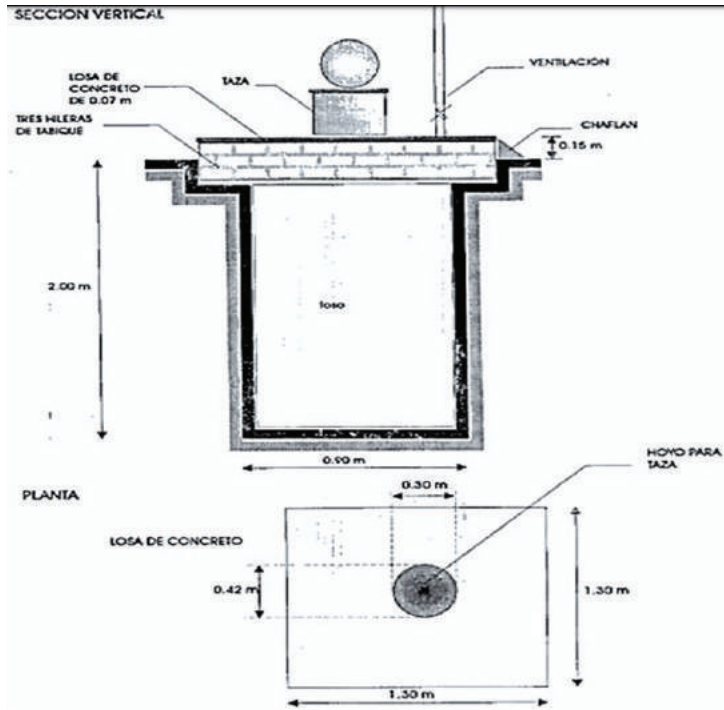


2.4.3 Letrinas de hoyo seco con ventilación

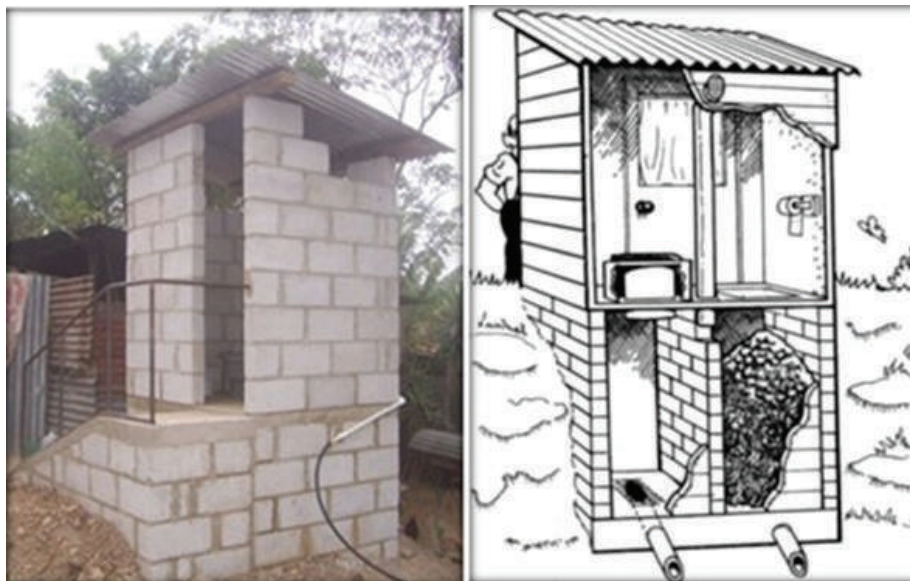


Consiste en un hoyo excavado para la acumulación de las heces, cubierto con una losa sanitaria. Todo el conjunto está protegido por una caseta.

- **La función de la losa** es aislar el pozo y también soportar la caseta, el tubo de ventilación y el usuario. Generalmente está fabricada en hormigón armado. Su dimensión usual es de 1 m². La losa cuenta con dos orificios, uno para la disposición de las excretas y otro donde se inserta un tubo de ventilación.
- **Deben ser instaladas** en zonas libres de inundación, manteniéndose una distancia mínima de las fuentes de agua.
- **El tamaño del pozo** dependerá de la vida útil prevista para la letrina. Cuando el pozo se encuentre lleno hasta aproximadamente 75 % de su profundidad, será necesario cavar otro hoyo, trasladándose la losa, la caseta y el tubo de ventilación. A las excretas acumuladas en el primer foso se les adiciona cal y se tapan con tierra; posteriormente pueden ser utilizadas como abono, luego de un período de digestión de aproximadamente un año.

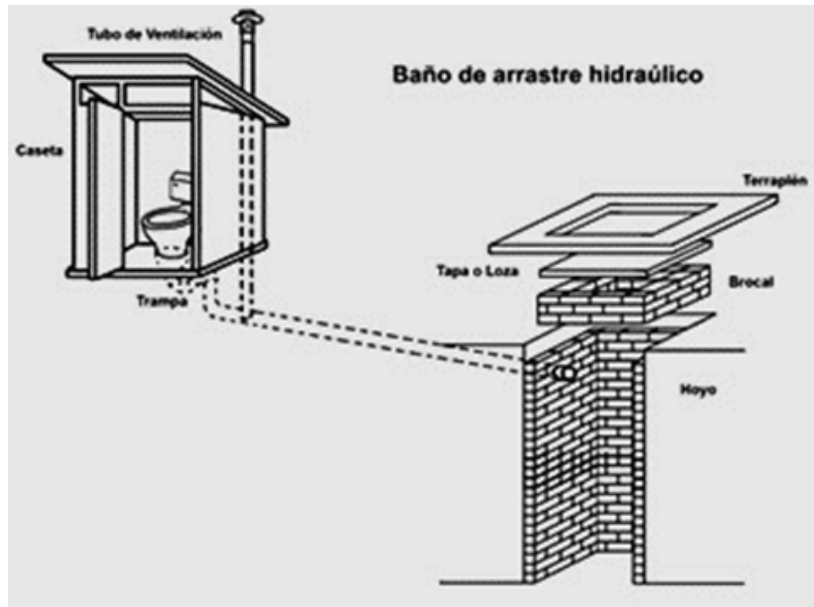


2.4.4 Letrinas abonera seca familiar



Es una alternativa de saneamiento que consta de una doble cámara impermeable y un sentadero especial que separa las heces de la orina. A las heces depositadas en la cámara se les agrega ceniza, cal o tierra seca, para favorecer el proceso de degradación biológica en seco. Cuando una letrina abonera seca familiar (LASF) ha sido adecuadamente usada se puede obtener un abono orgánico relativamente inocuo.

La LASF consiste en dos cámaras separadas por un tabique central, con un agujero superior en cada una de ellas por donde se introducen las heces y la ceniza, y una compuerta de descarga lateral por donde

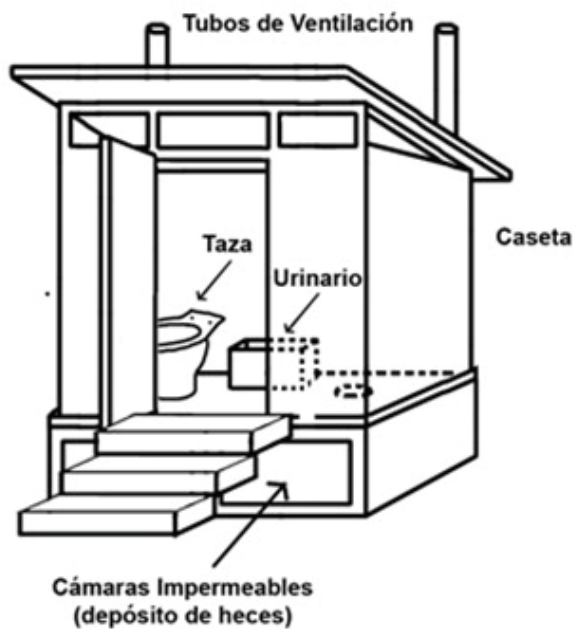


se extraen los abonos una vez digeridos. Estas cámaras se construyen sobre el suelo y pueden ser hechas de materiales como bloque de cemento, ladrillo de barro cocido o piedra. Inicialmente se experimentó con letrinas de adobe, que eran baratas, pero de poca durabilidad, lo que indicó la necesidad de usar un material más resistente. En el suelo se funde el piso y las paredes se impermeabilizan por dentro con cemento y arena.

En la parte superior se funde una losa o plataforma que puede reforzarse con hierro o bambú. Una vez

construidas las cámaras, se hace un sentadero especial (opcional) al cual se adaptará el dispositivo para separar las heces de la orina, evitando así mojar las cámaras. Luego se hace una caseta para dar privacidad a los usuarios y resguardo en época lluviosa o fría. Ésta puede ser de materiales diversos: adobe, ladrillo, barro, bloque, cartón, o cañas de bambú o maíz. El techo puede ser de paja o lámina. Los canales de conducción de orina son de PVC y el recipiente para su recolección puede ser de cualquier material, pero con boca angosta para evitar la entrada de moscas o la salida de olores desagradables.

2.4.5 Baño de arrastre hidráulico



El **baño de arrastre hidráulico** es similar a la anterior, con la diferencia que la losa cuenta con un aparato sanitario dotado de un sifón. El pozo de digestión puede estar desplazado con relación a la caseta, conectándose los dos a través de un tubo.

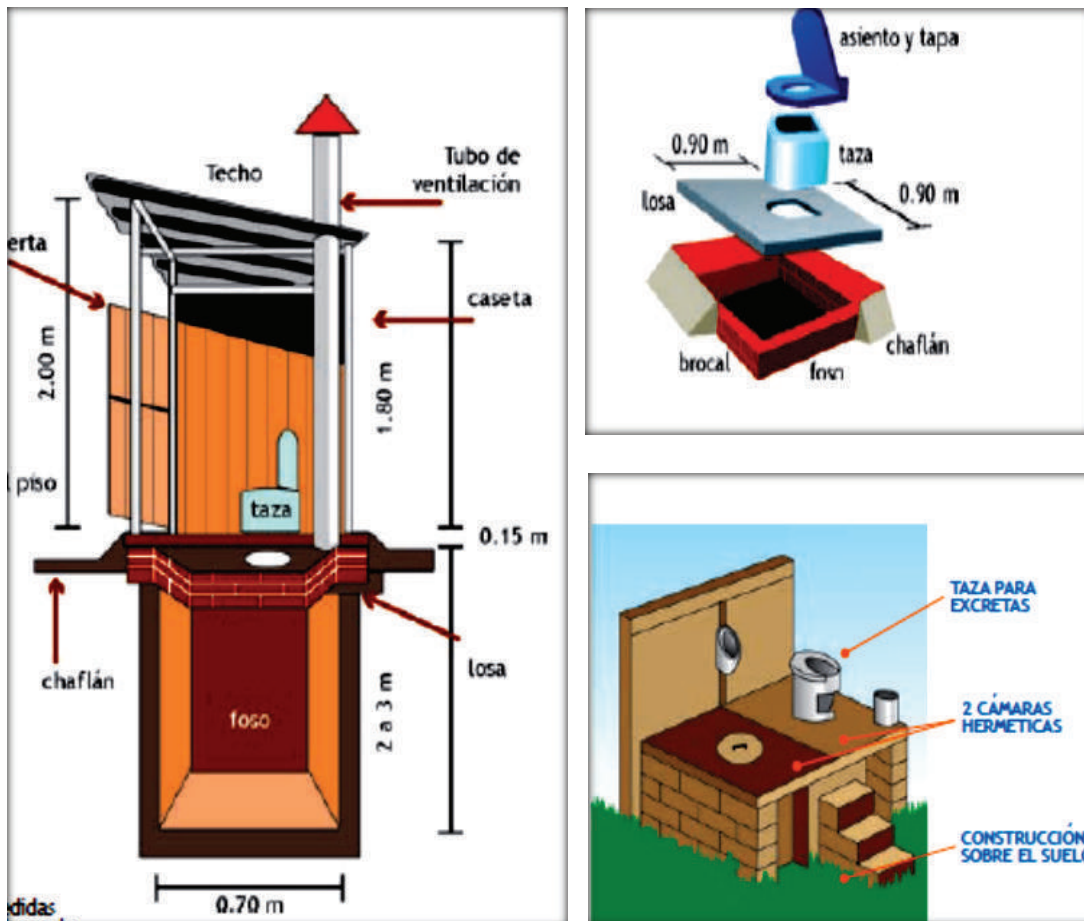
En este caso la taza puede estar apoyada directamente en el suelo y ubicada en el interior de la vivienda. La cantidad de agua necesaria para el arrastre de las heces depende del tipo de tubo y de la ubicación del tanque, variando entre uno y tres litros como mínimo.

2.4.6 Letrinas composteras o Baño Ecológico

Esta letrina, también llamada en otros lugares Baño Ecológico, está formada por una taza y dos cámaras. La taza debe permitir separar la orina de las heces, para minimizar el contenido de humedad y facilitar el deshidratado de las heces. La orina es recolectada aparte, para ser utilizada como fertilizante.

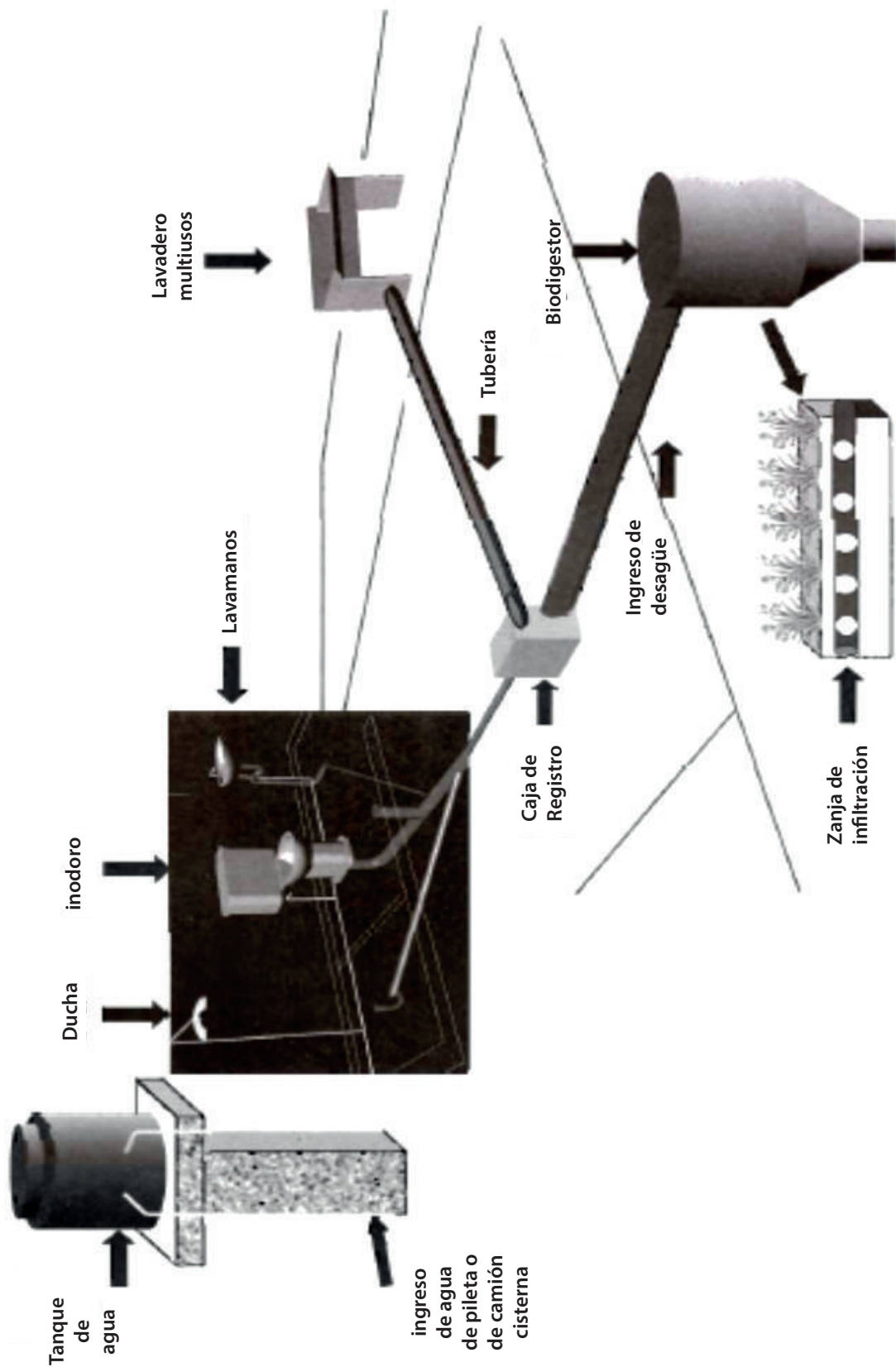
Las dos cámaras son impermeables e independientes. Cada cámara tiene volumen de 1m³ aproximadamente. Ahí se depositarán solo las heces, utilizándose una cámara a la vez. Se adiciona cal, cenizas o tierra, luego de cada uso, para promover el secado y minimizar los olores.

Cuando la primera cámara esté llena a aproximadamente dos tercios de su capacidad, debe ser completada con tierra, pasándose a utilizar la segunda cámara. El contenido de la primera cámara podrá ser utilizado como abono, luego de 6 meses a un año, tiempo requerido para su estabilización.



Letrina seca compostera con hoyo al sub-suelo (para zona rural con napa freática no superficial)

Esquema del Módulo de Baño Ecológico con Tecnología Biodegestor



2.5 Tipos de sistemas de saneamiento: Ventajas y desventajas

Tipo de Sistema Saneamiento	Ventajas	Desventajas
1. Fosas Sépticas o Tanques sépticos	<ul style="list-style-type: none"> - Apropiado para comunidades rurales, edificaciones, condominios, hospitales, etc. - Su limpieza no es frecuente. - Tiene un bajo costo de construcción y operación. - Mínimo grado de dificultad en operación y mantenimiento si se cuenta con infraestructura de remoción de lodos. 	<ul style="list-style-type: none"> - De uso limitado - También de uso limitado a la capacidad de infiltración del terreno que permita disponer adecuadamente los efluentes en el suelo. - Requiere facilidades para la remoción de lodos (bombas, camiones con bombas de vacío, etc.).
2. Biodigestor clarificador o Tanque IMHOFF	<ul style="list-style-type: none"> - Contribuye a la digestión de lodo, mejor que en un tanque séptico, produciendo un líquido residual de mejores características. - No descargan lodo en el líquido efluente, salvo en casos excepcionales. - El lodo se seca y se evacúa con más facilidad que el procedente de los tanques sépticos, esto se debe a que contiene de 90 a 95% de humedad. - Las aguas servidas que se introducen en los tanques imhoff, no necesitan tratamiento preliminar, salvo el paso por una criba gruesa y la separación de las arenillas. - El tiempo de retención de estas unidades es menor en comparación con las lagunas. - Tiene un bajo costo de construcción y operación. - Para su construcción se necesita poco terreno en comparación con las lagunas de estabilización. - Son adecuados para ciudades pequeñas y para comunidades donde no se necesite una atención constante y cuidadosa, y el efluente satisfaga ciertos requisitos para evitar la contaminación de las corrientes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Son estructuras profundas (>6m). - Es difícil su construcción en arena fluida o en roca y deben tomarse precauciones cuando el nivel freático sea alto, para evitar que el tanque pueda flotar o ser desplazado cuando esté vacío. - El efluente que sale del tanque es de mala calidad orgánica y microbiológica. - En ocasiones puede causar malos olores, aun cuando su funcionamiento sea correcto.
3. Letrina seca mejorada con ventilación.	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño sencillo. - Costo bajo. - La presencia de brocal y chaflán evitan la entrada de agua de lluvia, prolongando la vida útil. - Es muy parecida a las letrinas comunes, lo que puede conllevar a una mayor aceptación por parte de los comunitarios. - No se necesita mano de obra calificada. 	<ul style="list-style-type: none"> - No recomendables en lugares con manto freático superficial. - Al llenarse la fosa en un 75% se debe construir otra fosa.
4. Letrina abonera seca familiar	<ul style="list-style-type: none"> - Degradación de las excretas humanas en forma familiar para permitir la producción de abonos sanitariamente seguros. - Construcción relativamente económica, adaptable a las condiciones de la vivienda rural; se construyen con materiales locales. - Eliminación de los microorganismos patógenos al hombre, evitando las enfermedades que se transmiten por las heces y es fácil de aprender a construir y mantener por una familia campesina. - Para su uso no se necesita agua, que es un elemento muy escaso. - Pasa a formar parte de la economía familiar, en vista de que la inversión es recuperable y posteriormente produce beneficios comprobables. - Ocupa poco espacio, no produce olores desagradables ni permite la proliferación de moscas, lo que hace posible tenerla cerca de la vivienda e inclusive dentro de ella. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dada su aparente sencillez, es común pretender copiar la letrina, pero sin un seguimiento adecuado puede fácilmente convertirse en un problema que se acompaña de olores desagradables, proliferación de moscas y condiciones de insalubridad. - El uso de la ceniza puede ser una limitante sobre todo cuando ésta es escasa o no se usa leña para cocinar.



Tipo de Sistema Saneamiento	Ventajas	Desventajas
<p>2. Letrina de arrastre de agua y sello hidráulico</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Con el adecuado manejo puede tener una vida útil superior a los 20 años. - Puede ser utilizado por una familia o varias familias, dependerá del tamaño. - Posibilidad de tenerlo en el interior de la vivienda o muy cerca. - Es mucho más higiénico y estético. - Se disminuye la contaminación al sub suelo y manto acuífero. 	<ul style="list-style-type: none"> - Costo de construcción alto. - Se requiere de materiales que no hay en la comunidad, pero que pueden ser adquiridos en la ciudad. - Se requiere de mano de obra calificada. - En lugares con problemas de acceso a agua no es recomendable. Se requiere de agua para la descarga. - Se requiere de suficiente espacio para la construcción del tanque séptico y zanjas de infiltración.
<p>3. Letrinas composteras o Baño ecológico</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Contribuye a la prevención de enfermedades - No requiere agua para su funcionamiento - El sanitario debe limpiarse con muy poca agua - Recupera y facilita el reciclaje de nutrientes - Ofrece privacidad, seguridad y comodidad - Puede estar en interiores y se pueden construir con materiales locales - Al ocuparlo contribuyes a la conservación de tu comunidad y el medio ambiente 	<ul style="list-style-type: none"> - Su instalación requiere asesoría técnica precisa - Por desconocimiento o mal manejo puede causar resistencia - Las excretas recolectadas deben manejarse con cuidado ya que pueden contener patógenos - Su uso requiere mantenimiento frecuente - Su reparación podría requerir conocimiento especializado de las instalaciones



2.6 Clase Practica

No	Concepto	Detalles
1.	Contenido	<p>Sistemas de disposición de excretas</p> <p>Disposición de excretas es el lugar donde se arrojan las deposiciones humanas con el fin de almacenarlas y aislarlas para así evitar que las bacterias patógenas que contienen puedan causar enfermedades. Se recomienda su uso: para la disposición de excretas de manera sencilla y económica; para viviendas y escuelas ubicadas en zonas rurales o peri urbanas, sin abastecimiento de agua intradomiciliario; en cualquier tipo de clima. Orientar para conocer y aplicar las opciones tecnológicas correctas es la tarea de todos para la salud ambiental de la región.</p>
2.	Duración	5 Horas. Una sesión
3.	Métodos de Enseñanza	<p>Con el propósito de hacer que la clase práctica de reforzamiento sea eficiente en la dirección del aprendizaje y alcanzar con éxito los objetivos de la clase, se propone desarrollar, lo siguiente:</p> <p><i>Realizar un recorrido por algunas instalaciones de las instituciones, escuelas secundarias y a barrios de Bilwi para observar las construcciones de los sistemas de saneamiento (Tanque séptico, Cajas de registro, letrinas y Área de inodoro).</i></p> <p><i>El facilitador y coordinador del curso previamente a la visita, haber hechos los contactos con las personas, autoridades o familias para llevar a cabo el recorrido.</i></p> <p><i>Antes de salir al recorrido el facilitador orientará los siguiente: Formación de grupos de 3 ó 4 integrantes. Los principales detalles a observar para tomar notas y exponerlas al grupo una en el aula.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Tanque séptico: Observar y describir las técnicas constructivas (si tiene caja de registro, si cumple con la ubicación y dimensión...)</i> - <i>Letrinas. Si cumple las medidas mínimas constructivas, ubicación, distancias, mantenimiento...</i> - <i>Área de inodora. (en las instituciones) Si cumple con las dimensiones y otras técnicas constructivas.</i> <p><i>Una vez que haya concluido, regresar al aula de clase para. Se iniciaría la discusión en grupo, el facilitador escogerá a un grupo para exponer uno de los temas observado, luego discutir con todos los participantes hasta agotar el tema</i></p> <p>El facilitador concluirá con un resumen del contenido de la clase práctica, enfatizando las fortalezas y debilidades de los participantes durante el desarrollo de la clase.</p>
4.	Equipos	Transporte interno para el recorrido
5.	Herramientas	
6.	Materiales	Papeles

A large, stylized number '3' in a light teal color, centered on a background with a teal-to-white gradient. The number is composed of three rounded, overlapping shapes. The text 'Manejo y tratamiento de lodos' is overlaid on the middle section of the number.

**Manejo y tratamiento
de lodos**



3 MANEJO Y TRATAMIENTO DE LODOS

Las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica (acción del ser humano).

Las aguas residuales incluyen las aguas usadas domésticas y urbanas, y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados, o las aguas que se mezclaron con las anteriores (aguas pluviales). Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación. Las llamadas aguas negras son las aguas residuales que están contaminadas con heces u orina.

Los lodos fecales son Sólidos con un contenido variable de humedad, provenientes de los conductos o canales de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de los tanques sépticos, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, que no han sido sometidos a procesos de estabilización

¿Y que es proceso de estabilización? Es un proceso que se emplea para lograr una degradación controlada de sustancias orgánicas y eliminación del olor. Reducción del volumen y el peso. En higiene - muerte de organismos patogénicos. También mejora de las propiedades del lodo de las plantas de tratamiento para su utilización posterior o disposición final.

Según el grado de maduración los lodos fecales se clasifican en:



Cruda: Son aquellos provenientes de la etapa de decantación (depuración) primaria.



Estabilizados: Que ya haya sido tratado con una reducción importante del potencial de atracción de vectores, lo que normalmente se produce al final del tratamiento.



Imágenes de lodos fecales

3.1 Manejo y Tratamientos

En métodos de tratamiento para las aguas residuales, pueden aplicarse diferentes técnicas según el nivel de descontaminación que se desee proporcionar al agua. El tratamiento consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano.

Con el propósito de ilustrar el manejo y tratamientos de los lodos fecales, a continuación, se describen aspectos generales de manejo y tratamientos de fosas y letrinas.

3.2 Tratamiento de los lodos de fosas sépticas

Las fosas sépticas reciben a diario diferentes clases de desperdicios provenientes de inodoros, duchas, lavamanos, cocinas, albercas, lavadoras y pisos. Estos desperdicios son ricos principalmente en materia orgánica y grasas.

En los sistemas de drenaje y dentro de las fosas sépticas habitan billones de bacterias que en condiciones óptimas pueden degradar esos compuestos.

Los problemas se presentan cuando se acumulan capas de grasa y lodos que no permiten que los procesos de descomposición ocurran de forma natural causando que parte de esos materiales sean arrastrados hacia el campo de infiltración hasta llegar a producir el colapso del pozo séptico.

El tratamiento de los lodos procedentes de las fosas sépticas lleva procesos o métodos de disposición que implican la sedimentación de las partículas de sólidos por gravedad. Así mismo, la estabilización de lodos consiste en la reducción de materia orgánica mediante el proceso de digestión anaerobia, en donde los microorganismos metanogénicos transforman esta materia en gases.

Hay otras formas más sencillas para el tratamiento como es verter en la fosa inoculante ambiental, que son microorganismos (en su mayoría facultativas) capaces de degradar los principales compuestos orgánicos presentes en las aguas negras. La otra forma es con equipos de bombas y cisternas para succionar el lodo de la fosa.

La limpieza de los pozos sépticos se efectuará de la siguiente manera:



- Se retirará la nata con lampa recta y una herramienta tipo espumadera.
- Se agitará la parte líquida y los lodos para introducir una manguera que se encuentra conectada a la cisterna, para que junto con la nata sean succionadas para que posteriormente sean dispuestas al buzón más cercano del sistema de alcantarillado del lugar, o a un relleno sanitario.

Es importante mencionar que los pozos sépticos no deben lavarse ni desinfectarse después de la succión. Por el contrario, se deberá dejar en el fondo dos o tres litros de residuo de lodo, como inocula-

ción de microorganismos para permitir que las bacterias que quedan puedan descomponer en forma acelerada a los residuos. En caso de que se realice la succión completa de los pozos sépticos, se deberá agregar aditivos biológicos o químicos para ayudar a acelerar la descomposición.

3.3 Mantenimiento de letrinas de hoyo seco ventilado

Las letrinas deben ser mantenidas en buen estado, a fin de evitar la presencia de moscas y olores desagradables. El control rutinario del estado de la letrina debe incluir las siguientes actividades:

- Verificar que las puertas, techo y paredes se encuentre en buen estado, haciendo las reparaciones de ser necesario.
- Mantener el aseo interno en la caseta, evitando la presencia de suciedad.
- Para controlar olores, cuando se generen, se recomienda agregar 200 grs. de estiércol todos los días, hasta que se eliminen los olores. De no ser posible, puede agregarse ceniza o cal, o una mezcla de ambos, para neutralizar el olor.
- Verificar que el tubo de ventilación esté con malla para evitar el ingreso de insectos. A demás, debe estar protegido del ingreso de aguas de lluvia.
- Cuando en nivel de excretas en la letrina alcanzar el 75% de la profundidad. La fosa, será necesario trasladar la letrina a otro local. Esta no es la mejor alternativa, pero por la falta de las condiciones de transporte y tratamiento de lodos, se cava otra fosa, trasladando la losa, la caseta y el tubo de ventilación. La fosa anterior deberá ser clausurado, agregando primero una capa de cal y luego tierra hasta el nivel del terreno.

3.4 Otras formas de tratamiento

Digestión anaerobia de lodos

La digestión anaerobia es uno de los procesos más antiguos empleados en la estabilización de lodos. En este proceso se degradan la materia orgánica del lodo a través de la ausencia de oxígeno.

En el proceso de digestión anaeróbica, la materia orgánica contenida en los lodos se convierte en Metano (el metano CH_4 es un gas que puede ser utilizado para cocinar) y dióxido de carbono (CO_2) principalmente. El proceso se lleva a cabo en una tanque o biodigestor debidamente preparado (debe ser cerrado, para que no entre oxígeno). Los lodos que han sido extraídos de las fosas sépticas se introducen en el tanque o biodigestor y permanecen dentro durante un periodo de tiempo considerable. El lodo estabilizado que se extrae del biodigestor tiene un bajo contenido de materia orgánica y de microorganismo que pudieran causar daño a la salud humana y del medio ambiente.

Estabilización con cal

La estabilización con cal es un proceso muy simple. Su principal ventaja sobre otros procesos de estabilización son sus bajos costos y simplicidad de operación. Se considera que la cal modifica la velocidad de descomposición, así como ocasiona una reducción en los malos olores. El incremento en la velocidad de descomposición ocurre porque la cal neutraliza ácidos orgánicos producidos en la primera etapa de la descomposición.

Durante el tratamiento con cal no ocurre ninguna reducción de materia orgánica y existen dos efectos principales:

- 1 El lodo estabilizado con cal pierde muy fácilmente su humedad en equipos mecánicos (Filtros, centrifugas) y se pueden aplicar a la tierra con propósitos agrícolas o disponer de él en un relleno sanitario siendo muy fácil su manejo en esta forma.
- 2 La cantidad de lodo de que debe disponer aumenta por la adición de cal disponiendo pues de mayor volumen de material estabilizado para su aplicación final.

Sistemas de tratamiento biológico

Los objetivos del tratamiento biológico son tres:

- **Reducir** el contenido en materia orgánica de las aguas
- **Reducir** su contenido en nutrientes.
- **Eliminar** los patógenos y parásitos.

Estos objetivos se logran por medio de procesos aeróbicos y anaeróbicos, en los cuales la materia orgánica es metabolizada por diferentes cepas bacterianas. Existen otros tratamientos como; estanques de lodos activos: El tratamiento se proporciona mediante difusión de aire por medios mecánicos en el interior de tanques. Durante el tratamiento los microorganismos forman floculo que, posteriormente, se dejan sedimentar en un tanque, denominado tanque de clarificación. Orto tratamiento biológico Tratamiento anaerobio que consiste en una serie de procesos microbiológicos, dentro de un recipiente hermético, dirigidos a la digestión de la materia orgánica con producción de metano.





3.5 Clase Práctica

No	Concepto	Detalles
1.	Contenido	<p>Manejo de lodos de los sistemas de disposición de excretas</p> <p>El ser humano contamina el suelo con sus excretas y con malas prácticas para la disposición de desechos líquidos y desechos sólidos domésticos, comerciales e industriales. Esta contaminación se filtra al suelo o es llevada por la lluvia hacia cuerpos de agua. El ser humano también contamina directamente los cuerpos de agua con efluentes de sus alcantarillados sin tratamiento. Conocer la problemática en nuestra región y hacer incidencia en la aplicación de las opciones tecnológicas viables para.</p>
2.	Duración	5 horas. Una sesión
3.	Métodos de Enseñanza	<p>Con el propósito de hacer que la clase práctica de reforzamiento sea eficiente en la dirección del aprendizaje y alcanzar con éxito los objetivos de la clase, se propone desarrollar, lo siguiente:</p> <p>El facilitador en coordinación con el coordinador del curso hará los contactos pertinentes con el pequeño empresario (Sr. Bonilla, contiguo a la entrada al Mercado San Jerónimo) quien tiene los equipos y cisternas para prestar servicio de transporte de lodos fecales y limpieza de tanque sépticos. Solicitar para que haga una demostración, explicando las técnicas que utiliza para realizar el vaciado del tanque séptico y traslado de los lodos fecales. Si presta las condiciones solicitar al Sr. Bonilla hacer el trabajo del manejo del lodo fecal de un tanque séptico de una institución o una familia.</p> <p>Los participantes observaran los equipos, el proceso de las labores, una vez en el aula discutirla con el grupo.</p> <p>El facilitador concluirá con un resumen del contenido de la clase práctica, enfatizando las fortalezas y debilidades de los participantes durante el desarrollo de la clase.</p>
4.	Equipos	Transporte interno para el recorrido
5.	Herramientas	
6.	Materiales	Papeles

3.6 Construcción de Obras

No	Concepto	Detalles
1.	Contenido	Construcción de una obra de saneamiento
2.	Duración	24 horas
3.	Métodos de Enseñanza	<p>Con el propósito de hacer que la clase práctica no-presenciales sea eficiente en la dirección del aprendizaje y alcanzar con éxito los objetivos de la clase, se propone desarrollar, lo siguiente:</p> <p><i>La construcción de una obra de saneamiento se realizará en la ciudad de Bilwi, para lo cual la coordinación del curso contactará a las autoridades de una institución o familias que requiera algún tipo de servicios sanitarios. El facilitador orientará las instrucciones, se formarán grupos de tres o cuatro integrantes. El facilitador entregará a cada grupo (acorde a la obra asignada) lo siguiente:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Plano de la obra a construir.</i> - <i>Las especificaciones técnicas de la obra</i> - <i>El presupuesto de la obra</i> - <i>Materiales acordes al presupuesto y plano de la obra</i> <p><i>Las obras propuestas: El facilitador asignará a cada grupo una sola obra a construir.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Sistema de Tanque séptico. Construir la fosa, su caja de registro y colocación de bloques y construcción del área de ducha e instalación de accesorios de baño. Se formará en grupo de cuatro un grupo construye la parte interna y la otra parte la externa de forma simultaneo.</i> ✓ <i>Letrina seca con ventilación. Construcción de la fosa, loza y caseta.</i> <p><i>Al concluir la obra el facilitador hará una evaluación de las obras terminadas, basados en el plano y las especificaciones técnicas.</i></p>
4.	Equipos	
5.	Herramientas	Herramientas manuales básicas de Albañilería y Fontanería
6.	Materiales	Bloques, cemento, materiales de mezcla, arena fina, varillas, zinc, clavos, madera, alambre de amarre

Referencias

4 REFERENCIAS

1. Alianza para el agua. AECID. 2012. **Guía para planificación municipal en Agua y Saneamiento.** Orientaciones y Experiencia en el contexto centroamericano.
2. FLASH-AECID. 2012. **Manual de requerimientos mínimos para intervenciones en Agua, Saneamiento e higiene en emergencia.** 1ª Edición.
3. Gobierno Regional Autónomo del Atlántico sur (GRAAS). 2012. **Manual de ejecución de proyectos de agua, saneamiento e higiene costa caribe.** Bluefields, Nicaragua
4. GRACCN-GRACCS-FODM-UNICEF. 2012. **Menú de opciones tecnológicas para el abastecimiento de agua potable en la Costa Caribe.**
5. GRACCN FODM-. 2012. **Estrategia Regional del Sector agua y saneamiento de la RAAN.**
6. Herrera Mendoza, Mario. 2015. **Informe Final. (WaterAid, Pana-Pana) Estudio de Mercado y diseño metodológico de productos de crédito para agua segura y saneamiento.**
7. INAA. 2006. **Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales.**
8. José A. Berrios. 2009. **Aspectos generales del manejo de lodos.** México
9. NUEVO FISE, BANCO MUNDIAL. 2012. **Plan de capacitación para el curso albañiles en saneamiento mejorado.**
10. OPS. 2005. **Especificaciones técnicas para la construcción de letrinas de procesos secos.** Lima
11. SINAPRED-UNICEF. 2012. **Guía popular de Agua y Saneamiento e Higiene para situaciones de emergencias.**
12. **UNICEF.**
 - Administremos nuestros servicios de agua potable y saneamiento. (ADMON)
 - Albañiles emprendedores en agua y saneamiento: Una forma innovadora de empoderamiento comunitario.
13. **Operación y mantenimiento de sistemas de abastecimiento de agua.** 1999 Guatemala: Cruz Roja. SENA y Ministerio de Desarrollo Económico.
14. PROARCA/SIGMA. 2004. **Guía para el manejo de excretas y aguas residuales municipales.**
15. WaterAid-UNICEF. 2014. **II Curso de Formación Vocacional en Agua, Saneamiento e Higiene a Adolescentes Emprendedores/as de Áreas Urbanas y Peri-urbanas del Municipio Puerto Cabezas.**
16. WaterAid-UNICEF. 2014. **II Curso Formación Vocacional en Agua, Saneamiento e Higiene a Adolescentes. Manual Sistema Captación Agua Lluvia.**

PROYECTO:

Fortaleciendo Mercados de Agua y Saneamiento para Facilitar Acceso para Poblaciones Periurbanas en la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte (RACCN) de Nicaragua.

