

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN AGUA Y SANEAMIENTO UTILIZADAS EN EL ÁMBITO RURAL DEL PERÚ



Lima, 2006

Tabla de contenido

	Página
1. Introducción.....	1
2. Antecedentes	2
3. Consideraciones para el uso de alternativas técnicas en agua y saneamiento	3
3.1. Consideraciones generales.....	3
3.1.1. Aspectos técnicos	3
3.1.2. Aspectos sociales.....	3
3.1.3. Aspectos económicos	4
3.2. Consideraciones específicas	4
3.2.1. Región costa	4
3.2.2. Región sierra.....	4
3.2.3. Región selva	5
4. Opciones técnicas en abastecimiento de agua	6
4.1. Sistema convencionales	6
4.1.1. Sistema de gravedad sin tratamiento (GST).....	6
4.1.2. Gravedad con tratamiento (GCT).....	8
4.1.3. Sistema por bombeo sin tratamiento BST	11
4.1.4. Bombeo con tratamiento (BCT)	14
4.2. Sistema no convencionales	19
4.2.1. Protección de manantial	19
4.2.2. Bombas manuales (BM)	20
4.2.3. BM Multifamiliar con energía eólica	26
4.2.4. Captación de aguas de lluvia	28
4.3. Tratamiento de agua para consumo humano	31
5. Opciones técnicas en saneamiento	36
5.1. Recolección con tubería	36
5.1.1. Alcantarillado convencional	36
5.1.2. Alcantarillado de pequeño diámetro	39
5.1.3. Alcantarillado condominial	42
5.2. Sin recolección o saneamiento insitu	44
5.2.1. Letrina de hoyo seco	44
5.2.2. Letrina en terrenos con napa freática no profundas	49
5.2.3. Letrina abonera	51
5.2.4. Letrina con arrastre hidráulico	52
5.3. Unidades sanitarias con arrastre hidráulico (familiar)	55
5.4. Tratamiento de aguas residuales	60
5.4.1. Lagunas	60
5.4.2. Tanque Inhoff	61
5.4.3. Tanque séptico	63

5.5.	Otras instalaciones	66
5.5.1.	Estaciones de bombeo	66
5.5.2.	Pozos y zanjas de percolación	66
5.5.3.	Lecho de secado de lodos o disposición de lodos	69
6.	Referencias	70

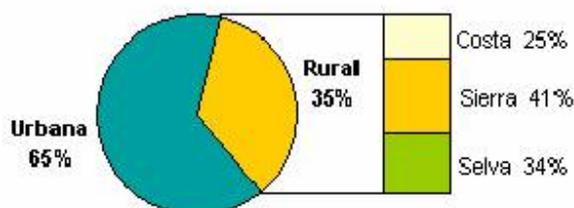
Alternativas tecnológicas en agua y saneamiento utilizadas en el ámbito rural del Perú

1. Introducción

El presente documento es el producto de la búsqueda de información bibliográfica y en los archivos de diversas instituciones; tiene como objetivo fundamental contribuir al conocimiento del sector en relación a las opciones técnicas sencillas y de bajo costo, implementadas en los últimos años, mediante los cuales se da acceso al abastecimiento de agua potable y saneamiento a poblaciones rurales en las distintas regiones naturales del país.

En este contexto cabe indicar que el Perú tiene una extensión de 1'285,215.60 km² y comparte fronteras con Ecuador, Colombia, Brasil, Bolivia y Chile. Políticamente, se divide en 24 departamentos, 194 provincias incluida la provincia constitucional del Callao y 1821 distritos. Tiene 26'748,972¹ millones de habitantes, distribuidos en tres regiones naturales: costa, sierra y selva con diferentes niveles de desarrollo socioeconómico y cultural.

Localidades rurales según el sector agua y saneamiento son aquellas que tienen hasta 2000 habitantes. En este contexto se estima que la población rural del país es aproximadamente el 35% de la población total y, según resultados de la Encuesta de Niveles de Vida (ENNIV) 2000, la población del sector rural se concentra en 1,8 millones de hogares aproximadamente.

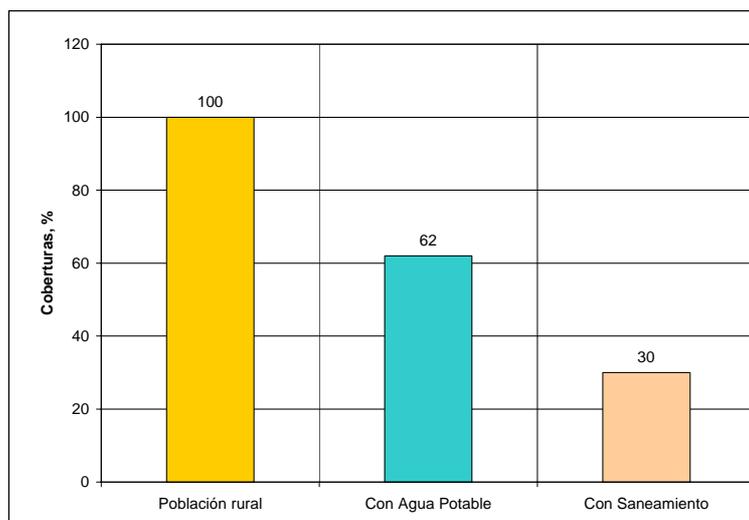


En el área rural de las tres regiones del Perú las familias tienden a crear distintos tipos de organizaciones en su lucha por sobre-vivencia, el 60% se encuentra en condición de pobreza y el 24% en pobreza extrema. El 20% de los hogares más pobres recibe como ingreso promedio US\$ 234 per cápita/año y el 20% más rico, cerca de US\$ 993 per cápita/año (US\$ 82/mes). Esto muestra que la mayor concentración de hogares en pobreza extrema se encuentran en las zonas rurales, sobre todo en la Sierra (58,5% del total de hogares pobres), en la Costa rural la concentración alcanza el 7,8% y en la Selva rural, el 15,8%.

La situación actual del alcance de los servicios de agua y saneamiento en las zonas rurales del Perú, en los cuales se estima que alrededor del 62% de la población rural del país tiene acceso al servicio de agua potable y 30% cuenta con un sistema adecuado de eliminación de excretas.

¹ INEI, Perú resultados preliminares censo 2005, I Población, V de vivienda, página Web 2006.

Cobertura de agua y saneamiento en la población rural



Fuente: MVCS - DNS

Sin embargo, del total de localidades con servicio de agua potable, se estima que sólo el 30% recibe los servicios en condiciones apropiadas en cantidad, calidad y continuidad; que alrededor del 40% tiene sus servicios con problemas de gestión y su infraestructura se encuentra en mal estado y, que el 3% restante tiene sus servicios en estado deficiente o no funcionan. Lo que puede observarse es la deficiente sostenibilidad de los servicios, que tienen deficiencia no sólo en aspectos técnicos sino también en aspectos sociales, por ello la necesidad de realizar un inventario técnico, donde se presenten las diversas opciones técnicas implementadas en el medio.

2. Antecedentes

El Perú al estar constituido en tres grandes regiones geográficas las poblaciones asentadas en estas, presentan características diferentes que responden a su medio ambiente natural y costumbres ancestrales, formándose así una gran variedad de poblaciones rurales con costumbres muy propias, situación que ha obligado al sector a desarrollar una gama de tecnologías apropiadas a cada región teniendo en cuenta aspectos sociales y factores económicos a fin de hacer sostenibles los proyectos de abastecimiento de agua y saneamiento. Es así que a partir de la década del 60, se inicia en el país el planteamiento de tecnologías, utilizadas en los sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento, para las localidades del medio rural que tienen poblaciones hasta 2000 habitantes o hasta 400 viviendas.

En este contexto las instituciones que han implementado proyectos de agua y saneamiento han desarrollado directivas donde se mencionan parámetros de diseño de sistemas de agua y saneamiento en las localidades rurales a través del Ministerio de Salud en la década del 60 y últimamente a través del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

3. Consideraciones para el uso de alternativas técnicas en agua y saneamiento

3.1. Consideraciones generales

Las principales consideraciones para el uso de las alternativas técnicas en agua y saneamiento en el ámbito rural se refieren a aspectos técnicos, económicos, sociales y culturales:

3.1.1. Aspectos técnicos

- a) **Dotación:** vinculado con el nivel de servicio, se consideran los siguientes rangos:

Rangos de dotación (l/hab/día)			Consideraciones
Costa	Sierra	Selva	
50 – 70	40 – 60	60 – 70	Cuando el nivel de servicio en abastecimiento de agua es por conexiones domiciliarias o en caso de un sistema que las combine con piletas públicas. La solución de saneamiento es a través de letrinas sanitarias o sistemas sin arrastre hidráulico.
100 – 120.			Cuando se implemente sistemas de saneamiento a través de redes, para lo cual se evaluará previamente las características socioeconómicas, culturales, densidad poblacional y condiciones técnicas que permitan su implementación.
20 - 40			Cuando el nivel de servicio de abastecimiento es por piletas públicas.

En opciones técnicas como manantiales protegidos, pozos con bomba manual, sistemas con agua de lluvia, las dotaciones pueden ser menores de 20 lt/hab/día.

- b) **Fuente:** determinada por la cantidad, ubicación y disponibilidad de agua que puede ser destinada al abastecimiento, define el nivel de servicio al que puede acceder la comunidad beneficiaria.
- c) **Población:** determinado por el número de habitantes que serán beneficiados por el servicio, de acuerdo a la magnitud e importancia de la población debe diferenciarse las áreas nucleadas y dispersas de acuerdo a la concentración de las viviendas. Asimismo, de ser el caso, debe considerarse la población permanente, flotante y migratoria.

3.1.2. Aspectos sociales

En el orden de estructura social, se evalúa a los distintos actores locales, formas de liderazgo o autoridad aceptada por la población, y al igual que a nivel de familias debe considerarse roles y pautas de comportamiento a fin de determinar quienes son responsables de aspectos de abastecimiento de agua, higiene ambiental, salud de la familia, hábitos de defecación de los niños y otros.

Asimismo, debe tenerse en cuenta las creencias y prácticas culturales de la población, de allí la importancia de buscar la aceptación cultural de las opciones técnicas en agua y saneamiento, a fin de que ésta responda a un trabajo en el que el concepto de sostenibilidad cumpla con las expectativas y satisfaga plenamente las necesidades de las comunidades a las cuales se orientan los proyectos.

3.1.3. Aspectos económicos

La condición económica de la población define la opción técnica y el nivel de servicio. De acuerdo a los niveles de ingreso económico de la población, se evalúa la voluntad y capacidad de pago que incidirán en la sostenibilidad de los servicios.

3.2. Consideraciones específicas

3.2.1. Región costa

Representa el 11,2% de la superficie del país, comprendida entre el mar hasta 500 m.s.n.m del flanco occidental de la cordillera de los andes, con un ambiente natural del tipo desértico. La mayor parte de la franja de tierra está conformada principalmente por esteros, pampas desérticas, valles y la cordillera de la costa y las playas, se caracteriza por tener pocas fuentes de agua superficial y acuíferos profundos.

Otros factores a considerar:

Técnicos - ambiental	Sociales	Económicas
<ul style="list-style-type: none">• Agua salobre (costa norte)• Profundidad de los acuíferos• Periodos de sequía.• Suelos arenosos.• Tipo y permeabilidad del suelo.• Condiciones de operación y mantenimiento• Facilidades para el vaciado de tanques o pozos sépticos• Zonas que pueden ser afectadas por fenómenos naturales (fenómeno del niño, sismos, etc.)	<ul style="list-style-type: none">• Usos de fuentes y terrenos.• Aspectos culturales y su relación con enfermedades de origen hidro-fecal.• Organización local	<ul style="list-style-type: none">• Capacidad económica de la población para asumir costos de administración operación y mantenimiento de sistemas.

3.2.2. Región sierra

Representa el 26% del territorio nacional, comprendida por zonas de topografía agreste; esta región es favorable para la implementación de sistemas de agua, debido a la existencia de manantiales y, fuentes superficiales; sin embargo, la topografía accidentada puede plantear problemas técnicos muy complejos para la solución de los requerimientos de los sistemas de agua y saneamiento previstos.

En las zonas del altiplano, donde proliferan poblaciones rurales pequeñas dispersas, una opción desarrollada es el abastecimiento de agua usando la energía eólica, para ello es importante la evaluación de los vientos en la zona donde se podría emplear esta tecnología.

Asimismo, se han implementado sistemas de captación de agua de lluvia y para temporadas secas almacenan el agua en cisternas para uso exclusivo de consumo directo, preparación de comida, lavado de vajillas, etc.

Otros factores a considerar:

Técnicos - ambiental	Sociales	Económicas
<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de suelos (rocosos) • Nivel freático. • Periodos de sequía y otros fenómenos naturales. • Profundidad de los acuíferos (implementación de bombas manuales) • Evaluación de precipitación pluvial (Captación de aguas de lluvia) • Velocidad y dirección del viento (Utilización de energía eólica) • Demanda para reuso de desechos • Facilidades para el vaciado de tanques o pozos sépticos • Tipo y permeabilidad del suelo. • Condiciones de operación y mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de fuentes y terrenos. • Aspectos culturales y su relación con enfermedades de origen hidro-fecal. • Organización y capacidad local. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad económica de la población para asumir costos de administración operación y mantenimiento de sistemas.

3.2.3. Región selva

La selva, cuya extensión representas el 62% del territorio nacional, con una realidad sofocante de clima tropical y exuberante vegetación, en donde la abundancia del agua origina problemas de erosión en los cursos altos y medios de los ríos, así como las inundaciones de grandes extensiones de tierras el las zonas bajas sobre todo en épocas de creciente.

Consecuentemente el problema que confronta esta región no es la cantidad de agua, sino la calidad de ella, como resultado de sus extensas cuencas de recolección y drenaje desde la cordillera andina, a los que se agrega el componente de color y materia orgánica aportados en su recorrido en la hoya amazónica baja.

La situación geográfica y de clima conlleva a realizar en algunos casos, obras complejas de captación y conducción para cubrir las necesidades de los asentamientos humanos urbanos y rurales mediante sistemas convencionales; sin embargo, se han desarrollado sistemas no convencionales con bombas manuales de diversos tipos y captación de aguas de lluvia para dar acceso al agua en poblaciones rurales dispersas existentes en esa región.

Otros factores a considerar:

Técnicos - ambiental	Sociales	Económicas
<ul style="list-style-type: none"> • Suelos arcillosos • Zonas inundables • Nivel freático. • Calidad del agua (Variaciones de turbidez de la fuente) • Profundidad de los acuíferos (implementación de bombas) 	<ul style="list-style-type: none"> • Usos de fuentes y terrenos. • Aspectos culturales y su relación con enfermedades de origen hidro-fecal. • Población migratoria (depende de las condiciones relacionadas con los recursos naturales, 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad económica de la población para asumir costos de administración operación y mantenimiento de sistemas.

Técnicos - ambiental	Sociales	Económicas
manuales) · Evaluación de precipitación pluvial (Captación de aguas de lluvia) · Tipo y permeabilidad del suelo. · Condiciones de operación y mantenimiento. · Demanda para reuso de desechos · Facilidades para el vaciado de tanques o pozos sépticos	humanos o económicos de cada comunidad). · Organización y capacidades locales	

4. Opciones técnicas en abastecimiento de agua

Son soluciones de ingeniería que permiten el adecuado abastecimiento de agua a una comunidad.

4.1. *Sistemas convencionales*

Es aquella opción técnica que considera el suministro de agua por red de tuberías y el nivel de servicio por conexiones domiciliarias y puede incrementarse una mayor cobertura con algunas piletas públicas a sectores dispersos de la misma comunidad.

4.1.1. *Sistema de gravedad sin tratamiento (GST)*

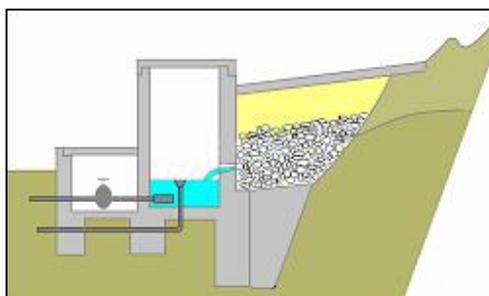
✓ Fuentes

Manantiales (ladera o fondo) concentrados o difusos, aguas subsuperficiales ubicadas en cotas superiores a la población.

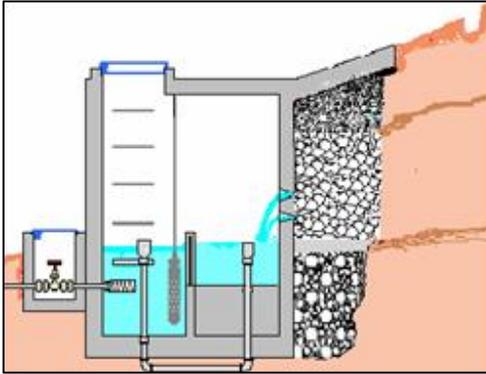
✓ Componentes

- **Captación:** La estructura debe permitir utilizar el caudal máximo diario necesario para atender a la población de diseño. Generalmente se encuentran los siguientes modelos:

a) Manantiales de ladera concentrado

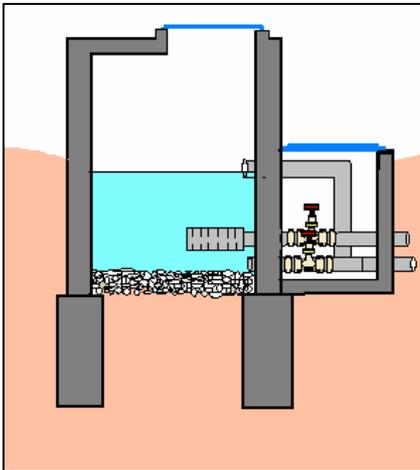


Consta de una protección al afloramiento, una cámara húmeda donde se regula el caudal a utilizarse; el ingreso a esta cámara al igual que el rebose y limpia, están diseñados para el máximo rendimiento de la fuente; posee dispositivos de salida a la línea de conducción y excedente de la fuente.



Si el rendimiento de la fuente es superior al caudal máximo horario, puede ubicarse una captación-reservorio; para esta condición, debe considerarse la distancia y desnivel de la fuente con respecto a la población. Su implementación debe responder a una evaluación técnico-económica.

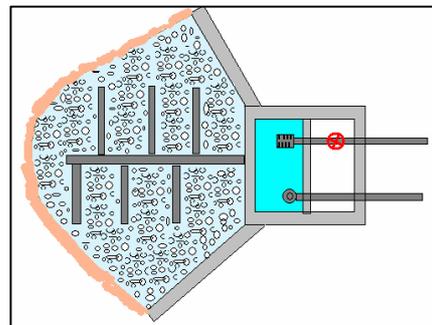
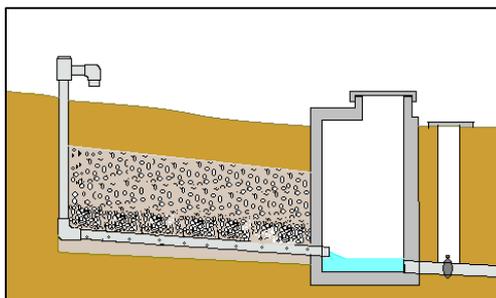
b) Manantial de fondo concentrado



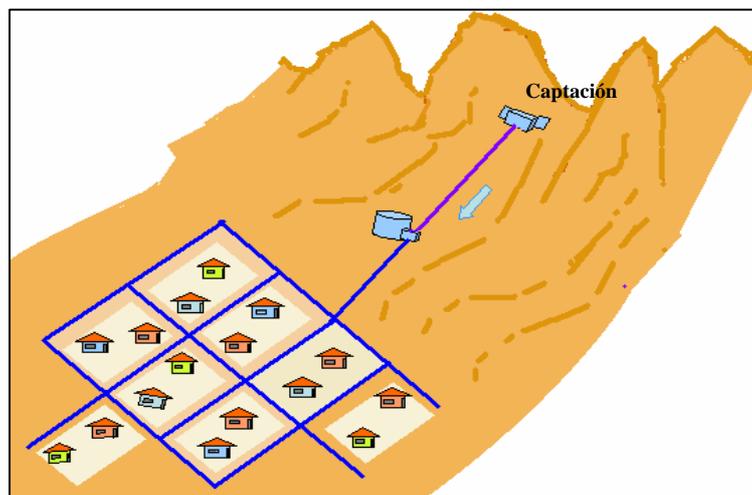
La estructura de captación es una cámara sin losa de fondo que rodea el punto de brote del agua; consta de cámara húmeda que sirve para almacenar el agua y regula el caudal a utilizarse, y una cámara seca que protege las válvulas de control de salida, rebose y limpia.

c) Galerías de infiltración

Para fuentes subsuperficiales o afloramientos difusos; las aguas son recolectadas mediante galerías o drenes de infiltración, convenientemente diseñadas y conducidas hasta una cámara de reunión, donde se inicia la línea de conducción.



- **Línea de conducción:** Conduce el caudal máximo diario (Q_{md}), con velocidades menores a 6m/seg. El material de la tubería estará condicionada a las características geológicas y topográficas de la zona que atraviesa.
 - **Reservorio:** Estructura que debe regular el consumo con presiones de servicio adecuadas (no menor de 5m ni mayor de 50m). La capacidad de regulación debe estar entre el 10 al 20% del consumo promedio diario.
 - **Aducción y distribución:** Se diseña para el caudal máximo horario (Q_{mh}), son tuberías a partir de las cuales se instalan las conexiones domiciliarias o piletas públicas, tienen válvulas de control y de purga para facilitar su operación y mantenimiento.
- ✓ Nivel de servicio
- **Conexión domiciliaria:** Es la facilidad que tiene el usuario para surtirse de agua dentro de su domicilio, constituido por un grifo o lavadero a patio.
 - **Piletas públicas:** Grifo o lavadero ubicado en lugares públicos, típico para poblaciones dispersas.
- ✓ Esquema



4.1.2. Gravedad con tratamiento (GCT)

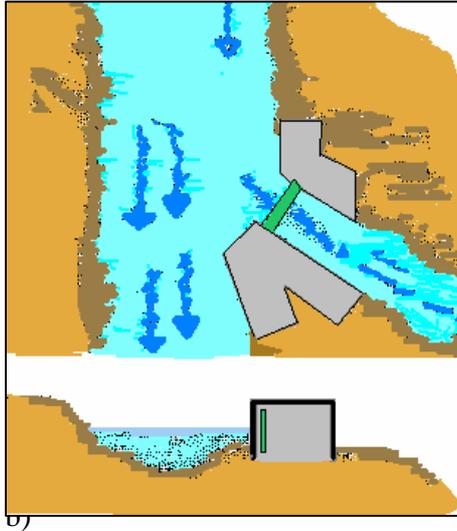
- ✓ Fuentes

Aguas superficiales provenientes de ríos, canales, quebradas, lagos o lagunas ubicadas en cotas superiores a la población.

✓ Componentes

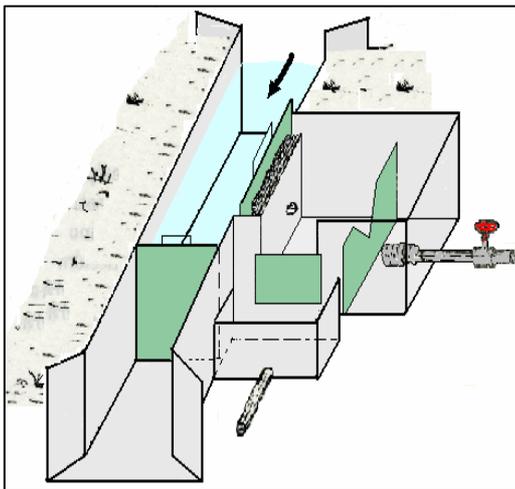
- **Captación:** La estructura cuenta con elementos para regular flujos y caudales, se debe garantizar el caudal necesario en época de estiaje y permitir utilizar el caudal máximo diario necesario para atender a la población de diseño. Generalmente se encuentran los siguientes modelos:

a) Canal de derivación:



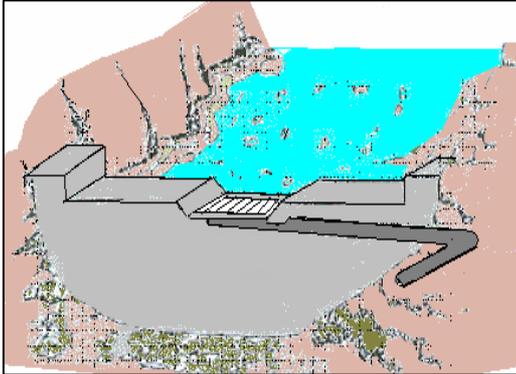
Son simples bocatomas acopladas a un canal de derivación, utilizadas en ríos de gran caudal en los cuales los mínimos de estiaje aportan el tirante de agua necesario para derivar el caudal requerido; deberán preverse rejas, tamices y compuertas para evitar el ingreso de sólidos flotantes; es recomendable en zonas de muy baja pendiente.

c) Captación de toma lateral:



Se construye en uno de los flancos del curso de agua, de forma tal que el agua ingresa directamente a una caja de captación que cuenta con sistemas de medición del caudal necesario para su posterior conducción a la planta de tratamiento. Se emplea en cursos de caudal limitado y que no produzcan socavación profunda.

d) Captación de toma en dique:



Se realiza mediante un represamiento transversal al cauce del río; el área de captación se ubica sobre la cresta del vertedero central y está protegida mediante rejas que permiten el paso del agua. Es recomendable para ríos de poco caudal y gran pendiente. Su construcción en lo posible no debe alterar el perfil longitudinal del cauce del río.

- **Canal de conducción:** Es recomendable utilizar en vez de tubería, por la facilidad de limpieza e inspección, mampostería o concreto armado con pendiente que no permita arenamiento ni erosión por los sólidos transportados.
- **Planta de tratamiento:** Con capacidad para tratar el caudal máximo diario, deben tener características técnico-económicas simples que faciliten aspectos constructivos de operación y de mantenimiento; para el diseño de los procesos de tratamiento se considera como referencia las guías de calidad de agua para consumo humano de la OMS.

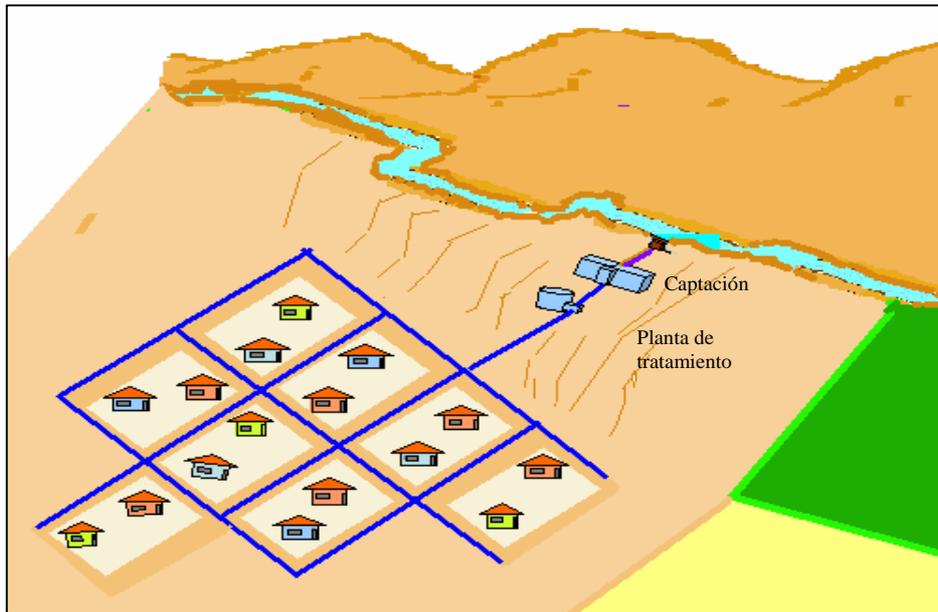
Las unidades de tratamiento deben diseñarse para periodos de operación de 24 horas, siendo dos el número mínimo de unidades en paralelo y así alternarlas cuando requiera mantenimiento.

Los diversos componentes y/o tipos de tratamiento de agua se presentan en el ítem 4.3.

- **Línea de conducción:** Tiene las mismas consideraciones que los sistemas por GST.
 - **Reservorio:** Las mismas consideraciones que los sistemas por GST.
 - **Línea de aducción y red de distribución:** Las mismas consideraciones que los sistemas por GST.
- ✓ Nivel de servicio

Recomendable solo conexiones domiciliarias.

✓ Esquema



4.1.3. *Sistema por bombeo sin tratamiento (BST)*

✓ Fuentes

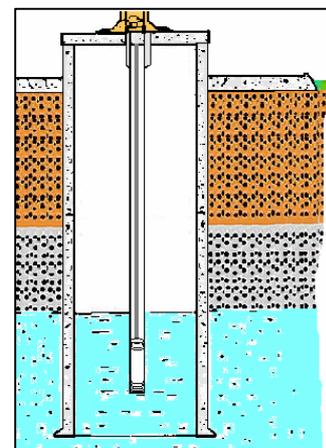
Aguas subterráneas o subsuperficiales ubicadas en cotas inferiores a la población.

✓ Componentes:

- **Pozo:** puede ser de tipo excavado o perforado, tiene una estructura de protección y un equipo de extracción del agua.

Pozo excavado:

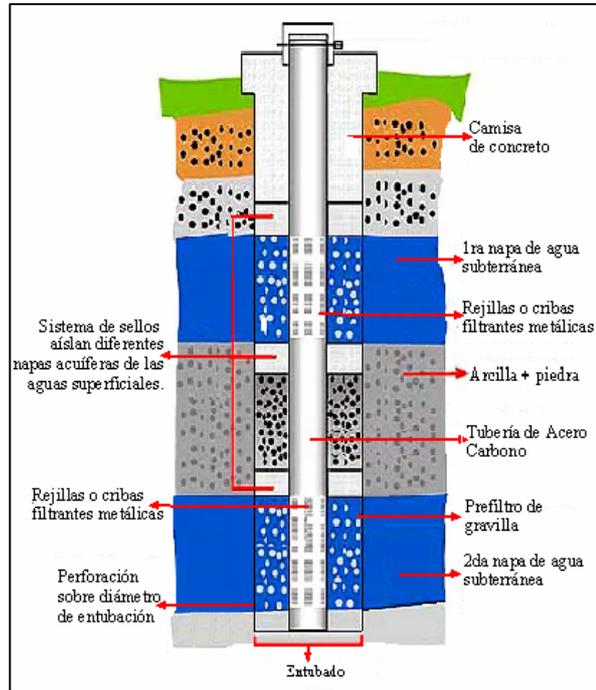
De poca profundidad, generalmente ejecutados manualmente; apropiados en zonas donde el agua subterránea se encuentra a muy poca profundidad; esta depende del tipo de suelo y la fluctuación de la napa freática (el diámetro mínimo del pozo excavado es de 1m).



Pozo perforado o entubado:

Por su pequeño diámetro el pozo tiene un forro que consiste en tuberías que son perforadas en la zona del acuífero. Usualmente se acude a pozos entubados cuando los acuíferos a explotar se encuentran a una profundidad considerable por debajo de la superficie del terreno.

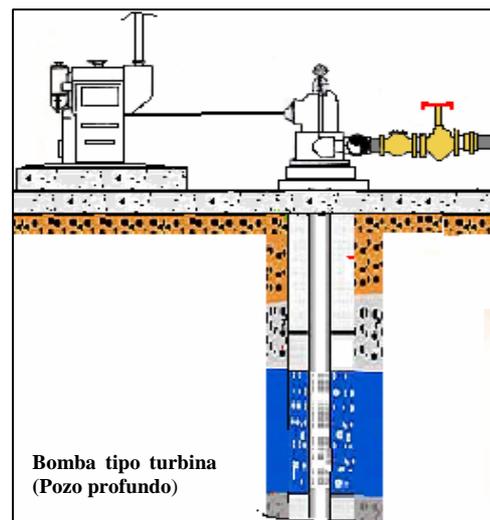
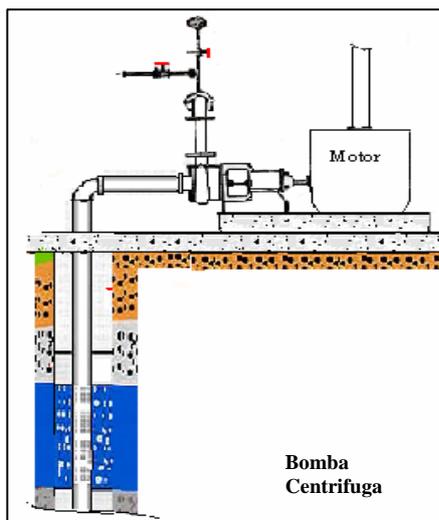
Debe implementarse sellos sanitarios en los 3 primeros metros y el vaciado de una loza sanitaria, debe sobresalir la tubería del pozo al menos 0,30m sobre la superficie del terreno.



- **Caseta de bombeo:** Ambiente con área suficiente para que los equipos de bombeo, tuberías, válvulas, accesorios, tablero eléctrico y otros, se instalen, mantengan y retiren con facilidad.

Debe tener buena ventilación e iluminación para favorecer las funciones propias de este tipo de estructuras.

- **Equipo de bombeo:**



El caudal de bombeo será calculado en función del caudal máximo diario y el número de horas de bombeo, el caudal de la bomba no será mayor al rendimiento de la fuente y deberá llenar el reservorio en un tiempo no mayor de 4 horas.

Los equipos de bombeo, deben especificarse con las siguientes características: Centrífugas de eje horizontal, caudal de bombeo, altura dinámica total (HDT), NPSH requerido, número de equipos y fuente de energía.

Centrífugas de eje vertical: Caudal de bombeo, HDT, número de equipos y fuente de energía.

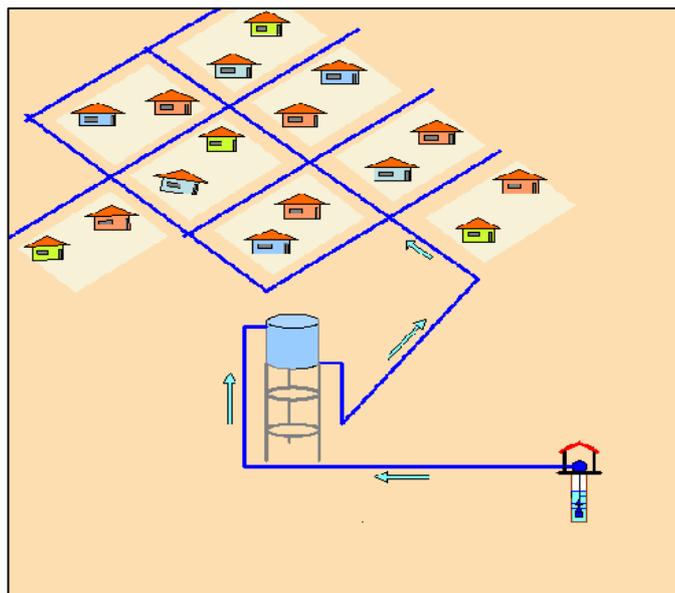
- **Línea de impulsión:** El diámetro de la línea de impulsión para distancias cortas puede determinarse en base a la velocidad (1,5 a 2 m/s); sin embargo, se diseñará teniendo en cuenta el estudio del diámetro más económico. Cuando sea necesario se considerará dispositivos contra golpe de ariete y/o cavitación.

Se deberá emplear tuberías roscadas de PVC o acero SCH 40, de acuerdo a la evaluación técnica. El recubrimiento sobre las tuberías no debe ser menor de 1,20m.

- **Reservorio:** Tiene las mismas consideraciones que los sistemas de GST.
- **Línea de aducción y red de distribución:** Tiene las mismas consideraciones que los sistemas de GST.

Nivel de Servicio: Recomendable conexiones domiciliarias, debe evitarse el empleo de piletas públicas en sistemas de este tipo.

- ✓ Esquema



4.1.4. Bombeo con tratamiento (BCT)

La principal característica de este tipo de sistema es que la fuente de agua superficial se encuentra por debajo de la cota de la población.

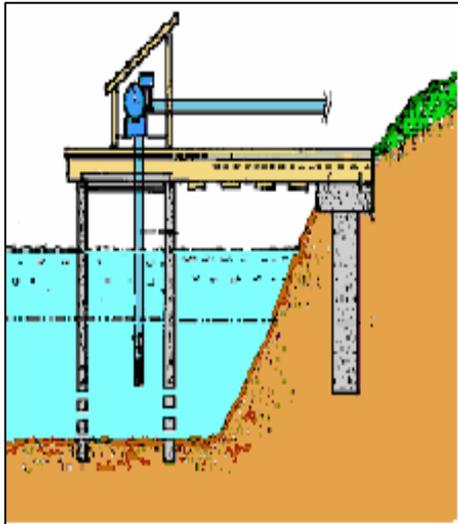
✓ Fuentes

Aguas superficiales (canales, ríos, lagos, etc.).

✓ Componentes:

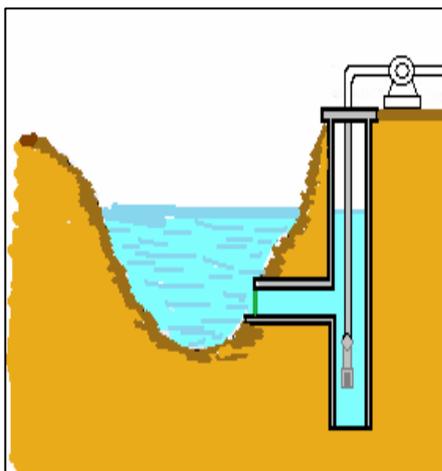
- **Captación:** La estructura debe permitir utilizar el caudal de bombeo del sistema, calculado en función de la población de diseño. Generalmente se encuentran los siguientes tipos:

a) Captación tipo caisson:



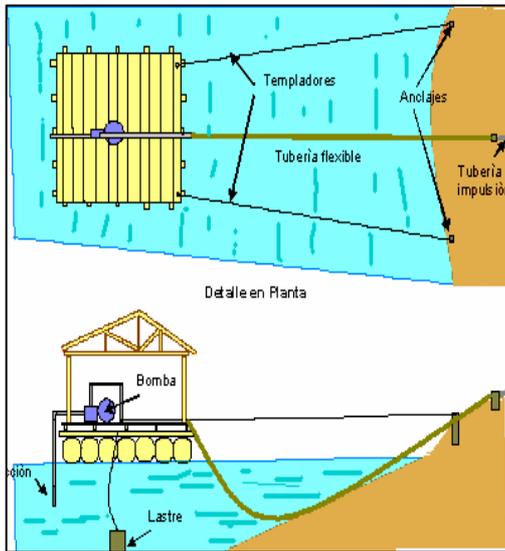
Es una estructura de concreto hincada en el lecho del río, para captar las aguas se ubican ventanas en la parte inferior. El agua es succionada mediante un equipo de bombeo instalado en una caseta sobre el caisson. Es una estructura muy típica de zonas inundables.

b) Captación mediante pozo recolector:



El pozo recolector es una estructura hincada o construida muy próxima a la rivera de la fuente superficial, en este caso el agua es recolectada a través de dispositivos que permiten el flujo conforme varían los niveles de la fuente.

e) Captación de balsa flotante:



Permite captar el agua de río o lago, a través de una estructura flotante donde se ubica el equipo de bombeo. Esta estructura está anclada a la orilla mediante cables templadores.

Se diseñan en función del peso que soporta, el tipo de material de la balsa y del dispositivo flotante que se utilice; respondiendo a un análisis de cargas, que permita un equilibrio de fuerzas y garantice la flotabilidad, cubriendo con exceso las maniobras de operación y mantenimiento en la balsa.

Está compuesto de:

- **Flotadores:** Dispuestos de manera que garanticen la flotabilidad, pueden ser de madera, cilindros metálicos y otros materiales de diversos tamaños y formas, capaces de soportar la presión de toda la estructura y la acción corrosiva del agua.
- **Si son metálicos serán herméticos y protegidos con pintura anticorrosiva.** Los flotadores y la balsa pueden ir fijados con sogas o elementos metálicos, durables a la podredumbre o corrosión.
- **La balsa:** Diseñadas de acuerdo a las características de las instalaciones y requerimientos de espacio para operación y mantenimiento. Se buscará tener la mayor estabilidad en la balsa y capaz de soportar condiciones más adversas de la fuente y el clima.

✓ Elementos de fijación:

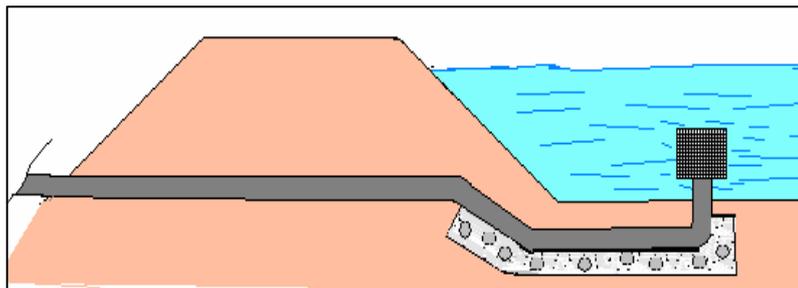
- *Lastre o ancladero:* Puede ser de metal, concreto u otro material que garantice el estacionamiento de la captación, su peso debe impedir el arrastre de la balsa en el sentido de la corriente y la cuerda que une el lastre con la balsa debe permitir que la variación de niveles no afecte la estabilidad de la balsa y la tubería flexible.
- *Templadores:* Fija la balsa a la orilla y complementa la función del lastre; pueden ser cables de acero trenzado de un diámetro de 3/8” mínimo u otro material que además de durable soporte esfuerzos de tracción que derivan del peso de la balsa y la velocidad de la corriente. Debe contar con dispositivos que permita soportar la variación de los niveles de la fuente.

- *Anclajes o elementos fijos en la superficie de la orilla del río o lago:* permite sujetar a la balsa mediante los templadores, pueden ser dados de concreto, madera u otro material disponible en la zona, que garantice la resistencia a los esfuerzos sometidos.
- **Equipamiento:** Debe disponerse de un equipo de bombeo sobre la balsa o en la orilla de la fuente; permita impulsar el agua a niveles adecuados, respondiendo a requerimientos de caudal y altura dinámica total del sistema. La altura de succión no debe ser superior a 7m para evitar la cavitación.
- **Tuberías de succión e impulsión:** El diámetro y longitud de la tubería flexible de impulsión, dependerá del caudal de bombeo y las características de la captación y debe permitir un flujo adecuado, cuando se tiene el régimen de mayor bombeo; las velocidades deben ser bajas (1,2 y 1,8 m/s) para evitar recoger sedimentos u otros elementos del fondo; la canastilla de succión debe estar mínimo de 0,30 – 0,50m debajo del nivel de flotación de la balsa o a 2m como mínimo sobre el fondo del río y en dirección de la corriente, para tener agua cruda de mejor calidad.

Puede utilizarse manguera flexible con refuerzo metálico en el tramo comprendido entre la balsa y la orilla; el diseño se hará mediante la fórmula de Bresse y cuando la importancia lo amerite deberá calcularse mediante el análisis del diámetro más económico.

- **Caseta de Bombeo:** Para protección de los equipos de bombeo contra el intemperismo y asegurar el buen funcionamiento; debe contar con el espacio necesario para los requerimientos de operación y mantenimiento y construirse con materiales de la zona preferentemente.

f) Captación de embalse:



Cuando se adicionan estructuras de regulación para compensar sus variaciones de caudal durante épocas de crecida con las de estiaje.

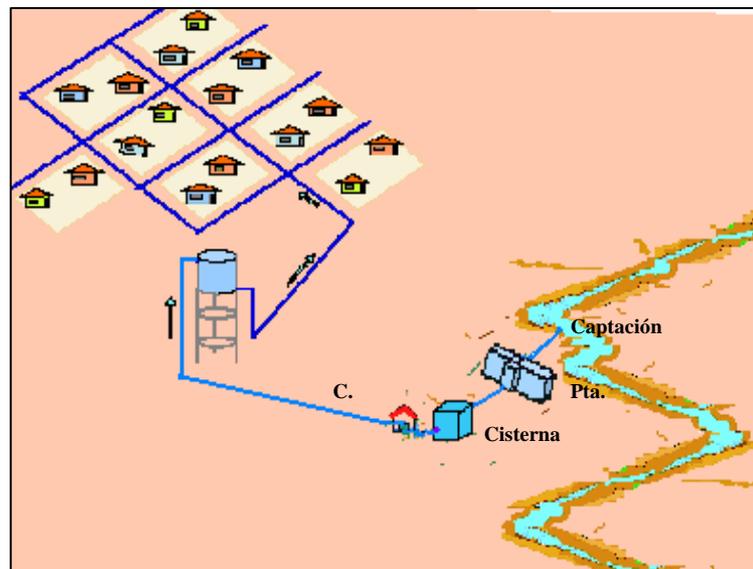
- **Caseta de bombeo:** Tienen las mismas consideraciones que los sistemas por BST.
- **Equipo de bombeo:** Tienen las mismas consideraciones que sistemas por BST.
- **Línea de impulsión:** Tienen las mismas consideraciones que los sistemas por BST.
- **Planta de tratamiento:** Las consideraciones generales se indican en el ítem 4.3
- **Reservorio:** Tienen las mismas consideraciones que los sistemas por GST.

- **Línea de aducción y red de distribución:** Tienen las mismas consideraciones que los sistemas por GST.

Nivel de servicio: Solamente conexiones a domicilio, no se recomiendan piletas públicas.

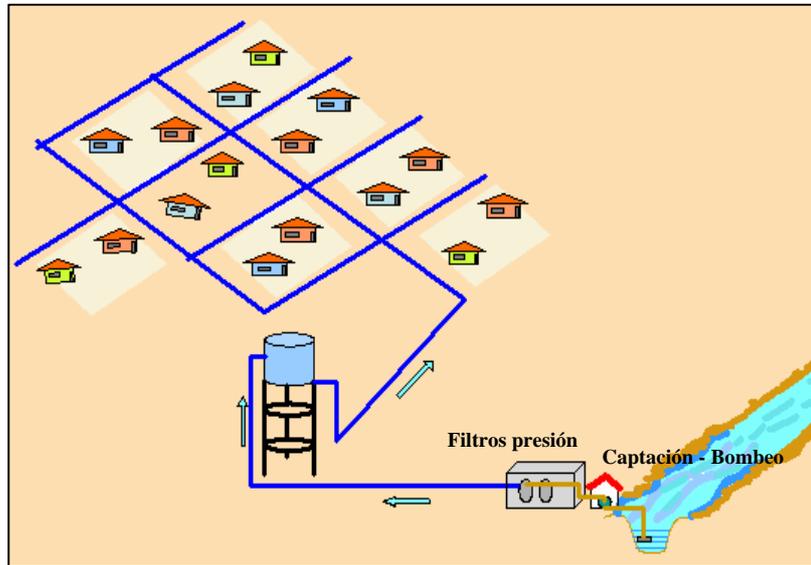
✓ Esquemas

- **Caso 1 - Componentes:** Captación, canal o tubería de conducción, planta de tratamiento, cisterna, caseta y equipo de bombeo, línea de impulsión, reservorio, línea de aducción, red de distribución, conexiones domiciliarias.



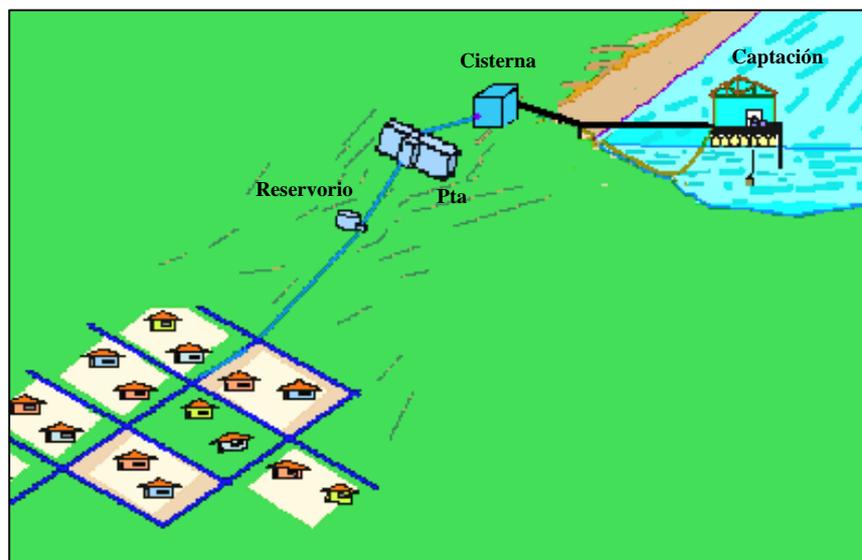
Los componentes de este sistema tiene las mismas consideraciones que el del sistema de GCT, adicionalmente se construye una cisterna a la salida de la planta de tratamiento, cuya capacidad debe ser superior en 1,5 a 2 veces el volumen del reservorio, debe poseer elementos de control para entrada, salida, desagüe y limpieza, así como un buzón de inspección y ventilación. Puede ser construido de diversos materiales como mampostería, concreto simple, armado o ferrocemento; su forma generalmente es de sección rectangular o cilíndrica; pueden ser semi enterrados o enterrados de modo tal que permita facilitar el bombeo del agua.

- **Caso 2** - Cuando la captación es mediante el pozo recolector de agua superficial e impulsada para su tratamiento de un sistema de filtros rápidos a presión.



- **Caso 3** - Cuando el agua cruda es impulsada a una cisterna y a partir de ella por gravedad pasa a una planta de tratamiento de donde se conduce al almacenamiento y distribución.

Se debe tomar en cuenta en el diseño del volumen de la cisterna para que garantice el caudal Q_{md} de los sistemas durante las 24 horas del día. En todo caso debe buscarse la mejor correlación entre el caudal de bombeo, el caudal Q_{md} y el número de horas de bombeo para lograr una buena operatividad del sistema.



4.2. *Sistemas no convencionales*

4.2.1. *Protección del manantial*

Solución de abastecimiento de agua sencillo y de bajo costo para comunidades pequeñas o dispersas; consiste en proteger sanitariamente un manantial y dotarlo de dispositivos que permita el aprovisionamiento de agua en el mismo punto o mediante piletas públicas mediante acarreo.

Puede adicionarse tanques de almacenamiento, cisternas y tuberías para su conducción por gravedad y su distribución a la población.

✓ Fuente:

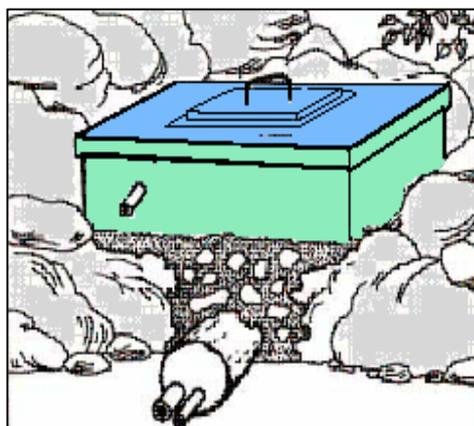
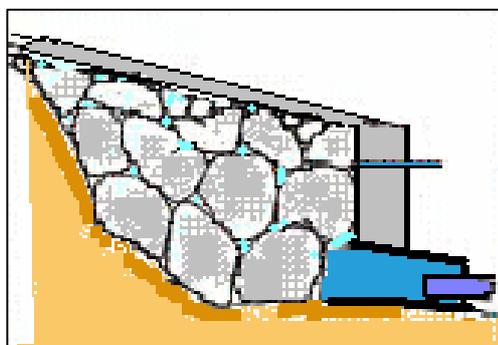
Manantiales (ladera o fondo) concentrados o difusos, aguas subsuperficiales.

✓ Parámetros:

Caudal asignado por persona: hasta 20 lppd

✓ Componentes:

- Captación: Se diseñan para el caudal de máximo rendimiento de la fuente, debe garantizar un sello sanitario.



- Línea de conducción: Comprendida entre captación y reservorio si las condiciones se dan o directamente a una pileta pública.
- Nivel de servicio: Puede ser piletas públicas.

✓ Esquema



4.2.2. *Bombas manuales (BM).*

Consta de un pozo equipado con una bomba manual sobre una plataforma sanitariamente protegida. Permite obtener el agua del subsuelo, directamente por la acción del usuario, puede implementarse para un nivel de servicio unifamiliar y multifamiliar.

a) BM Multifamiliar o de uso público

✓ Descripción

Se ubica equidistante a las viviendas, desde donde se sirven mediante acarreo, la selección de una bomba manual para el medio rural se basa en lo siguiente:

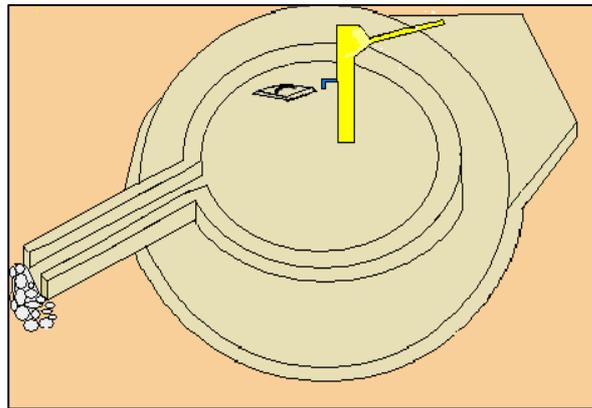
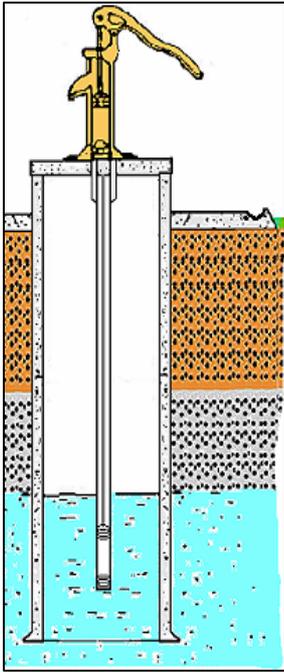
Debe ser de fácil mantenimiento, preferentemente fabricada en el mismo país, resistente a la corrosión, en especial a agentes propios del compuesto subterráneo; resistente a la abrasión (por posible presencia de arena en el agua). Se recomienda un máximo de 10 familias usuarias por bomba, para tener un adecuado mantenimiento y provisión de repuestos.

✓ Parámetros:

- Familias por pozo: máximo 10.
- Dotación: 20 l/hab/día.
- El nivel estático varía entre 2,5 a 35 m.
- Rendimiento continuo del pozo debe ser superior a 0,25 lt/seg.

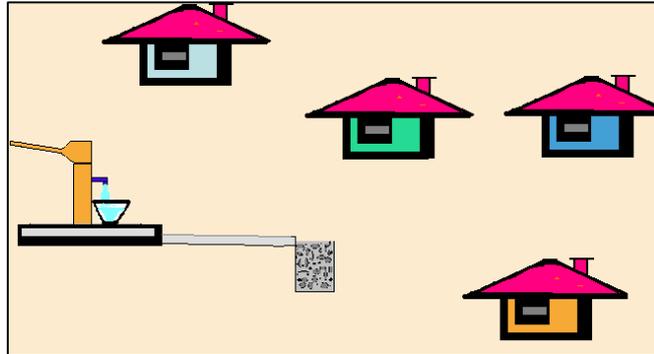
✓ Componentes:

- Pozo tipo excavado o perforado. En el primer caso los diámetros varían entre 1 y 1,5 m, con una profundidad de 4 a 15 mts, el forro del pozo puede ser de mampostería o concreto armado debidamente revestido, mientras que el segundo varía entre 4" a 6" con profundidades hasta de 45 mts, utilizándose como forro del pozo tubería de PVC.



- Bomba: Las bombas utilizadas dependen de la profundidad del acuifero: a) De succión ($h < 7\text{m}$) y b) De elevación ($h > 7\text{m}$). En el país se utiliza la bomba (de elevación) Puno (Heuser), cuya producción promedio es de 0,7 litros por golpe.
- Cubierta del pozo: Losa de concreto armado, protege sanitariamente el pozo y sirve de asiento a la bomba; en pozos de tipo excavado cuenta con un buzón de inspección. Para zonas inundables, esta cubierta debe estar elevada por encima del nivel de inundación requiriéndose de dispositivos que permita un fácil acceso.
- Drenaje: Permite evacuar los excedentes del bombeo e infiltrarlo en el suelo.
- Facilidades en acceso al agua: Cualquiera que sea la ubicación del pozo, debe contarse con las facilidades para que principalmente los niños puedan utilizar el surtidor con comodidad; las facilidades deben incluir un buen sistema de drenaje para evacuar las aguas excedentes del acarreo.

✓ Esquema



b) Bomba tipo Flexi OPS.

b.1) Módulo básico (Familiar)

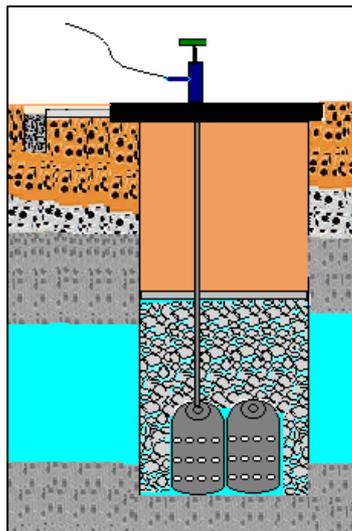
Descripción

Permite extraer el agua subterránea desde un pozo excavado o perforado, ubicada dentro del predio; el módulo básico constituye la bomba manual sobre una plataforma sanitariamente protegida

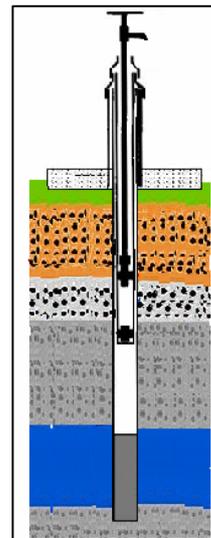
Parámetros

- Dotación: 20 a 30 l/hab/día.
- El nivel estático no debe estar a más de 35 m.

Componentes:



Pozo con filtro sumergible



Pozo perforado

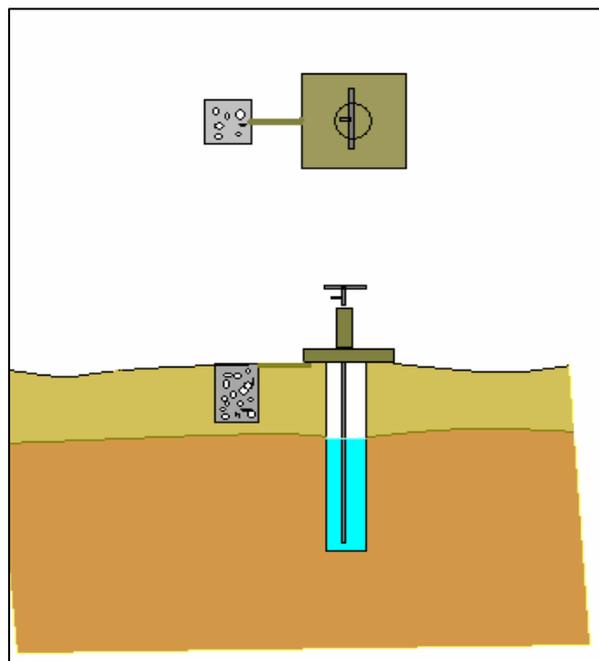
- Pozo: En el caso de pozos excavados se coloca un filtro sumergible y diferentes capas de material granular para asegurar la calidad del agua. En los pozos perforados se usa el encamisado con tubería de PVC, filtro grava y arena; en este caso los diámetros varían entre 2" a 2½", con una profundidad de 25 a 45 mts, el forro del pozo es de tubería de PCV C-10.
- Bomba: Las bombas utilizadas es de tecnología artesanal como la Flexi/OPS. La bomba se compone de dos tubos concéntricos de polietileno y/o PVC SAP; la mayor de 1" de diámetro forma el cilindro y la menor de ½" hace las veces de biela. Su funcionamiento es parecido al de las bombas de pistón, con la única diferencia que el agua se expulsa por la misma biela.
- La producción de la bomba en promedio es de 15 litros por minuto ó 0.6 litros por golpe en una altura promedio de 40 m.

Se utiliza PVC y/o polietileno de 1"y ½", y agarrador – surtidor de F°G° de ½".

- Cubierta del pozo: Losa de concreto armado que sirve para proteger sanitariamente el pozo y sirve de asiento a la bomba de donde se accede al agua para su consumo.
- Drenaje: Cuenta con un sistema de drenaje que permita evacuar los excedentes del bombeo e infiltrarlo en el suelo.

✓ Esquema:

Se implementa en localidades donde existe solución de disposición sanitaria de excretas.



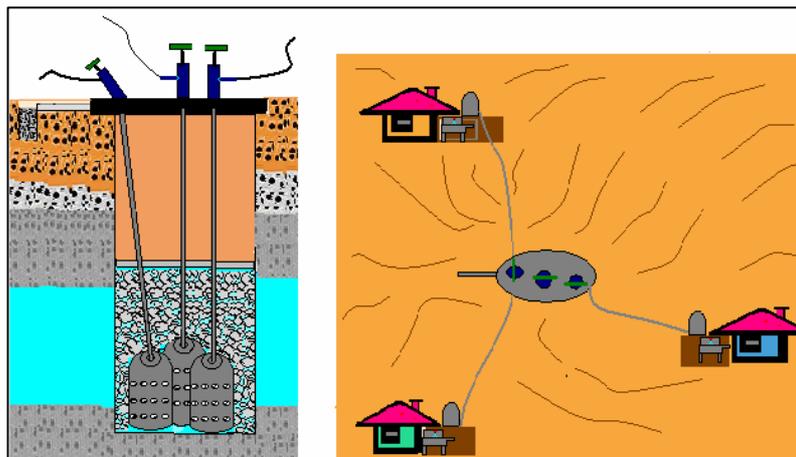
b.2) Flexi OPS con unidad sanitaria

Es un sistema que cuenta con unidad sanitaria adyacente al pozo. La unidad sanitaria puede contar con: lavadero, caseta con ducha, tanque elevado y pozo de drenaje; el reservorio es abastecido directamente del surtidor de la bomba, mediante una manguera flexible. Para zonas frías es posible implementar de un calentador solar para abastecer de agua caliente a la ducha. Es recomendable unidades sanitarias para cada familia para garantizar el buen mantenimiento.

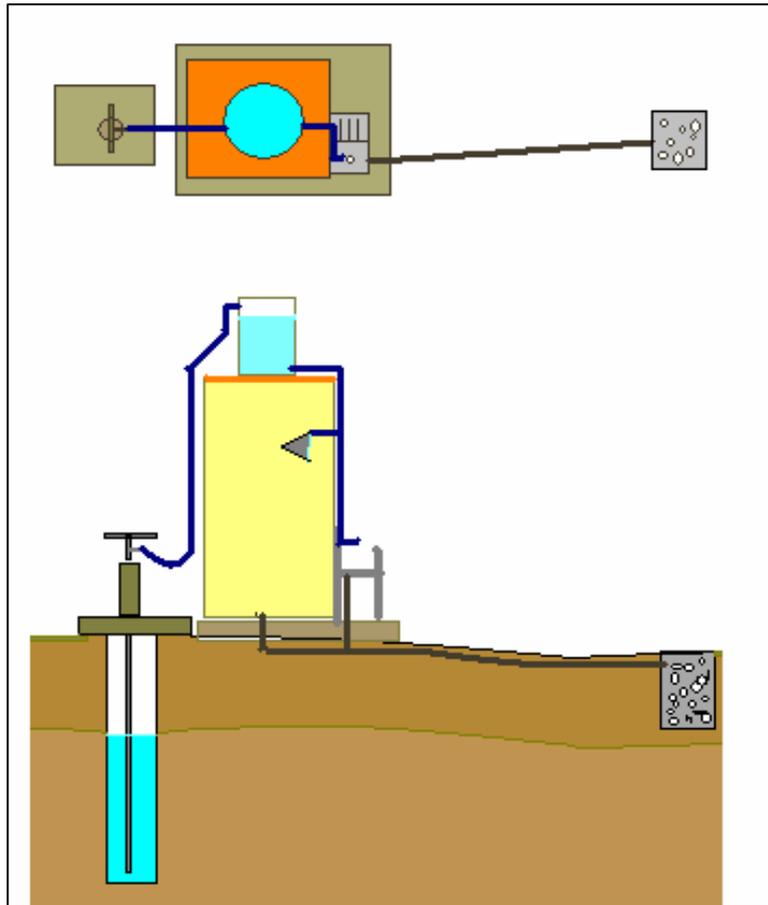
Componentes:

- Pozo -Bomba: De las mismas características del caso anterior; es posible que en el caso de un pozo excavado puede colocarse dos o mas bombas para impulsar a varios viviendas; el bombeo a distancia permite llevar agua hasta la casa de cada beneficiario, en este caso es indispensable que cada vivienda cuente con un tanque de almacenamiento en altura de acuerdo a sus necesidades.
- Reservorio: De una capacidad máxima de 250 lts con accesorios para su uso en la ducha y lavadero. Para impulsión a distancia se recomienda depósitos a manera de cisterna de 60 lts de capacidad.
- Drenaje: Sistema de drenaje generalmente tipo zanja que permite evacuar las agua grises provenientes de los excedentes del bombeo, lavadero y ducha, e infiltrarlo en el suelo.
- Calentador solar: Opcional para climas fríos, consta de un dispositivo artesanal para calentar el agua con la radiación solar y un recipiente de con recubrimiento térmico para almacenar el agua caliente.

✓ Esquema



Varias bombas en un pozo excavado, las viviendas pueden estar en cotas más elevadas que el pozo.



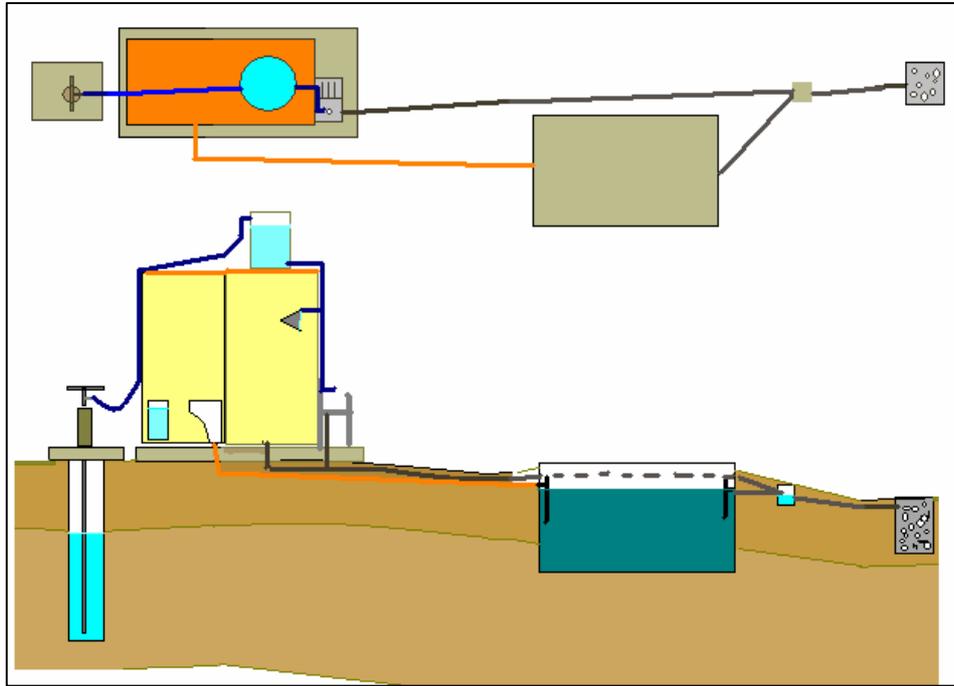
b.3) Flexi OPS con unidad sanitaria y tanque séptico.

El abastecimiento de agua es similar a los dos casos anteriores, adicionalmente cuenta con un inodoro o letrina turca con arrastre hidráulico, tanque séptico y zanja de infiltración. Esta unidad sanitaria se ubica dentro del predio de cada familia.

Componentes adicionales:

- Inodoro o losa turca: De granito o losa vitrificada, con sello hidráulico, para arrastre.
- Tanque séptico: Para el tratamiento primario de las aguas negras provenientes del inodoro o losa turca. Se recomienda para su fabricación el uso de materiales de la zona.
- Drenaje: Sistema que permite disponer por infiltración las aguas tratadas en el tanque séptico y los excedentes de aguas grises provenientes del lavadero y ducha; estos sistemas deben ser diseñados de acuerdo a la capacidad de infiltración de los suelos.

✓ Esquema



4.2.3. *BM Multifamiliar con energía eólica*

✓ Descripción

Es un sistema que permite extraer el agua subterránea desde un pozo perforado o excavado mediante el uso combinado de bombas manuales y molinos de viento. En este caso debe contarse con un reservorio para almacenar el agua y de allí distribuirla a la población a través de redes de distribución a conexiones o piletas públicas, en función del grado de dispersión de las viviendas.

Para la selección y ubicación de estos equipos, debe verificarse la dirección y velocidad promedio anual del viento; para estos casos la velocidad mínima recomendable es de 8 Km/hora (5 millas/hora). La capacidad de succión del sistema no deberá sobrepasar la producción de la fuente de agua.

✓ Parámetros:

- Familias por sistema: Depende de la capacidad de la fuente y equipos.
- Caudal asignado por persona: 20lppd para piletas públicas y 40lppd para conexiones domiciliarias. Uso exclusivo para consumo humano.
- Nivel estático hasta 30m.

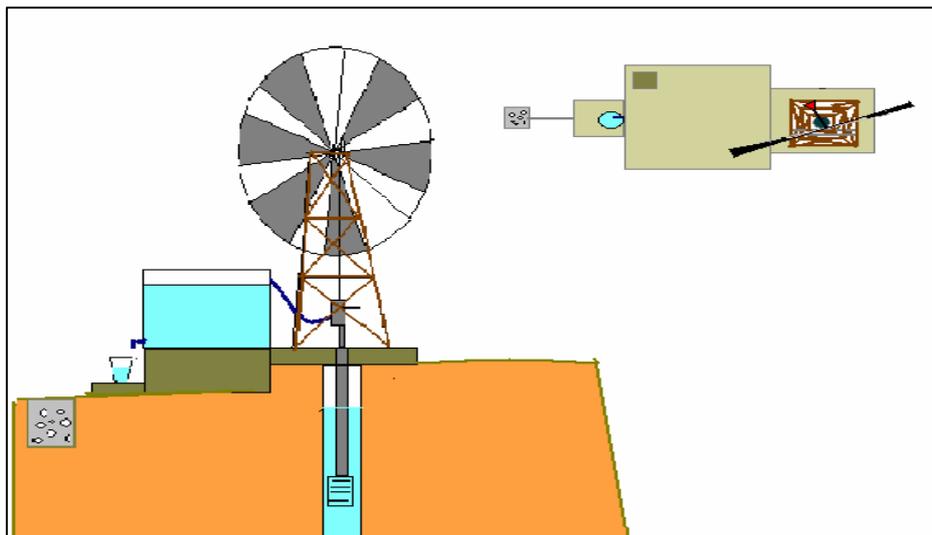
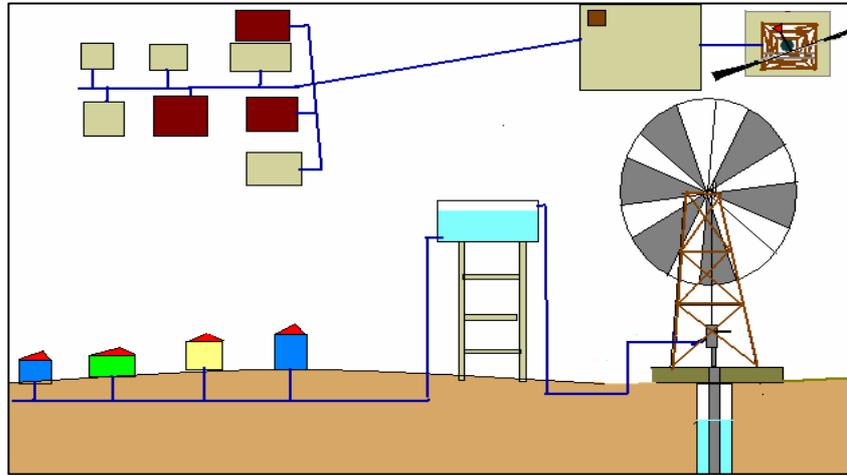
✓ Componentes:

- Pozos: Excavados o perforados de diámetros variables en función de la fuente y profundidad del nivel estático y diámetro de la bomba disponible. Los excavados cuentan con cubierta para soporte de la bomba y con buzón de inspección para el mantenimiento del pozo.

Los pozos se ubicarán en zonas planas y seguras para cimentar con seguridad la torre de soporte del molino de viento.

- Bomba: Las bombas utilizadas generalmente son de pistón de eje vertical, sin golpe de ariete. Se debe buscar que la producción de la bomba en promedio esté entre 4 y 10 lps y de 20 a 100 golpes por minuto.
- Línea de impulsión: De tubería de fierro galvanizado protegido contra la corrosión por el intemperismo a que generalmente está sometido.
- Cubierta del pozo: Losa de concreto armado para proteger sanitariamente el pozo, con buzón de inspección.
- Molino de viento: Montado sobre una torre metálica construida con ángulos y platinas de fierro, implementada con un rotor eólico, con aspas y veleta de F°G°; los tipos instalados son Gyre y JUSTY Wind.
- Reservorio: Debe responder a los parámetros de diseño adoptados, puede ser de forma circular o rectangular con dispositivos de regulación y operación. Según la ubicación de la fuente respecto a las viviendas pueden ser apoyados o elevados para brindar presiones de servicio adecuadas.
- Conexiones domiciliarias y piletas públicas: Conexión a patio del usuario; la pileta pública debe tener pedestal para sostén del grifo y poza. Ambas deben contar con un sistema de drenaje para evacuar los excedentes del uso del agua e infiltrarlo en el suelo.
- Drenaje en zona de captación: Debe contar con un sistema de drenaje que permita evacuar los excedentes del bombeo y rebose de reservorio e infiltrarlo en el suelo.

✓ Esquema



Sistemas típicos con reservorio elevado y apoyado. En el primer caso el nivel de servicio es por conexiones domiciliarias

4.2.4. *Captación de aguas de lluvia*

✓ Descripción

Utilizado en lugares con media o alta precipitación y en donde no se dispone de otras fuentes de agua en cantidad y calidad necesaria para su consumo, su captación puede realizarse para uso temporal, previo tratamiento mínimo. El volumen de agua a recolectar se determinará de acuerdo a la superficie de captación y a la precipitación pluvial.

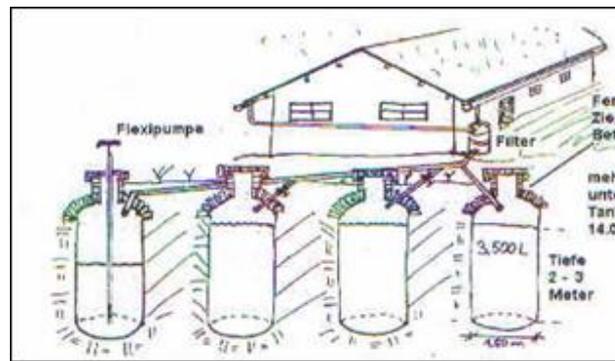
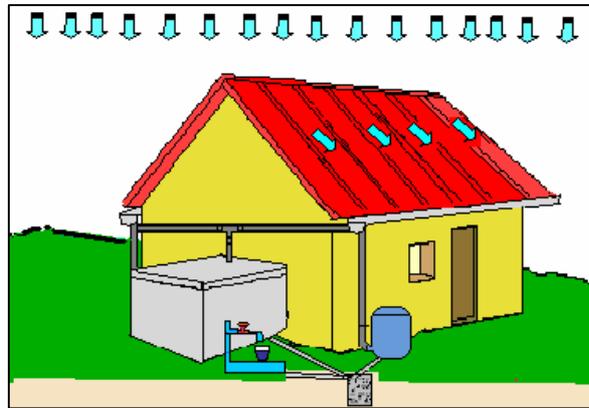
✓ Parámetros:

- Caudal asignado por persona: mínimo 4lt/persona-día. (Destinada básicamente a bebida, preparación de alimentos e higiene bucal).

✓ Componentes:

- Captación: Es el techo de la vivienda, con superficie y pendiente adecuadas que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección.
- Recolección y conducción: Está conformado por las canaletas que van adosadas en los bordes más bajos del techo; pueden ser de bambú, madera, metal o calamina lisa o PVC. Este sistema debe estar complementado con un dispositivo de descarga de las primeras aguas.
- Interceptor: Dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado del techo, impidiendo que ingresen al tanque de almacenamiento. Se requiere 1 lt/m², aprox., para lavar el techo, puede ser recolectado en un tanque de plástico, cuya capacidad estará en función del área del techo.
- Almacenamiento: Es un tanque, destinado a almacenar el agua de lluvia necesaria para el consumo diario, especialmente durante períodos de sequía. Deben ser de material duradero, impermeable, disponer de una escotilla con tapa sanitaria lo suficientemente grande como para que permita el ingreso de una persona para su limpieza y reparación, la entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales. Debe contar con dispensador para el usuario, en el caso de tanques enterrados deberán ser dotados de bombas de mano.
- Drenaje: Debe tener la capacidad de infiltrar el agua en casos de limpieza o reparación del tanque de almacenamiento y del agua procedente del tanque interceptor.

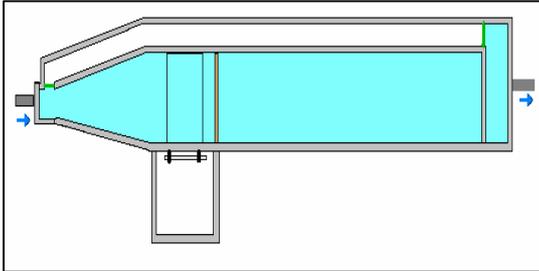
✓ Esquemas



4.3. Tratamiento de agua para consumo humano

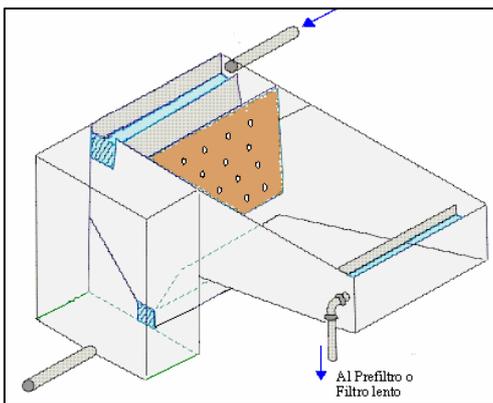
- Componentes y/o tipos

a) Desarenador:



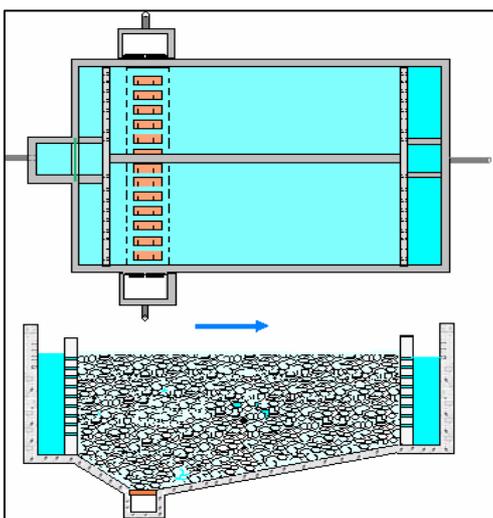
Son estaques de flujo continuo, sirven para procesos de tratamiento preliminar, separa del agua cruda arena y partículas en suspensión gruesa, que por su naturaleza interfieren con la operación y mantenimiento y en las estaciones de bombeo sirven de protección a los equipos de impulsión.

b) Sedimentador



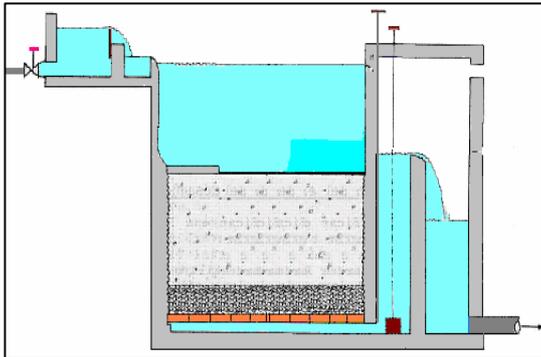
Es una unidad de pretratamiento de flujo horizontal en una planta de filtración lenta; mediante procesos físicos acondiciona la turbiedad en límites permisibles aceptables en prefiltros o filtros lentos; retienen partículas de un diámetro superior a 0,05mm.

c) Prefiltro



Consta de varias cámaras llenas de piedras de diámetro decreciente, en las cuales se retiene la materia en suspensión con diámetros mayores a 10 mm, se pueden tratar turbiedades medias entre 100 a 400 UT con límites máximos de 500 a 600 UT.

d) Filtro lento



Se desarrolla el proceso de purificación del agua que atraviesa lentamente un lecho de arena (tamaño efectivo de 0,15 a 0,30 mm) a razón de 0,1 a 0,2 m/h, reduce el número de bacterias y otros microorganismos (80 a 90%). Es aplicable para aguas superficiales que no superen 50 UNT, recomendable entre 20 a 30 UNT.

- Criterios para la selección de tratamiento con filtración lenta

Se debe utilizar el criterio de la Filtración por Múltiples Etapas FiME, que responde a una determinada calidad de agua de la fuente, cuyos rangos se muestran en el cuadro adjunto.

Rango	Nivel promedio
Bajo	Turbiedad < 10 UNT Coliformes Fecales < 500 UFC/100 ml Color Real < 20 UPC
Intermedio	Turbiedad 10 - 20 UNT Coliformes Fecales 500 - 10000 UFC/100 ml Color Real 20 - 30 UPC
Alto	Turbiedad 20 - 70 UNT Coliformes Fecales 10000 - 20000 UFC/100 ml Color Real 30 - 40 UPC

- ✓ **Sistemas de Filtración En Múltiples Etapas (FiME):** Puede estar conformada por 2 ó 3 procesos de filtración, dependiendo de la calidad de la fuente de agua. Puede estar integrada por procesos de Filtros Gruesos Dinámicos FGD_i, Filtros Gruesos Ascendentes en Capas FGAC y Filtros Lentos de Arena FLA, los dos primeros procesos constituyen el pretratamiento, hasta llegar al filtro lento de arena, con el que se obtiene un efluente de calidad apto para consumo humano, sin necesidad de la utilización de reactivos químicos durante el proceso.

Consideraciones en las unidades de proceso de un sistema FiME:

- Filtración Gruesa Dinámica (FGDi):

Compuesto por unas cajas con una capa delgada de grava fina (6 a 13mm) en la superficie, sobre un lecho de grava más grueso (13-25mm) y un sistema de drenaje en el fondo. En este proceso se remueve el 70 al 80% de material suspendido.

- Filtración Gruesa (FG):

Pueden ser de flujo horizontal o vertical, compuesto de una caja principal donde se ubica el medio filtrante (grava). Su tamaño disminuye con la dirección del flujo.

Criterio	Valor
Período de diseño (años) Período de	8 -12
Periodo de operación (h/día)	24
Velocidad de infiltración (m/h)	2 -3
Número de Unidades en paralelo	2
Area Máxima de filtración (m2)	< 10
Velocidad superficial de lavado (m/s)	0,15 – 0,3

En el caso del flujo ascendente se dispone de un sistema de tuberías en el fondo de la estructura, permite distribuir el flujo de agua uniformemente dentro del filtro.

Criterio	Valor
Período de diseño (años) Período de	8 -12
Operación (h/d)	24
Velocidad de filtración (m/h)	0,3 – 0,6
Número de unidades en serie: FGAC	1
Longitud total (m)FGAC	0,6 – 0,9
Altura sobrenadante de agua	0,10 – 0,20
Carga estática de agua para lavado en contraflujo (m.)	3
Área de filtración por unidad (m2)	< 20

- Filtración Lenta en Arena (FLA):

Compuesta de un tanque con un lecho de arena fina, colocado sobre una capa de grava, la cual a su vez, se encuentra sobre un sistema de tuberías perforadas que recolectan el agua filtrada. El flujo es descendente, con una velocidad de filtración muy baja que es controlada al ingreso del tanque.

Criterio	Valor
Velocidad de infiltración (m/s)	0,1 - 0,3
Período de diseño (años)	8 - 12
Período de operación (h/d)	24
Altura de arena (m.): Inicial : 0.8 Mínima 0,5	
Borde libre (m.)	0,1
Coef.de uniformidad: Aceptable < 4, Deseable < 2	
Diámetro efectivo (mm.)	0,15 – 0,30
Altura lecho soporte, inc.drenaje (m.)	0,25
Altura agua sobrenadante (m)	0,75
Área superficial por módulo (m2)	<10

✓ Alternativas de tratamiento FiME: Dependiendo de la calidad de agua, la eficiencia de las etapas de tratamiento y consideraciones de costos se pueden adoptar las siguientes alternativas de tratamiento FiME:

- FGD_i + FLA
- FGD_i + FGAC + FLA
- FGD_i + FGAS + FLA

Las condiciones mínimas requeridas para la adopción de un sistema de filtración por múltiples etapas serán asumidas de acuerdo a la siguiente tabla (todas las opciones tienen $FGDi_{2.0}$ y $FLA_{0.15}$)

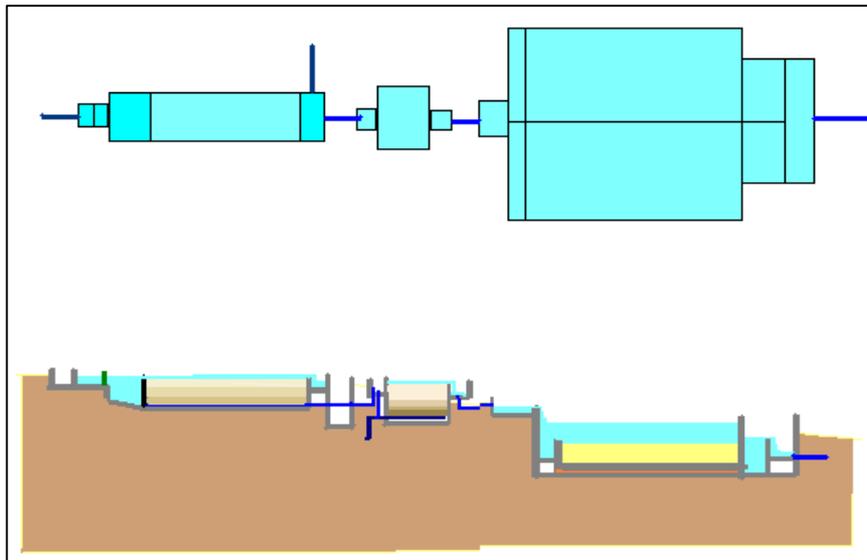
Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	Turbiedad (UNT)	< 10	oct-20	20-50	50-70 (*)
	Color Real (UC)	< 20	20-30	30-40	30-40 (*)
< 500	Sin FGA		FGAS _{3,0.3}	FGAC _{0.45}	FGAC _{0.6}
500 - 10000	FGAC _{0.3}		FGAS _{3,0.3}	FGAC _{0.45}	FGAC _{0.6}
10000 - 20000 (*)	FGAS _{3,0.45}		FGAC _{0.45}	FGAC _{0.45}	FGAC _{0.6}

(*)Para valores superiores a 70 UNT; 20000 UFC/100 ml o 40 UC, se recomienda realizar estudio en planta piloto.(El subíndice indica la velocidad de filtración recomendada en m/h).

Clasificación de fuentes según el rango de calidad

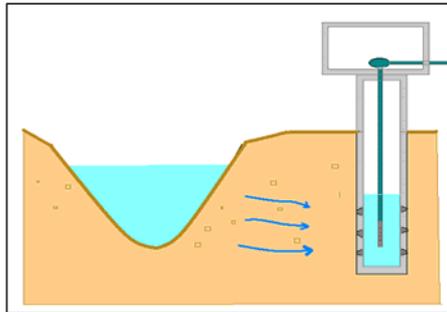
Bajo
 Medio
 Alto

FGD_i FILTRO GRUESO DINAMICO
 FGAC FILTRO GRUESO ASCENDENTE EN CAPAS
 FGAS₃ FILTRO GRUESO ASCENDENTE EN SERIE (3 ETAPAS)
 FGH₃ FILTRO GRUESO HORIZONTAL (3 ETAPAS)
 FLA FILTRO LENTRO ARENA



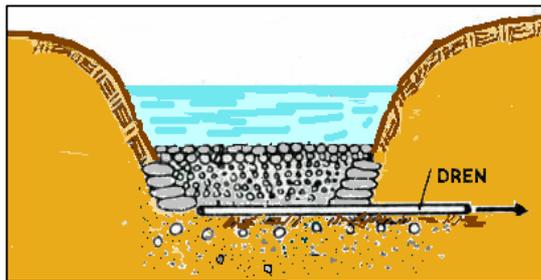
- ✓ Alternativas de pretratamiento: Existen diversas posibilidades de pretratamiento del agua de la fuente que pueden ser utilizadas en combinación con la FiME, dependiendo de las características del agua en la fuente y/o de las características del suelo a través del cual debe percolar el agua a captar.

- Pozo de Infiltración:



Filtración del agua a orillas de los ríos mediante pozos.

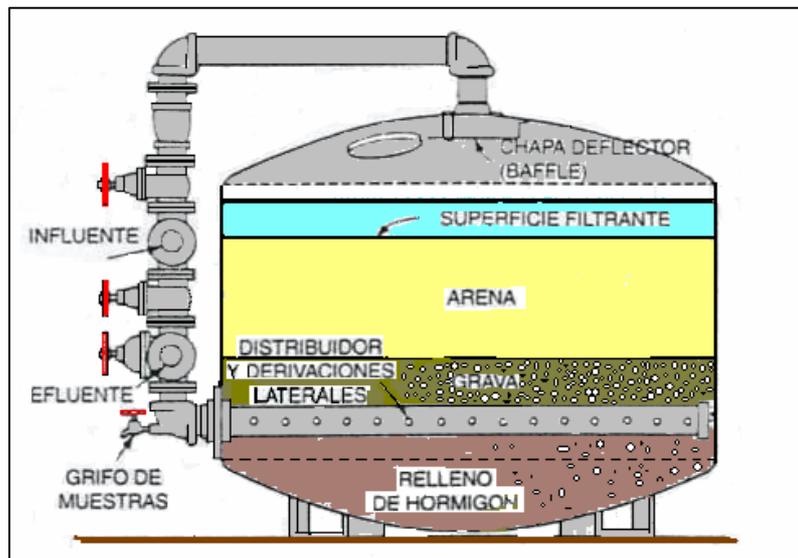
- Galería de Infiltración:



Captación del agua infiltrada mediante tuberías perforadas colocadas en los lechos de los ríos.

- Desarenador y/o sedimentador.

e) Filtración rápida



Consiste en un sistema de filtros a presión para filtrado rápido, el medio filtrante está contenido en un recipiente de acero. El agua a filtrar entra en el filtro bajo presión y lo abandona ya tratado, el tanque de filtración puede ser cilíndrico de eje vertical u horizontal siendo más eficiente el de eje vertical.

Los filtros a presión tienden a utilizarse en pequeños sistemas de agua, las ventajas sobre los filtros de gravedad son las siguientes: El filtrado está a presión y puede ser entregado en el punto de utilización sin necesidad de rebombeo, una planta de tratamiento equipada con filtros a presión es algo fácil de automatizar.

5. Opciones técnicas en saneamiento

5.1. *Recolección con tubería*

5.1.1. *Alcantarillado convencional*

Compuesta por un conjunto de estructuras constituidas por colectores y registros, que son diseñadas y construidas para que las aguas servidas generadas en la población sean recolectadas y conducidas por gravedad mediante tuberías hasta las zonas de tratamiento antes de su vertimiento final.

a) Red de colectores

Son tramos de tuberías colectoras instaladas en las vías públicas de la localidad, reciben las descargas de las aguas servidas de las conexiones domiciliarias y en cada cambio de dirección se construye buzones de inspección. La conducción de las aguas servidas es por gravedad, hacia un punto de acumulación final, donde se entrega a la tubería emisor que conduce la totalidad de los desagües hasta el sistema de tratamiento de esta agua antes de su vertimiento final.

✓ Parámetros generales

- Caudales

$$Q = Q_{mh} + Q_i + Q_e$$

Q_{mh} : 80% del caudal horario de agua potable consumida

Q_i : Caudal de infiltración, mínimo 0.05 lts/seg/Km

Q_e : Infiltración de aguas de lluvia, 5 al 10 % de Q_{mh}

- Velocidad mínima y máxima, es 0,60 y 3,00 m/seg respectivamente.
- Diámetros mínimo colectores: 6”.

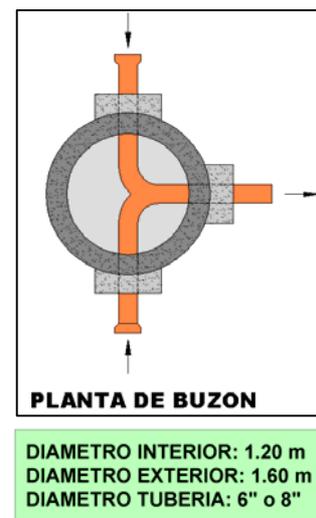
✓ Componentes

- **Red de tuberías:** Tramos de tubería instaladas entre dos buzones o cámaras de inspección. Son rectos y con pendientes adecuados. Las tuberías más usadas son de concreto y de PVC; diseñadas para la conducción del caudal máximo, y un tirante máximo del 75% de diámetro del tubo.
- Cámaras de inspección

❖ Buzones

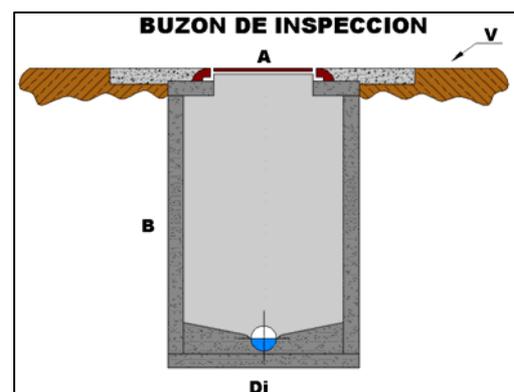
Son estructuras de concreto de forma cilíndrica, de diámetro mínimo de 1,20m, que permite realizar las inspecciones de revisión y mantenimiento de los colectores.

Existen varios tipos de buzones que pueden ser instalados en las alcantarilladas rurales:



○ Buzón de inspección

Se ubica al inicio y todo cambio de dirección de la red de tuberías. La distancia entre buzones varía según el diámetro y la pendiente del terreno, generalmente es de 80 y 100 metros para 6" y 8" respectivamente. El diámetro mínimo es de 1,20m, los muros, fondo y techo, son de concreto armado y la tapa de inspección removible.

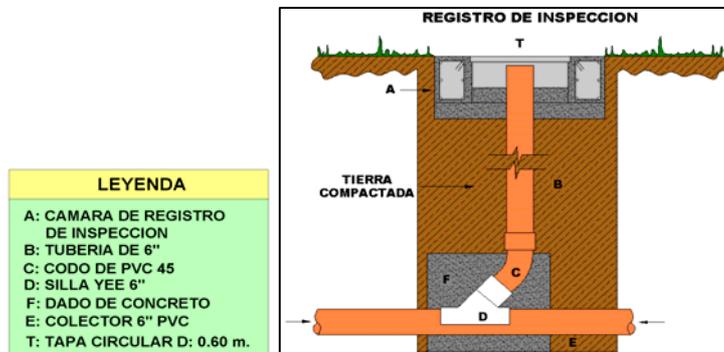


LEYENDA
A: TAPA
B: ALTURA VARIABLE
Di: DIAMETRO INTERIOR
V: NIVEL DE VIA

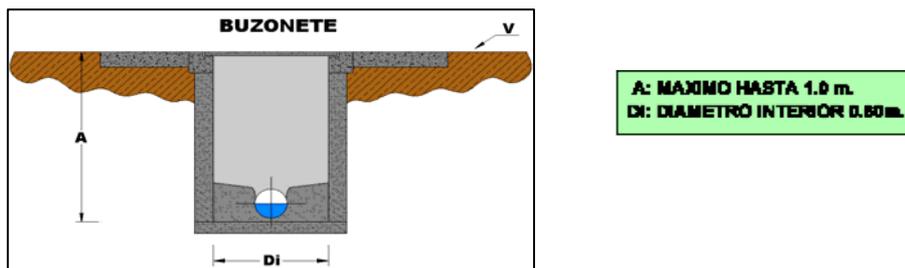
Cuando los buzones son profundos, se deben colocar ramales de caídas para minimizar el impacto de la descarga en el buzón.

○ Registro de inspección

Es una alternativa utilizada para remplazar buzones intermedios, en aquellos tramos largos, cuyo terreno tienen una pendiente uniforme.

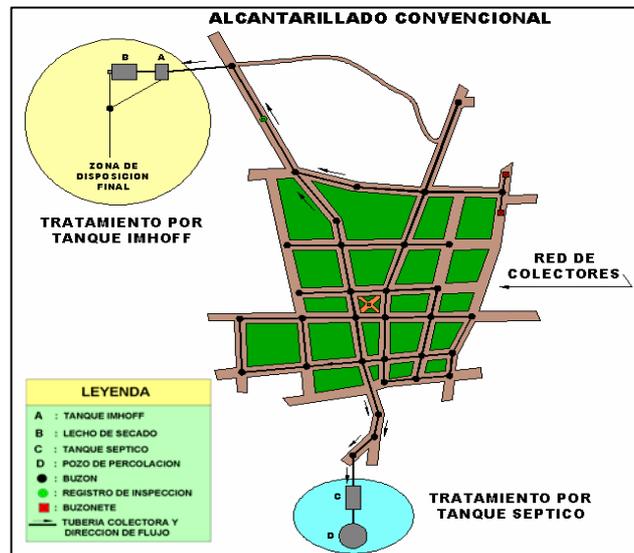


○ Buzonete



- **Conexiones domiciliarias:** Acceso exterior a la vivienda de los usuarios, está compuesta por:
 - a) Caja de registro: son estructuras de concreto simple o mampostería que recibe los desagües de los predios.
 - b) Tuberías de PVC o concreto de 4": instalada entre la caja de registro y el punto de empalme con el colector de la vía pública. Permite la descarga en caída libre sobre la clave de la tubería colectora.

✓ Esquema:



5.1.2. Alcantarillado de pequeño diámetro

Conocido también como alcantarillado de flujo decantado, este sistema posee un tanque interceptor de sólidos o caja séptica, ubicado entre la vivienda y la red de alcantarillado, la cual puede recibir la contribución de una o más viviendas. En esta caja séptica queda retenida o decantada la parte sólida del residual, incorporándose a la red sólo la porción líquida, esto posibilita que no sea necesario que se controlen las condiciones de autolavado y las pendientes pueden ser bastante suaves e incluso negativas, permitiendo la reducción de diámetros de tubería y volúmenes de excavación.

✓ Consideraciones:

- Permite la existencia de tramos de la tubería que funcionan adecuadamente, aun bajo presión, con pendientes positivas o negativas, siempre que la presión en las tuberías no provoque reflujos de desagües a los tanques sépticos conectados al tramo.
- No es necesario considerar pendientes y velocidad mínimas y máximas porque el líquido está libre de sólidos; por lo tanto, las tuberías pueden seguir la topografía del terreno, aprovechando al máximo la energía resultante de la diferencia de cotas entre aguas arriba y aguas abajo.
- Los colectores pueden proyectarse por las zonas verdes o peatonales, para disminuir los riesgos por cargas vivas debidas al tráfico vehicular, con lo cual se disminuyen las excavaciones.
- En la red es necesario tener registros de inspección.

✓ Componentes

- **Conexión domiciliaria:** Es un tramo de tubería, comprendida desde la vivienda y el punto de entrada al tanque séptico, está constituido por caja de registro y tubería para afluyente cuyo diámetro varía entre 75 a 100 mm.
- **Tanque séptico o tanque interceptador de sólidos:** Es el componente esencial del sistema, remueve sólidos flotantes y sedimentables. Cuenta con tuberías de entrada y salida, esta última se conecta al sistema por medio de una Tee y un codo, puede ser de un diámetro menor que la tubería de entrada. Su volumen es determinado según la población existente en el (los) predio(s).
 - En los tanques sépticos, se genera la remoción de 30 a 40% de la DBO.
 - Se reduce costos de los procesos de tratamiento de las aguas decantadas.
 - Las aguas decantadas, tienen que pasar por un proceso de tratamiento, antes de su vertimiento directo a cualquier zona de cursos de agua o suelo.
- **Acometida:** Es la tubería que conduce los efluentes decantados y está comprendida desde el punto de salida del tanque séptico de las viviendas y el punto de descarga en los colectores.
- **Red de colectores:** Constituida por tuberías de pequeño diámetro (mínimo 50 mm), que transporta agua servida decantada, que entregan a las acometidas domiciliarias; según la red que se forma, está compuesta por lo siguiente:
 - *Tuberías:* Según el caudal, condiciones de presión y topografía, el diseño de las tuberías determinará los diferentes diámetros; sin embargo, es factible lograr diámetros mínimos en tramos iniciales. Asimismo, la red tendrá un tramo que conduce el agua decantada al punto de disposición final o planta de tratamiento.
 - *Accesorios:* En interconexiones de las vías públicas, se disponen de accesorios en los cambios de dirección.
 - *Válvulas de purga:* Permiten la eliminación de sedimentos acumulados en las tuberías y se ubican en zonas de pequeñas depresiones.
- **Registros de limpieza e inspección y cajas de visita:** Permiten el acceso a los colectores para su inspección y mantenimiento; mayormente se prefieren los registros de limpieza antes que las cajas de visita por su menor costo y sello hermético.

Las cajas de visita se recomiendan en encuentros principales de colectores, en cambios muy bruscos de dirección o en sitios donde es difícil construir un registro, por tener la tubería muy profunda. Deben ubicarse en tramos rectos cada 200 m, en las cabeceras de red, cruce de colectores, en cambios bruscos de dirección y en puntos altos para evitar la acumulación de gases.

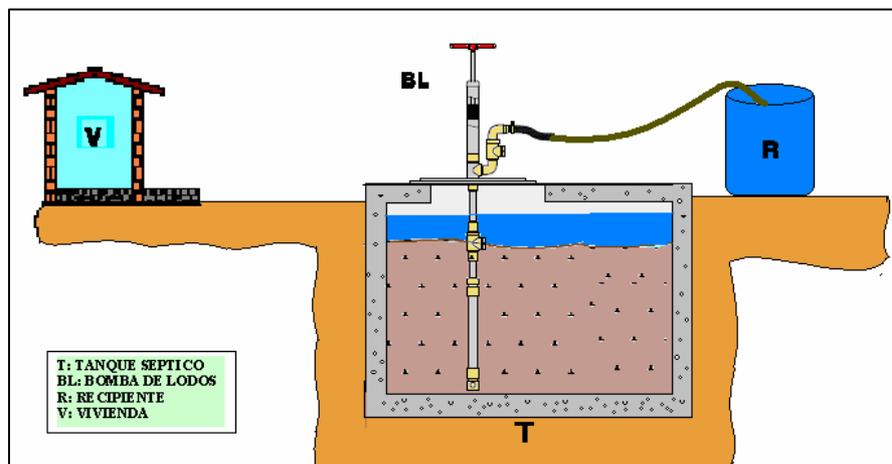
- **Disposición final:**

✓ De las aguas decantadas

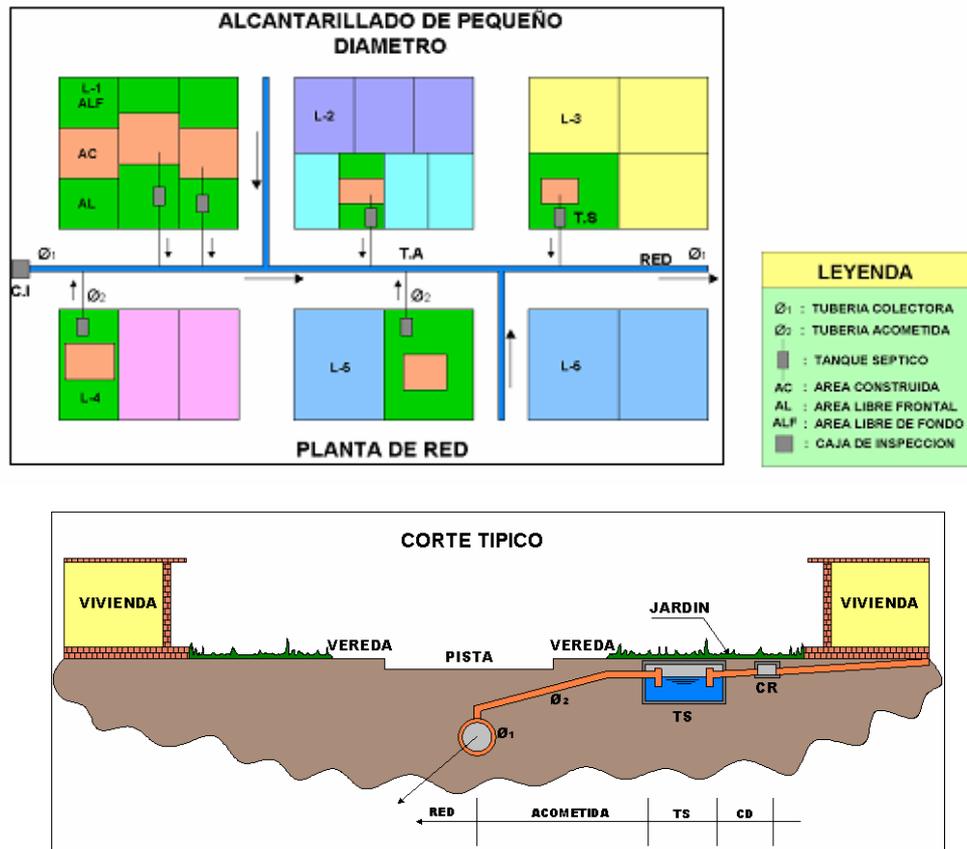
- *Por gravedad:* Puede ser dispuesto a un sistema de alcantarillado existente, a pozos de infiltración o a campos de percolación.
- *Por bombeo:* Sólo es necesario en aquellas localidades, con topografías de los terrenos planos o semiplanos y pendientes de calles muy pequeñas que no permiten evacuación hacia el punto de descarga por gravedad.

✓ De los lodos

- La remoción de los lodos sedimentados en los tanques sépticos, tiene que ser realizada por la administración del servicio de saneamiento. El manejo operacional y mantenimiento del tanque séptico, no puede ser delegada a los usuarios.
- La remoción de los lodos en tanques sépticos debe realizarse preferentemente por medios mecánicos por el peligro sanitario en la manipulación de estos lodos.
- Cualquier escape de sólidos de los tanques sépticos por la falta de un mantenimiento periódico, pone en riesgo el funcionamiento de la red, así como la disposición final y tratamiento de los efluentes.



✓ Esquema



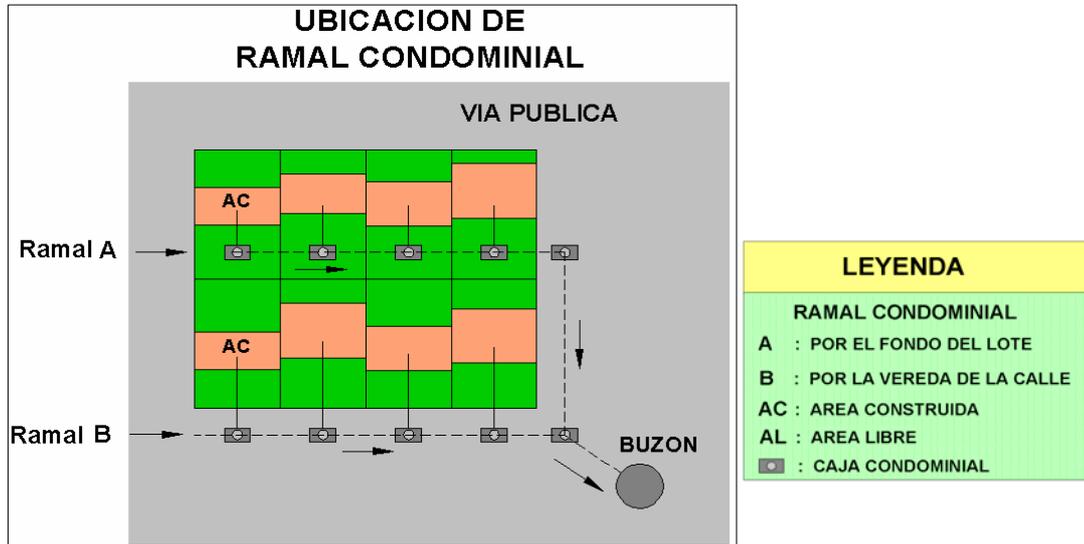
5.1.3. *Alcantarillado condominial*

✓ Consideraciones

- Este sistema considera a cada manzana o bloque determinado de viviendas como si se tratara de una sola construcción. Existe, por lo tanto, para cada uno de esos bloques una sola salida hacia el colector principal que pase cerca de ese sitio.
- Las viviendas de cada bloque conectan las salidas de sus desagües a través de ramales que pueden pasar internamente por los lotes o por las veredas.
- Este sistema de ser individual comprende tres etapas, las conexiones privadas colectivas dentro del bloque, los colectores públicos principales y la unidad de tratamiento.

✓ Componentes

• **Red general del sistema:**



a) Ramal condominial

- Tuberías instaladas por las veredas o por el fondo del lote.
- Caja condominial, ubicada en el ramal condominial que sirve para recibir las aguas residuales de cada lote y para realizar la inspección y el mantenimiento del ramal.

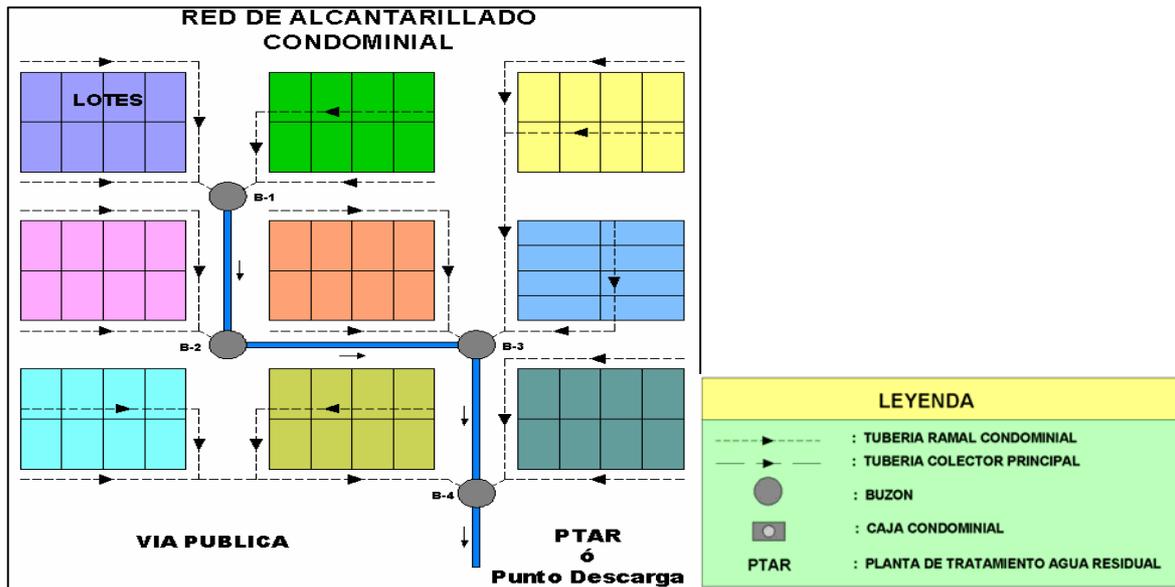
Las conexiones dentro de una cuadra o bloque se construyen con tubería de 100 mm (4") con una pendiente mínima del 1%.

b) **Colector principal:** Conjunto de elementos de alcantarillado convencional, compuesto por tuberías y buzones, que reciben y conducen las aguas servidas recolectadas por los ramales condominiales.

• **Conexión domiciliaria:** Compuesta por siguientes elementos:

- a) Caja condominial
- b) Tubería
- c) Trampa de grasas

✓ Esquema



5.2. Sin recolección o saneamiento in situ.

Son soluciones de tipo familiar, deben cumplir con los siguientes requisitos:

- No contaminar las aguas subterráneas o superficiales.
- Las excretas no deben ser accesible a moscas o animales.
- No deben producir malos olores.
- Tener buena orientación con respecto a la dirección de los vientos.
- La distancia mínima de la letrina a un pozo o fuente de agua, no debe ser menor de 15 m.
- La distancia de letrina a la vivienda del usuario, no debe ser menor de 5 mts.
- Periodo de diseño es de 3 a 5 años.

5.2.1. Letrinas de hoyo seco

Es la solución más sencilla para la disposición sanitaria de las excretas y la alternativa de saneamiento más económica donde no existe servicio de alcantarillado o no se puede implementar por características de la población.

a) Letrina de hoyo seco simple

❖ Letrina sin revestimiento

Está constituida por un hoyo o pozo excavado de sección cuadrada o circular cuyas paredes no tienen recubrimiento, losa de concreto y una caseta. Se construye en zonas de suelos cohesivos que se encuentran fuertemente consolidados.

La letrina se ubica dentro del predio y al exterior de la vivienda; se implementa en localidades donde el tamaño del lote lo permite.

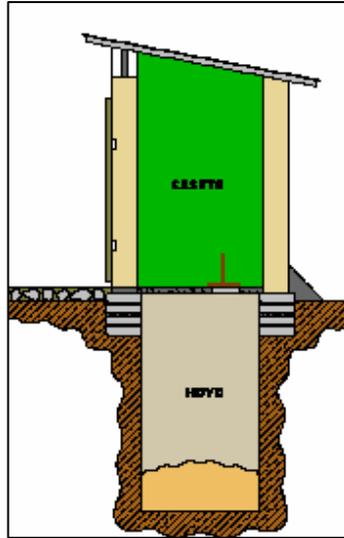
✓ Consideraciones

- Número de personas por vivienda: 5 a 6 hab.
- Profundidad del hoyo: No mayor de 2m.
- Nivel de la napa freática: Mínimo 2m respecto al nivel del fondo de letrina.
- Periodo de diseño: 3 años.

✓ Componentes

- Hoyo: Para el almacenamiento de las heces, orines y el material para la limpieza anal; generalmente tiene las siguientes características:
 - Sección cuadrada o circular de 0,80m de lado o diámetro.
 - Profundidad variable según diseño, no mayor de 2m.
 - La estabilidad del suelo cohesivo o consolidado permite la verticalidad de las paredes sin protección.
- Brocal: Cimiento sólido de material sólido que se coloca en el perímetro del hoyo, puede ser de diferentes materiales y estar sobreelevado no menos de 0,10m sobre el nivel del suelo; el espesor no menor de 0,2m para permitir el apoyo de la losa de la letrina.
- Losa: Plancha generalmente de 1x1m de concreto armado, madera u otro material, con un orificio, el piso de la letrina es colocada sobre el brocal del hoyo; eventualmente puede disponer de un bacinete o asiento para comodidad del usuario. En el tipo turco, la losa debe tener huellas para ubicar los pies.
- Tapa: Accesorio indispensable para impedir el ingreso de insectos o salida de malos olores.
- Terraplén: Evita el ingreso de agua a la letrina, esta debe utilizar el material extraído de la excavación del hoyo y revestirse con piedras de la zona. Dependiendo de la altura de la entrada a la letrina, podrá ejecutarse gradas de mampostería.
- Caseta: La altura puede ser de 1,70m y el techo deberá contar con una inclinación mínima en zonas secas o desérticas. En el caso que estén ubicadas en zonas donde las precipitaciones son intensas, la inclinación debe ser mayor de 10%. Por lo general son de material de la zona y pueden tener secciones y características variables.

✓ Esquema



❖ Letrina con revestimiento

Para zonas de suelos no cohesivos. Constituido por un hoyo o pozo excavado, cuya sección es cuadrada o circular de dimensiones variables y sus paredes laterales o periféricas son recubiertas con diferentes materiales; sobre el hoyo se coloca una losa con orificio, de dimensiones variables y una caseta.

✓ Consideraciones

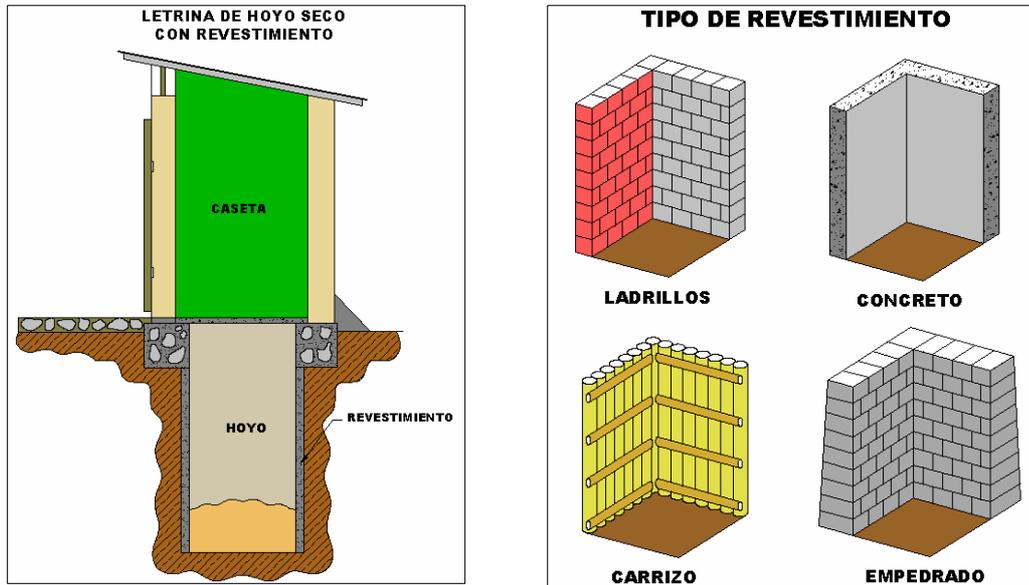
- El recubrimiento del hoyo, debe tener la capacidad de soportar los esfuerzos de empuje de la tierra.
- El diámetro o lado del hoyo es variable por las condiciones del suelo, siendo importante considerar la estabilidad del recubrimiento.
- El periodo de vida del hoyo, se define en función de la seguridad de los usuarios y el tipo de material a utilizarse para el recubrimiento.
- Considera los parámetros que se requiere para la letrina de hoyo seco sin recubrimiento.

✓ Componentes

- Hoyo: Generalmente tiene las siguientes características:
 - La sección interna del hoyo puede ser cuadrada o circular, su dimensionamiento y profundidad son variables, dependiendo del tipo de recubrimiento de las paredes del hoyo.
 - El material de recubrimiento debe permitir la estabilidad del hoyo, puede ser construido de concreto, mampostería, carrizos o cañas, listones de madera o tablas.

- Los otros componentes, brocal, piso, tapa, terraplén y caseta, son similares a la letrina de hoyo seco sin revestimiento.

✓ Esquema



b) Letrinas de hoyo seco ventilado

Tiene similar característica que la letrina de hoyo seco simple, solo incluye una tubería para ventilación y otras consideraciones.

❖ Letrina ventilada sin revestimiento

Constituida por hoyo, brocal, losa con orificio, terraplén, tubería de ventilación y caseta con consideraciones especiales.

✓ Consideraciones

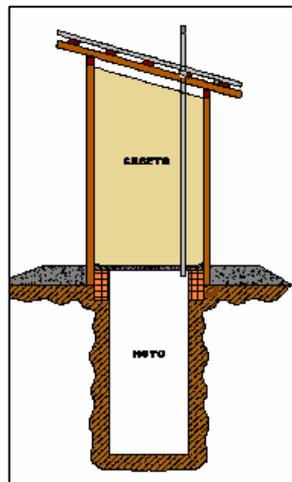
Similares a las de letrina sanitaria de hoyo seco:

- Número de persona/vivienda: 5 a 6 hab.
- Profundidad del hoyo: 2m
- Nivel de la napa freática: Mínimo 2m debajo del fondo de la letrina.
- Periodo de diseño: 3 a 5 años.

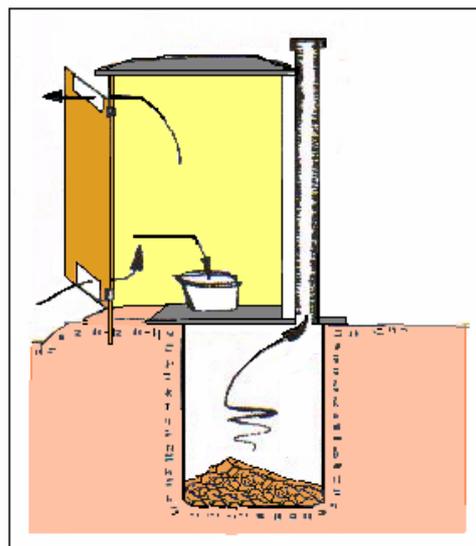
✓ Componentes

- Hoyo: Las mismas consideraciones indicadas en letrinas de hoyo seco simple.
- Brocal: Las mismas consideraciones indicadas en letrinas de hoyo seco simple.

- Losa: Las mismas consideraciones de la letrina de hoyo seco simple, incluye orificio adicional para la tubería de ventilación. En este caso la tapa no es recomendable porque perjudica el funcionamiento del sistema de ventilación.
- Terraplén: Las consideraciones indicadas en letrinas de hoyo seco simple.
- Caseta: Con las mismas consideraciones para letrinas de hoyo seco simple, salvo que las ventanas deben ser altas para provocar penumbra dentro de la caseta.
- Ventilación: La ventilación será mediante una tubería de PVC de 4" (climas cálidos) y 6" en climas fríos, será colocada sobre el hoyo y por la parte exterior de la caseta de la letrina., Debe ser recta en todo su recorrido y contar en su extremo superior con malla para atrapar insectos que hubieran podido ingresar dentro del hoyo.



✓ Esquema



❖ Letrina ventilada con revestimiento

Este tipo de letrina, tiene las mismas características de la letrina de hoyo seco ventilado sin revestimiento; en este caso las caras laterales del hoyo de la letrina llevan un revestimiento, con la finalidad de dar estabilidad y soportar los esfuerzos, generado por el tipo de suelo no cohesivo.

✓ Consideraciones

- Lo indicado para letrina de hoyo seco ventilado sin revestimiento.

✓ Componentes

- Hoyo: Las mismas consideraciones de letrinas de hoyo seco con revestimiento.
- Brocal: Las consideraciones de letrinas de hoyo seco.
- Losa: Las mismas consideraciones de letrinas de hoyo seco ventilado.
- Terraplén: Las mismas consideraciones indicadas para letrinas de hoyo seco.
- Caseta: Las mismas consideraciones indicadas para letrinas de hoyo seco ventilado.
- Ventilación: Las mismas consideraciones indicadas para letrinas de hoyo seco ventilado.

5.2.2. *Letrina en terrenos con napa freática no profundas*

Para casos de agua freática no profunda y donde el agua subterránea no es fuente de abastecimiento para consumo doméstico, puede optarse por una letrina de las características siguientes:

a) Letrina de pozo seco sin revestimiento (Sobre elevada)

Factible en zonas donde la napa freática está cercana a la superficie del suelo; para conseguir que el fondo de la letrina esté por encima de este nivel, se sobre eleva la letrina respecto al nivel del terreno quedando el hoyo parcialmente en el terreno natural. La elevación puede hacerse con materiales propios de la zona.

✓ Consideraciones:

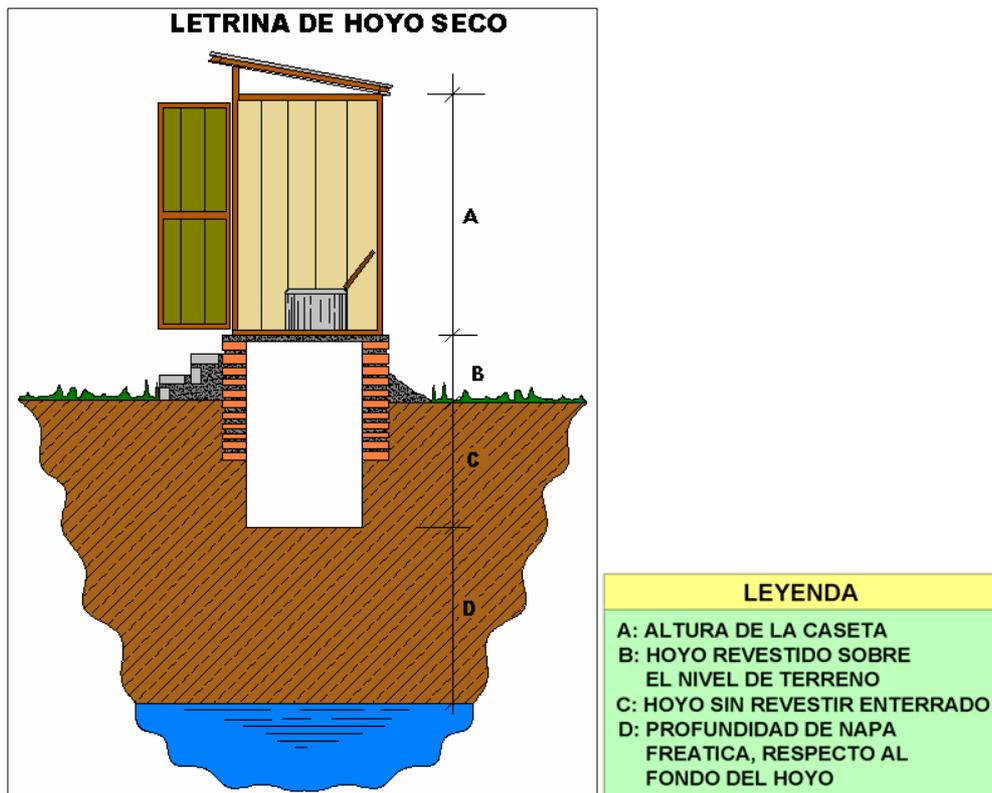
- Población por vivienda: 5 a 6 hab/vivienda.
- Profundidad del hoyo: Mínima en terreno natural: 0,80 – 1,00m.
- Periodo de diseño mínimo de 3 años.

✓ Componentes:

- Hoyo: Es un hoyo mixto compuesto por:
 - **Pozo en terreno natural:** Excavado hasta una profundidad de 1m, de acuerdo a la cohesión del terreno debe de tener recubrimiento. De sección cuadrada o circular, mínimo 0,80m de lado o diámetro según sea el caso.

- **Pozo sobre elevado:** Puede sobre elevarse una altura no mayor de 0,80m. Las paredes del hoyo, se construyen con material de la zona o material de albañilería. La sección interna, debe coincidir con el hoyo excavado en el terreno natural.
- **Brocal:** Cimiento sólido, se colocará en todo el perímetro del hoyo, para soportar la losa y la caseta.
- **Piso:** Las mismas consideraciones indicadas para letrinas de hoyo seco
- **Caseta:** Las mismas consideraciones de letrinas de hoyo seco, de preferencia material ligero de la zona.
- **Escalera o gradas:** Permite el ingreso a la caseta, puede ser de mampostería con material de la zona.
- **Ventilación:** Las mismas consideraciones indicadas para letrinas de hoyo seco ventilado.

✓ Esquema



5.2.3. *Letrina abonera*

Sistema de saneamiento de tipo familiar, en ella se almacena las heces en cámaras herméticas y dándoles las condiciones adecuadas para su descomposición controlada, los residuos finales puedan ser utilizados para mejoramiento de suelos para cultivos.

Letrina de compostaje de doble cámara

Consta de dos cámaras separadas por un tabique central, es utilizada en forma alternada definida por el periodo de duración del uso de una cámara. Se ubica dentro del predio sobre el nivel del terreno natural.

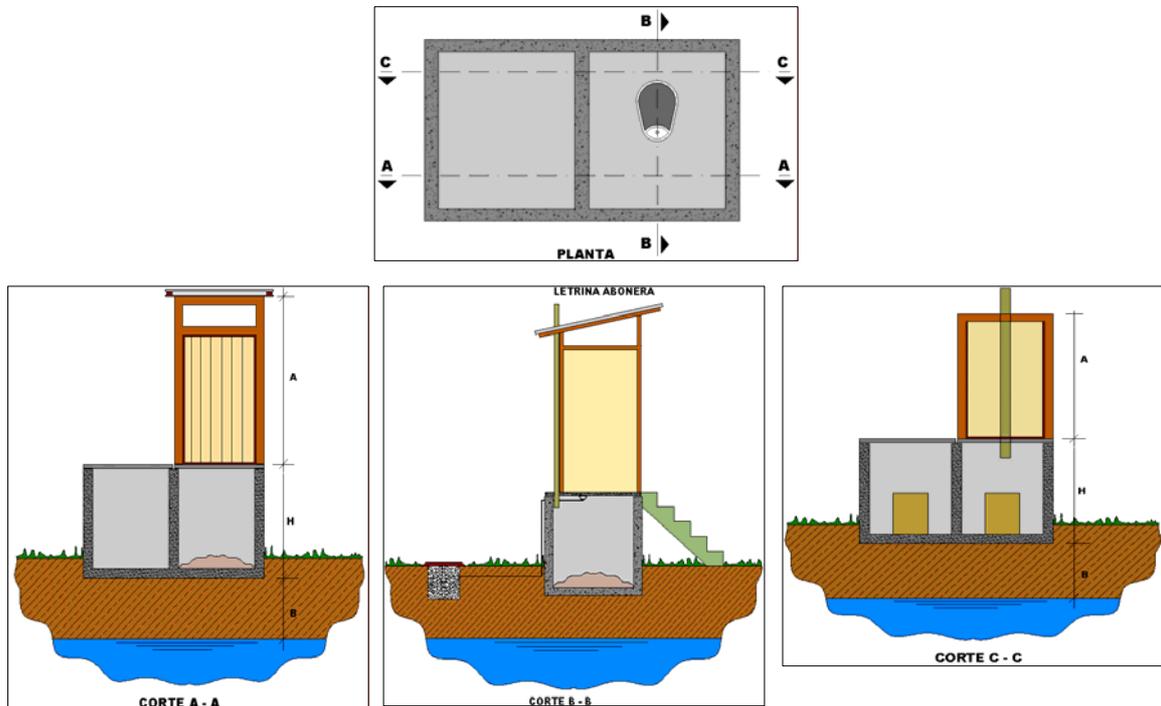
✓ Consideraciones:

- Número de persona/vivienda: 5 a 6 hab.
- Periodo de vaciado: 2 años
- Volumen de cámaras: 1.10 a 2.23 m³

✓ Componentes:

- Cámaras: De las siguientes características:
 - Se recomienda tamaños de 1,10 a 2,23 m³.
 - Periodo de vaciado: 2 años.
 - La losa o plataforma superior de las cámaras debe ser reforzada.
 - Las paredes y la base deben ser impermeables.
 - En la parte posterior deberá tener una compuerta de 0,20 x 0,40m para la descarga y extracción de los residuos una vez digeridos.
- Aparato sanitario: Podrá emplearse una losa turca, tasa sanitaria o aparato sanitario, adaptado especialmente para separar las heces de la orina. Asimismo, debe instalarse un orinal adicional para los varones.
- Escalera: Puede ser de material ligero, buscando su uso fácil y sin riesgo por niños y ancianos.
- Ventilación: Cada cámara contará con tubería de ventilación con las mismas consideraciones indicadas para letrinas de hoyo seco ventilado.
- Caseta: La caseta es construida sobre las cámaras, deberá ser de materiales locales, con suficiente espacio para la comodidad de los usuarios.
- Pozo de infiltración: Para disponer los orines, debe considerar la capacidad de absorción de los suelos y el nivel de la napa freática.

✓ Esquema



5.2.4. *Letrina con arrastre hidráulico*

a) Letrina con pozo negro

Se compone de los siguientes elementos: aparato sanitario, caseta, conducto, caja repartidora, hoyo, brocal, terraplén y losa-tapa o piso.

✓ Componentes:

- Aparato sanitario: Puede ser de tipo turco o tipo taza dotados de sifón para la formación del sello hidráulico. Deberá ser un accesorio independiente y de una sola pieza y con un acabado liso. Estará herméticamente unido a la losa del piso para impedir el ingreso de insectos o la salida de malos olores.
- Caseta: Construida con materiales del lugar y deberá contar con ventanas altas para iluminación y ventilación, cuyas dimensiones no deben afectar la privacidad del usuario.
- Tubería: Para la evacuación de las aguas residuales se debe utilizar tubería no menor de 100mm de diámetro, con una pendiente adecuada entre el aparato sanitario y el hoyo.

- Ventilación: de 50mm, se instala directamente sobre la tubería de evacuación, puede estar adosada a la pared de la caseta y deberá prolongarse 0,50m por encima del techo de la caseta. En la parte superior del tubo deberá instalarse una malla mosquetero de protección.
- Hoyo o pozo: Se diseña con una tasa de producción de lodos de 0,05 a 0,06 m³/hab-año. Se considera una altura adicional de seguridad mayor a 0,30 m.

El sistema de disposición de excretas debe contar por lo menos con dos hoyos, que deben ser diseñados para una vida útil no mayor a 4 años cada uno.

La distancia de centro a centro entre los hoyos o pozos será de tres veces el diámetro del pozo de mayor diámetro, pero en ningún caso menor a 6,0m entre las tangentes de las circunferencias.

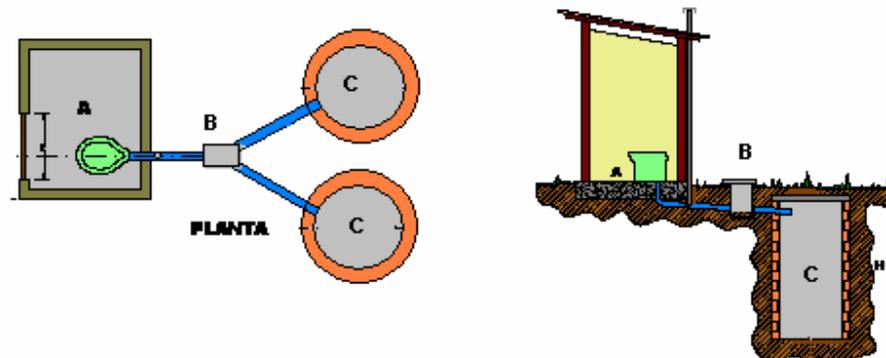
El hoyo podrá ser circular o cuadrado con un diámetro o lado neto no menor a 0,80m ni mayor a 1,5m. y debe contar con una losa de cubierta removible. En terrenos inestables, las paredes del hoyo deben ser protegidas para evitar su desmoronamiento. En este caso el volumen efectivo del hoyo será descontando el espacio que ocupa el material de protección.

El revestimiento del hoyo por debajo del conducto de entrada se construirá con madera resistente a la humedad, ladrillos o bloques de piedra o de concreto sobrepuestos y con aberturas verticales sin rellenar.

Cualquier espacio entre el revestimiento y la pared del hoyo se rellenará con grava, que será colocada en capas, conforme se construya el revestimiento.

El fondo del hoyo debe quedar por lo menos a 2m por encima del máximo nivel freático y deberá ser rellenada con material filtrante. En el caso de terrenos calcáreos o con presencia de rocas fisuradas, se tomarán medidas especiales.

✓ Esquema



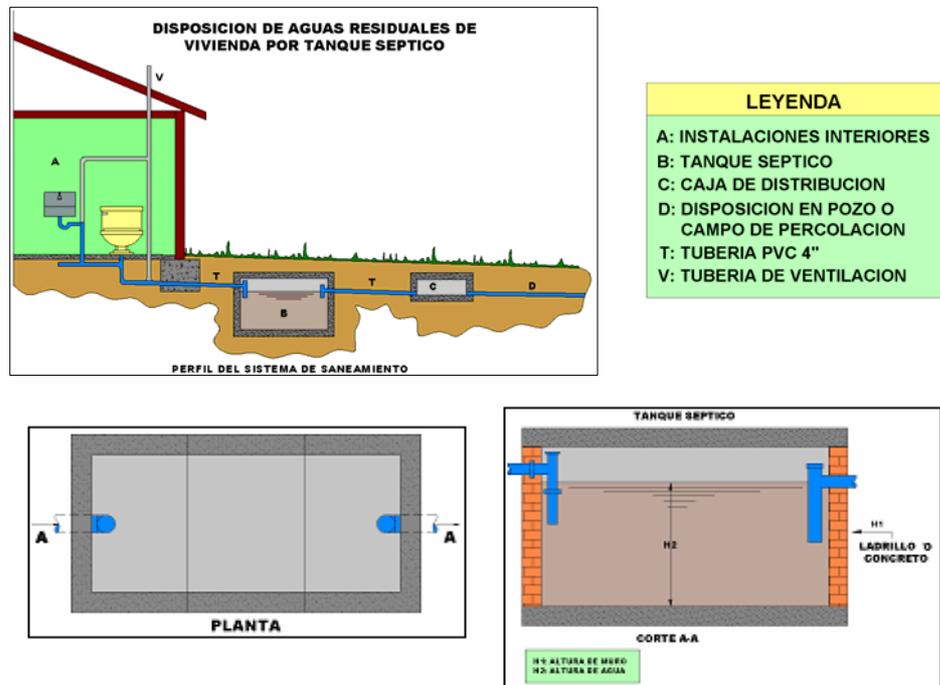
b) Letrina con tanque séptico

Con este sistema a nivel familiar el usuario puede contar con mayores facilidades para mejorar sus hábitos de higiene. Los lodos evacuados después del mantenimiento deben ser tratados en lechos de secado antes de su disposición.

✓ Componentes

- Servicios higiénicos: Inodoro, ducha y lavadero, bajo las mismas consideraciones que en el ámbito urbano.
- Tanque séptico: Las consideraciones son contempladas en tratamiento de aguas residuales.
- Poza o zanjas de infiltración: Para disponer el efluente en un terreno permeable.

✓ Esquema



c) Letrina con arrastre hidráulico con cámaras sépticas de ferrocemento

Se diseñan para zonas no inundables con las siguientes consideraciones para su implementación:

- Número de personas por familia: 6
- Volumen de agua utilizada por vez 5 lt, (2 veces por persona por día)
- Volumen de agua utilizado por día por familia: 60 lt

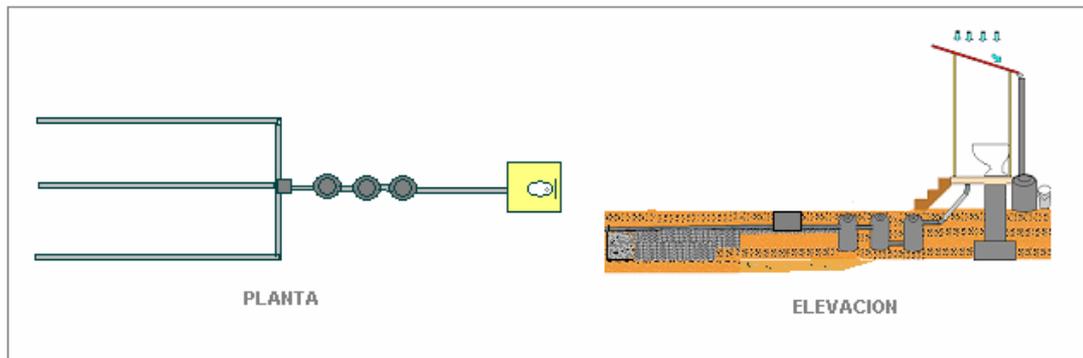
✓ Componentes:

- **Cámaras sépticas:** Son 3 cámaras de ferrocemento de 200lts cada una, alineadas a cada 50cm como máximo y enterradas a 1m; las cámaras están unidas por tuberías de PVC de 4". Las cámaras estarán dotadas de tapas herméticas que eviten el ingreso de aguas de origen exterior a ellas.
- **Zanja de percolación:** Debe permitir la percolación de 60lt/día. La zanja de percolación será diseñada de acuerdo a la permeabilidad del terreno.
- **Caseta:** Dependiendo si es una zona de selva baja se construye en una zona no inundable sobre una plataforma (al mismo nivel de las casas). Debe estar dotado de una escalera. En zona de costa o sierra puede estar a nivel del terreno; en ambos casos la caseta se construye con materiales locales.

El techo de la caseta en zonas de selva puede tener dispositivos para captar agua de lluvia y recolectarla en un depósito para utilizarla luego de cada uso del servicio.

- **Aparato sanitario:** Podrá ser un aparato sanitario tipo turco o tipo taza, dotados de sifón para la formación del sello hidráulico y debe ser fabricado en una sola pieza y con acabado lo más liso posible.

✓ Esquema



5.3. *Unidades sanitarias con arrastre hidráulico (familiar)*

Se han construido unidades sanitarias, que resuelven el problema de disposición de las aguas servidas y excretas en cada predio de localidades rurales ubicadas mayormente en zonas de la selva del país, teniendo los siguientes tipos:

a) Unidad sanitaria (sin letrina)

En este tipo de unidad sanitaria familiar, se ha instalado en localidades que no tiene un sistema de abastecimiento de agua y los predios ya cuentan con letrinas sanitarias.

En este caso la unidad sanitaria, sólo brinda al usuario el servicio de agua (generalmente bomba manual unifamiliar tipo Flexi OPS) y una ducha para la higiene personal de la familia.

El sistema de saneamiento para la eliminación de las aguas grises está conformado por tuberías de recolección de las aguas residuales de la pileta y ducha, para ser conducidas a una zanja de infiltración.

✓ Consideraciones

- Coeficiente de infiltración del terreno.
- Zona de percolación, agua abajo a una distancia mayor a 25m.

✓ Componentes

- **Unidad sanitaria**

- *Lavadero*: Ubicada al exterior de la caseta de la ducha, es abastecida de agua por una tubería de PVC de 1/2", procedente del tanque elevado.
- *Ducha*: Es de sección cuadrada, con piso de concreto y una estructura de madera, los muros deben ser de materiales de la zona y el techo de material que permita captar las aguas de lluvia.

- **Abastecimiento de agua:**

- *Bomba manual*: Artesanal tipo Flexi OPS.
- *Reservorio elevado*: Tanque de PVC o de ferrocemento de 200 a 250 litros de capacidad, conectado a la bomba manual.

- **Recolección de agua grises**

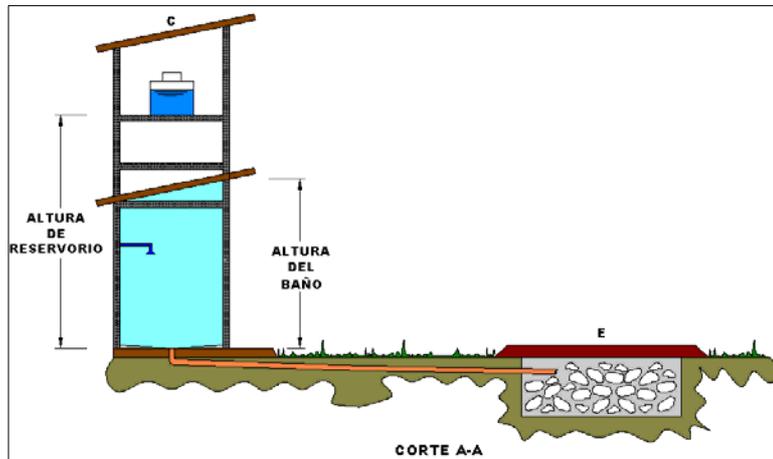
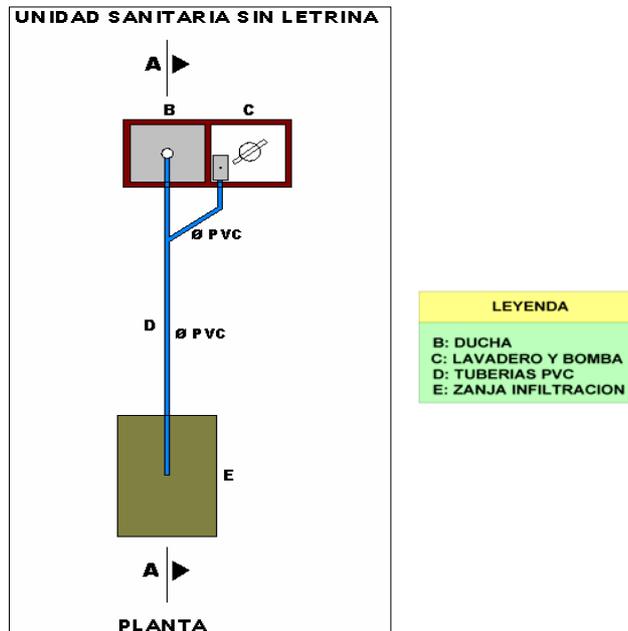
- **En el interior**

Ducha y lavadero, a través de tuberías de 2", con sumidero y trampa respectivos.

- **En el exterior**

- **Tubería de recolección**: Desde la ducha y lavadero, a través de tubería de PVC de 2" hasta la zanja de infiltración, con una pendiente mínima que garantice el flujo.
- **Zanja de infiltración**: Cuyas dimensiones son calculadas, en función de la capacidad de infiltración del terreno.

✓ Esquema



b) Unidades sanitaria familiar con letrina

Se instalan en localidades que no cuentan con sistema de saneamiento; consiste en la recolección de las aguas servidas generadas por el uso del lavadero y ducha, las que son conducidas y descargadas a la tubería que sale del tanque séptico con dirección a la zanja de infiltración. Los desagües de la letrina son recolectados y conducidos por tubería al tanque séptico y el efluente es conducido a la zona de infiltración.

✓ Consideraciones

- Colectores de agua servidas:
 - Tubería de salida de ducha y pileta: 2" mínimo.
 - Tubería de salida de letrina: 4" mínimo
 - Pendientes: según diseño.
- Coeficiente de infiltración del terreno, donde está ubicada la zanja.

✓ Componentes

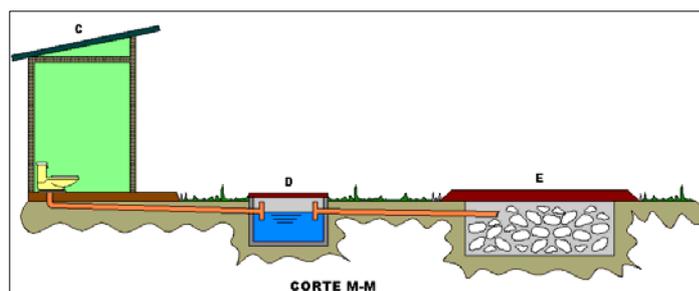
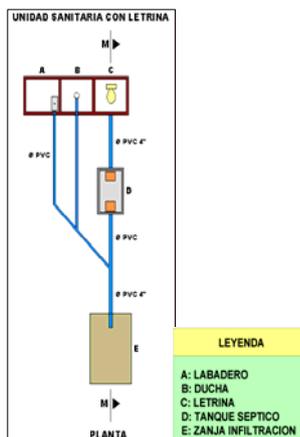
• **Unidad sanitaria**

- *Lavadero*: Las mismas consideraciones indicadas en el punto (5.3 a).
- *Ducha*: Las mismas consideraciones indicadas en el punto (5.3 a).
- *Letrina*: Caseta independiente, piso de concreto, con losa turca con arrastre hidráulico o inodoro sanitario.

• **Recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales**

- *Tubería de recolección de la ducha y lavadero*: 2"
- *Tanque séptico*: De sección rectangular y determinada según diseño.
- *Tubería de recolección de la letrina*: Las aguas residuales de la letrina son recolectadas por tubería de PVC de 4" y descarga al tanque séptico.
- *Zanja de infiltración*: Según la capacidad de infiltración del suelo.

✓ Esquema



c) Unidades sanitarias multifamiliares con letrina

Este modelo se ha instalado en localidades para viviendas ocupadas por más de una familia y en centros educativos de nivel inicial y primario.

El sistema esta compuesto por una bomba manual (Flexi OPS), lavadero, dos letrinas y dos duchas

✓ Consideraciones

Se utilizan los mismos parámetros indicados en el punto (5.3 b), correspondiente a unidad sanitaria familiar con letrina.

✓ Componentes

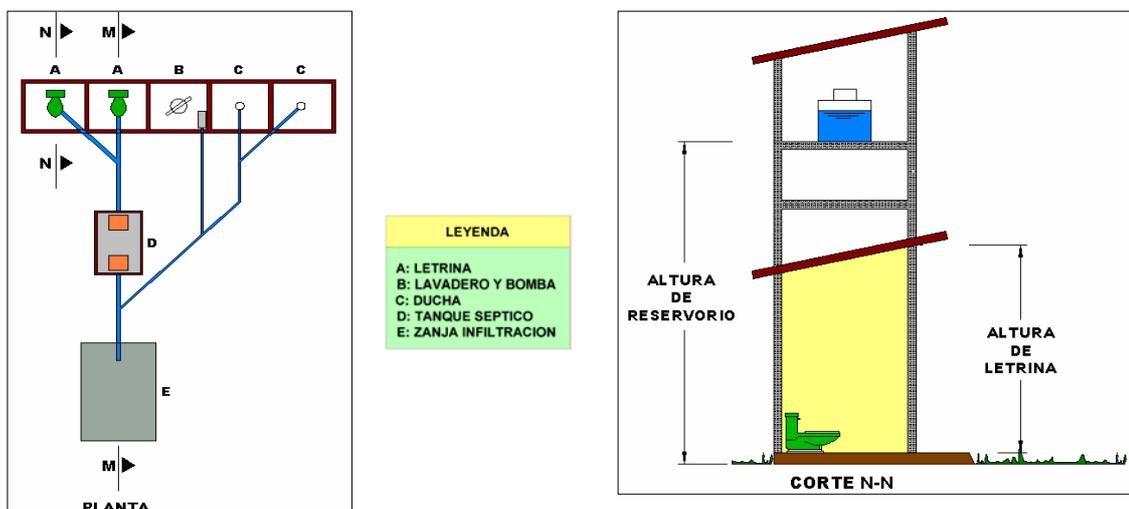
• **Unidad sanitaria**

- *Lavadero:* Las mismas consideraciones indicadas en el punto (5.3 a)
- *Ducha:* Las mismas consideraciones indicadas en el punto (5.3 a)
- *Letrina:* Las mismas consideraciones indicadas en el punto (5.3 b)

• **Instalaciones de recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales**

- *Tubería de recolección de la ducha y lavadero:* Ver 5.3 b
- *Tubería de recolección de la letrina:* Ver 5.3 b
- *Tanque séptico:* Las mismas consideraciones indicadas en el punto (5.3 b)
- *Zanja de infiltración:* Ver 5.3 b

✓ Esquema



5.4. Tratamiento de aguas residuales

Estructuras cuya función es reducir la cantidad de sustancias contaminantes y organismos dañinos para la salud humana y para el ambiente, de las aguas residuales provenientes de las redes colectoras de los sistemas de alcantarillado.

Las soluciones de tratamiento de desagües domésticos generados en localidades con poblaciones menores de 2,000 habitantes del medio rural, sólo consideran tratamientos primarios.

5.4.1. Lagunas

a) Laguna facultativa

Este sistema permite reducir tanto la materia orgánica como la contaminación bacteriológica del agua residual, siendo un tratamiento muy recomendable para el medio rural.

✓ Consideraciones

- Estudio del cuerpo receptor.
- La profundidad de la laguna: 1,5 a 2,0m
- Carga superficial: 200 a 250 Kg. DBO5 / Hectárea-día
- Tiempo de retención hidráulica: 5 a 7 días

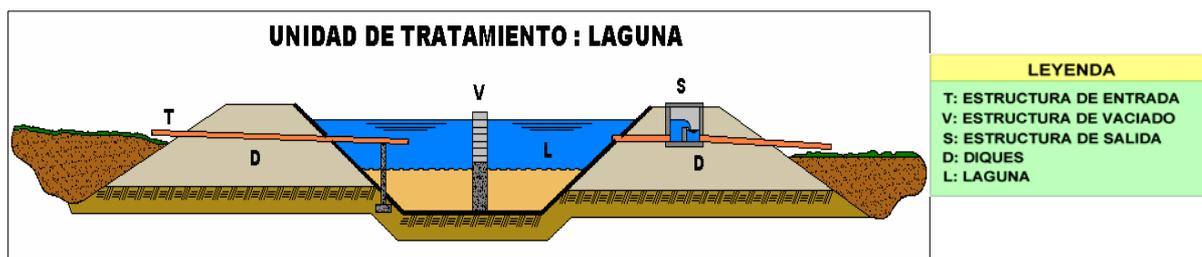
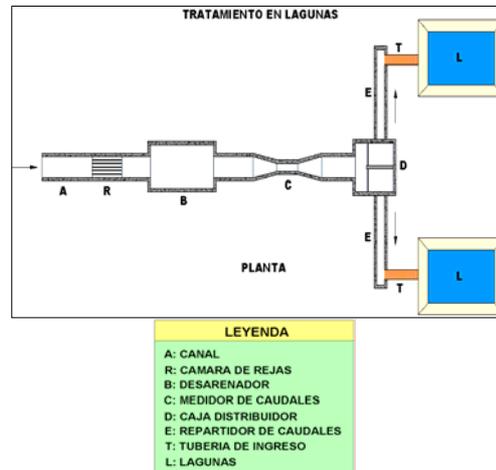
✓ Componentes

- *Estructura de recepción:* Es una estructura que recibe los desagües del sistema de alcantarillado, a fin de disipar energías y tener velocidades adecuadas para el inicio de los tratamientos.
- *Estructura de desvío:* Dispositivo para los periodos de secado y remoción de lodos.
- *Medidor de caudales:* Tipo Parshall.
- *Laguna facultativa:* Los procesos de tratamiento se realizan a través de estratos aerobios y anaerobios que no son constantes, pero interactúan entre si, dependen de la radiación solar.

Las algas tienen un rol importante en el proceso biológico de las lagunas de estabilización, son los organismos responsables de la producción de oxígeno, vital para las bacterias que participan en la oxidación bioquímica de la materia orgánica. La presencia de algas en niveles adecuados, asegura el funcionamiento de la fase aerobia; cuando se pierde el equilibrio ecológico corre riesgo de producirse un predominio anaerobio que trae consigo una reducción en la eficiencia del sistema.

- *Emisor*: Se considera el tramo de tubería, comprendido desde el punto de salida del efluente de planta de tratamiento hasta el punto de descarga en la zona o cuerpo del agua receptor.

✓ Esquema



5.4.2. *Tanque Inhoff*

Es una estructura de tratamiento primario, cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos, integrando la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad. Son de operación simple y no requiere de partes mecánicas, pero es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y remoción de arena.

✓ Consideraciones

Para la zona de sedimentación

- *Área requerida para proceso*: Determinada con carga superficial de $1\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$, sobre la base del caudal medio.
- *Periodo de retención nominal*: 1,5 a 2,5 horas.
- *Profundidad*: Es el producto de carga superficial y el periodo de retención.

- El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V, los lados tendrán una pendiente entre 50 a 60 grados, respecto al eje horizontal.

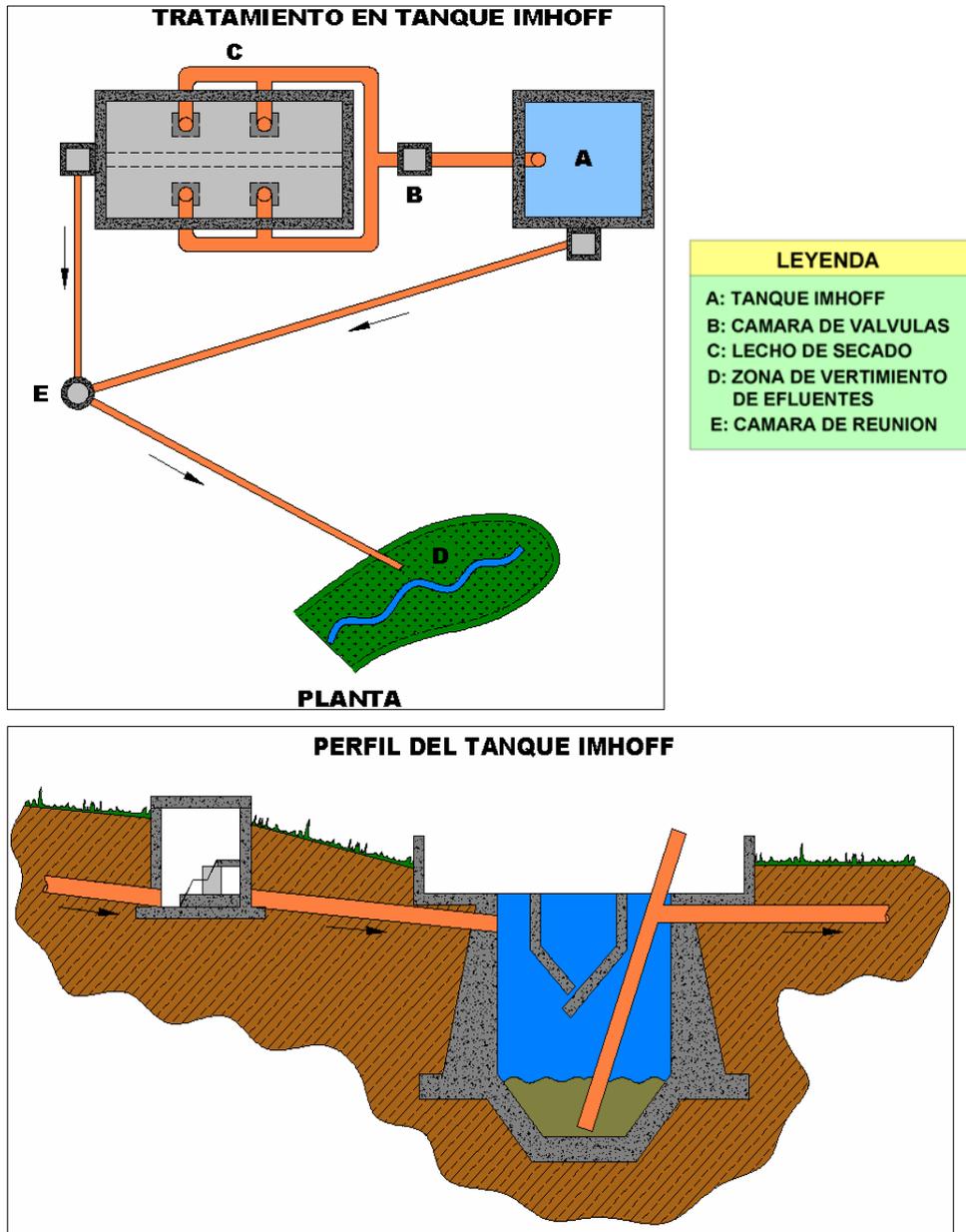
Para la zona de digestión

- El volumen de lodos se determinará considerando:
 - Reducción de 50% de sólidos volátiles.
 - Densidad de 1.05 kg/l.
 - Contenido promedio de sólidos de 12,5% (peso).
- Se podrá determinar el volumen del compartimiento de lodos, considerando un volumen de 70 litros/ hab, para una temperatura de 15 °C.

✓ Componentes

- *Estructura de llegada:* Las condiciones topográficas y pendientes del terreno determinan la ubicación de la estructura de recepción de los desagües del sistema de alcantarillado, allí será posible disipar energía y tener velocidades adecuadas para el inicio de los tratamientos.
- *Cámara de rejillas:* Es una estructura dotado de un sistema de rejillas para la retención de los residuos grandes, para evitar que lleguen al Tanque Inhoff.
- *Medidor de caudales:* Se deben instalar estos dispositivos para aforar los caudales a tratar.
- *Tanque Inhoff:* Estructura de concreto armado de sección rectangular, se divide en tres compartimentos: cámara de sedimentación, cámara de digestión de lodos y área de ventilación y acumulación de natas; los desagües crudos pasan por los procesos de sedimentación primaria y la digestión de los lodos en el compartimiento ubicado en la parte inferior del tanque; estos lodos se extraen periódicamente mediante dispositivos especiales y se conducen a lechos de secado.
- *Lecho de secado:* Para minimizar y eliminar el agua contenida en los lodos. En zonas de lluvias intensas, el área del lecho de secado debe estar techada.

✓ Esquemas



5.4.3. *Tanque séptico*

Estructura cuyo objetivo es crear dentro de ella una situación de estabilidad hidráulica, permitiendo la sedimentación de las partículas pesadas. El material sedimentado forma una capa de lodo, que debe extraerse periódicamente en forma manual o mecánica. El efluente del tanque séptico es conducido por tubería y dispuesto en pozos o zanjas para su percolación.

Generalmente este tipo de tratamiento puede darse para pequeñas localidades donde las viviendas se encuentran concentradas o medianamente dispersas o cuando algunas viviendas son parte de un proyecto de alcantarillado de una localidad y por razones topográficas no pueden descargar a la red principal de colectores.

Estos tipos de **sistemas** de tratamiento están compuestas por:

- Cámara de rejas
- Tanque séptico
- Pozos de infiltración o campos de precolación
- Lecho de secado

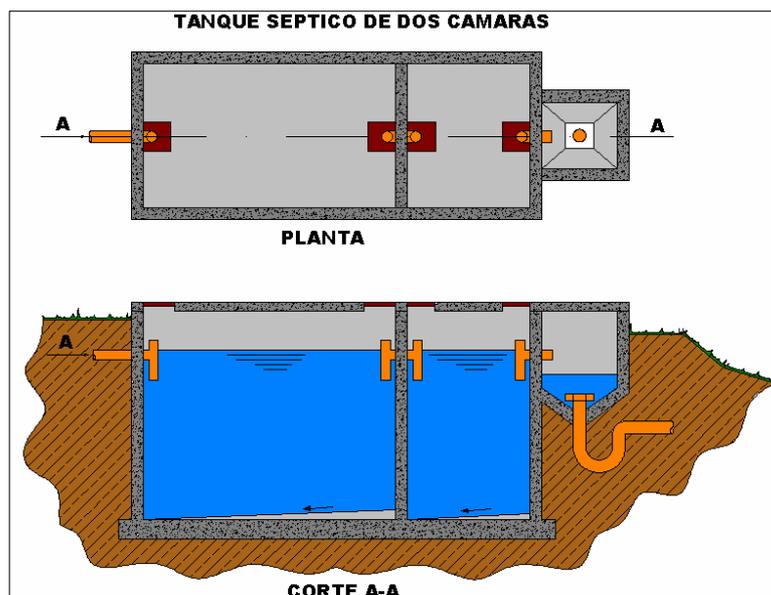
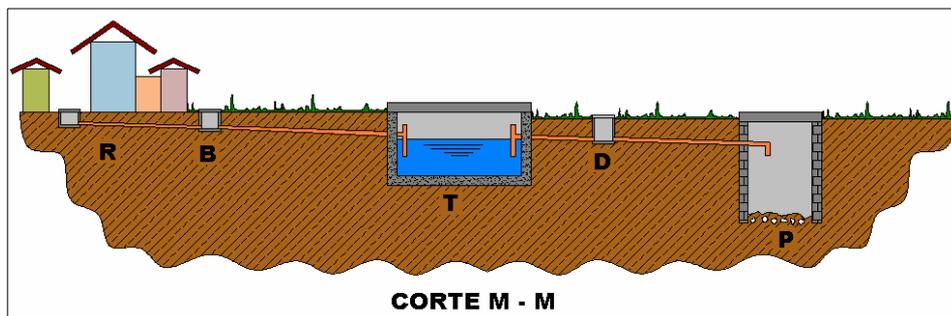
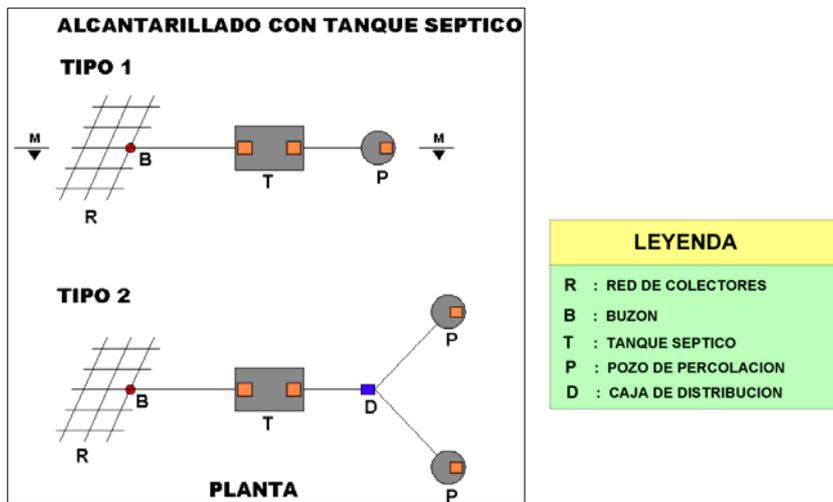
✓ Consideraciones

- Periodo mínimo de retención de líquidos es de 24 horas.
- Volumen del tanque séptico: Según condiciones de diseño.
- El diámetro de tubería de entrada y salida: Según diseño.
- Las bocas de inspección serán de 0,60 x 0,60m como mínimo.
- La entrada y salida de los líquidos se realizan mediante dispositivos especiales.

✓ Componentes

- *Tanque séptico:* Es una estructura de concreto armado o mampostería, de forma rectangular, las dimensiones determinadas en función de los caudales producidos en el sistema de alcantarillado. Pueden ser de una o dos cámaras. Poseen buzones de inspección al ingreso y salida del tanque.
- *Dispositivo de ingreso:* La tubería PVC del emisor ingresa al tanque mediante una Tee, alargada en la parte inferior que permite verter los desagües debajo del nivel de agua del tanque séptico.
- *Dispositivo salida:* Está constituida por una Tee de PVC de igual diámetro que el de entrada y ubicada en un nivel más bajo que el dispositivo de entrada.

✓ Esquema



5.5. *Otras instalaciones*

5.5.1. *Estaciones de bombeo*

En el caso de instalar bombas centrífugas sin desintegrador, la estación de bombeo deberá ubicarse después del proceso de cribado.

✓ Consideraciones

- El periodo de retención de los desagües será de 10 a 20 minutos, en las horas de máxima descarga.
- El caudal de diseño para la bomba, es la suma de caudal máximo horario y el gasto de infiltración.

✓ Componentes

- *Caseta de bombeo:* Ambiente donde se ubican los equipos de bombeo, instalaciones eléctricas y cámara de reunión de los desagües, accesorios de salida de la tubería de impulsión. Debe estar ubicada en zonas seguras en previsión a riesgos derivados de cambios climáticos y de otros fenómenos naturales.
- *Equipos:* Deben ser eléctricos con interrupción automática de arranque y parada. Se instalarán como mínimo dos equipos de bombeo, de capacidades igual al caudal de diseño.
- *Cámara de reunión:* Estructura de concreto armado, recibe y acumula los desagües domésticos, en ella se encuentran instaladas las tuberías de descarga, succión y accesorios de acuerdo al diseño.
- *Línea de impulsión:* Debe calcularse en función del caudal de bombeo, en ningún caso debe ser menor a 4"; para tuberías de succión e impulsión, las válvulas y accesorios serán seleccionadas de acuerdo a las condiciones de diseño.
- *Estación de suministro de energía:* Compuesta por cableado desde la red pública hasta el transformador. Sus características son determinadas por las características del equipo de bombeo.

5.5.2. *Pozos y zanjas de precolación*

a) Pozos de percolación

Los efluentes del tanque séptico serán vertidos en pozos excavados, cuyos suelos tienen estratos favorables para la infiltración de las aguas. Es necesaria la evaluación del nivel freático para evitar que los líquidos percolados generen riesgo de contaminar a las aguas subterráneas.

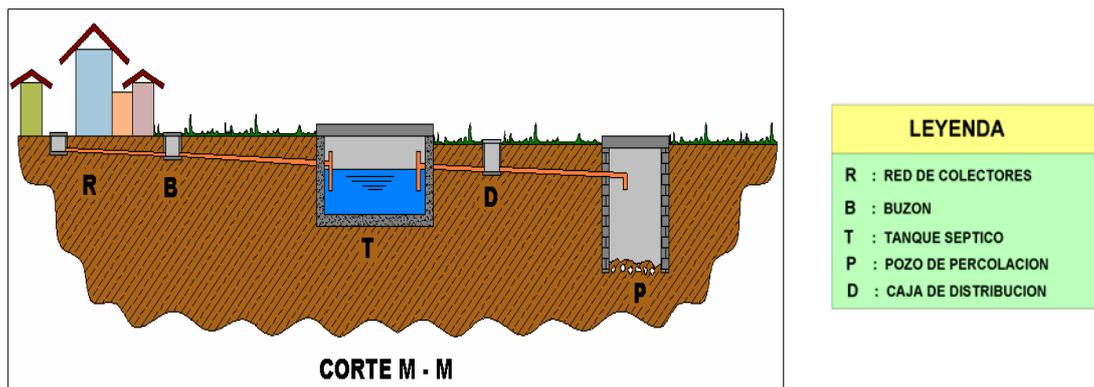
✓ Componentes

- *Caja de distribución:* Estructura de concreto o albañilería, donde produce la distribución de las aguas servidas cuando se dispone de más de un pozo.
- *Tubería de ingreso:* Tubería comprendida entre la salida del tanque séptico o de la caja de distribución y el punto de descarga en el pozo de percolación.
- *Pozos de percolación:* Excavados, cuyas paredes cuentan con un recubrimiento que puede ser mampostería de piedra, ladrillo, bloques de concreto u otro material, que permita la infiltración. El espacio entre el muro y el terreno natural debe rellenarse con piedra de río o de hormigón de diámetro pequeño.
- *Techo:* Será una losa de concreto armado.
- *Buzón de inspección:* Ubicada en la losa del techo, de forma circular o cuadrada y será de 0,60m de lado o diámetro.

✓ Dimensiones:

- *Diámetro exterior:* Perímetro del área circular de la excavación o el diámetro exterior del muro. Es función de la permeabilidad del suelo.
- *Profundidad:* Es medida entre el punto de ingreso de los líquidos y fondo del pozo.
- Diámetro interior mínimo será de 1m.

✓ Esquema



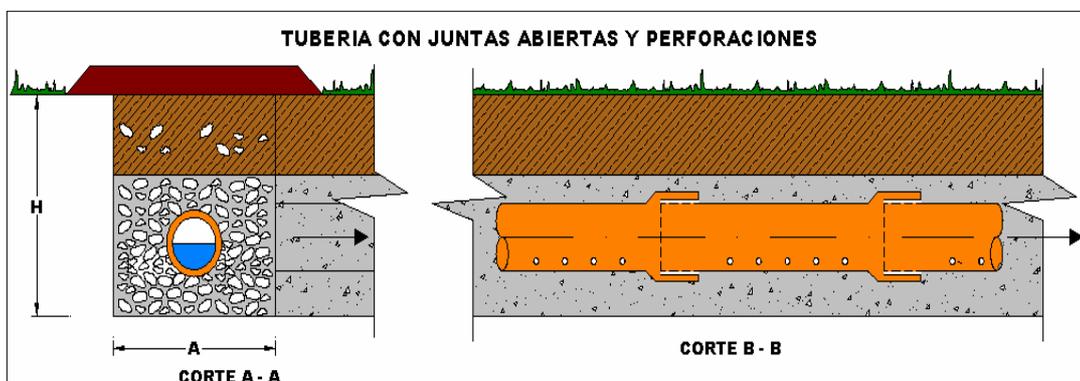
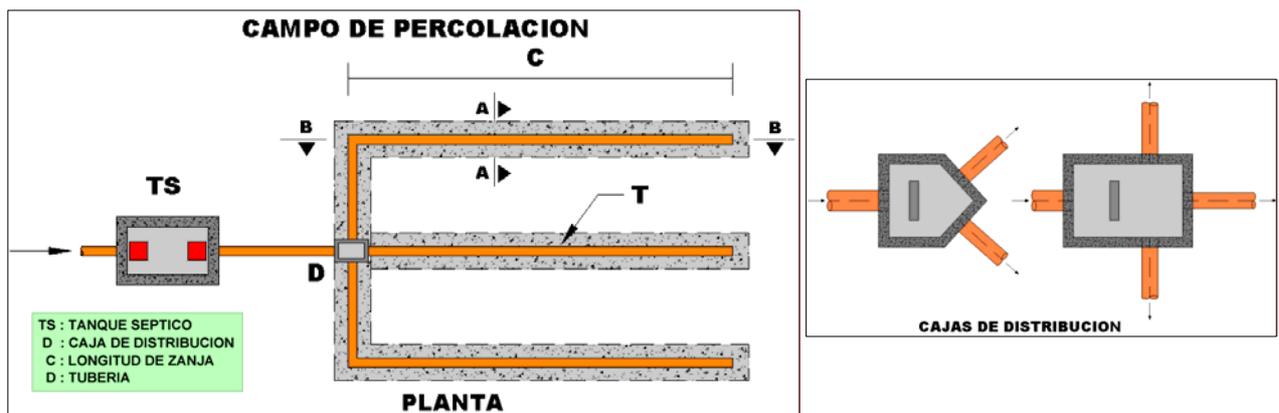
b) Campo de percolación

Es una zona donde se realiza el vertimiento de los efluentes de los tanques sépticos, esta compuesta por un conjunto de tuberías de drenaje instaladas en zanjas excavadas en suelos que tienen condiciones que facilitan la percolación de los líquidos.

✓ Componentes

- *Caja distribuidora*: Estructura que sirve para repartir el efluente del tanque séptico, hacia un conjunto de drenes.
- *Zanja de percolación o infiltración*: Es una excavación de profundidad y ancho determinada según diseño, cada zanja estará compuesta por tres capas:
 - Primera capa: grava y arena, donde se ubica el tubo de drenaje.
 - Segunda capa: grava que cubre la tubería de drenaje.
 - Tercera capa: tierra, hasta el nivel del terreno natural.
- *Tuberías de drenaje*: Son colocadas en la zanja, el drenaje de los efluentes se realiza por las perforaciones a lo largo de la tubería.
- *Caja de inspección*: Sirve para la regulación de los efluentes e inspeccionar los drenes

✓ Esquema

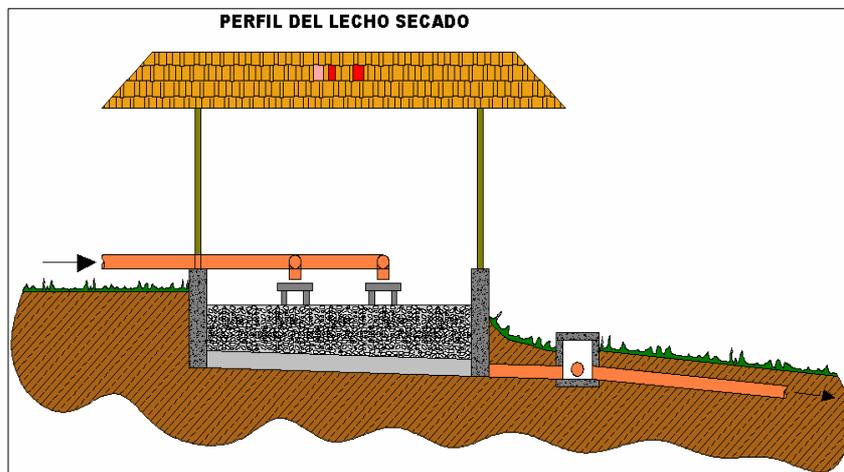


5.5.3. Lecho de secado de lodos o disposición de lodos

La remoción de lodos, puede ser dispuesta en:

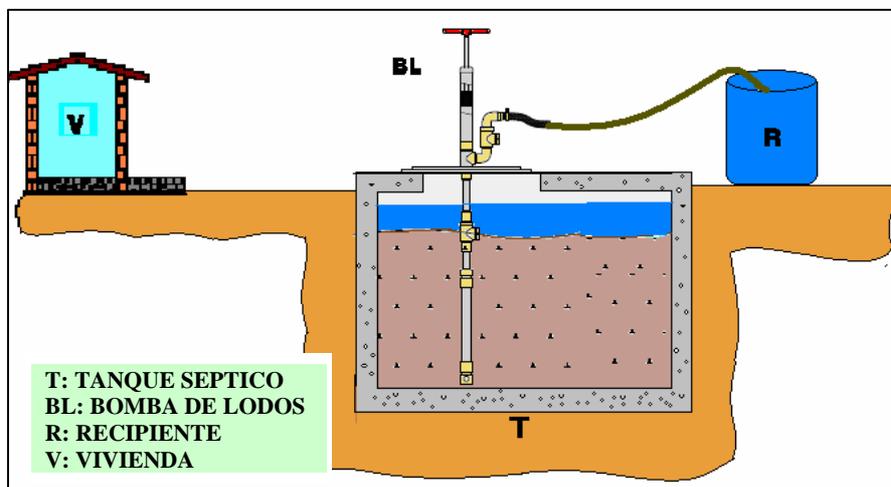
a) Lecho de secado

- Las áreas son determinadas por el volumen de lodo producido en el tanque séptico o tanque Inhoff y de las características del suelo.
- Para el drenaje de los lodos hacia el lecho de secado, se instala un sistema de descarga.
- En zonas lluviosas el área del lecho de secado debe ser techada, para evitar el ingreso de aguas pluviales.



b) Vertimiento en sistemas existentes de alcantarillado

En la periferia de zonas urbanas, las empresa de saneamiento o municipales, prestan servicios de remoción de lodos de tanques sépticos de viviendas o conjunto de viviendas. Los lodos extraídos pueden ser vertidos en lugares autorizados.



✓ Referencias

- Agüero Pittman, Roger; “Agua potable para poblaciones rurales, sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento”; Segunda Edición, Lima; 2003.
- American Water Works Association, Mc Graw Hill; “Calidad y tratamiento del agua” – Manual de suministros de agua comunitaria; Quinta Edición; Madrid; 2002.
- Arocha, Simón; “Abastecimientos de Agua, Teoría & Diseño”; Ediciones Vega SRL; Caracas; 1977.
- Care - Perú; “Tecnologías Apropriadas y gestión de sistemas de abastecimiento de agua rural”; Ponencia al taller de Propilas; Cajamarca; octubre 2005.
- Centro para la Promoción y Desarrollo Andino – Proande - Agua y Saneamiento; Nicolas Marinof Petkoff; “Construimos nuestra letrina mejorada”, Primera edición; Andahuaylas, 1999.
- CEPIS, Cánepa de Vargas Lidia; “Programa Regional Para La Promoción Del Uso De Tecnologías Apropriadas En Saneamiento Basico”; CEPIS; Lima; 2000.
- CEPIS, Ing. Lidia Cánepa de Vargas; “Programa Regional Hpe/Ops/Cepis De Mejoramiento De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano”, Tratamiento - Filtración Lenta, Manual: I, II, III; CEPIS; Lima; 1992.
- Franceys, R.- Pickford J. - Reed R.; “Guía para el desarrollo del saneamiento in situ” – Water, Engineering and Development Centre Loughborough University of technology Loughborough, Inglaterra - Organización Mundial de la Salud; Ginebra, 1994.
- Legislación sanitaria sobre aspectos de Salud Ambiental “Reglamento de Normas Sanitarias para diseño de tanques sépticos, campos de percolación y pozos de absorción” Decreto Supremo, Lima Perú, enero 1966.
- Ministerio de la Mujer y Desarrollo Social, Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social – FONCODES; Parámetros de diseño para proyectos de agua y saneamiento en zonas rurales.
- Ministerio de la Mujer y Desarrollo Social, Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social – FONCODES; Expedientes técnicos de proyectos de agua y saneamiento implementados en diversas regiones del país.

- Ministerio de Desarrollo Humano, Secretaría Nacional de Asuntos Urbanos, Subsecretaría de Urbanismo, Dirección Nacional de Saneamiento Básico; Proyecto de Saneamiento Básico Rural – PROSABAR, “Manual de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable en poblaciones menores a 5000 habitantes”; Bolivia; 1995.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento – Dirección Nacional de Saneamiento – Programa Nacional de Agua y Saneamiento Rural –PRONASAR – Parámetros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para centros poblados rurales.
- Ministerio de Salud Pública Perú – Dirección General de Programas Especiales de Salud; Programa Nacional de Ingeniería Sanitaria; Planos - Plan Nacional de Agua Potable Rural.
- Ministerio de Salud – Dirección General de Saneamiento Ambiental DIGESA; Normas de diseño para proyectos de abastecimiento de agua potable para poblaciones rurales.”
- Ministerio de Salud –División de Saneamiento Básico Rural; “Manual de Operación y Mantenimiento de sistemas de agua potable y letrinas en el medio rural “; 3ra. Edición; Lima; 1991.
- Ministerio de Salud – Dirección General de Programas Especiales de Salud; Programa Nacional de Ingeniería Sanitaria; Proyecto “Normas Generales para proyectos de Alcantarillado en el medio rural - Plan Nacional de Agua Potable Rural”. 1972.
- Programa de Agua y Saneamiento - Región Andina, Erico Navarro; “Guía para la implementación de proyectos de agua y saneamiento en el área rural”; La Paz – Bolivia; 1999.
- Quispe Castañeda, Luis – Dirección de Salud y Bienestar Social, Sub Región Piura – Ministerio de Salud – Perú) M. Azzariti – Dirección General para la Cooperación al desarrollo – Italia), “Depuración de la aguas servidas disposición y eliminación de excretas en zonas rurales y urbano marginales”; Perú , 1993.
- Programa de apoyo a la modernización del Sector Salud; Unión Europea – AMARES; Wolfgang Eloy Buchner; Videos “Tecnologías Apropriadas Escuela Móvil Agua y Saneamiento Básico EMAS”
- Programa de Agua y Saneamiento, Región; “Metodologías t Tecnologías apropiadas, en proyectos de agua y saneamiento básico rural” Compendio de experiencias y evaluaciones de proyectos en Bolivia, Ecuador y Perú; La Paz – Bolivia; 1999.

- Programa de Agua y Saneamiento, América Latina y el Caribe –PAS-LAC; “Tecnologías alternativas para provisión de servicios de agua y saneamiento en pequeñas localidades”, Lima; 2004.
- Ministerio de Desarrollo Económico de Colombia, Representación de la OPS-OMS en Colombia; “Tecnologías apropiadas en agua potable y saneamiento básico”; Segunda edición; Colombia; 2000.
- Programa de Agua y Saneamiento – PAS; “Sistemas condominiales de alcantarillado sanitario - Proyecto piloto El Alto Bolivia – Manual de construcción y diseño”, Lima; 2001.