

RECUPERACIÓN DE AGUA AGUAS GRISES

UNIDAD N° 5 CLASE N° 7 - 2024



SISTEMA DE CAPTACIÓN PLUVIAL

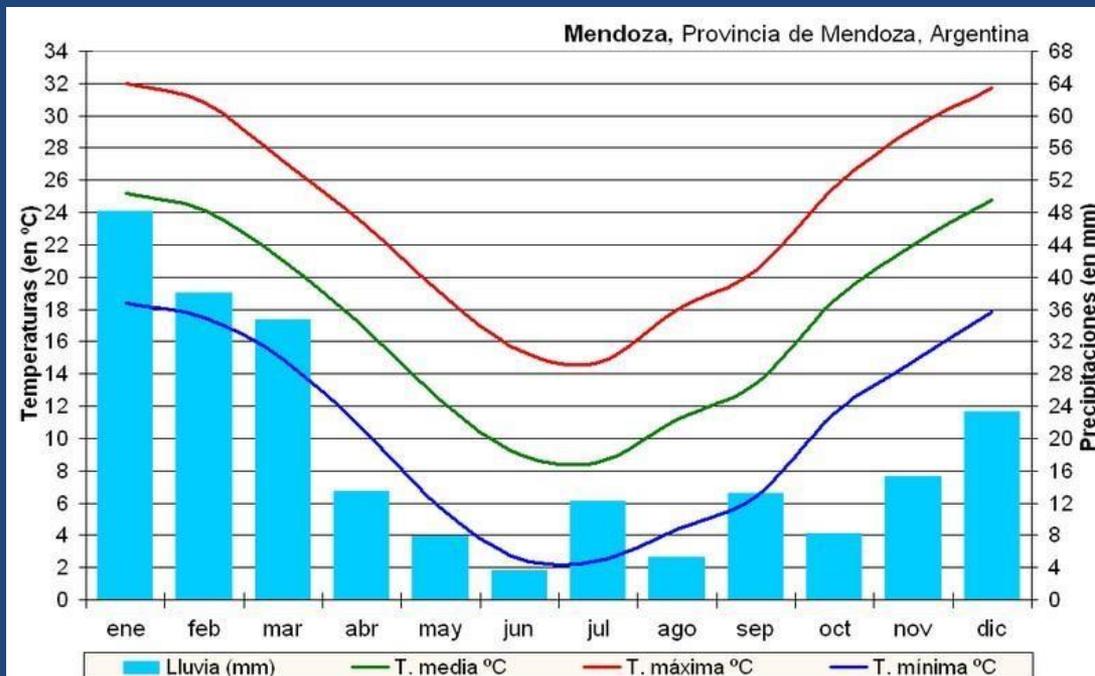
DISEÑO SISTEMA DE CAPTACIÓN PLUVIAL

Bases del diseño; antes de emprender el diseño de un sistema de captación de agua pluvial, es necesario tener en cuenta los aspectos siguientes:

1. Precipitación en la zona. Se debe conocer los datos pluviométricos de por lo menos los últimos 10 años, e idealmente de los últimos 15 años,
2. Tipo de material del que está o va a estar construida la superficie de captación,
3. Número de personas beneficiadas, y
4. Demanda de agua.

Pluviometría

- El milímetro es la unidad de medida usada en la meteorología para las precipitaciones. Representa el espesor en milímetros de la capa de agua acumulada sobre un suelo horizontal por una o varias precipitaciones, si no hubiera infiltración, ni evaporación y si las precipitaciones que caen bajo forma sólida se encontraran fundidas.
- **El equivalente volumétrico de un milímetro de precipitación es de un litro por metro cuadrado.**



230 mm

Criterios de diseño:

Este método conocido como:

“Cálculo del Volumen del Tanque de Almacenamiento”

Toma como base de datos la precipitación de los 10 ó 15 últimos años. Mediante este cálculo se determina la cantidad de agua que es capaz de recolectarse por metro cuadrado de superficie de techo y a partir de ella se determina:

- a) el área de techo necesaria y la Capacidad del tanque de almacenamiento, o
- b) el volumen de agua y la capacidad del tanque de almacenamiento para una determinada área de techo.

Los datos complementarios para el diseño son:

1. Número de usuarios,
2. Coeficiente de escorrentía;

material	escorrentía
chapa metálica membrana aluminio	0.9
tejas	0.8 - 0.9
madera	0.8 - 0.9
Junco	0.6 - 0.7

- La **ESCORRENTÍA** es un término geológico de la hidrología, que hace referencia a la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida. Normalmente se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real y la infiltración del sistema suelo. Según la teoría de Horton **se forma cuando las precipitaciones superan la capacidad de infiltración del suelo. Esto sólo es aplicable en suelos de zonas áridas y de precipitaciones torrenciales.** Esta deficiencia se corrige con la teoría de la saturación, aplicable a suelos de zonas de pluviosidad elevada y constante. Según dicha teoría, la escorrentía se formará cuando los compartimentos del suelo estén saturados de agua.
- La escorrentía superficial es una de las principales causas de erosión a nivel mundial. Suele ser particularmente dañina en suelos poco permeables, como los arcillosos, y en zonas con una cubierta vegetal escasa.
- La proporción de agua que sigue cada uno de estos caminos depende de factores como el clima, el tipo de roca o la pendiente del terreno. De modo similar, en lugares en los que hay abundantes materiales sueltos o muy porosos, es muy alto el porcentaje de agua que se infiltra.

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

Se conoce como **coeficiente de escorrentía** a la relación entre el índice de escorrentía y la precipitación anual. Indica qué porcentaje de la precipitación anual circula, de media. La fórmula de este índice es

$$C_e = le/P_{mm}$$

Expresado en tantos por ciento es

$$C_e = (le/P_{mm}) \cdot 100$$

Siendo:

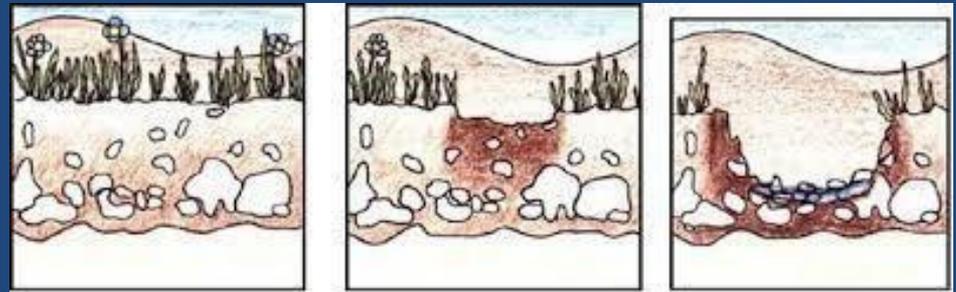
C_e = Coeficiente de escorrentía

le = Índice de escorrentía

P_{mm} = Precipitaciones anuales en milímetros



Cuando hablamos de la cantidad de lluvia que resbala sobre un material determinado lo llamamos factor de impermeabilidad que es diferente para cada uno de ellos; por ejemplo: pizarra (0,70-0,95); grava de carretera (0,15-0,30); césped (0,05-0,03)



Los pasos a seguir para el diseño del sistema de captación de agua de lluvia son:

- 1. Determinación de la precipitación promedio mensual;** a partir de los datos promedio mensuales de precipitación de los últimos 10 ó 15 años se obtiene el valor promedio mensual del total de años evaluados. Este valor puede ser expresado en términos de milímetros de precipitación por mes, o litros por metro cuadrado y por mes que es capaz de colectarse en la superficie horizontal del techo.

$$P_{p_i} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i}{n}$$

- **n** : número de años evaluados,
- **p_i** : valor de precipitación mensual del mes "i", (mm)
- **P_{p_i}** : precipitación promedio mensual del mes "i" de todos los años evaluados. (mm)

2. Determinación de la demanda; a partir de la dotación asumida por persona se calcula la cantidad de agua que se necesita para atender las necesidades de la familia o familias a ser beneficiadas en cada uno de los meses.

$$D_i = \frac{Nu \times Nd \times Dot}{1000}$$

Nu : número de usuarios que se benefician del sistema.

Nd : número de días del mes analizado

Dot : dotación (lt/persona.día)

Di : demanda mensual (m³)

3. **Determinación del volumen del tanque de abastecimiento;** teniendo en cuenta los promedios mensuales precipitaciones de todos los años evaluados, el material del techo y el coeficiente de escorrentía, se procede a determinar la cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo y por mes

$$A_i = \frac{Pp_i \times Ce \times Ac}{1000}$$

Pp_i : precipitación promedio mensual (litros/m²)

Ce : coeficiente de escorrentía

Ac : área de captación (m²)

A_i : Abastecimiento correspondiente al mes "i" (m³)

4. Teniendo como base los valores obtenidos en la determinación de la demanda mensual de agua y oferta mensual de agua de lluvia, se procede a **calcular el acumulado de cada uno de ellos mes a mes encabezado por el mes de mayor precipitación u oferta de agua**. A continuación se procede a calcular la diferencia de los valores acumulados de cada uno de los meses de la oferta y la demanda respectivamente.

Las áreas de techo que conduzcan a diferencias acumulativas negativas en alguno de los meses del año se descartan porque el área supuesta no es capaz de captar la cantidad de agua demandada por los interesados.

El acumulado de la oferta y la demanda en el mes “i” podrá determinarse por:

$$Aa_i = Aa_{(i-1)} + \frac{Pp_i \times Ce \times Ac}{1000}$$

$$Da_i = Da_{(i-1)} + Nu \times Nd_i \times Dd_i$$

Aa_i : volumen acumulado al mes “i”.

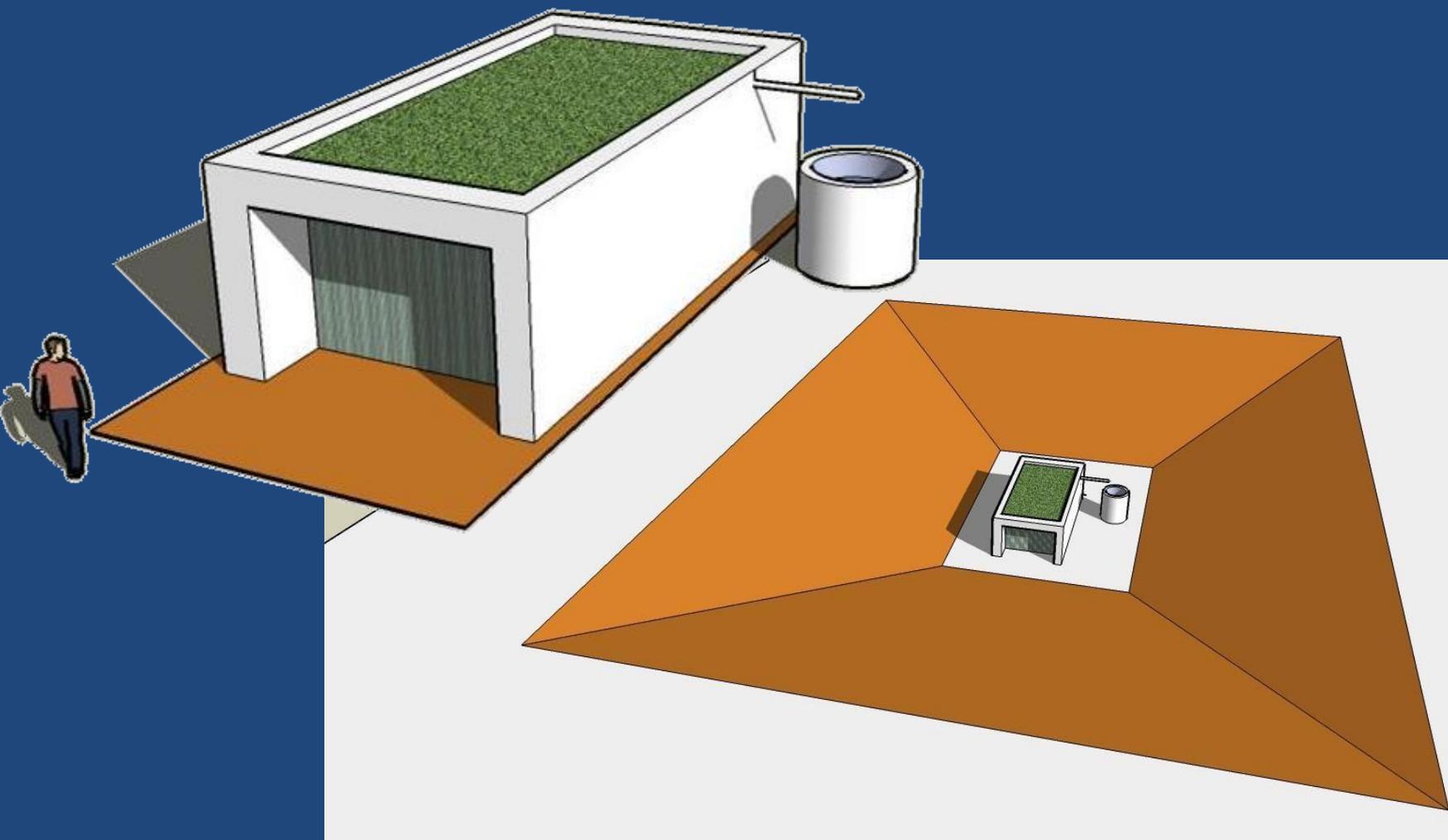
Da_i : demanda acumulada al mes “i”.

$$V_i (m^3) = A_i (m^3) - D_i (m^3)$$

V_i : volumen del tanque de almacenamiento necesario para el mes “i”.

A_i : volumen de agua que se captó en el mes “i”.

D_i : volumen de agua demandada por los usuarios para el mes “i”.



Esta necesidad de captar mayor cantidad de agua, influiría en la disposición de los asentamientos humanos. Semejante al la disposición natural de las planta en zonas áridas, o semi-áridas. Que se alejan una de otra para no competir por el agua



UTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES

AGUAS GRISES

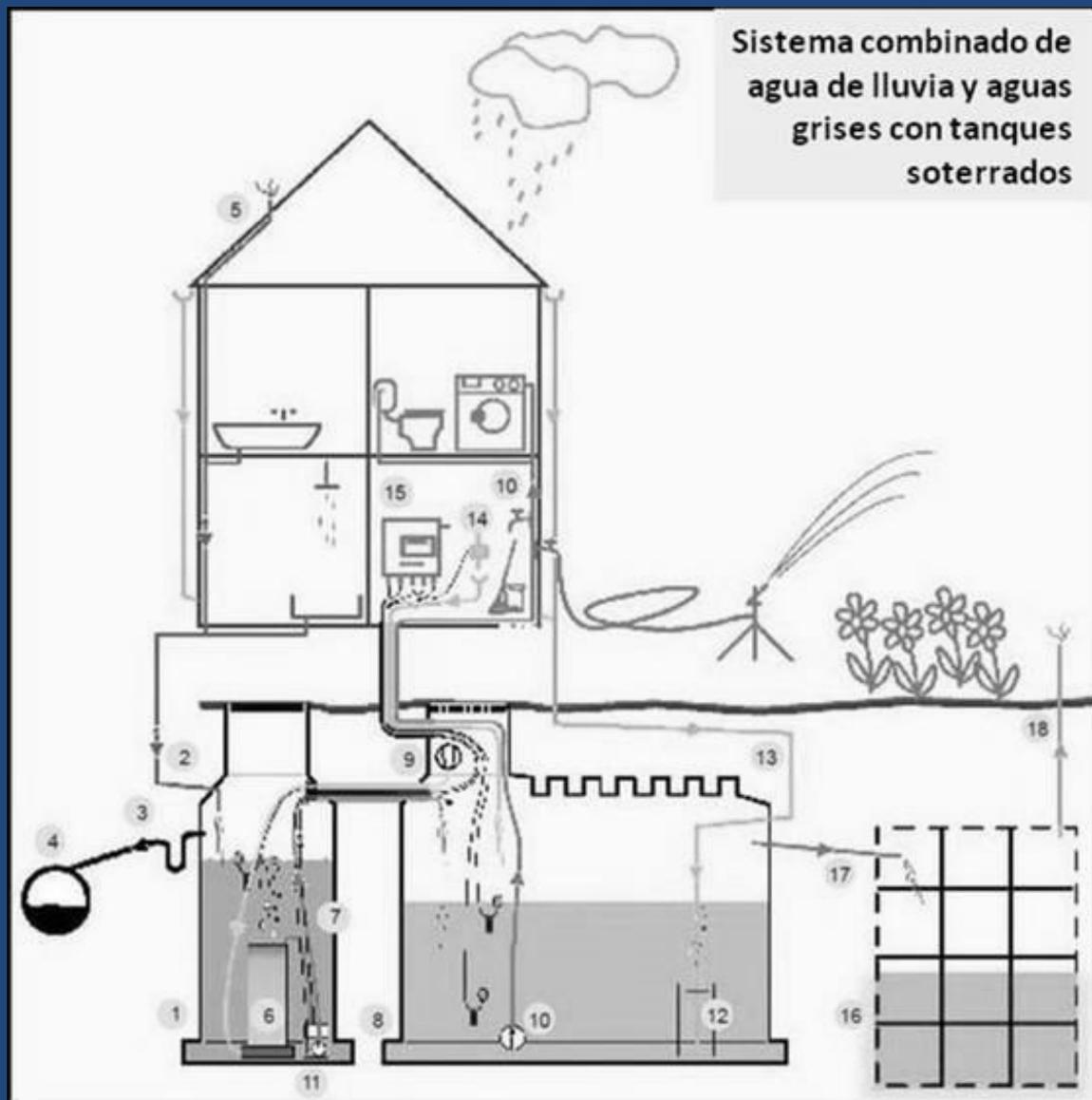
Las aguas grises son las aguas ligeramente sucias provenientes de la bañera, el lavabo y la lavadora. La reutilización de estas aguas, dentro de un hogar, consigue disminuir el gasto en agua potable, así como reducir el vertido de aguas residuales. Las aguas grises pueden emplearse para usos que no requieren agua potable: la cisterna del inodoro, el riego de jardines o la limpieza de recintos.

En el contexto del evento desarrollado para alcanzar los objetivos de desarrollo del Milenio y el plan de implementación de Johannesburgo, son necesarios nuevos conceptos integrales de saneamiento y reaprovechamiento de sistemas ecológicos de ciclo cerrado.

Podemos aprovechar los productos de la ducha y usarlos en el saneamiento de los sanitarios de nuestras casas.

REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES

Diseño de un sistema para reutilización de aguas grises generadas en el consumo diario de la riego, para ser reutilizados en los wc de la casa.



Porcentajes del uso del Agua domiciliar

Uso del agua en el hogar

Sanitario (WC)
40%



Regadera
30%

Lavado de ropa
15%

Cocina, limpieza
y otros usos
15%

Proporción de Consumo de Agua en el Hogar	
Actividad	Proporción de Consumo
Baño	40%
Regadera	30%
Lavar Ropa	15%
Cocina	6%
Preparar alimentos	5%
Otros	4%

Fuente: CESPT "Consumo de Agua" en <http://www.cespt.gob.mx/cultura/consumo.htm>

CONTAMINANTES

- Baño: Orgánicos, Jabones.
- Lavadora: Suciedad, Grasas, Jabones.
- WC: Orgánico

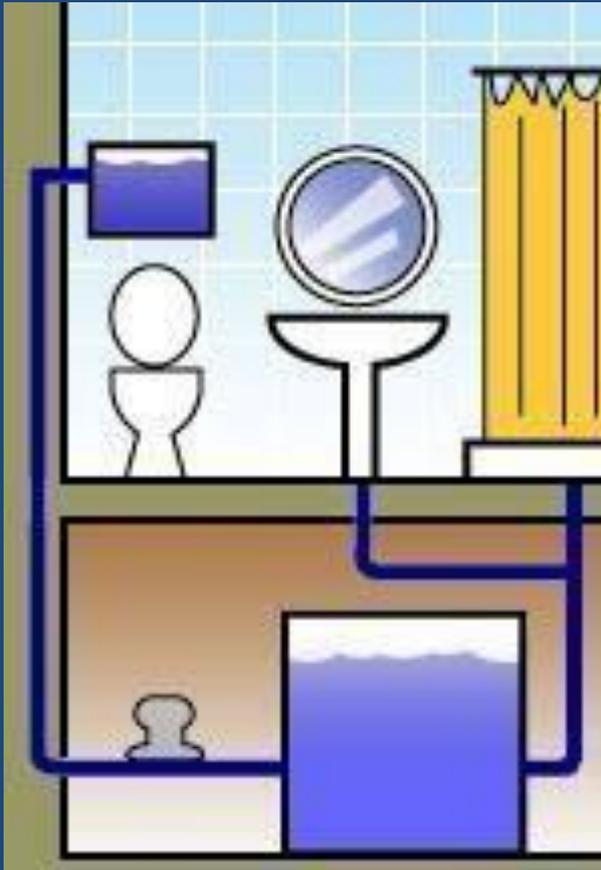
Cerca del 40% del agua que entra en una vivienda se emplea en inodoros para la eliminación de orina y heces. Esta agua es la que lleva un alto grado de contaminación bacteriológica, siendo patológica para el ser humano. Solemos llamar a estas aguas, aguas negras.

Habitualmente en las viviendas el **100% del agua que entra en ellas, agua apta para el consumo humano, acaba convirtiéndose en prácticamente su totalidad en aguas negras sin reutilización en ninguno de los procesos intermedios.**

Lo ideal es que podría proveerse dos calidades distintas de agua, una apta para el consumo humano y otra para inodoros, lavar, regar, etc. Esto implicaría que solo una pequeña parte del agua a suministrar incurriera en el alto coste que supone el tratamiento de potabilización. Como contrapartida esta duplicidad de aguas conllevaría un estricto control para evitar la posible mezcla o confusión entre ambas.

Este concepto de **separatividad**, se está debatiendo profusamente en nuestros días para evaluar sus ventajas e inconvenientes. Son bastantes las partes implicadas y el proceso puede ser lento, aunque no dudamos que a la larga será una realidad.

Metodologías de recuperación de aguas de uso domésticos



Estas instalaciones constan de unos depósitos que recolectan las aguas de la ducha y de los grifos del lavabo de nuestro hogar, donde llevan a cabo un tratamiento de depuración.

Gracias a la depuración, el aguase puede reutilizar no sólo para alimentar las cisternas de los inodoros, ya que también sirven para el riego del jardín o la limpieza de los exteriores. Estos sistemas ayudan a ahorrar entre un 30 y un 45% de agua potable.

	Consumo de agua SIN sistema de reutilización de aguas grises en un año	Consumo de agua CON sistema de recirculación de aguas grises en un año
Una persona	54.750 litros	30.112,5 litros
Familia de 4 personas	219.000 litros	120.450 litros

Doble circuito

En primer lugar, las aguas procedentes de duchas, bañeras y lavamanos, son aguas habitualmente muy limpias y que suelen representar cerca de 40% del total del agua consumida en una casa. Actualmente al haber un solo circuito de desagües, estas se mezclan con las aguas negras procedentes de inodoros. Supongamos un edificio de viviendas en las que este tipo de aguas fuera recogido por un circuito independiente de desagüe y almacenadas en la parte más baja del edificio. En este lugar y con un mínimo tratamiento, podrían volver a ser bombeadas hacia cada una de las viviendas a través de una instalación (independiente de la del agua apta para consumo humano), que suministraría este agua a las cisternas del inodoro y lavadora a costo cero para sus habitantes. Encaso de así desearse, podría también suministrar agua a un grifo especial para toma de agua de limpieza de suelos o espacios susceptibles de poder aprovechar esta agua.

Esta decisión implica el doble circuito de desagües y suministro en el interior del edificio, convenientemente señalado para evitar posibles confusiones. Prácticamente la totalidad de estas instalaciones serían rea-provechables en el hipotético caso de una futura separatividad de aguas suministradas por las compañías potabilizadoras.

Este tipo de proyecto es mucho más viable a corto plazo que el suministro de dos redes de agua independientes, al depender casi exclusivamente de la propiedad del edificio y no suponer implicaciones sanitarias más generales.

Por ello está siendo recomendado por muchos municipios y en algunos de ellos reglamentado en sus ordenanzas, como de obligado cumplimiento en algunas nuevas edificaciones. Las primeras ordenanzas en este sentido implican la obligatoriedad en edificios a partir de un cierto número de viviendas u otros parámetros, no concediéndose los preceptivos permisos de obras si en el proyecto no se incluye el sistema de reutilización de aguas.

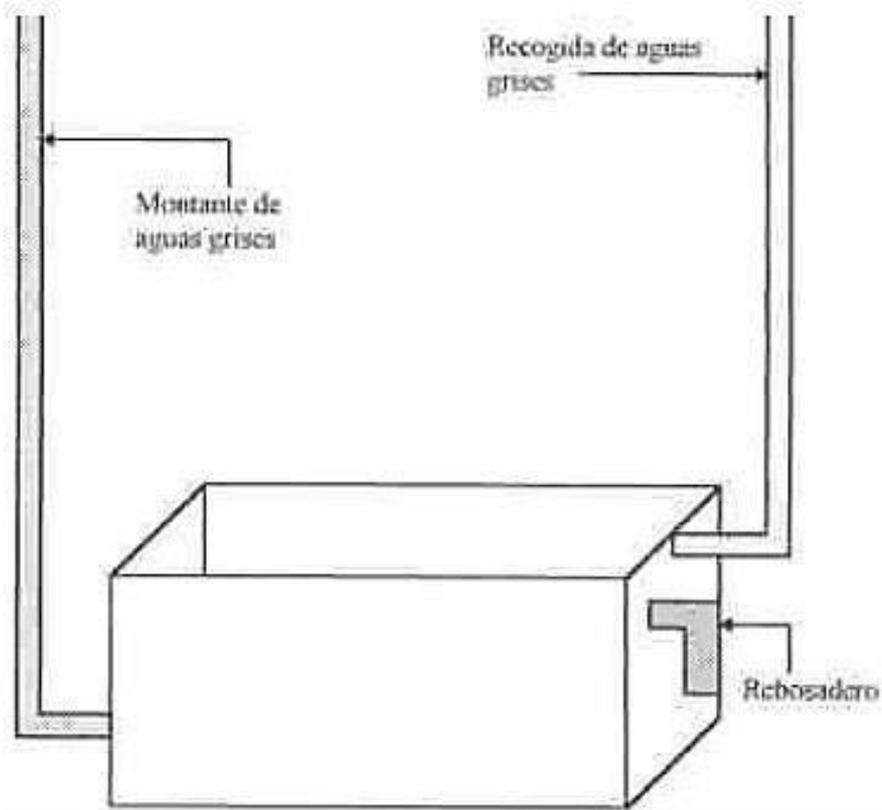
Cisternas

Los sistemas de reutilización de aguas grises consisten en la recogida de las aguas procedentes de lavadoras, bañeras y duchas, para, una vez filtradas y desinfectadas, alimentar las cisternas de los inodoros.

SISTEMAS DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES

Recogida de las aguas procedentes de duchas y bañeras para su reutilización en las cisternas de los inodoros. Se consigue un ahorro de entre el **35 y el 45% del consumo habitual (es necesario tener en cuenta la estructura de la unidad familiar)**.

Para su instalación es necesaria una preinstalación que consiste en la canalización de las aguas de duchas y bañeras hasta el depósito acumulador. De éste ha de salir un montante con las derivaciones pertinentes a las cisternas de los inodoros.



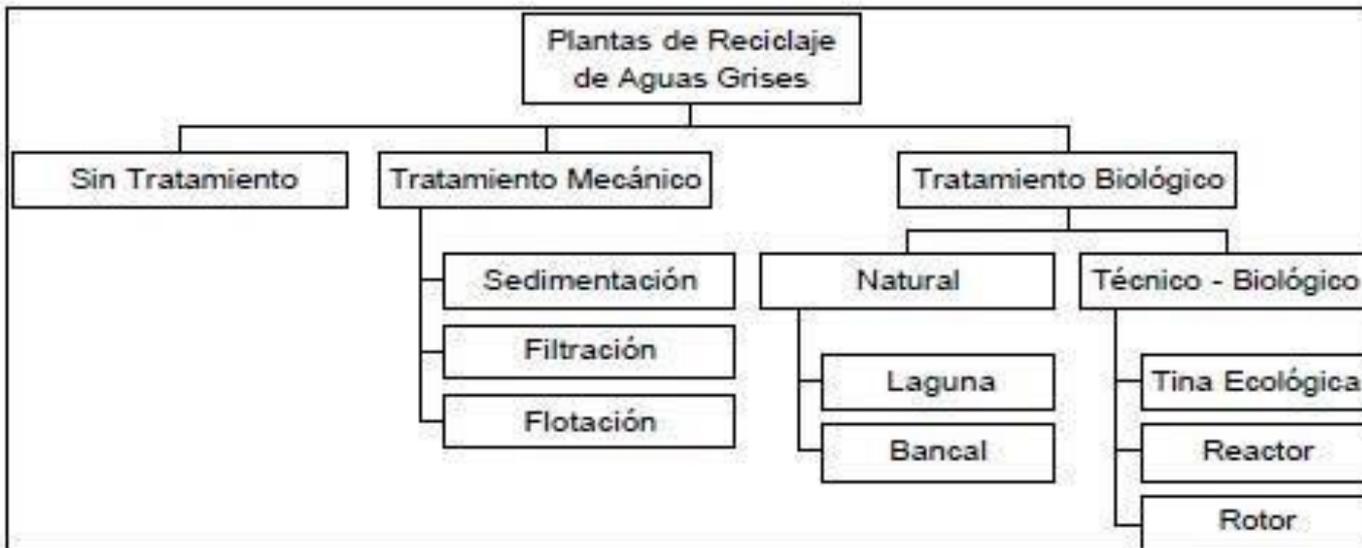


Tratamiento

La elección por un tipo del tratamiento de aguas grises depende de varios factores como:

El sitio de instalación, el espacio disponible, las necesidades de los usuarios, los recursos financieros disponibles, el uso del agua tratada, entre otros.

El cuadro muestra las posibles alternativas para el reciclaje de las aguas grises.



TRATAMIENTO DE AGUAS GRISAS

- Se distinguen tres clases de procesos de tratamiento de aguas residuales:

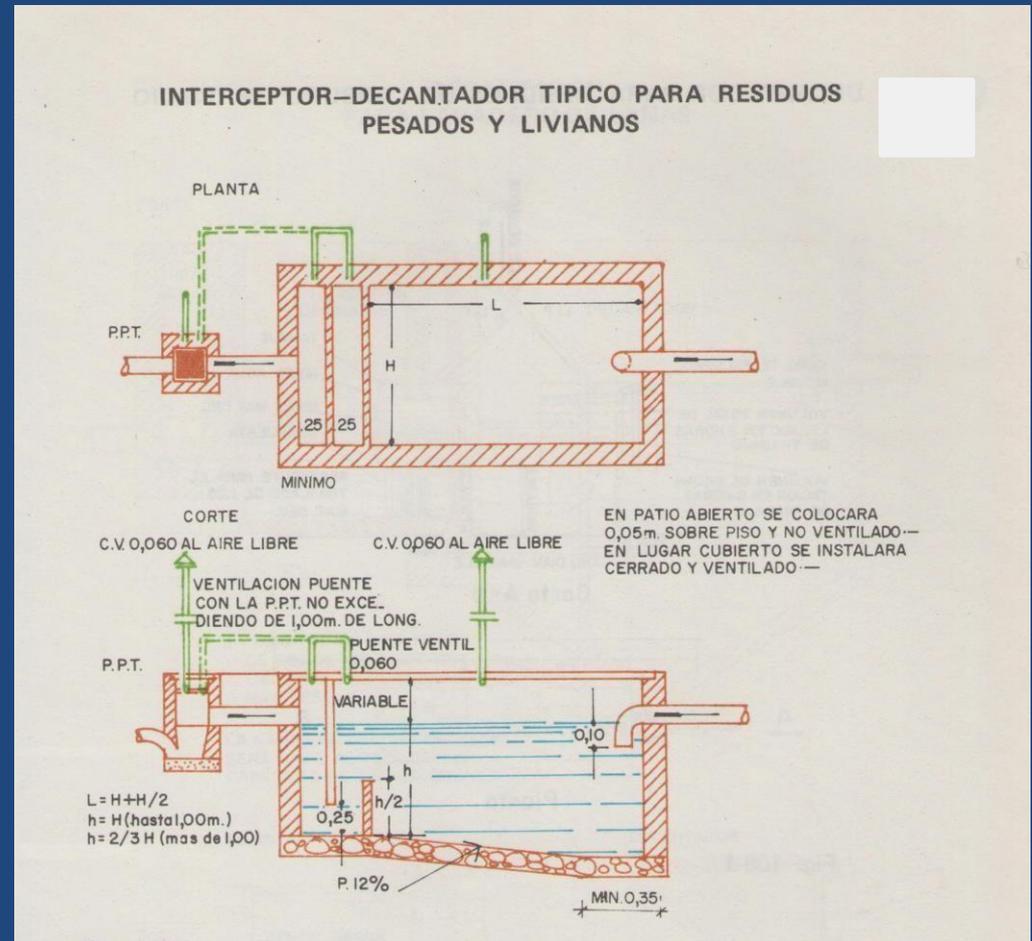
1. Físico
2. Químico
3. Biológico

- **Procesos físicos:** dependen de las propiedades físicas del contaminante tales como, tamaño de partícula, peso específico, viscosidad, etc, como por ejemplo: cribado, sedimentación, filtración, flotación, regulación (ecualización), etc.
- **Procesos químicos:** dependen de las propiedades químicas de los contaminantes o de las propiedades químicas de los reactivos incorporados, como por ejemplo: coagulación, precipitación, intercambio iónico, oxidación, neutralización, osmosis inversa, ultrafiltración
- **Procesos biológicos:** utilizan reacciones bioquímicas para la eliminación de contaminantes solubles o coloidales. Pueden ser anaeróbicos o aeróbicos, como por ejemplo: lodos activados, lagunas aereadas, biodiscos (RBC), filtro percolador, zanjas de oxidación, reactores secuenciales discontinuos (SBR)

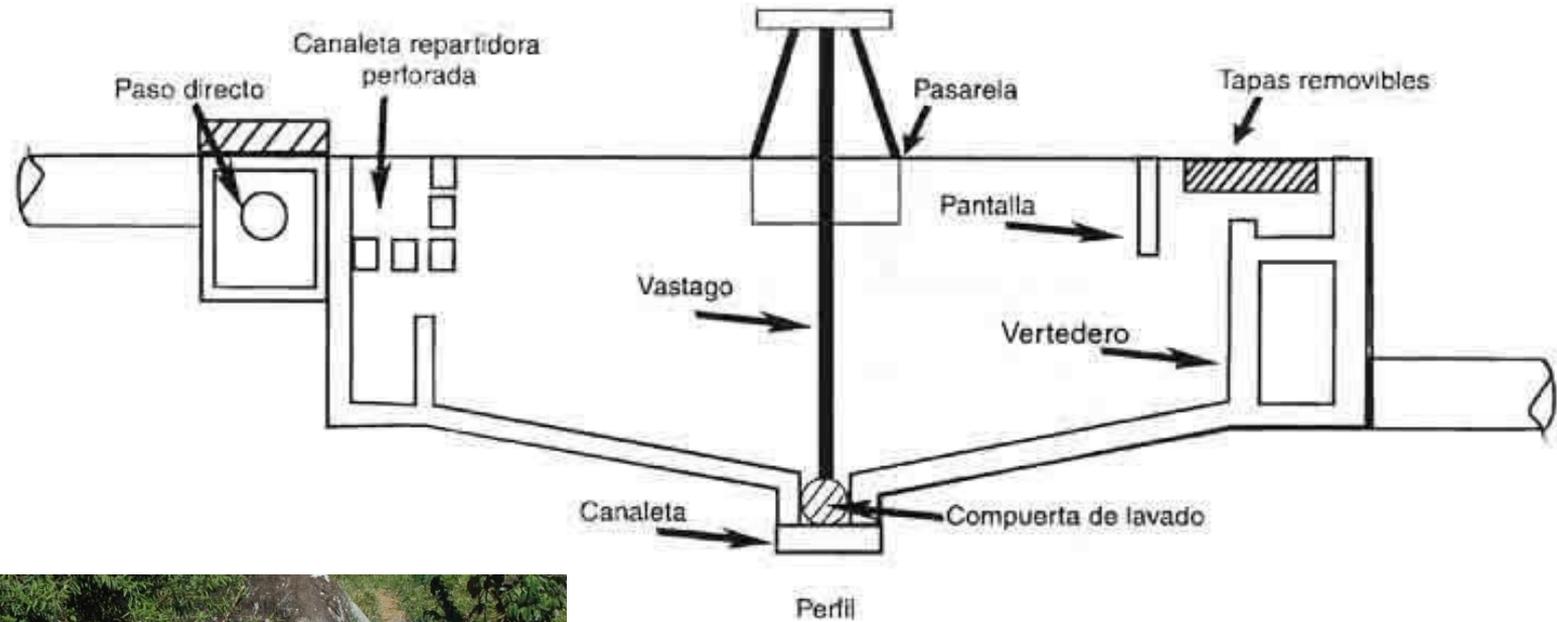
1 - Tratamiento físico

CIBADO Y DESARENACIÓN

- En general, las fuerzas físicas se emplean durante todo el proceso de tratamiento de las aguas residuales, aunque algunas son casi exclusivamente operaciones de tratamiento (desbaste, desengrase, pre-aeración y homogeneización) y otros tratamientos primarios (floculación, sedimentación, flotación y filtración)



DESARENADORES



DESARENADORES

Perfil

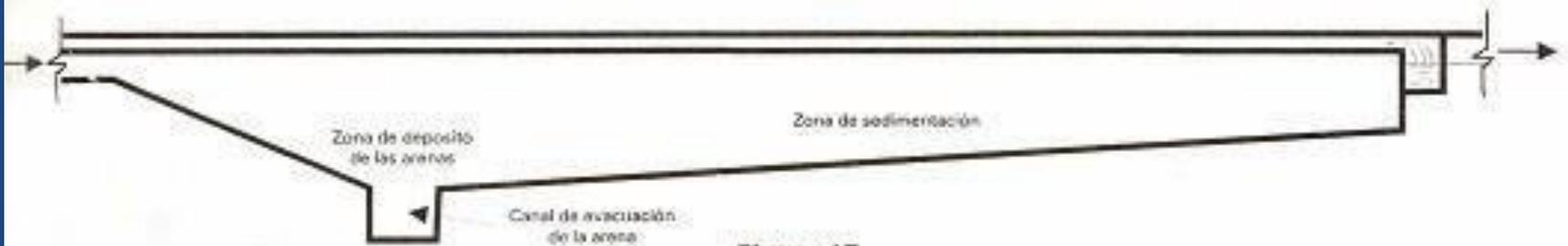
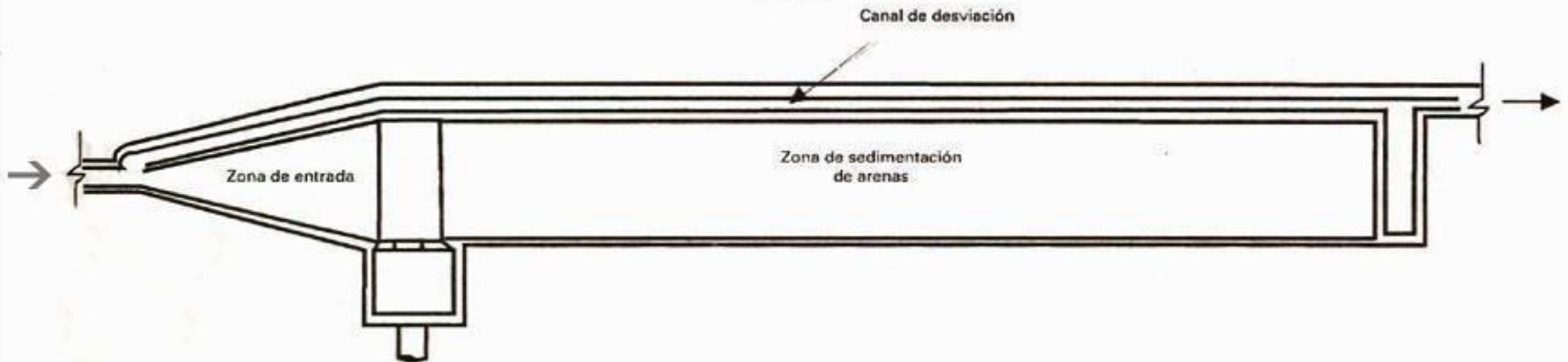
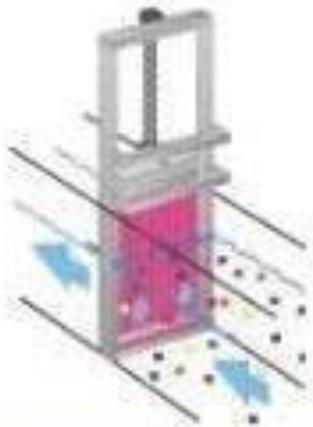


Figura 17

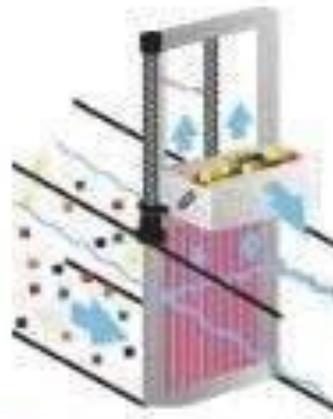
Planta



Remoción sólidos, rejas



Rejas tipo Envirocare



Reja Tratef



FMI



Reja gruesa Hycor



Microfiltro rotativo Tratef

2-Tratamiento químico

Las principales operaciones químicas son:

1. **Precipitación química**
2. **Adsorción**
3. **Desinfección por cloración u ozonización**
4. **Eliminación de sustancias inorgánicas disueltas**
 - **Intercambio iónico**
 - **Osmosis inversa**
 - **Ultrafiltración**
 - **Transferencia de gases**

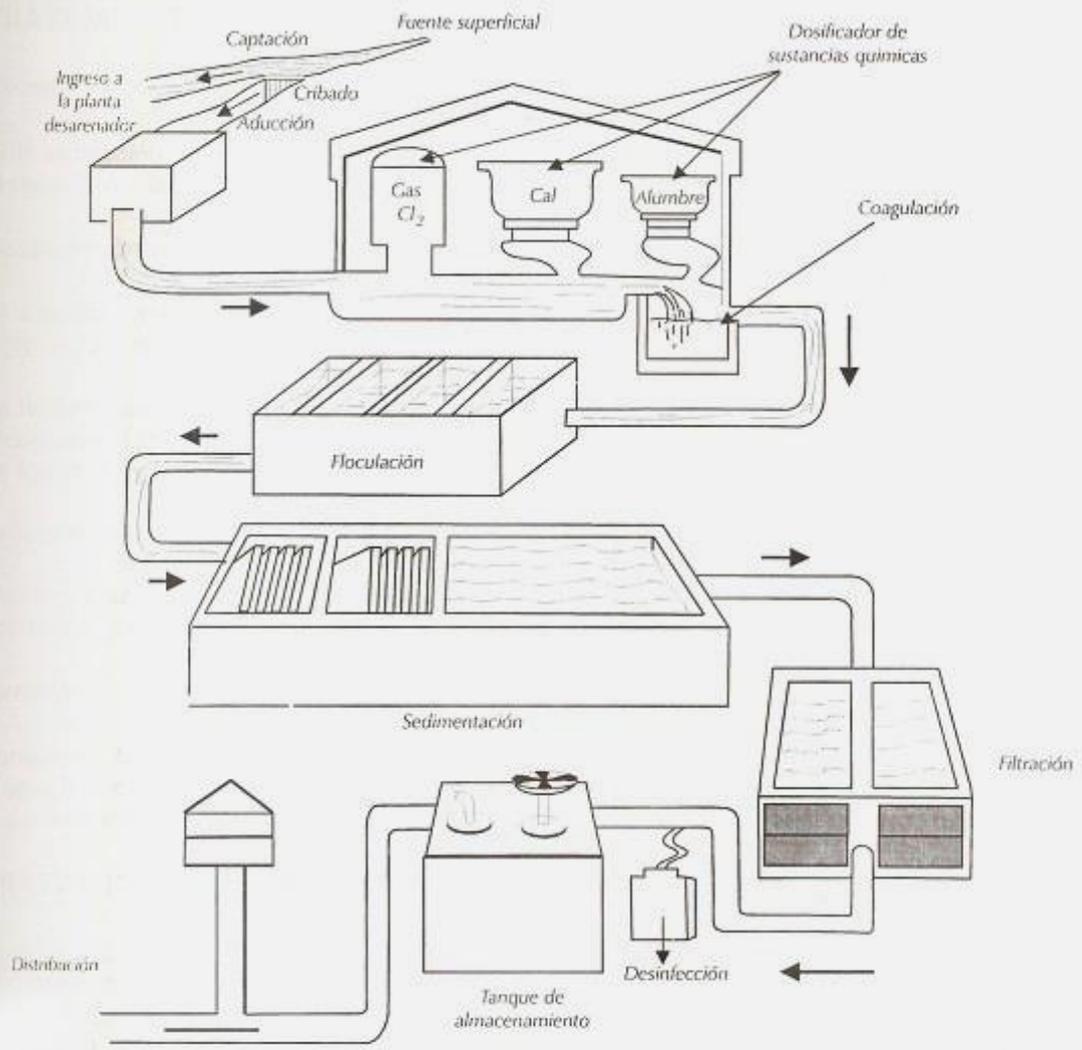
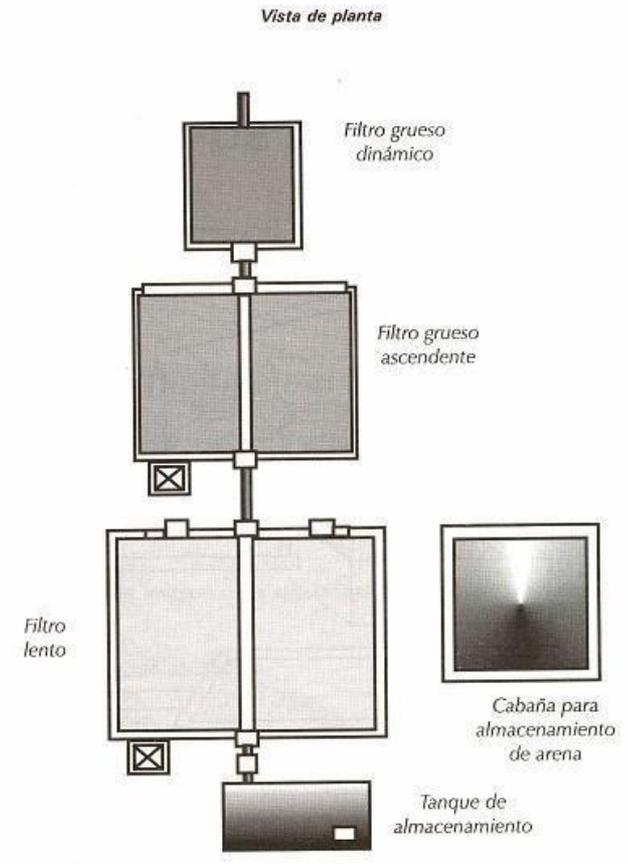


Fig. 19. Esquema de planta de tratamiento con químicos



Vista de planta

La selección de tecnología del tratamiento se realiza con base en los siguientes criterios:

- La calidad del agua cruda
- El caudal a tratar
- Disponibilidad de energía
- Disponibilidad de recursos para inversión, operación y mantenimiento
- Disponibilidad de terreno
- Disponibilidad de mano de obra calificada para la operación
- Disponibilidad de materiales para construcción
- Aceptabilidad por parte de la comunidad y autoridades locales

3 - Tratamiento biológico

- Es una forma de mejorar la calidad del agua haciéndola pasar por filtros de grava y arena donde se retiene la contaminación que trae el agua sin la aplicación de productos químicos. Sólo se recomienda el uso de cloro como protección del agua en la red de distribución.

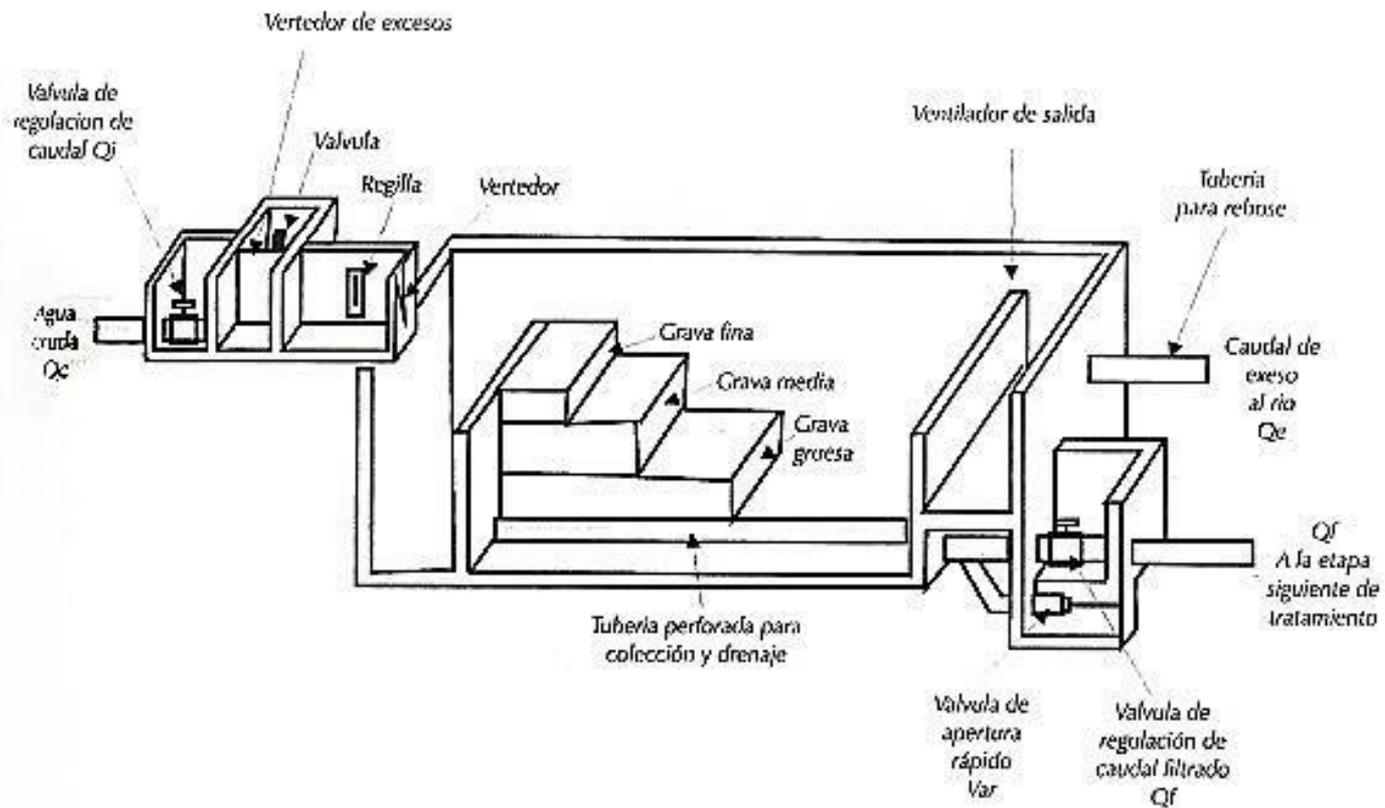
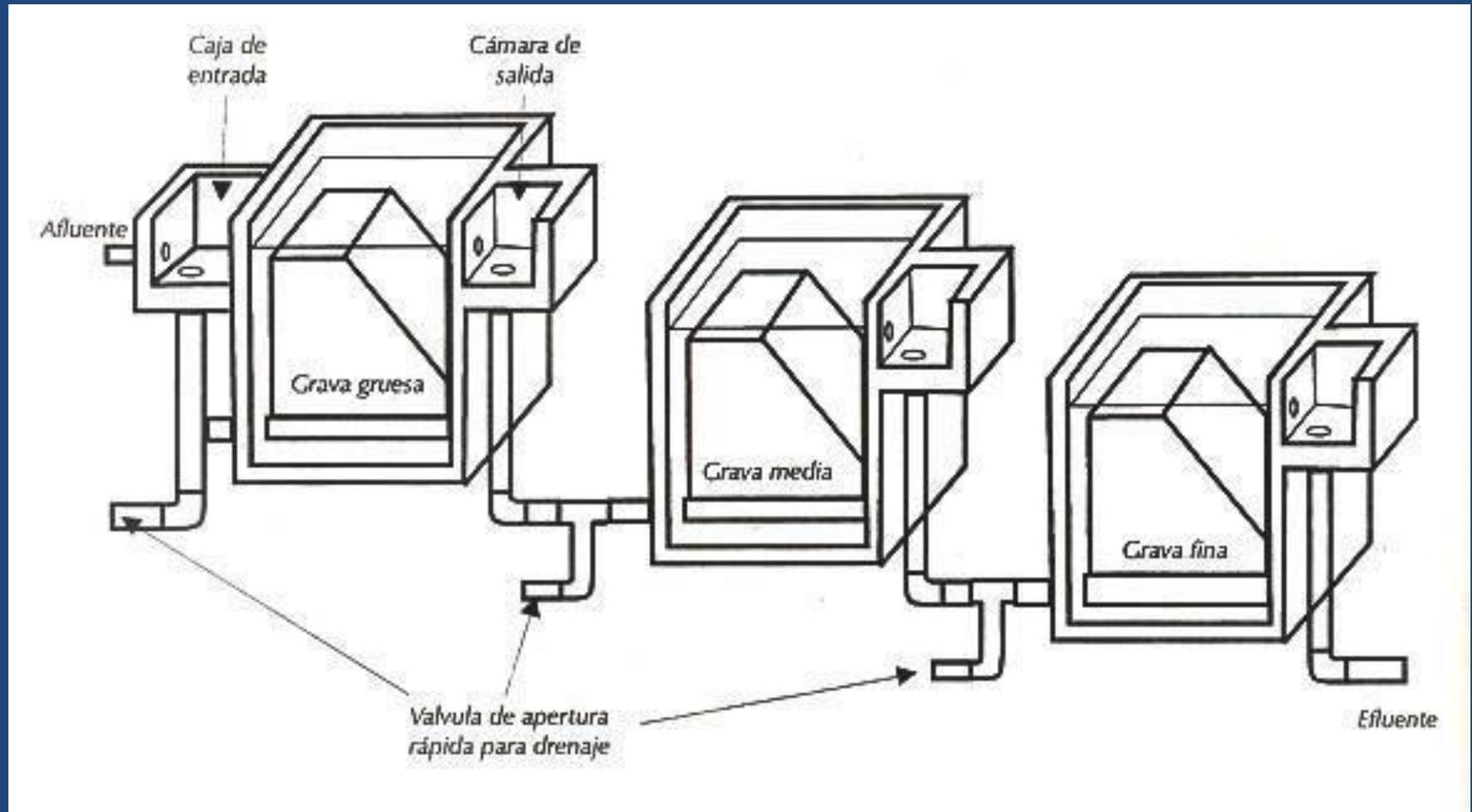


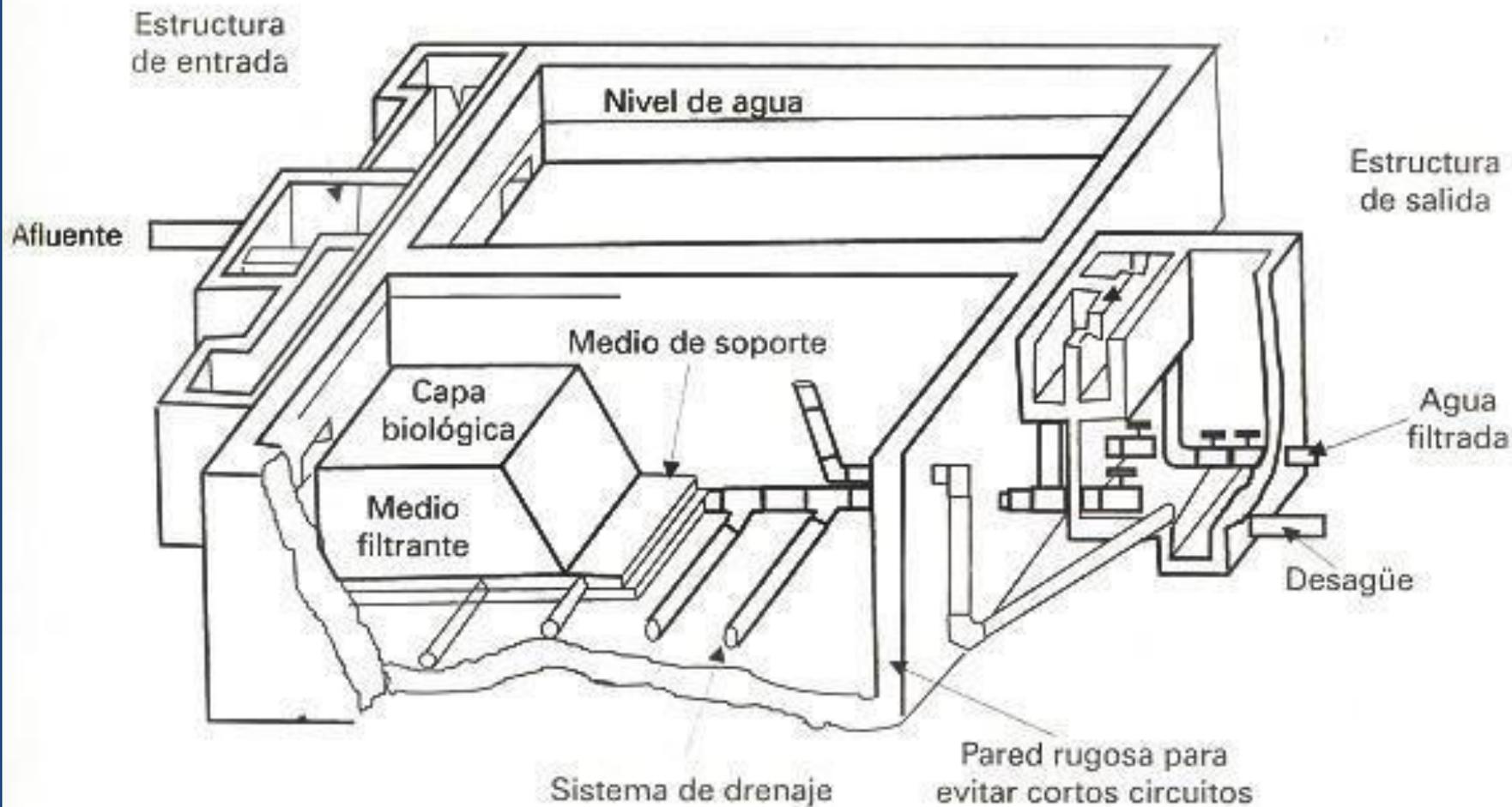
Fig. 27. Filtro dinámico de flujo descendente

FLTRO GRUESO ASCENDENTE

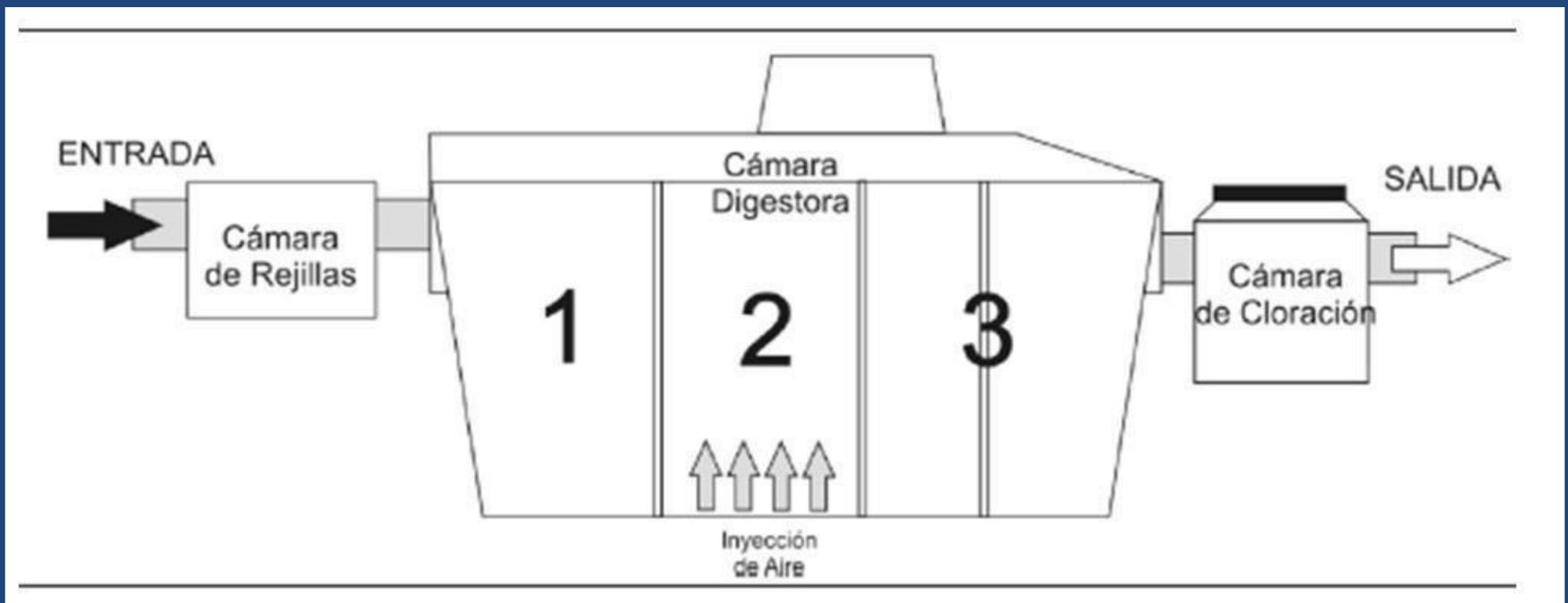


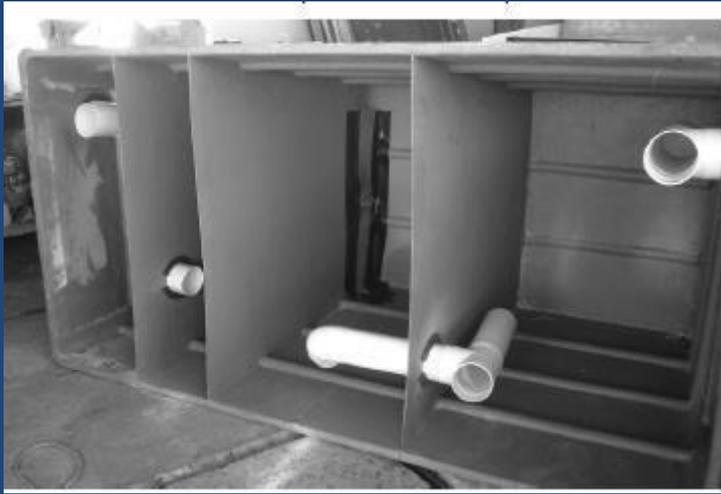
FUNCIONAMIENTO

- El agua llega por las canaletas a las cámaras de entrada y de allí pasa a la superficie de la arena por una ventana en la pared del filtro. El agua que llega a la superficie, baja a través de la arena y es recogida en el fondo por una tubería perforada que la lleva a la cámara de salida, de donde pasa el tanque de almacenamiento.
- **En la superficie de la arena se forma una CAPA BIOLÓGICA compuesta por los microorganismos que llegan en el agua. Esta capa es importante porque los microorganismos que la forman se alimentan de la suciedad y de los microbios que trae el agua, evitando que lleguen hasta las personas. Para que la capa biológica pueda cumplir con su función de purificar el agua es necesario protegerla evitando que llegue agua con mucho lodo y que se introduzcan palos, piedras u otros objetos al filtro.**
- Durante los dos primeros meses de funcionamiento de los filtros lentos no se puede asegurar que el agua que sale esté libre de los microorganismos que causan enfermedades, ya que la capa biológica aún se está formando.
- Por esta razón, se recomienda que al comienzo, los filtros lentos funcionen con un caudal bajo y que durante los dos meses de maduración de la capa biológica se vaya aumentando poco a poco este caudal



ESQUEMA DESCRIPTIVO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MAS - ESQUEMA DE CÁMARA DIGESTORA MONOTANQUE





DISEÑO DE HUMEDAL PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS GRISES POR BIOFILTRACIÓN

Un humedal construido para el tratamiento de las aguas grises por **BIOFILTRACION** es un humedal construido que elimina una cantidad significativa de contaminantes de las aguas grises antes de que desemboca al agua subterránea, el río, o humedal natural.

La adición de patógenos, de las bacterias, y de toxinas no-biodegradables al agua de superficie pueden ser evitados con este tratamiento biológico, y así promover un ecosistema más sano y condiciones más sanitarias. El sistema puede ser construido para una sola casa o un grupo de casas, típicamente con un costo bajo.

Las aguas grises son las aguas que salen de fregaderos, de los baños, o de lavaderos; no incluyen agua de lavabo, que contiene muchos más patógenos y bacterias. Típicamente las aguas grises contienen nitratos, fosfatos, jabones, sal, bacterias, espumas, partículas de alimento, materia orgánica, sólidos suspendidos, perfumes y colorantes. Las adiciones de las aguas grises a los cuerpos de agua en la superficie pueden causar desequilibrios de pH, la demanda aumentada de oxígeno (BOD) e incremento en turbidez.



FUNCIONAMIENTO

La figura 1 es un esquema horizontal de un sistema subterráneo típico de humedales construido para el tratamiento de aguas grises. El agua fluye de la casa u otro sistema que produce aguas grises en el nivel de grava del humedal construido. Las aguas grises pasan por el humedal lentamente; agua limpia por el humedal sale del sistema en el mismo nivel como entró. Una manguera o tubo baja el agua al suelo. Los flujos de agua al agua superficial caen por gravedad, preferiblemente a través de una senda con vegetación.

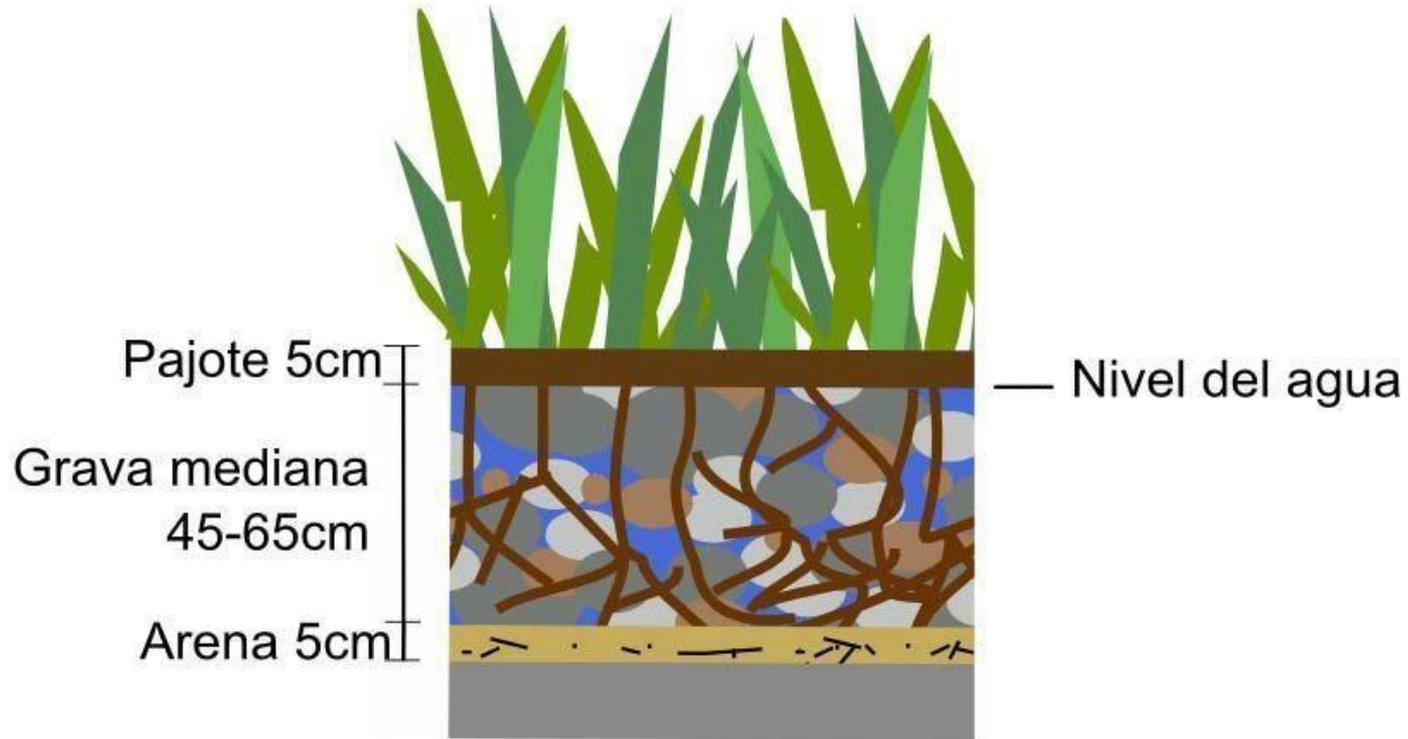
El agua que es descargada en un humedal construido para el tratamiento biológico de las aguas grises será filtrada por ambos procesos mecánicos y biológicos por las plantas en el sistema y los microbios que viven alrededor de las raíces de la planta.

En los humedales subterráneos de flujo, las aguas grises fluyen por el sistema bajo la superficie de tierra, lo cual elimina el riesgo de estancamiento y crecimiento de mosquitos.

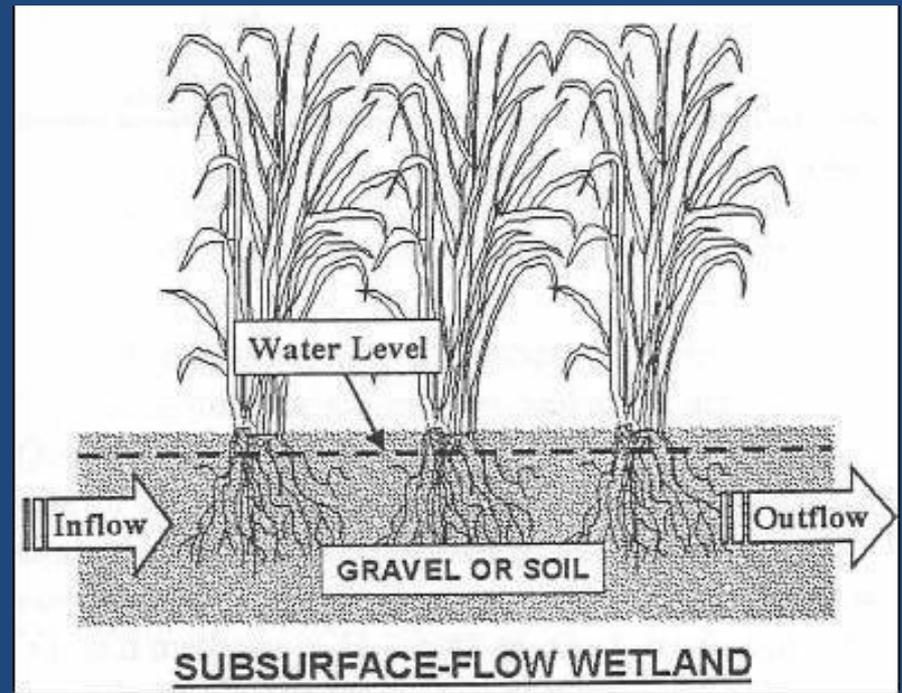
El sistema consiste en una capa delgada (5 cm) de arena cubierta por una capa gruesa (45-75cm) de grava de tamaño pequeño-medio, y con una capa delgada (5 cm) tierra .

Las plantas que sobreviven bien en los humedales naturales y construidos (las aneas, las cañas, etc) son plantados en la capa superficial del suelo y las raíces crecen en el sustrato de grava .

La figura 2 muestra una sección transversal de una celda de humedal construido.



Las aguas grises entran al humedal por la gravedad y son filtradas primero por procesos mecánicos. Las plantas del humedal transfieren oxígeno a la zona sumergida de la raíz, que permite la degradación biológica de contaminantes y materias orgánicas por microbios (Figura 3). La eficiencia de la eliminación varía, pero generalmente el humedal puede eliminar una buena Porción de los contaminantes de las aguas grises.



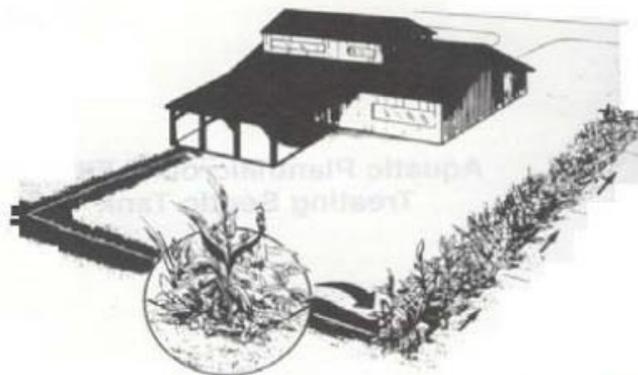
El tamaño de un humedal construido depende de la cantidad de efluente que va a entrar y de la cantidad de la **Demanda Bioquímica de Oxígeno (BOD)** que se necesita reducir. En general, **1 metro cúbico de humedal puede procesar acerca de 135 litros de las aguas grises** (Jenkins 2005). Para determinar un tamaño más preciso para sistemas más grande, Crites and Tchobanoglous proponen completar una serie de cálculos para determinar el tamaño del humedal lo cual es descrito a continuación (Crites and Tchobanoglous 1998).

- La matriz del tamaño en la tabla No. 2 da una idea general del rango de tamaño cuando se trata de cantidades diferentes de niveles de descarga.

Descripción	Volumen de agua grises al humedal (m ³ /día = 1000L/día)	BOD - nivel en influyente (mg/L)	Nivel de BOD deseada de efluente (mg/L)	Tiempo pasado en el humedal construido (días)	Profundidad del substrato (m)	Anchura (m)	Longitud (m)	Total Área (m ²)
Sistema individual (una casa): asume una contribución de 240L/familia/semana para 1 familia, con una velocidad de reaccion conservadora de 1.1 y temperatura promedio inferior de 3°C	0.03	33	5	4.62	0.50	0.40	1.99	0.79
Sistema de varias casas: asume una contribución de 240L/familia/semana para 5 familias, con una [velocidad de reaccion] conservativa de 1.1 y [temperatura inferior promedio] de 3°C	0.17	33	5	4.62	0.50	0.89	4.45	3.96

Pequeño sistema de la comunidad: asume una contribución de 240L/ familia/semana para 20 familias, con una [velocidad de reacción] conservativa de 1.1 y [temperatura inferior promedio] de 3°C	0.69	33	5	4.62	0.70	1.68	6.73	11.31
El sistema medio de la comunidad: asume una contribución de 240L/ familia/semana para 200 familias, con una [velocidad de reacción] conservativa de 1.1 y [temperatura inferior promedio] de 3°	6.86	33	5	4.62	0.70	5.32	21.27	113.14
El sistema grande de la comunidad: asume una contribución de 240L/ familia/semana para 400 familias, con una [velocidad de reacción] conservativa de 1.1 y [temperatura inferior promedio] de 3°	13.72	33	5	4.62	0.70	7.52	30.09	226.28

Pequeño sistema de la comunidad: asume una contribución de 240L/ familia/semana para 20 familias, con una [velocidad de reacción] mediana de 2.0 y [temperatura inferior promedio] de 3°C	0.69	33	5	2.54	0.50	1.48	5.90	8.71
El sistema medio de la comunidad: asume una contribución de 240L/ familia/semana para 200 familias, con una [velocidad de reacción] mediana de 2.0 y [temperatura inferior promedio] de 3°C	6.86	33	5	2.54	0.50	4.67	18.67	87.12



Un diseño para un sistema del tratamiento de la casa (a la izquierda) y un sistema ecológico del tratamiento de una estación de lavaderos comunitaria (a la derecha)

CRITERIOS

Los criterios para considerar antes de elegir un humedal construido como una facilidad de tratamiento de las aguas grises se mencionan a continuación:

- El agua debe estar disponible durante todo el año para mantener las plantas y las bacterias vivas.
- Los flujos grandes (causado por la lluvia torrencial) puede agobiar el sistema, y debe ser desaguado en el caso de una tormenta grande hasta que el agua esté debajo de la superficie de tierra.
- Las aguas grises deben fluir naturalmente vía gravedad en el humedal o plantas domesticas.
- El agua debe quedarse en el sistema por un promedio de 2-10 días (Jenkins 2005; Crites and Tchobanoglous 1998) para permitir el tratamiento por plantas
- Las aguas grises no deben estancarse (para evitar el crecimiento de mosquitos)
- Las plantas de un humedal natural local pueden ser trasplantadas para el uso en el humedal construidos (recomendados), o pueden ser comprado en un vivero local.
- Una pared o capa impermeable debe rodear el humedal entero para prevenir que las aguas grises salgan antes se ser tratadas completamente. El desagüe apropiado permitirá que el agua salga del sistema después del tratamiento

PROPÓSITO

Un sistema de filtración biológico de las aguas grises puede servir las funciones siguientes:

- Proporciona una manera sanitaria para desechar las aguas grises de casa
- Previene los olores desagradables de las aguas grises estancadas
- Previene la sobrecarga de alimento nutritivo de aguas superficiales
- Previene la contaminación de agua subterránea y superficial

LOCALIZACIÓN/UBICACIÓN

Para decidir en una ubicación para el sistema del tratamiento de las aguas grises, es importante considerar lo siguiente:

- Un sistema de filtración biológica de aguas grises debe ser ubicado para que reciba directamente el flujo efluente
- La exposición total al sol es ideal para un humedal
- Se recomienda una pendiente de aproximadamente 0.5% (Crites and Tchobanoglous 1998) para humedales construidos donde el flujo pasa subterráneamente.

El agua puede fluir por la tierra, por el agua, y por el medio de plantas por la gravedad; después de que haya viajado la longitud completa del humedal, puede ser liberada en un campo abierto para la infiltración, o si la carga suficientemente ha sido reducida lo suficiente, puede descargar en el agua de superficie. Busque un sitio que ya tiene una pendiente semejante para minimizar los esfuerzos necesarios para modificar el sitio

- Deben considerarse el uso de suelo y su acceso para futuro mantenimiento.
- Esté seguro que el dueño del terreno pueda mantener la instalación de un sistema de tratamiento de aguas grises en su propiedad, o que la comunidad entera este a favor de un sistema construido en un área pública
- No construir el sistema del tratamiento de aguas grises en un humedal preexistente.
- Los permisos de la descarga pueden ser requeridos para devolver el agua tratada al sistema.

CONSIDERACIONES PARA EL TAMAÑO

Para determinar el tamaño de un sistema biológico grande de filtración, se debe primero determinar la temperatura mínima del ambiente del sitio propuesto (°C), la cantidad de BOD producido actualmente, y el nivel de BOD deseado para el agua que sale del sistema. Se puede probar el cálculo con la profundidad variando de 55a 85 centímetros para encontrar un tamaño apropiado.

Por ejemplo, si hay una restricción en el área de terreno disponible para el humedal construido, una profundidad de 85 cm aminorará la huella del sistema. Estos cálculos están basados en la reducción de **BOD**, pero pueden estar adaptados para la reducción del nitrato por modificar los factores en el cálculo de la constante de [velocidad de reacción]. Típicamente, sin embargo, los niveles de nitrógeno en las aguas grises son mucho menos que en las aguas negras, y debe concentrar mas la reducción de BOD.

El enfoque siguiente para el cálculo del tamaño de la célula de humedal ha sido adaptado del libro por Crites' y Tchobanoglous', llamado Small Decentralized Wastewater Treatment Systems. *Una aplicación de este cálculo puede ser encontrada en el Manual del Diseño del Eco Lavadero Ecológico en : "Diseño y Implementación de Programas Sostenibles de Recursos de Agua en San Cristóbal de las Casas, México".*

Determinar la temperatura media mínima mensual del ambiente, T ($^{\circ}\text{C}$), en que el sistema trabajará (por ejemplo, la temperatura media para enero).

Calcular la constante de [velocidad de reacción], kT (día⁻¹) para BOD en la temperatura apropiada que utiliza la ecuación siguiente.

La constante de [velocidad de reacción] en **20°C (k₂₀)** varía dependiendo del sistema. *Un rango de valores ha sido utilizado en libros que indican el diseño de humedales construidos de flujos subterráneos.*

Un valor **K** más grande indica la descomposición más rápida de BOD (Demanda Bioquímica de Oxígeno).

Estos valores son basados en el desempeño del humedal, y no pueden ser obtenidos exactamente hasta que el sistema es construido y monitoreado.

Se recomienda utilizar un valor conservador (bajo) por esta figura porque mucho del tratamiento depende de la actividad de los microorganismos en el humedal, que no puede ser determinado antes de la construcción. Más investigación es necesaria para mejor caracterizar la [velocidad de reacción] y parámetros de diseño ideales.

$$k_r = k_{20} (1.06^{(T-20)})$$

Calcule el tiempo de detención t (día), el tiempo que el agua debe quedarse en el sistema para alcanzar el nivel de BOD deseado, con la ecuación

$$t = \frac{-\ln(C / C_o)}{k_r},$$

Dónde C_o es la concentración del BOD del agua que entra el sistema (mg/L = g/m³) y C es la concentración de BOD deseada del agua (mg/L = g/m³) que sale del sistema, o la meta.

Las estimaciones típicas de los valores de BOD de [runoff] son mostrados en (Tabla 2). Una meta razonable es de 3-7 mg/L; un humedal construido puede disminuir los niveles de BOD, pero no los puede eliminar.

[Table] 3. La concentración de BOD estimada para [non point source loading] de varios usos de tierra (Benaman 1996)

Tipo de uso de tierra	Urbano – Residencial y Negocios	Residencial	Agricultura	Abierta/Pastura	Bosque	Humedales Naturales	Agua	Árido
BOD (mg/L)	9	15	4	6	6	6	0	13

Verifique la [organic loading rate], L_{org} ($g\ BOD/m^2\text{-día}$), con la ecuación siguiente.

Este número indicará la masa de BOD por área por día que el sistema recibirá. En general, la [organic loading rate] no debe exceder $11.2\ g\ BOD/m^2\text{-día}$. Este umbral no será excedido con afluente aplicado hasta $5\ cm$ por día. Casi todos los sistemas de humedales construidos de aguas grises tendrán una [organic loading rate] debajo de este umbral.

$$L_{org} = \frac{(C)(d_w)(\eta)}{t}$$

Nuevamente, C es el nivel de BOD ($\text{mg/L} = \text{g/m}^3$) del agua influyente, d_w (m) es la profundidad del sustrato, que puede ser típicamente de 0.4 m a 0.85 m. Entre más profundo se encuentre el sustrato, mayor será carga que el sistema puede procesar, pero si el sustrato es demasiado profundo, las condiciones en el fondo llegan a ser anaerobias y pueden resultaren la eliminación reducida del BOD y de nutrientes.

Utilice el tiempo de detención calculado previamente en la ecuación 2 (t). La porosidad efectiva del sustrato, H , es definida como la proporción del volumen no sólido al volumen total de la materia, sin dimensión, y puede ser determinado [Table] 3 según el tamaño de grava escogido.

Tabla 4.

- Los valores típicos de sustratos de humedales construidos (Crites and Tchobanoglous 1998). * d_{10} es el diámetro de una partícula en una distribución del peso de las partículas que es más pequeña que todo salvo 10% de las partículas.

Sustrato	tamaño efectivo d_{10}^*, mm	Porosidad efectiva η
Arena (media)	1	0.3
Arena (grueso)	2	0.32
Arena con grava	8	0.35
Grava (media)	32	0.4
Grava (grueso)	128	0.45

Determine el área de terreno necesaria para la cama del humedal construido de flujo subterráneo (m²),

$$A_s = \frac{(Q_{ave})(t)}{(\eta)(d_w)}$$

- Dónde Q_{ave} es el flujo diario medio por el humedal (m³/día), T es el tiempo de detención calculado arriba (día), y d_w es la profundidad del medio (m). Utilice el mismo valor para η determinado en la ecuación 3. Para sistemas más grande, puede ser útil convertir el área a hectáreas que utilizan la conversión de 1 hectárea = 10,000 m².

Y finalmente, para calcular las dimensiones del humedal de tratamiento (m), utilice la expresión siguiente:

$$w = \left(\frac{A_s}{R_A} \right)^{1/2}$$

- Dónde **w** igual al ancho (m), **As** es el área del humedal (m²), y **RA** es la proporción ,como longitud/ancho. Para humedales construidos de flujo subterráneos, los autores Crites and Tchobanoglous (1998) recomiendan que la proporción esté entre 2:1 y 4:1, pero Salte et al. (1998) no encontró una diferencia significativa de la reducción de nutrientes ni BOD en tres humedales construidos de 25m² tratando efluente doméstico con proporciones de aspecto que recorren de 4:1, 10:1, y 30:1 sobre un período de dos años (Dallas 2005).

La longitud, L , del humedal construido (m) puede ser calculado por la expresión:

$$l = \frac{A_s}{w}$$

Vegetación

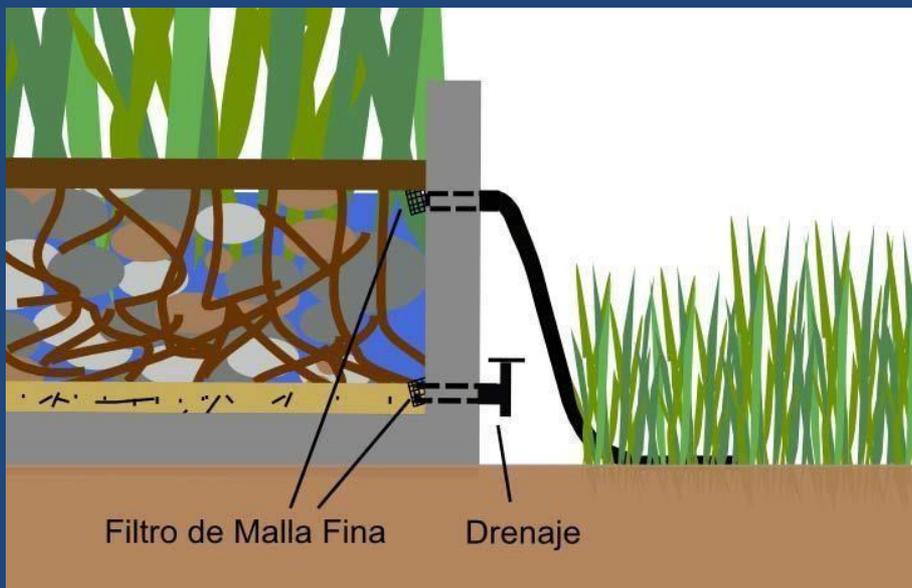
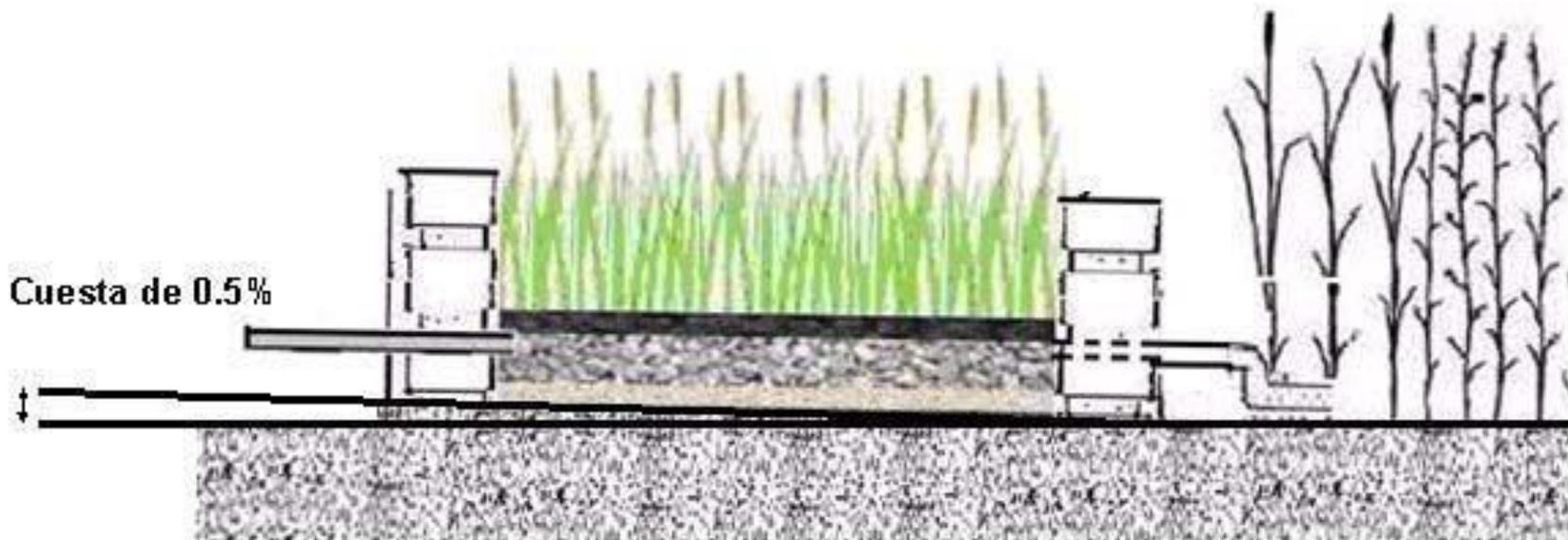
Todas clases de plantas actúan sobre los contaminantes de la misma manera . Todas plantas pueden utilizar los nutrientes y BOD en las aguas negras y grises hasta cierto punto. Sin embargo, relativamente pocas plantas prosperan en las aguas negras o grises que tiene altas niveles de nutrientes y BOD, que son típicos de los humedales construidos (Mitch and Gosselink 2000). Hay unas pocas plantas que son utilizados normalmente para humedales de bio-filtration de las aguas grises, muchos de los cuales pueden ser encontrados en humedales naturales.

Las plantas encontradas en humedales naturales cerca del área escogida para el humedal construido son muy beneficiosas ya que están adaptadas al clima local . Siestas plantas no pueden adquirirse localmente, cualquier planta de humedal que crezca bien puede estar utilizada. La figura 6 muestra las plantas comunes del humedal descrito abajo.

Las aneas (*Typha* spp.) son fuerte, fácil de propagar, y capaz de producir una biomasa anual grande. Típicamente quitan cantidades grandes del nitrato y del fosfato.

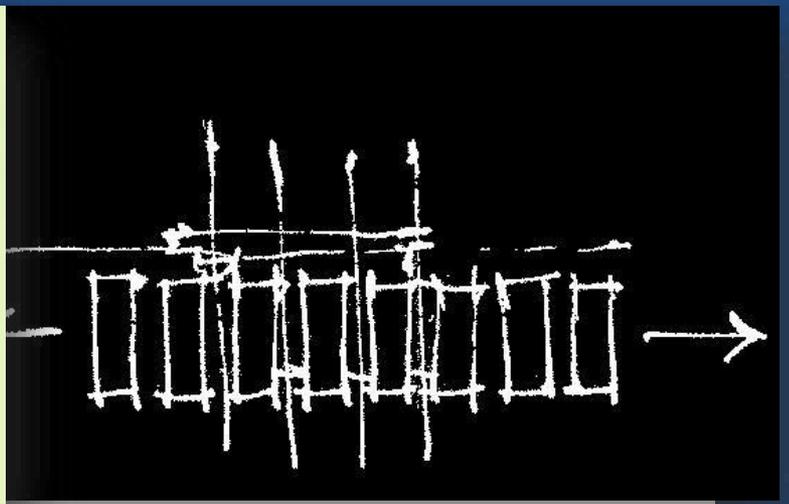
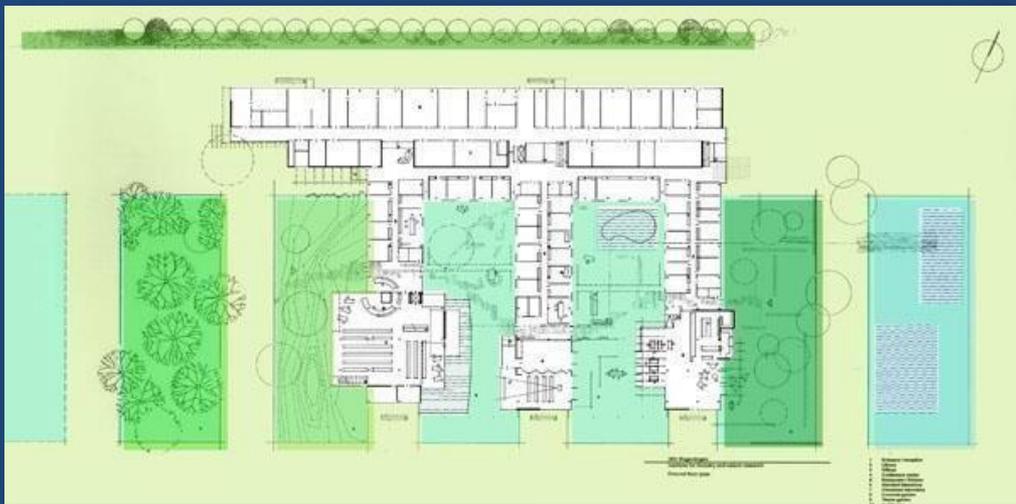
- **Juncos** (*Schoenoplectus* spp., *Scirpus* spp.) crecen en grupos y crecen bien en agua que tiene una profundidad de 5 cm a 3 m. Estas plantas agresivas logran una eliminación alta de contaminantes.
- **Céspedes de caña** (*Phragmites australis*) son plantas altas con raíces profundas, que permiten más oxígeno a alcanzar la zona de raíz que las dos plantas descritos previamente.



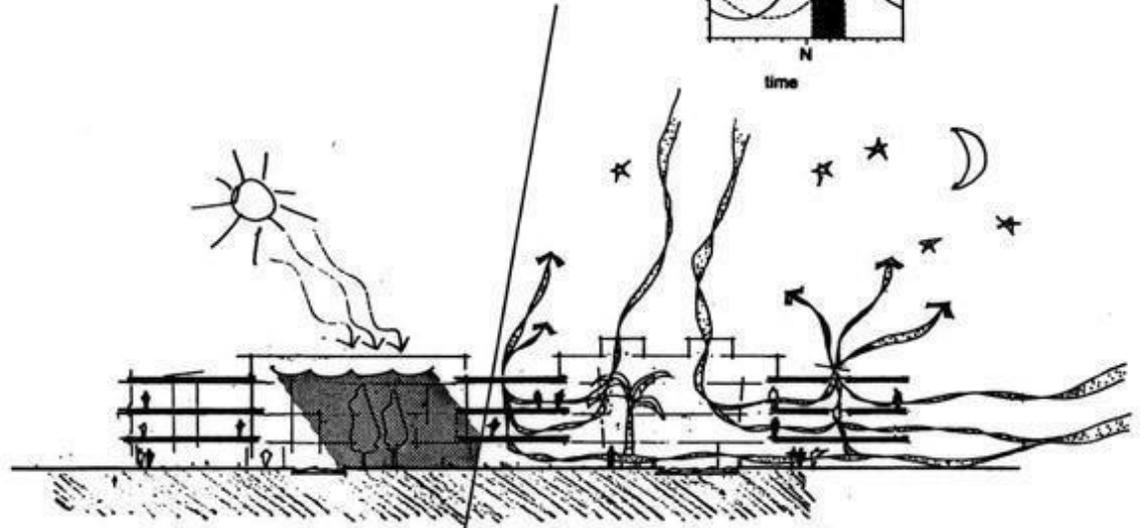
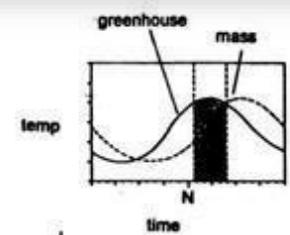


Centro de Investigación
Wageningen, Países Bajos
Behnisch





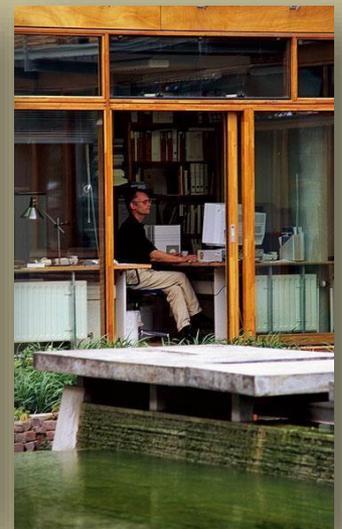
Cooling

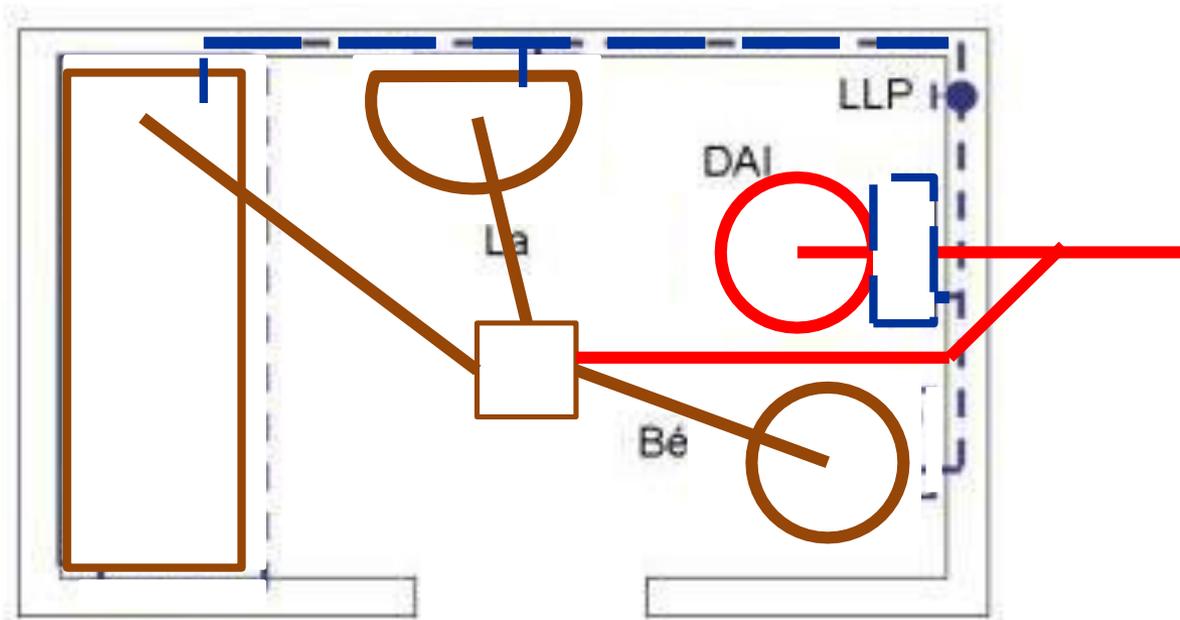


Day:
 Shade & ventilate greenhouses
 Thermal mass absorbs heat

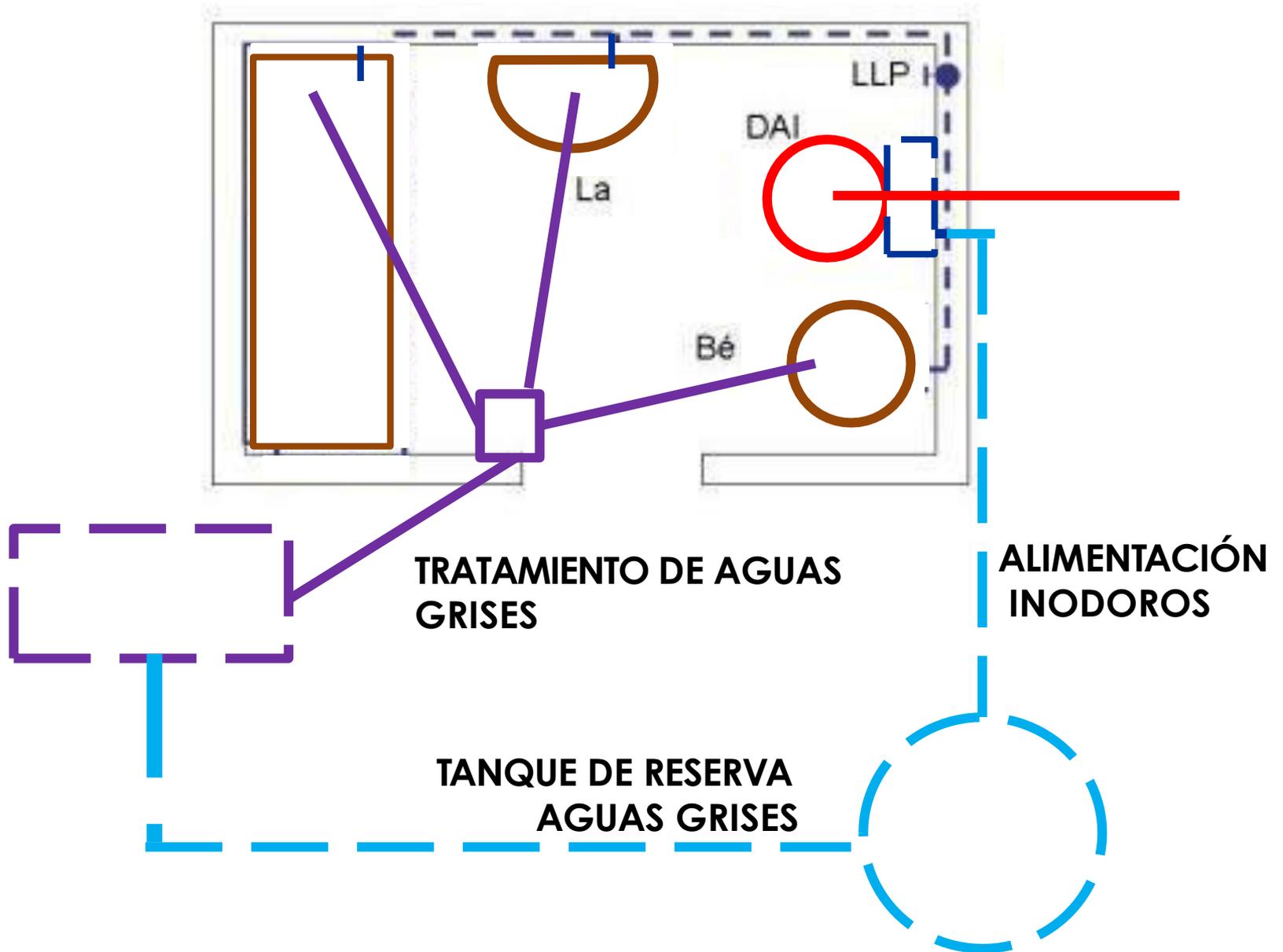
Night:
 Heat from mass drawn off







SISTEMA TRADICIONAL



Bibliografía

1. MANUAL DE DISEÑO: HUMEDAL CONSTRUIDO PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS GRISES POR BIOFILTRACIÓN

DAYNA YOCUM, Bren School of Environmental Science and Management, University of California, Santa Bárbara

2. GUÍA DE DISEÑO PARA CAPTACION DEL AGUA DE LLUVIA

Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural (UNATSABAR)

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente División de Salud y Ambiente.

Organización Panamericana de la Salud

Oficina Sanitaria Panamericana - Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud –Lima -Enero 2001

3 .DIGESTIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN CÁMARAS MODULARES COMPACTAS POR ACCIÓN CONJUNTA ANAERÓBICA Y AERÓBICA

Bernardo Espinosa¹, Adrián Contreras², Antonio Bojórquez



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

ARQ. JUAN CARLOS ALÉ

PROFESOR INSTALACIONES 1
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO