

# Manual de Operación de los Sistemas de tratamiento de Aguas Grises para establecimientos educacionales.



PROYECTO REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES EN LICEO LIKAN ANTAI DE SAN PEDRO DE ATACAMA.



## **PROCEDIMIENTOS PARA LA OPERACIÓN DEL SISTEMA, CONSIDERANDO RECOLECCIÓN, TRATAMIENTO Y REÚSO DE AGUAS GRISES.**

### Antes de comenzar

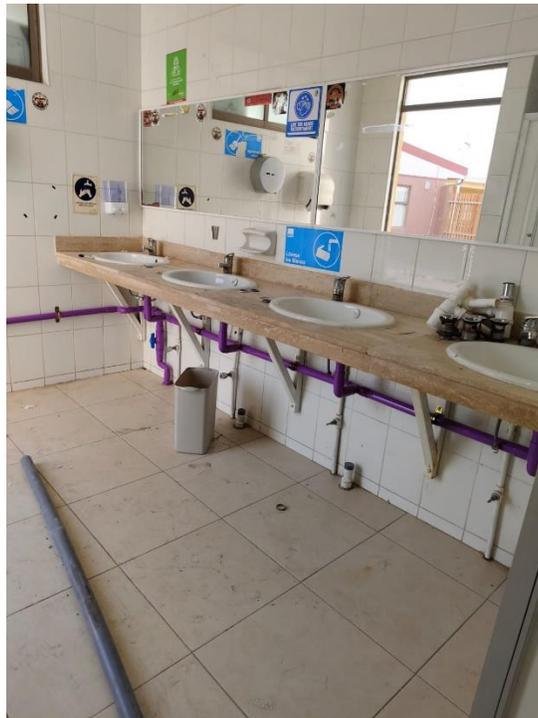
- a. Debe designarse un encargado o encargada por escuela.  
En este caso el establecimiento a designado al profesor de la especialidad Agropecuaria, Sr. Pablo Fernando Espinosa Carrillo.  
Correo: [pespinosa.likanantai@edusanpedrodeatacama.cl](mailto:pespinosa.likanantai@edusanpedrodeatacama.cl).
- b. Deben estimarse los flujos reales de aguas grises que serán tratados. Esto es muy importante para que no haya filtraciones en el sistema y este funcione óptimamente.
- c. En base a la estimación de los flujos, se debe generar un cronograma de tratamiento y riego, considerando que el estanque nunca debe rebalsarse. Para esto el sistema tiene 2 opciones de riego:
- d. Una opción (modificable de acuerdo a los flujos reales) automatizada, la que regará una vez que el agua llegue a un tope del estanque. Esta es la opción que se dejará instalada, a menos que la escuela decida lo contrario.
- e. Y otra opción manual, es decir que se puede accionar manualmente el riego en el momento que se considere más adecuado (como en las tardes, o sin la presencia de estudiantes).
- f. Se debe tener una bitácora, física y/o digital, en donde se incorporarán elementos claves como:
- g. Estimaciones de flujos de aguas grises hacia el Estanque.
- h. Medición semanal de cantidad de agua que sale del estanque hacia el riego (según datos de medidor).
- i. Las áreas verdes regadas con aguas tratadas deberán estar señalizadas con letreros visibles a una distancia de 10 m., que digan:

“RIEGO CON  
AGUAS GRISES TRATADAS–AGUA NO POTABLE”



### Sistema de Recolección

- a. Recolección de agua gris desde los **lavamanos** de los baños.
- b. **Sistema Bypass** con llaves de paso.
  - Llave 1 (de color morado) conduce a sistema de tratamiento de aguas grises, y estará por defecto abierta hacia este sistema.
  - Llave 2 (color naranja) conduce al alcantarillado y se deberá activar en caso de que el sistema de tratamiento de aguas grises esté en mantención o no pueda ser utilizado.



c. **Cámara de Inspección:**

Aquí decantarán todas las suciedades o elementos sólidos. Permite revisar el funcionamiento del sistema y evitar que la tubería se tape. Debe ser revisada periódicamente para mantener el sistema operando de manera óptima.



- d. Recepción de agua gris a **estanque** de tratamiento:  
Mediante una tubería morada se conduce el agua desde los lavamanos y duchas al estanque de 3.400 Litros.



## 1. Sistema de impulsión

El agua en tratamiento se encuentra en el estanque de 3.400 litros.

Esta agua es impulsada mediante una electrobomba que se acciona con un sistema de corta nivel (o flotador), por lo que una vez que el estanque alcance una capacidad máxima de agua, esta será impulsada automáticamente hacia el sistema de riego por goteo.

La electrobomba cuenta con un sistema para “cebar” en caso de que se descargue y se tenga que llenar con agua nuevamente.

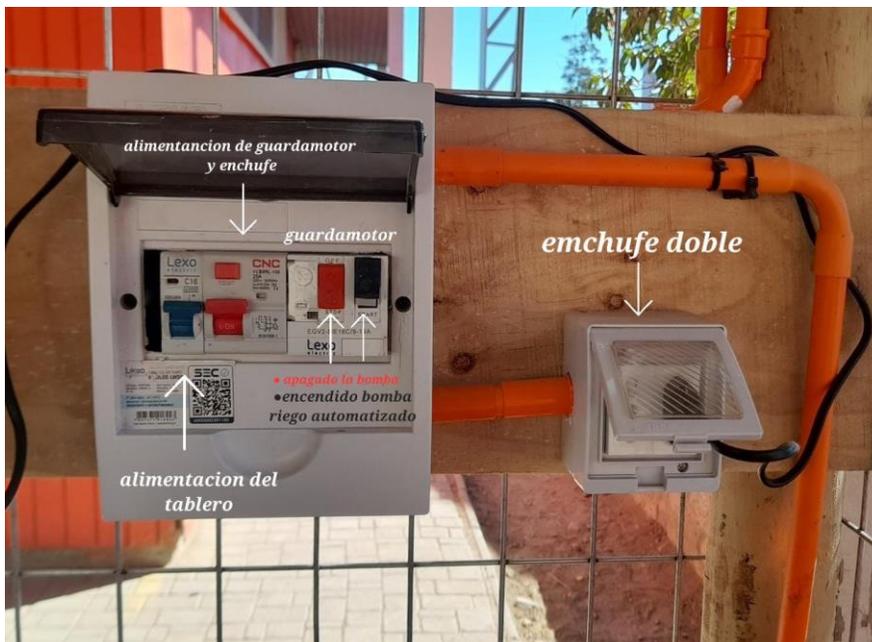


## **2.1 Panel Eléctrico**

El sistema cuenta con un panel eléctrico que permite el funcionamiento de la electrobomba y el enchufe para el aireador del biofiltro.

El switch azul alimenta el tablero de energía y el rojo acciona el enchufe y el guardamotor. Este cortará la energía eléctrica automáticamente si hay algún desperfecto eléctrico.

Si esto ocurre debe accionar el sistema de bypass hacia el alcantarillado o fosa hasta solucionar el problema.



## **2. Riego**

El sistema de riego depende de cada escuela. Es importante considerar lo que indica el Proyecto de Reglamento, que incluye principalmente lo siguiente:

- El reglamento solo permite el uso del agua tratada en riego de áreas verdes recreativas y de jardines ornamentales. Se prohíbe explícitamente regar cultivos vegetales que crezcan a ras de suelo (como tubérculos, lechugas, frutillas, etc.).
- El riego deberá realizarse en ausencia de los alumnos y la mayoría de los trabajadores, con tal de evitar la exposición de las personas a las aguas grises.

- Debe usarse riego por goteo. No utilizar ningún dispositivo que genere gotas de agua en suspensión.
- El volumen diario de agua aplicada al suelo para el riego no podrá superar la capacidad de infiltración del terreno.
- Existe un filtro de anilla para detener partículas grandes que hayan pasado el sistema de biofiltración. Este filtro debe ser revisado semanalmente para asegurar el correcto funcionamiento de la electrobomba.



### **3. Clorador y medidor**

- Cada sistema tendrá un clorador de pasada que funciona con pastillas. Se debe utilizar el mínimo posible.
- Cada sistema tendrá un medidor que permitirá saber la cantidad de litros de agua reciclada. Se debe tomar lectura una vez por semana en los primeros meses de funcionamiento.
- El medidor indicará en números negros la cantidad de litros de agua gris reciclados en metros cúbicos (M3).



### **4. Otras Consideraciones importantes**

1. Toda manipulación del sistema debe hacerse con guantes.
2. El sistema de biofiltración está compuesto por el Biofiltro YAKU. Se entrega su manual de mantención.

## 5. Procedimiento para la operación de los dispositivos de evacuación de las aguas grises hacia la red de alcantarillado.

En caso de cualquier emergencia (saturación del sistema, devolución del agua hacia los lavamanos, ingreso de alguna sustancia tóxica al agua, entre otros), se debe activar el sistema de bypass.

Este sistema consiste en dirigir el flujo hacia el sistema de alcantarillado habitual (alcantarillado o fosa séptica). Para esto, debe hacerse uso de las llaves de paso (rotuladas) que están ubicadas bajo los lavamanos y en el último desagüe a la salida de las duchas.

Una vez superada la emergencia, las llaves de paso deben dejarse operando para dirigir el agua al sistema de tratamiento de aguas grises.



**Figura 2:** Fotos de los sistemas de bypass bajo los lavamanos.



**Definición de los parámetros de control del sistema de tratamiento que permitan verificar y monitorear su adecuado funcionamiento.**

En las aguas residuales existen distintos parámetros importantes de medir y controlar. Estos se utilizan principalmente para comprobar la efectividad del tratamiento, es decir, si el sistema está removiendo los contaminantes necesarios y si el efluente (agua gris tratada) es apto para su reutilización en riego.

Los parámetros de control de acuerdo a la normativa vigente son los siguientes:

- i. **DBO:** es una medida de la materia orgánica biodegradable. Su valor se obtiene midiendo el oxígeno que se requiere para degradar dicha fracción de la materia orgánica.
- ii. **SST:** Sólidos suspendidos totales. Corresponden a las partículas sólidas que están en suspensión, y se pueden obtener mediante filtración del agua.
- iii. **Turbiedad:** es una medida del grado de transparencia del agua. Corresponde a otro indicador de la cantidad de sólidos suspendidos (a menor cantidad, mayor transparencia).
- iv. **Coliformes Fecales:** corresponde a una medición de los microorganismos patógenos (que pueden causar enfermedades) presentes en el agua. Es un indicador de la contaminación de aguas con materia fecal.
- v. **Cloro Libre Residual:** el cloro se utiliza como desinfectante del agua cuando se potabiliza. Está en forma *libre* o *combinado* (asociado a otras moléculas). Se prefiere medir su forma *libre* porque tiene un poder desinfectante mucho mayor.



Tablas de parámetros de control de calidad del agua según Ley N°21.075 y reglamento Decreto Supremo N°40.

**Tabla N° 1**  
**Usos urbanos.**

Parámetro	Unidad	Límite máximo
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/l	10
<b>SST</b>	mg/l	10
<b>CF</b>	NMP/100 ml	10
<b>Turbiedad</b>	UNT	5
<b>Cloro libre residual</b>	mg/l	$0,5 \leq X \leq 2$

**Tabla N° 2**  
**Usos recreativos.**

Parámetro	Unidad	Límite máximo	
		Riego superficial	Riego subsuperficial
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/l	30	50
<b>SST</b>	mg/l	30	50
<b>CF</b>	NMP/100 ml	200	1000
<b>Cloro libre residual</b>	mg/l	$0,5 \leq X < 2$	----
<b>Turbiedad</b>	UNT	10	----

**Tabla N° 3**  
**Usos ornamentales.**

Parámetro	Unidad	Límite máximo
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/l	70
<b>SST</b>	mg/l	70
<b>CF</b>	NMP/100 ml	1000
<b>Turbiedad</b>	UNT	30

mg/l: miligramos por litro  
NMP/100 ml: Número más probable por cien mililitros  
UNT: Unidades nefelométricas de turbiedad.



## **6. Guía de mantención preventiva del sistema.**

La durabilidad está directamente relacionada a los cuidados previos que todo sistema de reciclaje de aguas grises debe tener.

Es por ello, que el usuario puede implementar acciones concretas que garantizarán el buen uso y prevenir problemas.

### **6.1 Debe prevenir el ingreso de elementos sólidos al sistema.**

Es fundamental que el usuario pueda prevenir la caída al sistema de elementos sólidos que posteriormente puedan deteriorar la obra, impedir el correcto funcionamiento del biofiltro y de las propiedades de los elementos filtrantes además de tapar la correcta circulación de los efluentes.

Según la Fundación Un Alto en el Desierto (FUAD) en distintos establecimientos educacionales de la región de Coquimbo se identificaron más de 20 elementos sólidos y fluidos que los estudiantes indicaron que han tirado o han visto en lavamanos (por ejemplo, barro, clavos, lápices, gomas, colett, aros, papeles, envoltorios, yogurt, restos de comida, tempera, palitos de madera, etc.).

Para prevenir esto es importante que cada lavamanos cuente con su rejilla como un pre filtro. Esta rejilla debe estar pegada y el lavamanos debe tener una limpieza periódica para evitar que se tape. Por ello, es algunas veces necesario darle esta tarea adicional a la persona que cumple esta función normalmente.

Es importante que se cuente con un basurero en la zona de lavamanos invitando a los usuarios a depositar los elementos sólidos en este lugar además de siempre realizar acciones como campañas, capacitaciones, charlas u otro para llamar al cuidado del agua y del sistema.

### **6.2 Debe incluir el sistema de reciclaje de aguas grises en su quehacer diario y autogestionarlo completamente**

Al ser nuevo este hábito de reciclar aguas grises para riego, el usuario debe ponerles atención a las señales del sistema y disponer de información base que permita una correcta toma de decisiones ante eventualidades.



Como se mencionó anteriormente, el establecimiento debe contar al menos con lo siguiente:

- Un responsable o encargado de su funcionamiento.
- Un cronograma de funcionamiento que permita reciclar el agua según la normativa. Este cronograma debe tener días de riego definidos durante la semana. En el caso de establecimientos educacionales deberá realizar el riego sin los estudiantes.
- Una bitácora, física o digital, en que lleve un registro de la cantidad de agua reutilizada que ha salido por el medidor.
- Información base de su sistema de reciclaje: tiempo de llenado de estanques, tiempo de vaciamiento total del sistema a su máxima capacidad de almacenamiento, tiempo total a estanques llenos para regar la totalidad del espacio donde es destinada el agua gris, número de litros reciclados por día, cantidad de especies regadas.

## **7. Guía para la resolución de problemas frecuentes del sistema.**

- i. ¿Qué pasa si se empieza a devolver el agua por los lavamanos?  
Hay que parar el funcionamiento del sistema de tratamiento (usar la llave bypass para dirigir los flujos al alcantarillado) hasta que se reponga el correcto funcionamiento.  
Luego, es necesario revisar la cámara de inspección, los filtros de malla y anilla y retirar cualquier elemento que pueda estar ocasionando la obstrucción del sistema.  
Superada la emergencia, se puede volver al funcionamiento normal del sistema.
- ii. ¿Qué pasa si la electrobomba no funciona?  
Hay que parar el funcionamiento del sistema de tratamiento (usar la llave bypass para dirigir los flujos al alcantarillado) hasta que se reponga el correcto funcionamiento.  
Si la electrobomba no funciona, probar lo siguiente:
  - Revisar tablero (los switches deben estar arriba y debe haber corriente)



- Revisar el Nivel del agua del estanque (Debe cubrir la válvula check y nunca debe estar vacío). Si hay agua suficiente, hacer funcionar la electrobomba accionando el flotador de forma manual.
- Cargar o “cebar” la bomba (llenar con agua la tubería que va desde la electrobomba al estanque, sacando la tapa blanca dispuesta para ello)
- Revisar la válvula check, no debe perder agua ni estar tapada.
- Revisar el flotador, este debe estar en posición horizontal o hacia arriba. Si está hacia abajo no encenderá.

Si todo lo anterior está correcto, comunicarse con personal de FUAD (Daniel Rojas, teléfono +56983512086 o al correo [contacto@unaltoeneldesierto.cl](mailto:contacto@unaltoeneldesierto.cl)) para revisar el sistema y corregir problemas. Durante el año 2024 se realizarán visitas de mantenimiento y revisión del sistema.

#### **8. Guía de acciones a realizar ante períodos prolongados de baja o nula utilización del sistema, por ejemplo, durante período de vacaciones.**

Es muy importante para garantizar la sostenibilidad del proyecto tener especial cuidado en fechas durante el año calendario no se use el sistema reciclador de aguas grises. En el caso específico de los establecimientos educacionales es relevante disponer de acciones sanitarias en períodos de baja o nula utilización que son las siguientes.

-En establecimientos educacionales se debe realizar un completo lavado al sistema antes del último día laboral del año en curso, sin estudiantes, vaciándolo completamente apto para el reciclaje para el próximo año y sin dejar externalidades externas negativas para las comunidades cercana a los establecimientos.

-Dependiendo del destino del agua gris reciclada, en establecimientos educacionales, se debe contemplar un plan para que en el caso de especies ornamentales estas no se sequen, viendo la factibilidad de regarla con otras fuentes y si formaron ya parte de un proyecto educativo finalizado limpiar el área y prepararla para el próximo año.



En materia de seguridad en establecimientos educacionales urbanos y rurales es sabida la delincuencia que sufren los centros educativos en Chile en verano. Por ello, se aconseja resguardar la electrobomba.

### **9. Plan de contingencias**

Debe contemplar la adopción de medidas en caso de eventos que puedan generar riesgos sanitarios, tales como calidad deficiente del efluente de la planta de tratamiento, falta de desinfección cuando corresponda, derrames de aguas grises

1. Ante cualquier problema que se ocasione tanto en el biofiltro como en los estanques, se debe detener el funcionamiento del sistema mediante el uso de la Llave “Bypass”, de modo de dirigir los flujos al alcantarillado. Esto debe anotarse en el cuaderno de registro.
2. Debe parar siempre la electrobomba ante el caso de cualquier contingencia.
3. Ante fallas graves debe comunicarse con el Director o Directora de la escuela y comunicarse con el Equipo FUAD.



## **ANEXO 1 - RIESGOS PARA LA SALUD DE LA POBLACIÓN ASOCIADOS AL MANEJO INADECUADO DE LAS AGUAS GRISES.**

Si bien las aguas grises son mucho menos contaminadas que las aguas negras, la posible contaminación con estas últimas podría devenir en un aumento del riesgo para las personas. El riesgo aumenta sobre todo para la población más susceptible, es decir, niños, ancianos y personas con compromisos inmunológicos.

### **Posibles vías de infección:**

-Ingesta de agua contaminada, por situaciones casuales o, por ejemplo, producto de extracción de agua de acuíferos contaminados.

-Por el consumo de frutas o verduras crudas regadas con aguas grises.

-Inhalación de agua por aerosoles, producto de limpieza de patios, regado de caminos, riego por aspersión etc.

-Contacto con medio de tratamiento, por ejemplo, con filtros y suelo contaminado, en el caso de irrigación.

- Transmisión por medio de manos contaminadas, por contacto con ojos, boca y fosas nasales, o indirectamente por tocar elementos contaminados.

-Transmisión por medio de mascotas, o de vectores como insectos y ratones.



YAKU

# INSTRUCTIVO BIOFILTRO YAKU



**INSTRUCTIVO  
YAKU BIOFILTRO YAKU**



**COMPONENTES**



**BIOFILTRO**

Estuche de malla con cierre, que contiene a los microorganismos crecidos sobre piezas plásticas, los cuales se encargan de purificar el agua.

**SISTEMA AIREACIÓN**

Entrega aire al estanque para prevenir la formación de malos olores.  
**ESTÁ COMPUESTO POR:**



**MINI COMPRESOR DE AIRE**

Inyecta aire hacia el interior del estanque.



**ANILLO DIFUSOR DE AIRE**

Es una manguera porosa que genera microburbujas en el agua.



**MANGUERA**

Conecta el mini compresor de aire al anillo difusor.



Utilizar **SOLO** agua de la ducha, lavamanos y lavadora para la filtración.



El agua resultante **SOLO** se debe ocupar para uso de agua en inodoros y riego de jardín (plantas ornamentales, árboles frutales y nativos, hortalizas entutoradas)



No utilizar agua proveniente del inodoro ni del lavaplatos



"NO pueden regarse hortalizas que crezcan a ras de suelo, como lechugas y zanahorias"

**UBICACIÓN**



Dentro del estanque: ① ③

Fuera del estanque: ②

Conecta parte 3 con la 4: ④

## FUNCIONAMIENTO DEL BIOFILTRO EN EL DÍA A DÍA

### OPERACIÓN DEL BIOFILTRO

#### A TEMPORIZADOR

permite generar distintos ciclos de aireación (encendido/apagado).



SE RECOMIENDA UTILIZAR

En pulso mínimo de 15 min encendido, seguido de 30 minutos apagado.

También se puede usar un ciclo de aireación de 15 minutos encendido y 15 minutos apagado.

✓ Mientras más tiempo encendido más rápido se purificará el agua.

✗ NO se recomienda tener el biofiltro con el sistema de aireación apagado por más de 45 minutos, ya que se pueden generar malos olores.

#### B EVALUAR FUNCIONAMIENTO DEL BIOFILTRO

Existen 3 maneras en que podemos ir evaluando el funcionamiento del biofiltro en nuestras casas:

##### 1 OLORES:

El sistema de aguas grises no debería formar malos olores. El sistema de aireación entrega oxígeno para que no haya "pudrición" del agua. Si se detectan malos olores, es un indicador de que algo no está funcionando bien.

REVISAR:

Que no se haya doblado o desconectado la manguera, que se haya tapado el aireador o que haya fuga de aire en alguna parte del sistema que esté impidiendo que el aire llegue al anillo difusor.

✓ Cuando el sistema está funcionando correctamente, el olor se parece al olor de "humedad", lo cual es normal y esperable.

##### 2 FORMACIÓN DE ESPUMA:

Cuando las aguas grises no tratadas entran al estanque que tiene el sistema de aireación funcionando, es normal que se forme bastante espuma, ya que la presencia de productos como jabón o shampoo y la inyección de aire, hace que se genere espuma

Cuando el agua gris ya está filtrada, se verá que el nivel de espuma baja drásticamente, lo cual es un buen indicador que el proceso está funcionando correctamente.

### RECOMENDACIONES

- Se recomienda nunca verter sustancias desinfectantes, corrosivas o tóxicas directamente sobre el biofiltro.
- Se sugiere el uso de cloro u otros desinfectantes en concentraciones normales para el lavado

### 3 TURBIDEZ

La turbidez es una medida de qué tan turbia o trasparente está el agua



Agua gris sin filtrar: se ve turbia y con espuma.

Agua biofiltrada: se ve transparente y sin espuma

24 Horas después

REVISAR:

Para corroborar esto, se puede tomar una muestra de agua del estanque con un vaso y ver si podemos mirar detalles o no a través del vaso

✓ Si podemos distinguir detalles al otro lado del vaso con el agua, quiere decir que el agua ya ha logrado ser filtrada.

✓ Mientras mayor detalle veamos, significa que nuestra agua tiene mayor grado de filtración y pureza.

### B MANTENCIÓN

Con el paso del tiempo es normal que se forme una especie de "lodo gris" en las paredes del estanque y en la superficie del estuche del biofiltro y anillo.



"Lodo gris"

### PROCESO

1

Se debe vaciar por completo el estanque, sacar el biofiltro del interior del estanque y dejarlo en una superficie limpia

✗ **NUNCA EN CONTACTO DIRECTO CON LA TIERRA O EL SUELO.**

Ejemplo: se puede poner un plástico en el suelo o una bolsa de basura nueva y sobre ello dejar el biofiltro, evitando que le llegue polvo y mugre.

2

Con ayuda de una escoba o escobillón **MUY LIMPIO** frotar y limpiar el estanque por dentro hasta soltar y remover el "lodo" o residuo.

✓ Enjuagar el estanque y vaciar completamente, repetir hasta que esté completamente limpio

3

Limpiar la superficie del estuche (ojo solo la superficie y no el interior) con la ayuda de un paño **MUY LIMPIO**  
El lodo debería salir con bastante facilidad.

✗ **NO ABRIR EL ESTUCHE NI MANIPULAR LOS MICROORGANISMOS DEL INTERIOR, YA QUE PODRÍAN VERSE AFECTADOS Y PERDER EL BIOFILTRO.**

Trate con cuidado el biofiltro, recuerde que dentro de él están los microorganismos vivos que filtran las aguas grises.

### RECOMENDACIONES

✓ **LIMPIAR AL MENOS 1 VEZ AL MES**



✓ **ESCOBA Y PAÑO**

Si se tiene la posibilidad, es ideal comprar uno nuevo y dejarlo exclusivamente para esta finalidad.



***"En Yaku queremos impulsar una nueva forma consciente de convivir con el agua, reutilizando todas las aguas grises y residuales para dejar de desperdiciar este vital recurso y aumentar la disponibilidad de agua potable"***



***El biofiltro Yaku purifica el agua gris de su casa para trasformarla en agua limpia y así darle un nuevo uso***