



Sistemas de saneamiento y reutilización

# Humedales Artificiales



Guía de estándares de  
Sistemas Sanitarios Sustentables  
Para áreas protegidas y zonas rurales

# Guía de Soluciones Sanitarias Sustentables

Ejecutada en el marco del proyecto Bien Público “Estándares de soluciones sanitarias sustentables para servicios turísticos en áreas silvestres protegidas y zonas rurales”.

Proyecto apoyado por CORFO a través de la línea de “Bienes Públicos para la Competitividad 2018”.

Subsidia



Mandante



Ejecuta



Co-ejecuta



Organismos interesados



Esta guía tiene como objetivo ilustrar soluciones sanitarias sustentables de servicios básicos, que pueden ser implementadas en localidades rurales extremas, aisladas o escasamente pobladas de nuestro país, donde no es posible construir soluciones convencionales para la provisión de agua potable y la evacuación de las aguas servidas. Además, propone la captación de agua desde fuentes que no están consideradas de manera recurrente, a pesar de las condiciones a las cuales están sometidas las localidades rurales como consecuencia de la escasez hídrica.

En este proyecto, el Ministerio de Salud, a través de la División de Políticas Públicas Saludables y Promoción de la Subsecretaría de Salud Pública, ha participado como co-ejecutor, con el objetivo de proporcionar información y aportar experiencia sobre los patrones sanitarios que deben considerarse para validar, desde tal perspectiva, estas alternativas de soluciones, y de esta manera incorporarlas en los procesos de actualización normativa de agua potable y aguas servidas que se están realizando en la actualidad.

Con todo lo anterior, se busca contribuir a mejorar la calidad de vida de la población rural de nuestro país, otorgando alternativas de soluciones sanitarias que se ajusten a las necesidades de los territorios y con estándares sanitarios que permiten proteger la salud de las personas y de su entorno.

## **Ministerio de Salud**









## **1. ¿Qué es un humedal artificial?**

## **2. ¿Cuáles son los tipos de humedales artificiales?**

### 2.1. Tipologías

## **3. ¿Cómo evaluar un proyecto de humedal artificial?**

### 3.1. Triple impacto

### 3.2. Proyecto sanitario y normativa

## **4. ¿Cómo diseñar un humedal artificial?**

### 4.1 Componentes del sistema

#### 4.1.1. Tratamiento preliminar

#### 4.1.2. Sustrato

#### 4.1.3. Vegetación

#### 4.1.4. Impermeabilización

#### 4.1.5. Estructuras de entrada y salida

## **5. ¿Cómo dimensionar y emplazar un humedal artificial?**

### 5.1. Dimensionamiento

### 5.2. Consideraciones generales

## **6. ¿Cómo se implementa un humedal artificial?**

### 6.1. Construcción de un humedal

## **7. ¿Cómo se opera y mantiene un humedal artificial?**

### 7.1. Control de la vegetación

### 7.2. Calidad del agua, cañerías y sistema de pretratamiento de aguas

# 1

¿Qué es un  
humedal artificial?

# 1. ¿Qué es un humedal artificial?

## **Humedales Artificiales**

Los humedales son estanques superficiales contruidos en la tierra en los que, de forma controlada, se reproducen los mecanismos de eliminación de contaminantes presentes en el agua que ocurrirían en humedales naturales, a través de una serie de procesos físicos, biológicos y químicos.

Éstos se basan en la presencia de especies vegetales y microorganismos para su funcionamiento y no requieren de la adición de químicos. Su eficiencia es exponencial en el tiempo, esto significa que, una vez establecidas y adaptadas al medio, las especies vegetales (o plantas macrófitas) serán capaces de crecer y desarrollarse por sí solas.

Las capacidades específicas de las plantas macrófitas serán esenciales para el funcionamiento del sistema.



# 1. ¿Qué es un humedal construido?

## EL SISTEMA SE COMPONE DE....

### 2. Estructura de entrada y salida de agua

para generar condiciones de flujo uniformes mediante el uso de tuberías y cámaras que se disponen en el humedal para la entrada del agua a tratar y la salida del agua que ya ha completado el tratamiento..

### 5. Vegetación (o plantas macrófitas)

que contribuyen a la oxigenación del sustrato a nivel de las raíces, a la eliminación de nutrientes por absorción/extracción y al desarrollo de la población de micro organismos

### 1. Tratamiento Preliminar

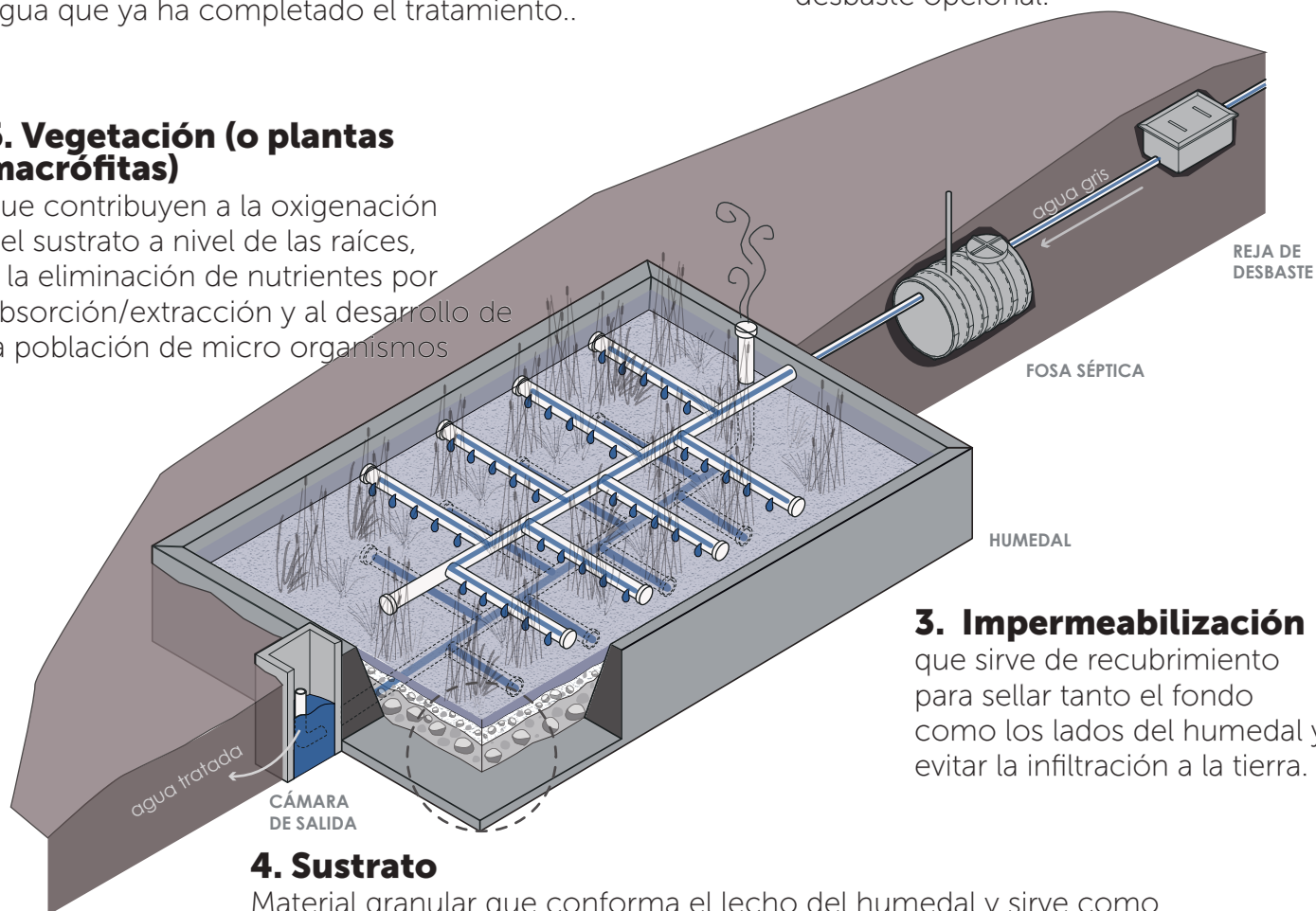
Como mínimo fosa séptica, que sirve para la retención por sedimentación de los sólidos de mayor tamaño (24 horas de retención como mínimo). Reja de desbaste opcional.

### 3. Impermeabilización

que sirve de recubrimiento para sellar tanto el fondo como los lados del humedal y evitar la infiltración a la tierra.

### 4. Sustrato

Material granular que conforma el lecho del humedal y sirve como soporte de las plantas y de la población microbiana que se encarga de la degradación.





# 1. ¿Qué es un humedal artificial?

## **¿Puedo tratar mis aguas servidas mediante un humedal artificial?**

Humedales artificiales son un sistema de tratamiento de aguas servidas, con el potencial de depurar las aguas para que estas reúnan las condiciones de calidad para ser evacuadas mediante infiltración y/o descarga a cursos de agua, o bien para ser reutilizadas para otros usos sanitarios y para riego de arboles y otras especies no comestibles.

La calidad del efluente (agua que ya pasó por el humedal) debe cumplir con los parámetros establecidos en la normativa vigente, y los proyectos deben contar con aprobación de proyecto y autorización de funcionamiento por parte de la autoridad sanitaria.



# 1. ¿Qué es un humedal artificial?

## **¿Puedo tratar mis aguas servidas mediante un humedal artificial?**

Posterior a la autorización de funcionamiento, los propietarios de la instalación o vivienda (y del humedal), deberán procurar mantener y operar el humedal según los estándares de construcción, para que este sistema cumpla su objetivo y no genere problemas sanitarios a los usuarios o al entorno.

Para esto, los usuarios deberán asegurarse de no botar residuos ni agentes extraños por los artefactos sanitarios, no eliminar residuos de comidas por el lavaplatos y realizar mantenciones periódicas.



# 2

## ¿Cuáles son los tipos de humedales artificiales?

Define primero que tipo de humedal vas a implementar.  
Conoce sus ventajas y desventajas.

## 2. Tipos de humedales artificiales

### 2.1 Tipologías

En términos generales, los humedales artificiales se clasifican de acuerdo a las características del flujo hidráulico en sus lechos. En los humedales de **Flujo Superficial** el agua circula por encima del lecho, entre los tallos de las plantas y expuesta al aire atmosférico. En los humedales de **Flujo Subsuperficial** el agua circula por debajo de la superficie del lecho, a través de los poros de este.

Finalmente, distinguimos tres tipos:





## 2. Tipos de humedales artificiales

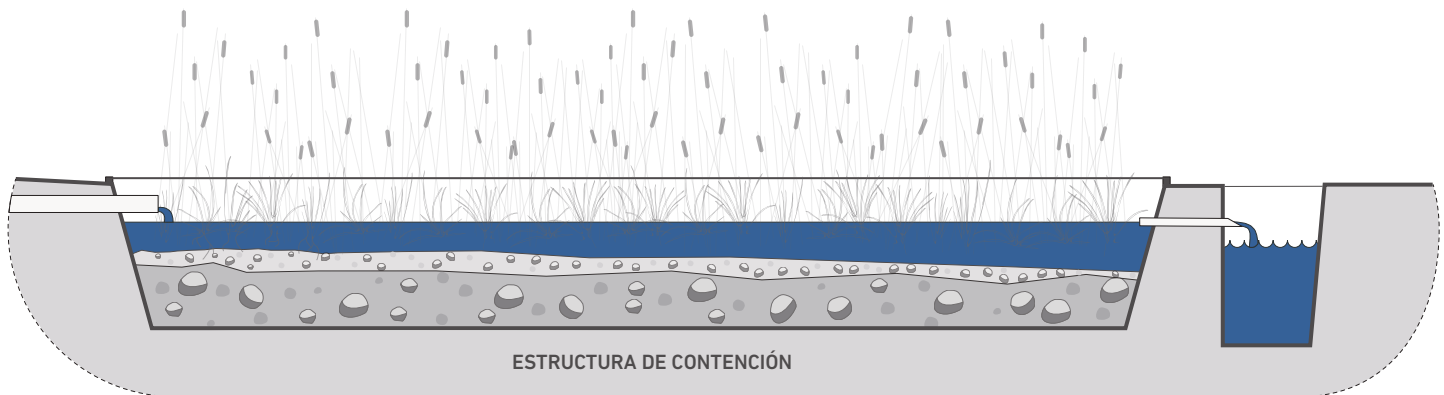
### 2.1. Tipologías

#### **Humedales de Flujo Superficial Horizontal (FS)**

En este tipo de humedal, el agua se vierte por la superficie del lecho, desde un extremo con pendiente, y avanza estando expuesta a la atmósfera, transitando horizontalmente para finalmente ser evacuada en el extremo opuesto del lecho. El agua permanece siempre a la vista.

Las plantas emergentes están enraizadas sobre una capa de suelo impermeabilizado para evitar la infiltración al terreno.

La profundidad de estos humedales es baja (entre 0,4mt y 0,8mt).



## 2. Tipos de humedales artificiales

### 2.1. Tipologías

#### **Humedales de Flujo Superficial Horizontal (FS)**

##### **Ventajas / Desventajas**

Si bien este tipo de humedal artificial es el más simple de construir, la exposición del agua al ambiente los hace más susceptibles a fenómenos de frío intenso y puede provocar la proliferación de mosquitos y/o malos olores. A su vez, se debe tener un cierre perimetral para evitar accidentes de personas o animales que puedan caer dentro del humedal.

Tiene su principal aplicación en el tratamiento de flujos secundarios (aguas previamente tratadas), con baja carga orgánica, teniendo el potencial de mejorar la calidad del tratamiento en sistemas de restauración ambiental.



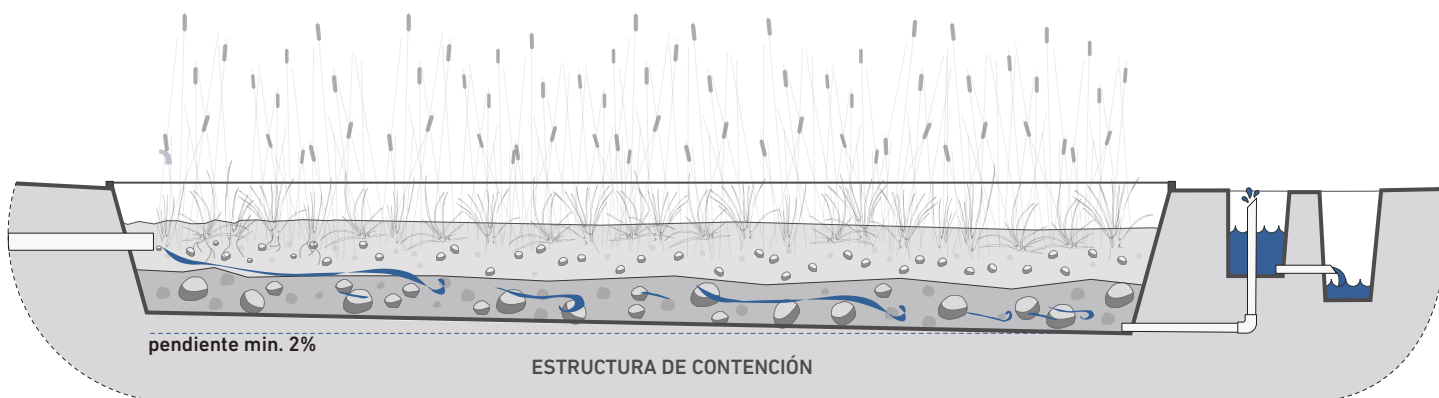
## 2. Tipos de humedales artificiales

### 2.1. Tipologías

#### Humedales de Flujo Subsuperficial Horizontal (HFSS)

En este sistema el agua ingresa de manera continua, por un extremo del lecho a unos pocos centímetros (aprox 5 - 10 cm) debajo de la superficie. Ésta transita en sentido horizontal a través del lecho, entre las raíces de las plantas, sin estar expuesta a la atmósfera. El nivel de agua se mantiene, regulando el nivel de salida del agua. En el lado opuesto y en el fondo del lecho, el agua tratada se recoge a través de un tubo de drenaje.

La profundidad del lecho varía entre 0,4 y 1,0 metro, y la pendiente entre 0,5 y 2 grados. El lecho está conformado por grava de mayor tamaño que cubre la zona de alimentación y recogida, y en el centro el medio granular consiste principalmente de grava, gravilla de menor tamaño y arena.



## 2. Tipos de humedales artificiales

### 2.1. Tipologías

#### **Humedales de Flujo Subsuperficial Horizontal (HFSS)**

##### **Ventajas / Desventajas**

Los sistemas de flujo subsuperficial tienen varias ventajas ya que facilitan el crecimiento de colonias de microorganismos, las cuales encuentran condiciones idóneas para su sustento en el lecho de grava, que tiene altas tasas de reacción y oxigenación. Por otro lado, el área que se requiere es menor que la de un sistema de flujo libre (FS).

El medio poroso se mantiene saturado y el agua residual entra y sale por los extremos del humedal, gracias a la pendiente de fondo que permite el flujo del agua por gravedad.

Pueden tratar efluentes primarios, luego de un pre-tratamiento (fosa séptica, tanques imhoff), por lo que son adecuados para aguas con una mayor carga orgánica (ej. una vivienda o pequeñas poblaciones).

Requiere de superficies de menor tamaño, pero los costos de construcción del lecho pueden ser más altos.



## 2. Tipos de humedales artificiales

### 2.1. Tipologías

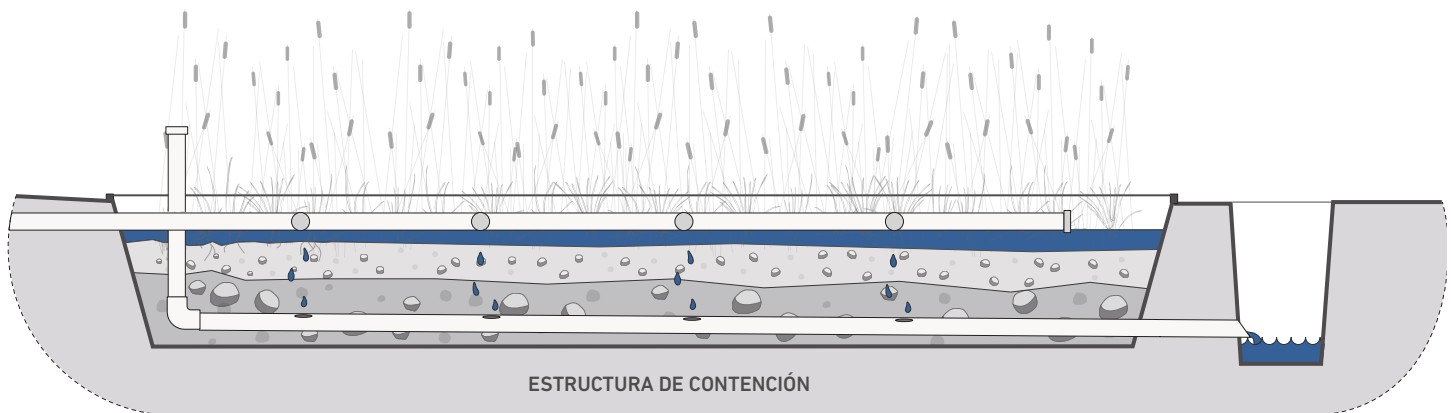
#### Humedales de Flujo Subsuperficial Vertical (VFSS)

En este tipo de humedal, el agua fluye de manera descendente desde la superficie del lecho hasta el fondo. Ésta se vierte y se distribuye de manera intermitente sobre toda la superficie a través de cañerías de distribución (o espineles), y fluye hacia abajo a través de los poros del relleno.

El material de relleno que se usa en los lechos es típicamente material inerte (arenas, gravas) que favorece la adhesión y crecimiento de biopelículas y además sirve para facilitar el arraigo de las plantas y la filtración del agua que se trata. El lecho granular se conforma por capas de material pétreo.

Finalmente, las aguas son recogidas en el fondo del lecho, a través de un sistema de tuberías de drenaje que conducen el efluente a la salida.

La alimentación intermitente permite que la condición de saturación del lecho sea temporal y venga seguida de un periodo de insaturación que da lugar a la oxigenación que estimulará las reacciones aeróbicas.





## 2. Tipos de humedales artificiales

### 2.1. Tipologías

#### **Humedales de Flujo Subsuperficial Vertical (VFSS)**

##### **Ventajas / Desventajas**

Si bien los humedales de flujo subsuperficial vertical suelen utilizar menos espacio que un humedal de flujo subsuperficial horizontal, su construcción requiere de ingeniería más compleja, ya que el sistema de distribución intermitente exige el uso de unidades presurizadas.

Son capaces de tratar mayor carga orgánica superficial que un humedal de flujo horizontal subsuperficial.



# 3

## ¿Cómo evaluar un proyecto de humedal artificial?

Evalúa la factibilidad de implementar un humedal artificial en tu zona. Asegura un proyecto sustentable social, económica y ambientalmente.

### 3. ¿Cómo evaluar un proyecto de humedal artificial?

## 3.1 Triple Impacto



**Sustentabilidad  
Económica**



**Sustentabilidad  
Social**



**Sustentabilidad  
Ambiental**



### Sustentabilidad Económica

**La sustentabilidad económica de un proyecto se medirá en función del monto de la inversión, de los costos de su operación o mantenimiento en el tiempo y de los beneficios generados a lo largo de la vida del proyecto.**

Un proyecto de humedal artificial se puede implementar de forma bastante sencilla y accesible. La principal dificultad estará en los cálculos especializados del flujo hidráulico y la técnica constructiva para lograr la impermeabilización y la entrada y salida del agua. Es una alternativa de tratamiento adecuada para aquellas situaciones en que la tradicional fosa séptica no da abasto, pero donde tampoco se justifica la implementación de plantas de tratamiento altamente tecnificadas y de operación muy compleja. Si es que el agua se reutiliza, se podrían generar importantes ahorros de agua para uso de inodoros con descarga y riego (excepto de hortalizas).



## 3.1 Triple Impacto



### Sustentabilidad Social

**La sustentabilidad social se logra a través de un proyecto que resulte valioso para todos sus participantes. Un proyecto así resultará en infraestructura bien mantenida y en un uso responsable del agua.**

Las labores de operación y mantención son frecuentes e ineludibles. No asumir responsabilidades en la óptima mantención de los sistemas acarrea riesgos sanitarios. Un humedal es un sistema vivo que requiere atención y cuidado.



### Sustentabilidad Ambiental

**La sustentabilidad ambiental se asegura a través de un proyecto poco invasivo, que no genere impactos negativos en su entorno.**

Un humedal artificial permite una ostensible mejora en la efectividad del saneamiento de las aguas servidas, que asegura que el agua retorne limpia a los cauces. Especialmente para lugares saturados de agua, de suelos duros o rocosos y/o muy remotos, donde no funciona el saneamiento a través de una fosa séptica. Además es considerada una medida fundamental en aquellas zonas que ya se encuentran altamente contaminadas.

### 3. ¿Cómo evaluar un proyecto de humedal artificial?

## 3.2. Proyecto sanitario

### Normativa

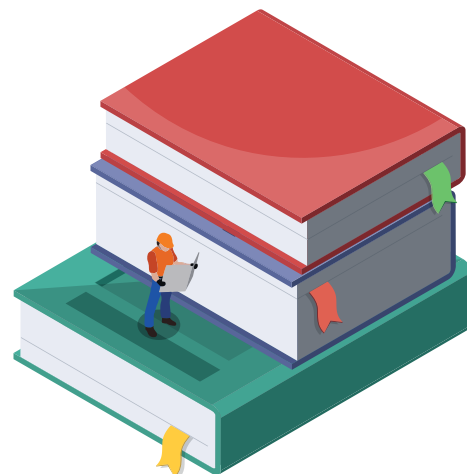
Como sistema de tratamiento de aguas servidas, un humedal artificial es considerado un sistema viable desde el punto de vista normativo, capaz de lograr altas tasas de efectividad en el saneamiento de las aguas.

En una memoria de cálculo, se deberán detallar las proyecciones de los caudales a tratar, las dimensiones adecuadas para dichos caudales y el flujo hidráulico de las aguas que pasarán por el humedal.

A continuación se indican las normas que le son aplicables a un sistema de tratamiento de aguas servidas en base a un humedal artificial. Recordemos que, además, en caso de ser aplicable, el efluente tratado debe cumplir con la norma de emisión de efluentes líquidos correspondiente.

### REGLAMENTOS

- Decreto N° 236/1926 del MINSAL, "Reglamento alcantarillados particulares".
- D.F.L N° 725 de 1968 del MINSAL, Código Sanitario.
- Decreto N° 594/99 del MINSAL, "Reglamento sobre las condiciones sanitarias ambientales básicas de los lugares de trabajo".
- Decreto N° 90/2000 del MMA, "Establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas continentales superficiales".
- Decreto N° 46/2003 del MMA, "Establece norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas".
- D.S. 46



# 4

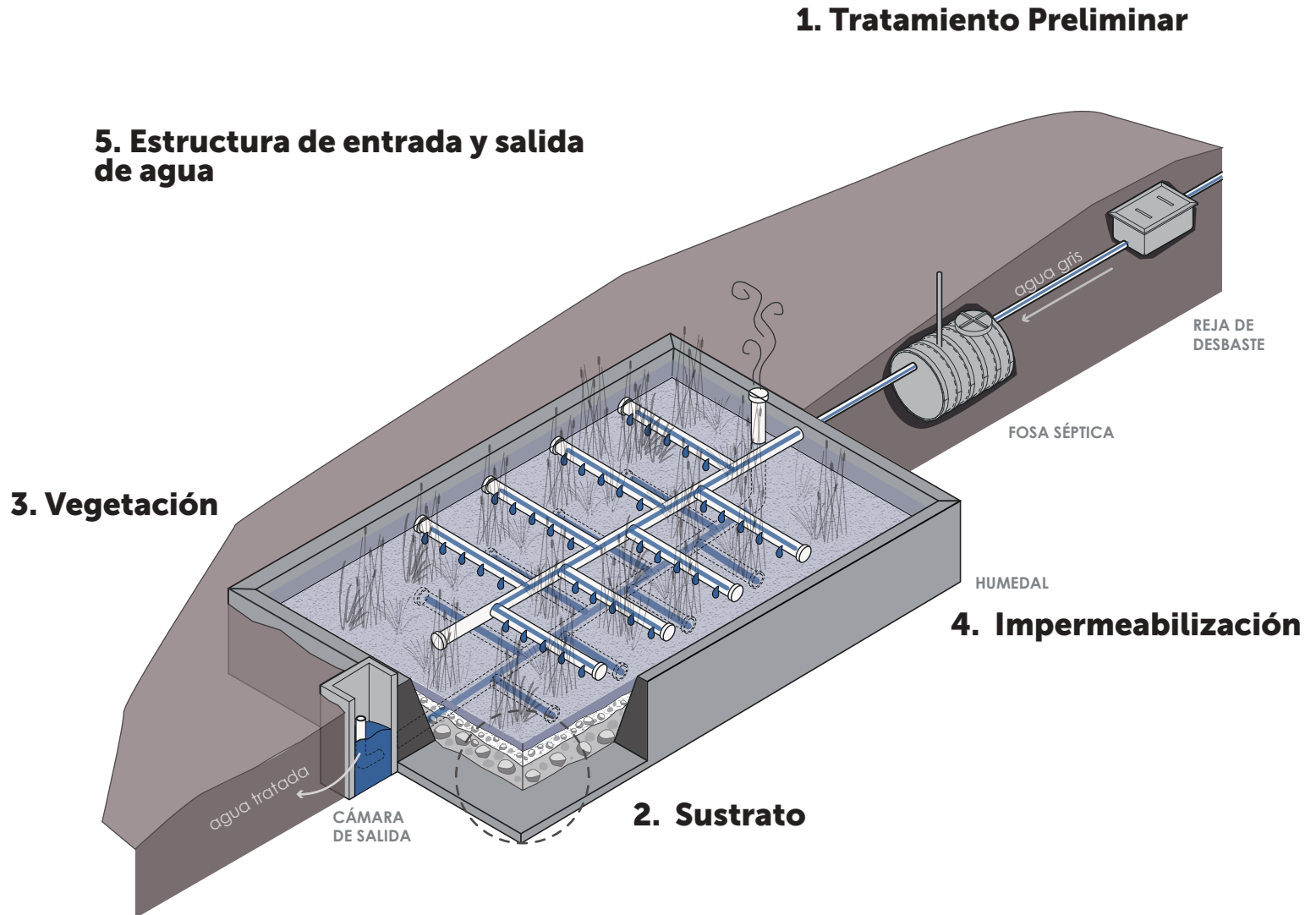
## ¿Cómo diseñar un humedal artificial?

Analiza los componentes del sistema, define el diseño y planifica la construcción.

## 4. ¿Cómo diseñar un humedal artificial?

### 4.1. Componentes del sistema

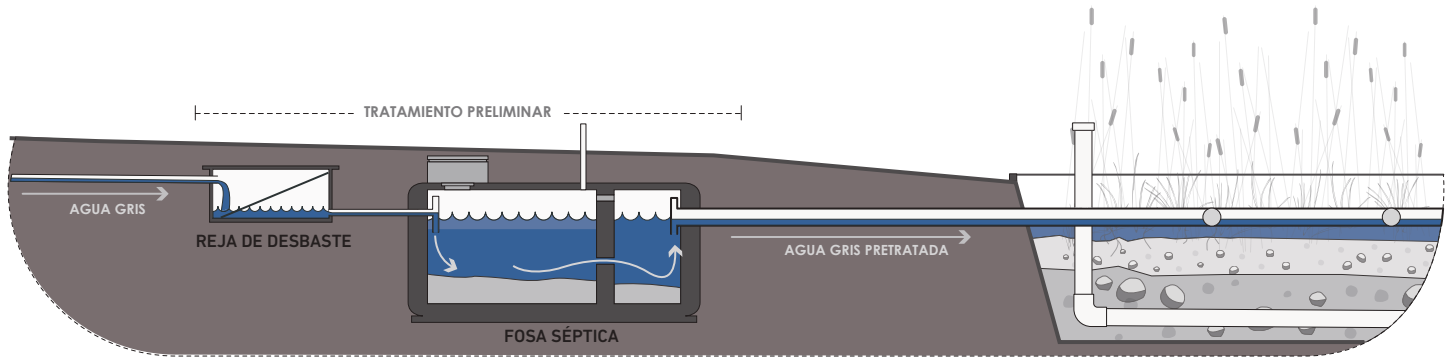
Un sistema de humedal artificial puede ser construido y operado de forma local con asistencia de un especialista.



## 4. ¿Cómo diseñar un humedal artificial?

### 4.1. Componentes del sistema

#### 4.1.1. Tratamiento preliminar



Un aspecto importante a considerar al momento de diseñar un humedal artificial, es la necesidad de implementar un tratamiento preliminar del agua residual. Esto debido a que el sustrato utilizado puede llenarse de desechos, polvo y sedimentos que pueden dificultar el adecuado funcionamiento del humedal o incrementar excesivamente los costos de mantenimiento.

El pretratamiento consiste en la separación de las partículas de gran tamaño y restos orgánicos que arrastra el agua residual.

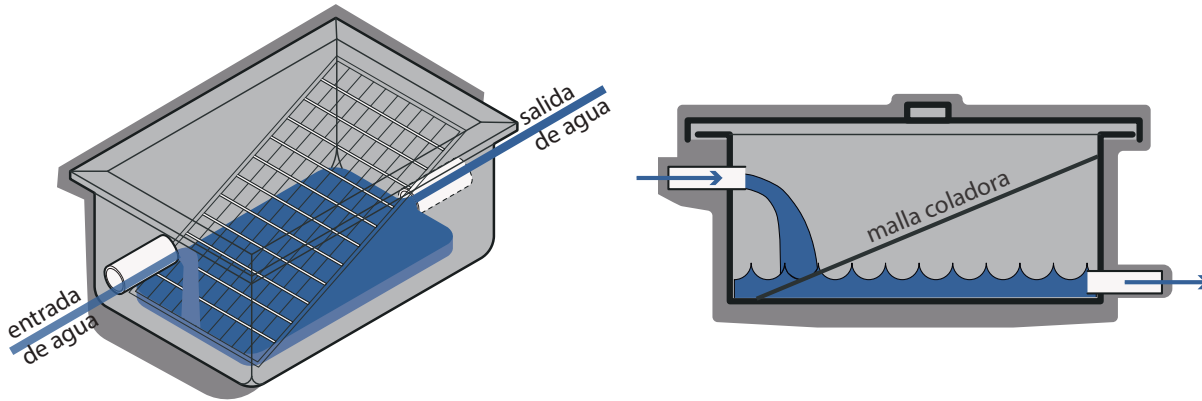
Para ello, debido a su sencillez y eficacia, los sistemas de pretratamiento más utilizados para humedales artificiales son las rejillas de desbaste y las fosas sépticas.

## 4. ¿Cómo diseñar un humedal artificial?

# 4.1. Componentes del sistema

### 4.1.1. Tratamiento preliminar

#### Rejas de desbaste



**Las rejas de desbaste** son un conjunto de barras metálicas, paralelas, de sección rectangular, con aberturas de tamaño uniforme y fijadas a un marco metálico en el principio y final de un canal de hormigón de sección rectangular y situadas transversalmente al flujo, de tal forma que el agua ha de pasar a través de ellas, quedando los sólidos retenidos.

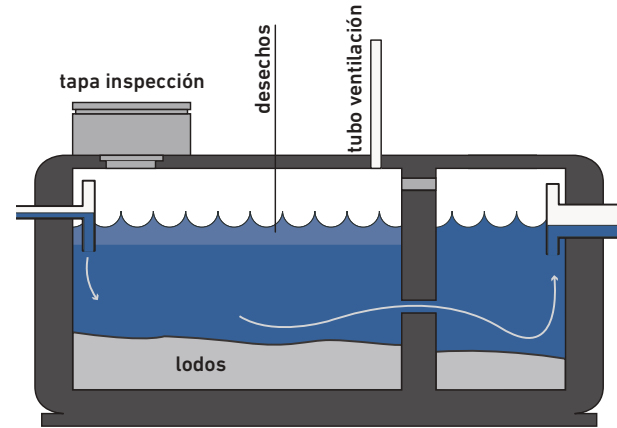
## 4. ¿Cómo diseñar un humedal artificial?

# 4.1. Componentes del sistema

### 4.1.1. Tratamiento preliminar

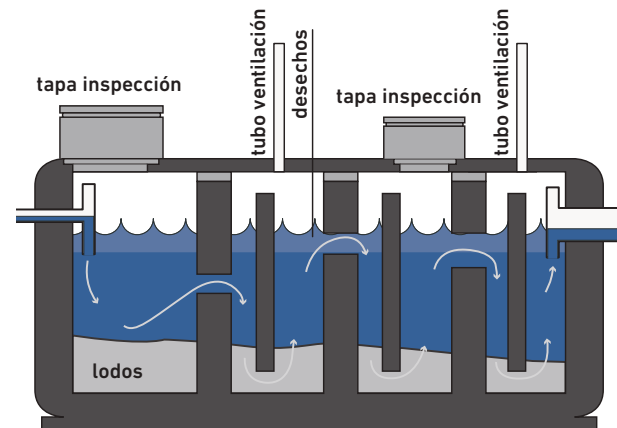
#### Fosa séptica

Es importante considerar una fosa séptica para el sistema, ya que el sustrato a utilizar puede llenarse de desechos, polvo y sedimentos, que pueden dificultar el adecuado funcionamiento del humedal o incrementar excesivamente los costos de mantenimiento.



Fosa séptica de doble cámara

Es recomendable utilizar productos biodegradables para no dificultar el tratamiento físico-químico de las aguas y afectar la supervivencia de las plantas y micro organismos utilizadas en nuestro humedal artificial



Reactor anaeróbico de flujo ascendente

## 4. ¿Cómo diseñar un humedal artificial?

# 4.1. Componentes del sistema

### 4.1.1. Tratamiento preliminar

#### **Fosa séptica**

Existen distintos tipos de fosas sépticas. Estas pueden ser fabricadas in situ, o prefabricadas, de uno o más efectos.

Para una retención eficiente, la fosa séptica debe tener un volumen mínimo tal que logre retener las aguas servidas por un tiempo mínimo de 24 hrs, un 20% de la acumulación de los lodos.

La relación entre el largo y ancho de la fosa debe ser 2:1, y siempre se debe considerar un volumen de aire en la parte superior para la acumulación de gases y de material flotante.

Cuando el lodo acumulado en el fondo de la fosa, supere el 30% del volumen útil de la fosa, se deben retirar los lodos depositados en el fondo y disponer en lugar apto para su tratamiento, procurando dejar una pequeña cantidad de lodo que dará lugar a la degradación anaeróbica de la materia orgánica en la segunda sección de la fosa séptica.



## 4. ¿Cómo diseñar un humedal artificial?

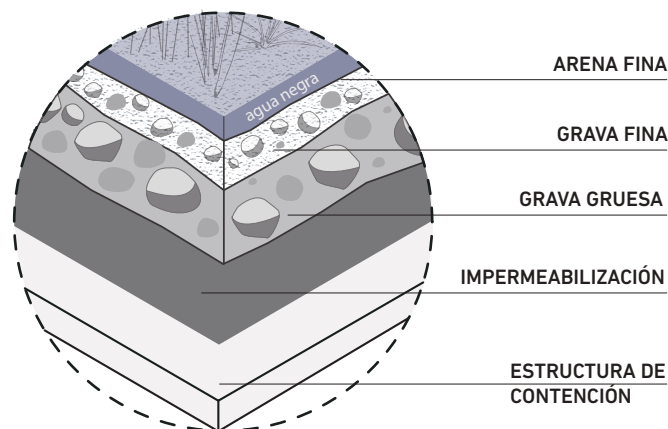
# 4.1. Componentes del sistema

## 4.1.2. Sustrato

**El lecho filtrante o sustrato** es un componente esencial de los humedales artificiales. Estos constituyen material de enraizamiento para la vegetación y para el crecimiento de microorganismos, ayudan a distribuir/recolectar de manera uniforme el caudal de agua en la entrada/salida y filtran y atrapan diversas partículas.

La relación largo/ancho de los lechos se define en función del diseño hidráulico del sistema. Como regla general, se acepta que la relación largo/ancho debe ser por lo menos 4.

El medio granular que conforma el sustrato, por lo general está compuesto de grava gruesa en lo más profundo, y capas de grava más fina o arena a medida que se va ascendiendo. El cálculo del alto de las capas y del diámetro de la grava dependerá de los cálculos que proyecten el flujo hidráulico a lo largo del humedal.



## 4. ¿Cómo diseñar un humedal artificial?

# 4.1. Componentes del sistema

### 4.1.3. Vegetación

La remoción de contaminantes en un humedal artificial ocurre por la interacción entre los elementos que componen el humedal y los fenómenos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar dentro del sistema.

La vegetación utilizada tiene un rol fundamental en los distintos procesos, debido a que esta cumple las siguientes funciones:

- Airear el sistema radicular y facilitar oxígeno a los microorganismos que viven en la rizosfera.
- Absorción de nutrientes (nitrógeno y fósforo).
- Eliminación de contaminantes asimilándolos directamente en sus tejidos.
- Filtración de los sólidos a través del entramado que forma su sistema radicular.



## 4. ¿Cómo diseñar un humedal artificial?

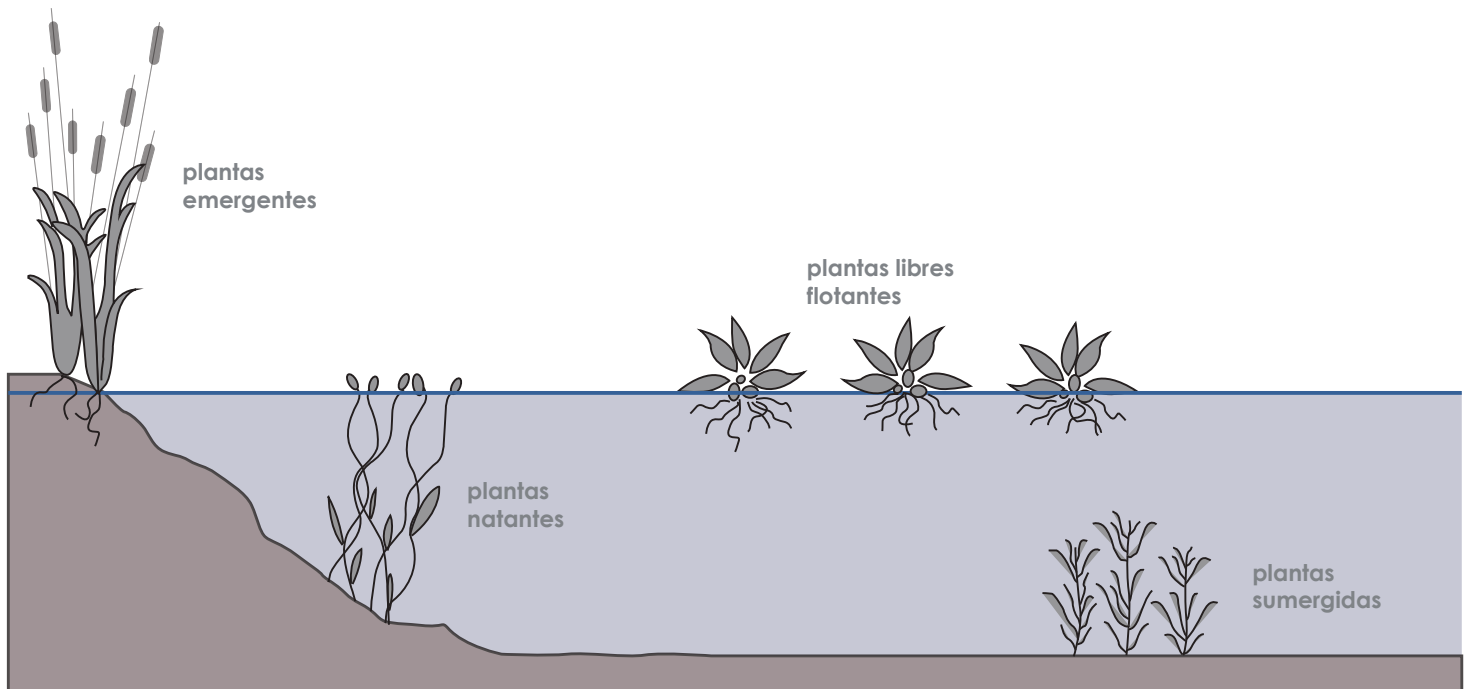
# 4.1. Componentes del sistema

### 4.1.3. Vegetación

#### Plantas macrófitas

Las plantas macrófitas constituyen la flora hidrófila que crece en humedales naturales, especialmente dulceacuícolas, conformando el eslabón inicial de varias cadenas tróficas y sirviendo de lugar de refugio, alimentación y anidamiento de numerosos animales, especialmente aves.

En su hábitat natural, las macrófitas se encuentran formando asociaciones en la orilla e interior de los lagos. Estas asociaciones están relacionadas con zonas de colonización, las que a su vez están íntimamente relacionadas con el nivel de agua y la topografía, por lo que de acuerdo a su morfología, las macrófitas pueden clasificarse de la siguiente manera:



## 4. ¿Cómo diseñar un humedal artificial?

# 4.1. Componentes del sistema

### 4.1.3. Vegetación

#### **Características de las plantas macrófitas**

Las plantas utilizadas en humedales artificiales deben poseer ciertas características como:

- Utilización de especies locales y/o de fácil adquisición en viveros locales.
- Ser tolerantes a altas cargas orgánicas y nutrientes.
- Tener abundantes raíces y rizomas a fin de proporcionar sustrato para bacterias adheridas y oxigenación de áreas adyacentes.
- Tener la biomasa aérea alta para eliminación de nutrientes, a través de su recolección.
- Ser tolerantes a las condiciones de suelo saturado de agua y ser capaces de operar en un ambiente anaeróbico.

## 4. ¿Cómo diseñar un humedal artificial?

# 4.1. Componentes del sistema

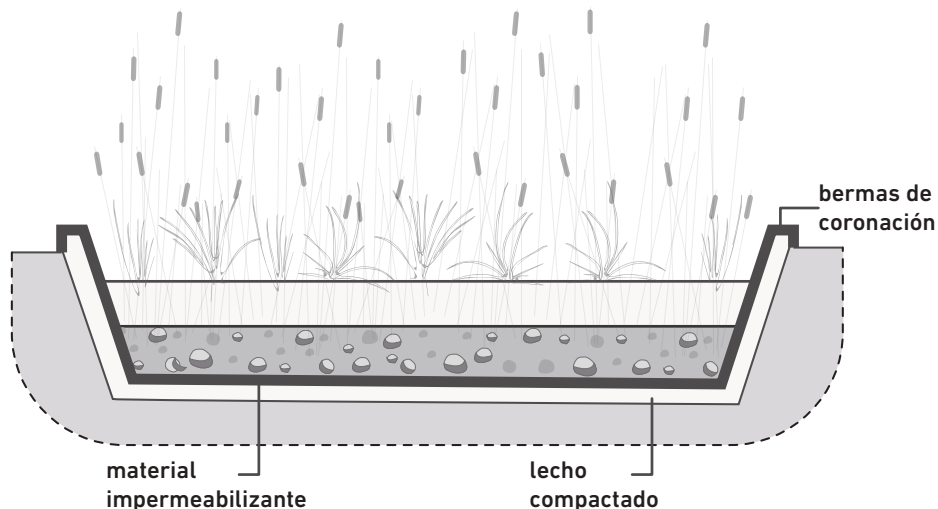
### 4.1.4. Impermeabilización

Los lechos de los humedales debe impermeabilizarse sobre el terreno para evitar el contacto directo entre las aguas residuales a tratar y las aguas subterráneas naturales, evitando así la contaminación de esta última.

Existen dos formas de impermeabilizar el suelo, puedes utilizar una membrana impermeable para recubrir el fondo del lecho tal como: plástico impermeabilizante o membrana geotextil; o puedes utilizar el mismo suelo existente compactado, pero sólo si es que el terreno tiene una alta composición de contenido arcilloso.

Otros impermeabilizantes sintéticos utilizados son cloruro de polivinilo (PVC), polietileno (PE) o polipropileno. Si se usa este método de impermeabilización se debe considerar la instalación de éste en todo el lecho y las bermas de coronación.

Uso de Membranas Impermeables





## 4. ¿Cómo diseñar un humedal artificial?

# 4.1. Componentes del sistema

### 4.1.5. Estructuras de entrada y salida

Las estructuras de entrada y salida de agua son una parte importante del sistema y son determinantes para su funcionamiento.

Estas estructuras deben ser efectivas, autónomas, fáciles de operar y de mantener. Adicionalmente deben ser de fácil acceso, permitir el control de caudales y las tareas de mantenimiento.

Las estructuras más usadas incluyen tuberías perforadas, tuberías con válvulas de compuerta y canales de distribución.

Cada tipo de humedal tiene distintas opciones de Estructuras de Entrada y Salida.



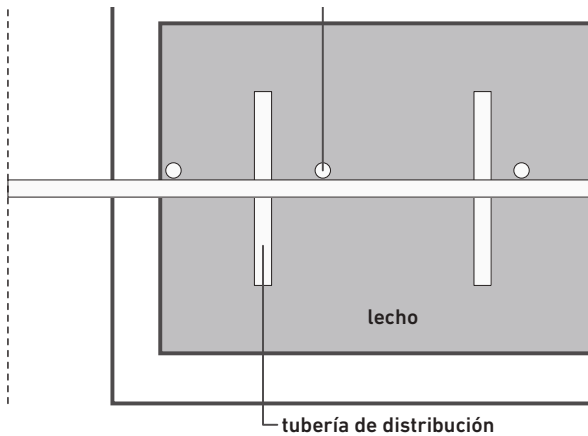
## 4. ¿Cómo diseñar un humedal artificial?

# 4.1. Componentes del sistema

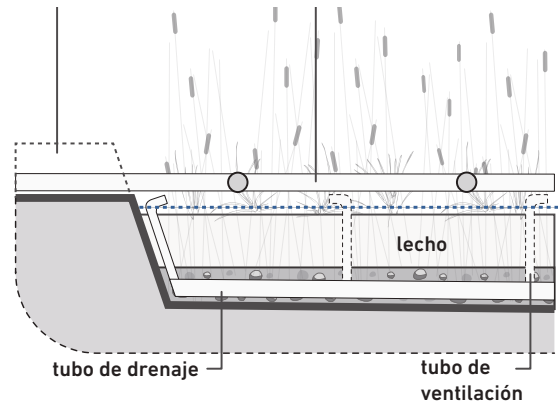
### 4.1.5. Estructuras de entrada y salida

#### Humedal de flujo Subsuperficial Vertical

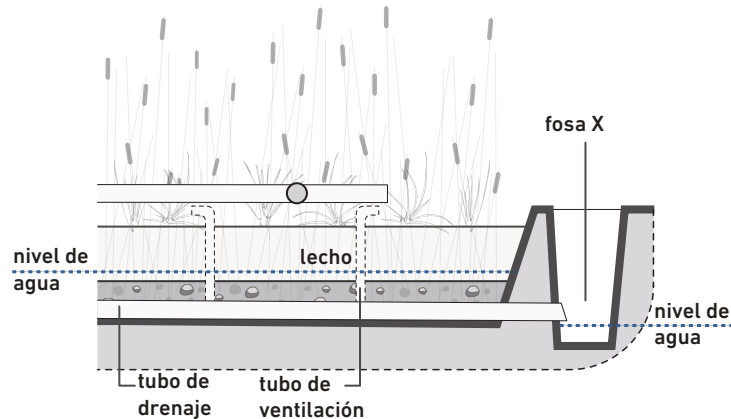
##### Estructura de Entrada



a) tubería principal ramificada



##### Estructura de Salida



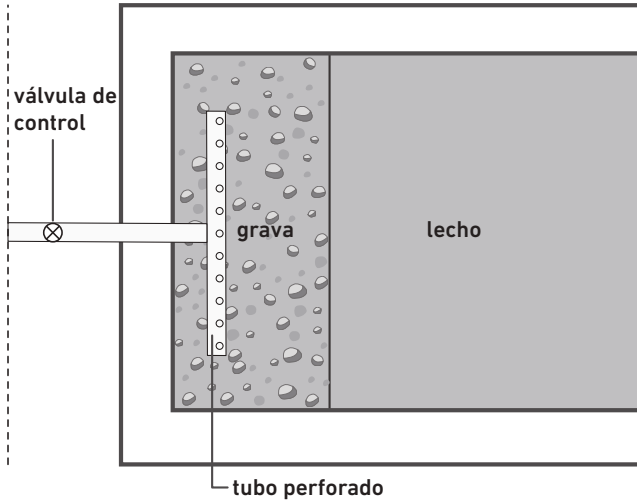
## 4. ¿Cómo diseñar un humedal artificial?

# 4.1. Componentes del sistema

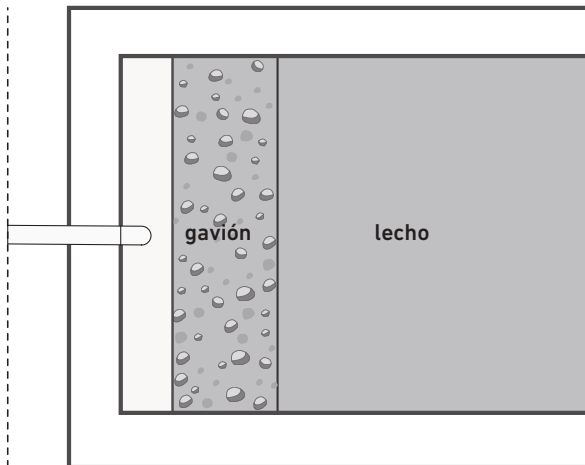
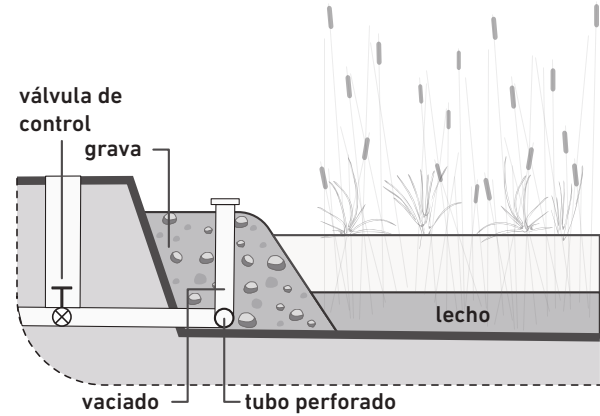
### 4.1.5. Estructuras de entrada y salida

#### Humedal de flujo Subsuperficial Horizontal

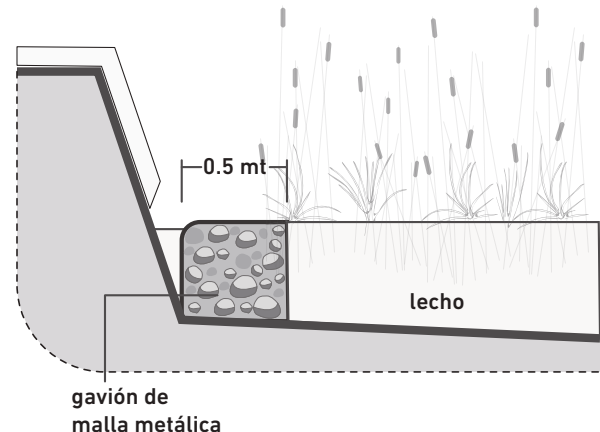
##### Estructura de Entrada



a) tubería perforada sumergida



b) alimentación del gavión





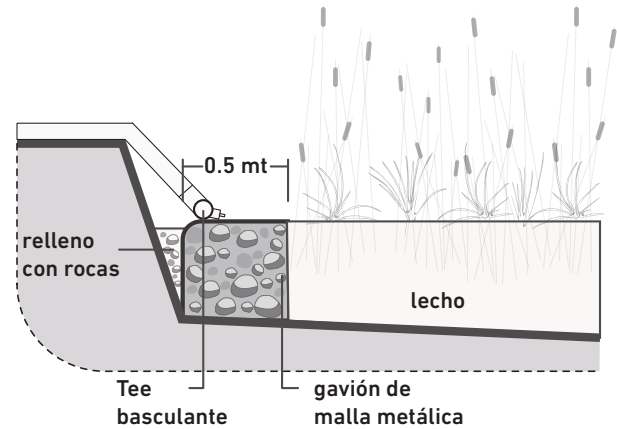
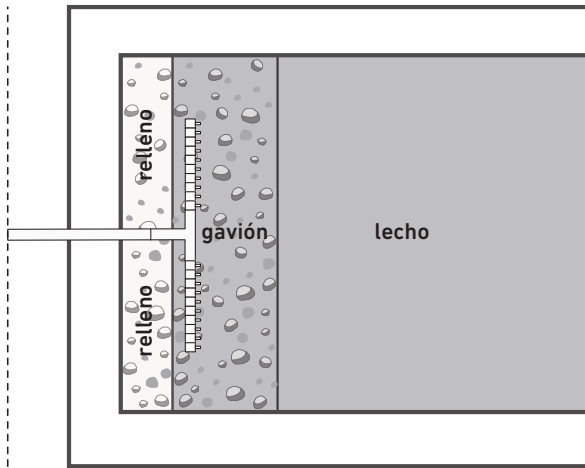
## 4. ¿Cómo diseñar un humedal artificial?

# 4.1. Componentes del sistema

### 4.1.5. Estructuras de entrada y salida

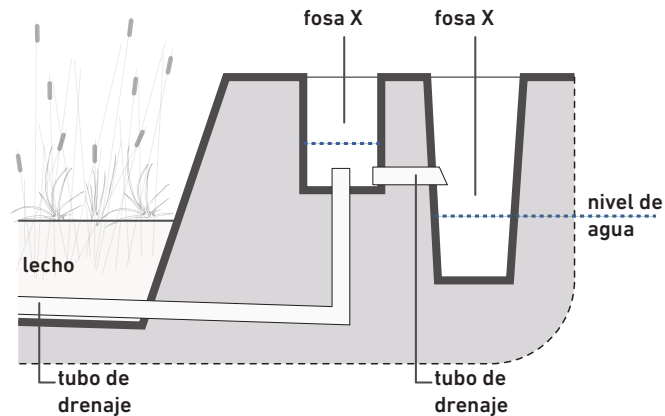
#### Humedal de flujo Subsuperficial Horizontal

##### Estructura de Entrada



c) basculante

##### Estructura de Salida



## 4. ¿Cómo diseñar un humedal artificial?

# 4.1. Componentes del sistema

### 4.1.5. Estructuras de entrada y salida

#### Consideraciones generales para Estructuras de Salida y Entrada

En zonas de inviernos fríos las estructuras de distribución deben ir enterradas para evitar la congelación. Además deben tener aislamiento térmico y algunas veces deben incorporar unidades de calefacción.

En los **humedales de flujo horizontal**, el propósito es lograr una distribución uniforme a través de toda el área transversal del borde de entrada del lecho. En la mayoría de los lechos, se distribuye hacia una zona de entrada de rocas de granulometría graduada.

En los **humedales de flujo vertical**, es fundamental lograr una distribución uniforme por toda el área del lecho. Para ello, las estructuras se componen de un tanque de alimentación intermitente con una red de distribución.



5

¿Cómo  
dimensionar  
y diseñar un  
humedal  
artificial?

## 5. ¿Cómo dimensionar y diseñar un humedal artificial?

### 5.1. Dimensionamiento

El diseño hidráulico de un humedal no es sencillo y **requiere el análisis y cálculo de un experto** para que funcione correctamente.

Sin embargo, es posible realizar una estimación del espacio requerido utilizando una proporción entre el **área requerida y la cantidad de personas** que va a utilizar el humedal.

El **área específica requerida** para humedales artificiales se calcula para diferentes descargas concretas de aguas residuales y una cierta cantidad de población.

La **cantidad de personas** varía según el tipo de humedal.



## 5. ¿Cómo dimensionar y diseñar un humedal artificial?

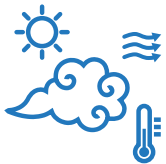
### 5.1. Dimensionamiento

#### Consideraciones para cálculo de superficie

La superficie necesaria de humedal para depurar una cantidad determinada de agua, depende de diversos factores:



**Contaminantes** Tipo y concentración de los contaminantes presentes en el agua, dependiendo de su fuente de origen (domiciliario, industrial, grises, negras, mixtas)



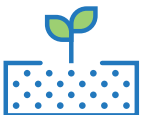
**Condiciones medioambientales.** Éstas variarán según cada emplazamiento (temperatura del agua y del ambiente, régimen pluviométrico, calidad del aire, exposición solar)



**Tipología y Terreno** Tipo de humedal a utilizar, profundidad, proporciones, aislamiento, gradiente del terreno, entre otras.



**Vegetación** Especies de plantas utilizadas, trasplante, densidad, distribución, profundidad de enraizamiento, salud del sistema biótico, etc



**Sustrato** Tipos de sustratos utilizados, granulometría de las gravas, compactación/aireación del material orgánico, calidades, cantidades y distribución de cada uno de ellos.

## 5. ¿Cómo dimensionar y diseñar un humedal artificial?

### 5.1. Diseño

#### **Consideraciones proyectuales para el diseño de un humedal artificial**

Antes de decidir construir un humedal artificial es importante considerar que un adecuado diseño y construcción requiere de un conocimiento especializado que permita realizar adecuadamente los cálculos hidráulicos y de superficies necesarias para la eliminación de los contaminantes, así como también respecto a las estructuras de distribución y recogida de aguas.

Por ello, para la implementación de este tipo de tecnología se recomienda contar con la asesoría de especialistas que puedan definir la características técnico constructivas requeridas según las necesidades y objetivos de cada usuario.





## 5.3. Consideraciones generales

### Consideraciones topográficas

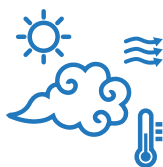


Lo ideal es contar con un terreno de **topografía horizontal uniforme** o con una ligera pendiente de hasta 5%.

Los sistemas de flujo subsuperficial se suelen diseñar y construir con **pendientes de hasta 1%** o levemente superiores.

Es posible construir humedales en terrenos que no tengan las características ya mencionadas, es decir, en un terreno con una topografía irregular. Sin embargo, esto afectará directamente en el costo de construcción final.

### Consideraciones climáticas



Si bien es posible implementar humedales artificiales en zonas de climas cálidos y fríos, la viabilidad del funcionamiento de los sistemas durante el invierno depende de la temperatura del agua en el interior del depósito y de los objetivos de tratamiento.

Por ello, para el uso de esta tecnología en zonas con climas fríos se recomienda la elección de **sistemas de flujo subsuperficial**, debido a que permiten un mayor rendimiento del proceso de tratamiento en estaciones de bajas temperaturas.

6

¿Cómo se  
implementa un  
humedal  
artificial?

## 6. ¿Cómo se implementa un humedal artificial?

### 6.1. Construcción de un humedal

El proceso de construcción implica la delimitación y excavación de los lechos, la impermeabilización, el relleno de sustratos, la construcción de las estructuras de entrada y salida y la plantación de la vegetación escogida.

Para la delimitación y excavación de los lechos se usan procedimientos y técnicas estándar utilizadas en la ingeniería civil, que incluyen trabajos de preparación de terreno, nivelación y compactación de este.

Para impermeabilizar el fondo del lecho se debe seleccionar la membrana en función de la disponibilidad y costo. Es importante evitar que ésta se perfore durante la instalación y posteriores actividades de construcción. Si la base del terreno contiene rocas angulares se recomienda colocar una capa de arena por debajo de la membrana para nivelarla.



## 6. ¿Cómo se implementa un humedal artificial?

### 6.1. Construcción de un humedal

Por lo general, una vez instalada la membrana impermeabilizante, se comienza a rellenar de sustratos al mismo tiempo que se disponen los mecanismos de entrada y salida.

Se debe lavar el sustrato para eliminar la tierra y otros finos que pueden contribuir a la obstrucción de éste.

En humedales de flujo horizontal, antes de disponer los sustratos se recomienda definir claramente las zonas de entrada y salida.

En humedales de flujo vertical, antes de instalar los sustratos se recomienda marcar adecuadamente las capas de distinto tamaño que conformaran el sistema.



## 6. ¿Cómo se implementa un humedal artificial?

# 6.1. Construcción de un humedal

### 6.1.1. Plantado de especies vegetativas

El proceso de plantado se inicia con:

- a-** La selección de la vegetación a utilizar. Una de las prioridades es que la selección de plantas sean de origen local, ya que necesitarán adaptarse a las condiciones climáticas de la zona.
- b-** La vegetación del humedal debe ser plantada en fase adulta, cuando el follaje está desarrollado, con el objeto de que pueda cumplir su función de depuración en el humedal y no sea necesario esperar su crecimiento.
- c-** La cantidad de vegetación a sembrar dependerá de la proporción del área total del lecho a plantar y de la densidad de éstas en un humedal.



## 6. ¿Cómo se implementa un humedal artificial?

# 6.1. Construcción de un humedal

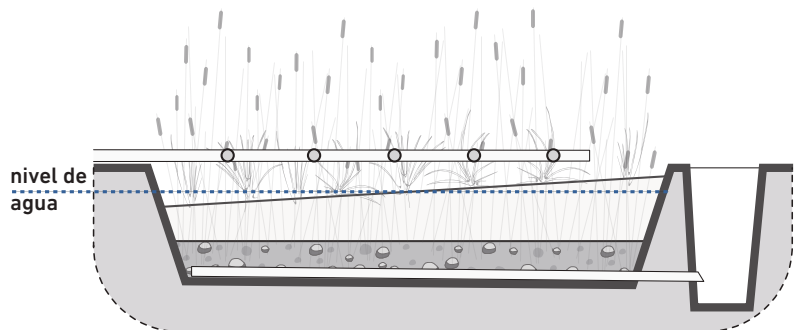
## 6.1.1. Plantado de especies vegetativas

### Consideraciones importantes

#### 01. Nivelación del lecho

Previo al proceso de plantado, recomendamos llenar el humedal con agua para así inundar el lecho. Esto nos permite verificar y corregir posibles desniveles. Una vez que este problema esté resuelto, reduciremos el nivel del agua y comenzaremos a plantar.

nivelación de agua y terreno





## 6. ¿Cómo se implementa un humedal artificial?

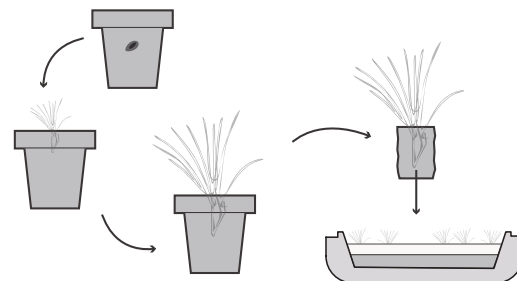
# 6.1. Construcción de un humedal

## 6.1.1. Plantado de especies vegetativas

### Consideraciones importantes

#### 02. Cultivar plantas en macetas

Para que las plantas crezcan y se fortalezcan más rápido en el humedal, es recomendable que plantes las semillas en un macetero aparte, y que luego las trasplantes en el lecho con el mismo sustrato de las macetas.



#### 03. Evitar secado

Las plantas deben tener suficiente humedad durante el transporte y plantado. Adicionalmente, el humedal debe estar saturado después del plantado (lleno de agua). El nivel del agua del humedal debe ser alto (por encima del nivel), hasta que las plantas estén en buen estado. Las malezas que aparezcan en los lechos deben ser removidas manualmente o, en caso de infestación, se eliminan subiendo el nivel del agua dentro del lecho.

7

¿Cómo se  
opera y  
mantiene un  
humedal  
artificial?

## 7. ¿Cómo se opera y mantiene un humedal artificial?

### 7.1. Control de la vegetación

Para tener un control y funcionamiento ideal de las especies vegetativas en el Humedal, recomendamos tomar en consideración las siguientes etapas:

#### **Después de plantarse**

Después de la primera estación de crecimiento se debe verificar que las plantas estén vivas. Si hay sitios dentro del humedal donde la densidad de plantas no haya alcanzado al menos 2 plantas/m<sup>2</sup> se debe replantar el humedal.

#### **Retiro de malezas**

En caso de que aparezcan otras plantas tales como ortigas, sauces o similares, deben ser removidas manualmente, procurando no afectar el sistema radicular de las plantas (raíces).

#### **Poda**

No es necesario retirar el material vegetal muerto que se deposita en la superficie, sin embargo, si lo haces es recomendable recogerlo en primavera, ya que éste actúa como aislación térmica para la vegetación, previniendo el daño por bajas temperaturas. La poda se debe hacer manualmente y sin usar máquinas pesadas. Los cortes se harán dependiendo de las plantas seleccionadas en el humedal.

## 7. ¿Cómo se opera y mantiene un humedal artificial?

### 7.2. Calidad del agua, cañerías y sistema de pretratamiento de aguas

Para tener un control y funcionamiento ideal se recomiendan las siguientes etapas:

#### **a- Mantenión rejas de desbaste.**

Este artefacto debe ser vigilado y limpiado cada cierto tiempo, para evitar su colmatación o que los sólidos orgánicos filtrados se descompongan causando malos olores.

#### **b- Las fosas sépticas se deben vaciar y limpiar periódicamente para poder eliminar el lodo.**

Ésta debe ser limpiada cuando la acumulación de lodo orgánico excede el 30% del volumen útil de la fosa. Si no se realiza una limpieza existe la posibilidad de que el agua que ingrese al humedal contenga una alta cantidad de sólidos en suspensión, alterando el funcionamiento de éste y afectando la calidad del agua tratada.

#### **c- Llenado con agua.**

Una vez retirados los fangos y las grasas, el tanque de sedimentación debe llenarse hasta  $\frac{3}{4}$  de su volumen. El agua de llenado del tanque de sedimentación debe ser de pH neutro y usar el mínimo posible de químicos floculantes, para no afectar el funcionamiento del humedal.

En cualquier caso, siempre es importante el cuidado en el uso de los artefactos sanitarios y evitar la descarga de sustancias y residuos que dañen los sistemas de tratamiento.

## 7. ¿Cómo se opera y mantiene un humedal artificial?

### 7.2. Calidad del agua, cañerías y sistema de pretratamiento de aguas

#### **d- Lavado a presión de las tuberías de distribución y recogida de aguas.**

Las tuberías de distribución y recogida de aguas se deben lavar a alta presión, con una regularidad de, por ejemplo, una vez al año, para eliminar el fango que se haya acumulado en las tuberías o para limpiar los orificios que podrían haberse obstruido.

#### **e- Inspección de servicio.**

Todos los componentes mecánicos del sistema deben revisarse estrictamente de acuerdo a las recomendaciones del proveedor y, al menos, una vez al año.