



Fig. 1: Localización del proyecto.

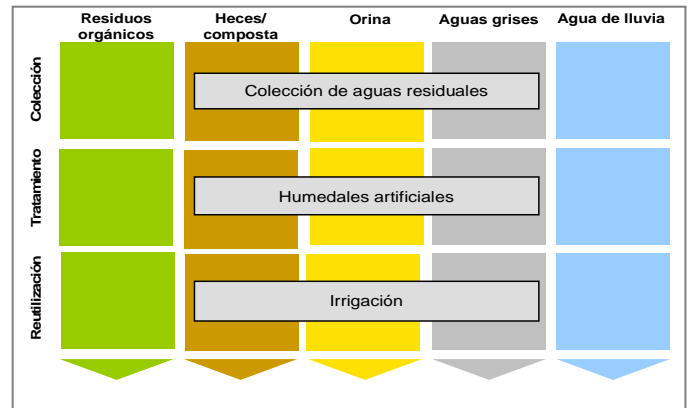


Fig. 2: Componentes de saneamiento aplicado en este proyecto.

## 1 Datos generales

### Tipo de Proyecto:

Proyecto piloto de humedales artificiales, para reuso de aguas residuales tratadas en una escuela peri-urbana.

### Periodo del proyecto:

Inicio de la planificación: febrero 2008  
Inicio de la construcción: abril 2009  
Inicio de la operación: agosto 2009  
Inicio del monitoreo: diciembre 2009

### Escala del proyecto:

El diseño se realizó para tratar los efluentes generados por 200 alumnos que estudian en el colegio Toni Real Vincens, generando 2 m<sup>3</sup>/día de agua residual doméstica.

### Dirección y localización del proyecto:

Colegio Toni Real Vincens  
Asentamiento Humano El Milagro  
Cerca al Botadero Controlado Municipal  
Trujillo, Perú

### Instituciones Planificadoras:

Universidad de Islas Baleares, Palma de Mallorca, España;  
Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

### Financiamiento

Cooperación Universitaria al Desarrollo - Gobernación de Islas Baleares;  
Universidad de Islas Baleares;  
Universidad Nacional Agraria La Molina

## 2 Objetivos del proyecto

El objetivo del proyecto era contribuir con el mejoramiento de las condiciones de enseñanza en el colegio "Toni Real Vincens", El Milagro-Trujillo, a través del tratamiento y aprovechamiento de las aguas residuales producidas, para la generación de áreas verdes en el entorno del colegio.

Los objetivos específicos fueron:

1. Construir un modulo de tratamiento con humedales artificiales.
2. Reducir el consumo de agua potable para riego y el costo implícito.
3. Proveer un modelo de planta de tratamiento para ser replicado en otros colegios de la zona y en asentamientos humanos carentes de servicios de saneamiento.
4. Disponer de una infraestructura destinada a la investigación y educación.
5. Aplicar los resultados de la experiencia para mejorar los modelos de diseño con humedales artificiales en el país.

## 3 Localización y condiciones generales

El colegio se halla localizado en una zona desértica costera próxima a la ciudad de Trujillo, en el norte del Perú. Las precipitaciones son escasas, y por encontrarse en una zona periurbana con altos niveles de pobreza, carece de servicios de agua potable y saneamiento. Actualmente el colegio se aprovisiona de agua mediante camiones cisterna, y hasta antes del inicio del proyecto, los desagües eran descargados al suelo mediante pozos de infiltración.



Fig. 3: Vista de los alrededores del colegio (R. Miglio, 2009).

#### 4 Historia del proyecto

La ciudad de Trujillo presenta un grave problema de gestión de residuos sólidos y mantiene un botadero a cielo abierto en las afueras de la ciudad. En este lugar trabajan niños y adultos extremadamente pobres, en la recolección y selección de basuras.

Las Hermanas Franciscanas, junto con la ayuda de Caritas Trujillo y otras instituciones como la ONG Voluntaris de Mallorca (VdM), han construido a lo largo de los últimos tres años el colegio "Toni Real Vincés", para atender los estudios de numerosos niños provenientes de los alrededores del botadero. El colegio ha ido creciendo progresivamente, actualmente cuenta con cerca de 200 alumnos inscritos, y presenta aun problemas en la atención de sus servicios básicos. Uno de los problemas principales es la escasa disponibilidad de agua potable, debiéndose comprar cada 15 días agua de un camión cisterna; esto genera que el consumo de agua sea bastante reducido por el costo, dado que cada metro cúbico de agua cuesta cinco nuevos soles (\$ 1.74), debiéndose restringir todo tipo de actividades en el colegio lo que imposibilita tener áreas verdes.

Por iniciativa de la Universidad de Islas Baleares y en convenio con la Universidad Nacional Agraria La Molina se obtuvieron fondos de la V Convocatoria de Ayudas de Cooperación Universitaria al Desarrollo del gobierno de Islas Baleares, para desarrollar un proyecto que permita tratar las aguas residuales producidas por las diferentes actividades realizadas en el colegio y reusarlas en el riego de áreas verdes y especies forestales.

Dentro de las opciones presentadas a la directora del colegio, se sugirió la instalación de baños secos para reducir el consumo de agua y el nivel de contaminación, sin embargo la propuesta no fue aceptada por temor a la generación de olores en los servicios.

#### 5 Tecnologías aplicadas

En el marco del proyecto se planteó la instalación de una planta de tratamiento mediante la tecnología de humedales artificiales subsuperficiales de flujo horizontal. Se utilizaron dos especies vegetales comunes en la zona, la totora (*Scirpus californica*) y el paraguaitas (*Cyperus alternifolius*). Esta opción tecnológica se eligió en vista que en el lugar hay niños que juegan en todas partes, debiendo evitarse: olores desagradables, presencia de vectores (zancudos u otros), y contacto con el agua tratada. Adicionalmente el humedal genera una vista agradable al convertirse también en un área verde.

**Tabla 1:** Instalaciones y consumo de agua (C. Amengual, 2007)

Año	2007		Horizonte 2008*	
	No.	Consumo de agua	No.	Consumo de agua (l/d)
Cocina		130		208
Limpieza		27		43
Duchas	5		9	514
Lavabo	18	20	32	240
WC	14	714	31	1142
Riego		329	Con agua tratado	
<b>Total</b>		<b>891</b>		<b>2147</b>

\* El levantamiento de información se hizo en 2007. El "horizonte 2008" es la proyección del crecimiento de estudiantes para 2008 que hicieron en 2007.

El lugar no cuenta con red de agua potable, la institución compra agua de un camión-cisterna cada 15 días, almacenando un volumen de 22 m<sup>3</sup> en un tanque elevado de dicha capacidad, por lo que se estima un volumen máximo de consumo de 44 m<sup>3</sup> mensuales. Para efectos de diseño y proyección de las unidades de tratamiento de aguas residuales en el complejo, se trabajara con el volumen máximo, considerando que se tienen solo 22 días de atención en el colegio (no se trabaja los fines de semana), los que permite estimar un caudal diario de 2 m<sup>3</sup> que sirve para atender los siguientes servicios demostrado en Tabla 1.



**Fig. 4:** Especies vegetales utilizadas (R. Miglio, 2009).

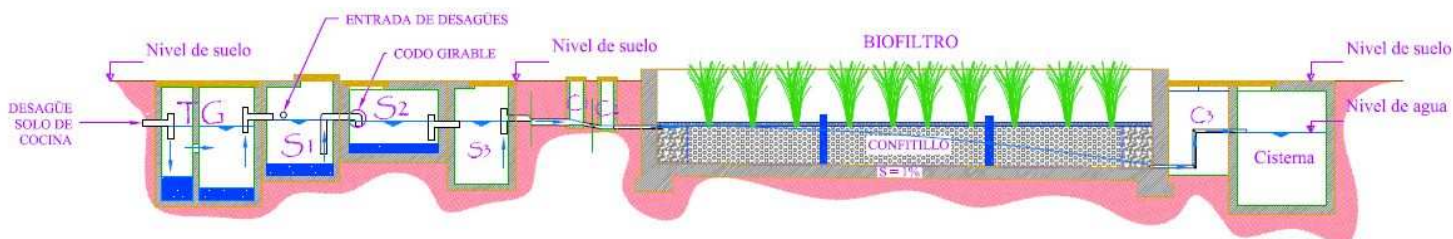


Fig. 5: Vista de corte del sistema de tratamiento (B. Villafranca, R. Miglio). Por detalles: tabla 3.

## 6 Información del diseño

Tabla 2: Datos técnicos de los humedales artificiales. (Diseñado por B. Villafranca, R. Miglio)

Datos	Numero	Unidad
Población	200	alumnos (profesores, personal de servicio)
Volumen de desagüe proyectado	40	m <sup>3</sup> /mes
Nº de días con actividad	22	días/mes
Caudal	1.82	m <sup>3</sup> /día

La planta incluye un tratamiento preliminar mediante una cámara atrapagrasas, 3 tanques sedimentadores, seguidos por el humedal subsuperficial de flujo horizontal; y es complementado con una cisterna para almacenamiento del agua tratada y una bomba de mecate para elevar el agua hacia un tanque elevado desde donde se distribuye para el riego.

Tabla 3: Dimensiones de cada humedal artificial. (B. Villafranca)

Unidad	Dimensiones útiles [largo (m) x ancho (m) x altura (m)]	Volumen útil (m <sup>3</sup> )	Observaciones
Trampa de grasa	1.4 x 0.6 x 1.18	1.00	Cámara de concreto
Cámara de sedimentación 1	1.43 x 1.27 x 0.51	0.926	Cámara de concreto reforzado
Cámara de sedimentación 2	1.73 x 1.65 x 0.53	1.513	Cámara de concreto reforzado
Cámara de sedimentación 3	1.04 x 1.45 x 1.00	1.513	Cámara de concreto reforzado
Caja de registro	0.60 x 0.40 x 0.10	0.002	Caja de concreto
Humedal	3.20x7.95x0.64	16.282	Paredes y fondo de concreto
Cisterna	1.46x1.45x 1.07	2.265	De concreto reforzado
Tanque elevado	Ø 0.50 x h=1.40	1.1	Prefabricado de polietileno

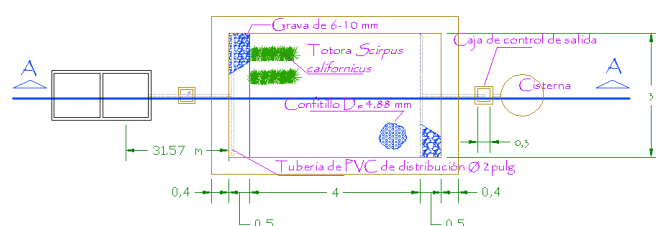


Fig. 6: Vista de planta del sistema de tratamiento (B. Villafranca, R. Miglio). Se ven en esta figura solamente dos cámaras de sedimentación porque en el proyecto inicial solo se tenían dos cámaras y un atrapagrasas. Luego de operar unos meses, las tuberías de entrada al humedal comenzaron a atorarse, y entonces se decidió instalar una cámara de sedimentación adicional.

Para el lecho del humedal se buscaron muestras del material propio de la zona, eligiéndose confitillo con un coeficiente de uniformidad (CU) igual a 1.5, un diámetro efectivo  $D_{10}$  igual a 4.88 mm, porosidad de 42.2 % y conductividad hidráulica de 4893 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> día. El confitillo se aplicó en todo el lecho, a excepción de la zona de ingreso y salida, donde se utilizó grava de 6 a 8 mm de diámetro. El material se instaló tal como se muestra en la Fig. 5 y 6.

Inicialmente se pensó usar geotextil para revestir el fondo del humedal, sin embargo, no se contaba en la zona con mano de obra especializada en su instalación. Por esta razón se decidió utilizar concreto, lo que elevó los costos del sistema.

## 7 Tipo y nivel de reutilización

El agua residual tratada, es almacenada en una cisterna donde se desinfecta con cloro. La cantidad de cloro usada por litro de agua tratada no está conocida. La concentración recomendada es 0.5-1ppm. Debido a las condiciones topográficas de la zona (terreno plano), la salida del agua del humedal esta a 0.74 m por debajo del nivel del terreno, lo que ha obligado a la instalación de una bomba.

La falta de fluido eléctrico en la zona hizo necesario instalar una bomba manual, eligiéndose una bomba de mecate, la cual eleva el agua residual tratada y desinfectada, hasta un tanque elevado desde donde se aplica el riego con manguera, para especies forestales y algunos frutales de tallo alto.



**Fig. 7:** En primer plano el humedal, en la parte posterior la bomba de mecate y a la izquierda el tanque elevado (R. Miglio, 2009).

### 8 Componentes adicionales

Paralelamente a la construcción del sistema de tratamiento, se realizó un taller para la capacitación de los niños y profesores del colegio, así como profesores de colegios vecinos e interesados del lugar. El taller fue dirigido por los coordinadores de las universidades involucradas en el proyecto, y se trabajaron los siguientes temas:

- El origen del agua y la importancia de cuidarla.
- La salud y el agua, hábitos de higiene.
- El tratamiento de desagües con humedales y su reuso.

El objetivo fue involucrar a los alumnos y docentes en la instalación, cuidado y operación de humedal.



**Fig. 8:** Niños participando en el sembrado de plantas en el humedal (B. Villafranca, 2009).

### 9 Costos y economía

Para el año de la construcción (2009), el costo de materiales fue de S/. 11,510 (once mil cinco cientos diez soles) y mano de obra para la construcción de la planta de tratamiento fue de 6,520 (seis mil cinco cientos veinte soles); en total S/. 18,030 (dieciocho mil cuatrocientos treinta soles) o al tipo de cambio \$ 6,513 (seis mil cinco cientos trece dólares americanos).

Los costos de operación y mantenimiento no están conocidos exactamente. Mensualmente se paga a un muchacho S/. 350 pero le da mantenimiento a todo el colegio y no solamente al sistema sanitario y tratamiento de las aguas residuales.

### 10 Operación y mantenimiento

Una vez concluida la construcción, se prepararon cartillas con recomendaciones para la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento. Esta labor es realizada por el personal que labora en el colegio.

Luego de instalada, se presentaron algunas dificultades para operar la bomba de mecate, pues demanda mucho esfuerzo para elevar el agua, lo que amerita una revisión de su diseño. La bomba es operada por el personal de limpieza del colegio quien la hace funcionar hasta llenar el tanque elevado; rehusándose toda el agua residual tratada.

### 11 Experiencia práctica y lecciones aprendidas

La elección del sistema de tratamiento, fue una actividad consensuada con el personal directivo del centro educativo quien apoyó activamente durante la ejecución del proyecto. Sin embargo se considero importante involucrar a los otros actores locales: profesores, alumnos, y visitantes del colegio a quienes se capacitó sobre el funcionamiento del sistema. Se buscaron materiales locales a fin de abaratar costos en la construcción, y la experiencia de la mano de obra propia de la zona.



**Fig. 9:** Vista del humedal luego de 9 meses de instalación, se observan las áreas verdes generadas por el riego con agua tratada (H. Esquerre, 2010).

### 12 Criterios de sostenibilidad del saneamiento

Para definir el sistema de tratamiento, se evaluaron diferentes opciones, buscando aquella con mayor sostenibilidad en el tiempo y con la generación de menores impactos. Algunos de los criterios utilizados para la sostenibilidad fueron: operación por gravedad, no usar energía eléctrica, facilidad de mantenimiento, cuidado de la salud e higiene. Respecto a la minimización de impactos se buscó que no se generaran olores, reducir la presencia de insectos vectores y evitar el probable contacto de los estudiantes con el agua residual.

Los beneficios encontrados, fueron el sembrado de más de 200 árboles regados con el desagüe tratado, reduciéndose el uso de agua potable y el costo asociado. Las condiciones del entorno mejoraron en el centro educativo, generándose un ambiente más agradable para los niños.

El colegio cuenta con un área demostrativa que es visitada por otras instituciones que quieren replicar esta experiencia.

Una evaluación básica (Tabla 4) ha sido realizada para indicar en cuál de los cinco criterios de sostenibilidad (según el documento 1 de visión de SuSanA) tiene sus fortalezas este proyecto y cuales aspectos reciben suficiente énfasis (debilidades).

**Tabla 4:** Indicaciones cualitativas de un sistema sostenible. Una cruz en la columna respectiva muestra la evaluación de la sustentabilidad relativa del proyecto (+ significa: aspecto fuerte en este proyecto; o significa: fuerza promedio en este aspecto y - significa: sin énfasis en este aspecto).

Criterio de sostenibilidad	Colección y transporte			Tratamiento			Transporte y reutilización		
	+	o	-	+	o	-	+	o	-
• Salud e higiene	X			X			X		
• Medio ambiente y recursos naturales		X			X		X		
• Tecnología y mantenimiento	X			X			X		
• Financiamiento y economía		X			X		X		
• Socio-cultural e institucional	X			X			X		

**Criterios de sostenibilidad del saneamiento:**

**Salud e higiene** incluye el riesgo de exposición a patógenos y sustancias peligrosas, y la mejora al bienestar lograda por la aplicación de cierto sistema de saneamiento.

**Medio ambiente y recursos naturales** implica los recursos necesarios en el proyecto y también el grado de reciclaje y reutilización practicado y sus efectos

**Tecnología y mantenimiento** se relacionan a la funcionalidad y facilidad de la construcción, operación y supervisión del sistema y también la robustez y la adaptabilidad de los sistemas existentes

**Financiamiento y economía** incluye la capacidad de los hogares y comunidades de cubrir los costos de saneamiento y también el beneficio, e.g. de fertilizantes y el impacto externo en la economía.

**Aspectos socio-culturales e institucionales** se refieren a la aceptación socio-cultural y a que tan apropiado es el sistema, percepciones, aspectos de género y conformidad con los marcos legales e institucionales.

Para más detalles ver el documento de la visión de SuSanA: "Towards more sustainable solutions" ([www.susana.org](http://www.susana.org)).

**13 Documentos disponibles y referencias**

1. Villafranca M, Blanca. Tesis de pre-grado. "Diseño y evaluación de la implementación de un humedal artificial como sistema de tratamiento de las aguas residuales del colegio "Toni Real Vincens" en el AAHH El Milagro-Huanchaco, La Libertad. Tesis de pregrado. Facultad de Ingeniería Agrícola. Universidad Nacional Agraria la Molina (en etapa de publicación).

**14 Instituciones, organizaciones y personas de contacto**

**Universidad Nacional Agraria La Molina (Diseño y monitoreo del sistema):**

Rosa Miglio Toledo y Blanca Villafranca Marchand  
Av. La Molina s/n La Molina  
Lima, Perú  
E: [rmiglio@lamolina.edu.pe](mailto:rmiglio@lamolina.edu.pe)  
y [bvillafrancamarchand@gmail.com](mailto:bvillafrancamarchand@gmail.com)  
I: [www.lamolina.edu.pe](http://www.lamolina.edu.pe)

**Universidad de Islas Baleares (Diseño y capacitación en uso del sistema):**

Caterina Amengual Morro y Antoni Martínez Taberner  
Crta. Valldemossa, Km 7,5  
0712 Palma de Mallorca, España  
E: [caterina.amengual@uib.cat](mailto:caterina.amengual@uib.cat)  
y [antoni.martinez-taberner@uib.cat](mailto:antoni.martinez-taberner@uib.cat)  
I: [www.uib.es/es/](http://www.uib.es/es/)

**Colegio Toni Real Vincens (Dueño del sistema):**

Catalina Vallespir Llompart  
Asentamiento El Milagro  
Trujillo, Perú  
E: [cavalloperu@hotmail.com](mailto:cavalloperu@hotmail.com)

**Case study of SuSanA projects**

*"Reuso de efluentes de un sistema de humedales artificiales, Trujillo, Perú"*

**SuSanA 2011**

Autor: Rosa Miglio Toledo (Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Peru)

Edición y revisión: Martina Winker, Stefanie Holzwarth (ambas GIZ Germany; [ecosan@giz.de](mailto:ecosan@giz.de))

**© Alianza de saneamiento sostenible**

Todo el material de SuSanA es gratuito y disponible como parte de un concepto de código abierto para la capacitación y uso no lucrativo, con la condición de su apropiado reconocimiento a las fuentes. Usuarios de esta información deben dar en todo momento crédito al autor original, fuente o dueño de derechos en sus citas.

Este documento está disponible en:  
[www.susana.org](http://www.susana.org)