

**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE ARQUITECTURA**

**Llamado interno a proyectos de iniciación a la
investigación**

INFORME

**SANEAMIENTO PARA ESCUELAS
RURALES AISLADAS**

Técnicas apropiadas para el tratamiento y la
disposición segura de efluentes líquidos en
escuelas rurales aisladas mediante generación
de biomasa útil.

Autora: Bach. Verónica Ulfe Raimondo

Estudiante Colaborador Honorario - Cátedra de Acondicionamiento
Sanitario

Docente Grado 1 – Departamento de Estabilidad – Instituto de la
Construcción

Tutor: MSc. Arq. Eduardo Brenes Wittenberger

Docente Grado 4 – Cátedra de Acondicionamiento Sanitario

Setiembre 2009

INDICE

PAG. 4 - INTRODUCCIÓN

- Fundamentación y antecedentes**
- Objetivos generales de la investigación**
- Objetivos específicos de la investigación**
- Actividades de la investigación**
 - Primera etapa
 - Segunda etapa
 - Tercera etapa

PAG. 9 - 1- ELECCIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS DE ESCUELAS RURALES A ESTUDIAR

PAG. 12 - 2- ESTUDIO DE LA SOLUCIÓN ACTUAL AL TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS Y ANÁLISIS DE LAS OPORTUNIDADES

- Identificación de dificultades y oportunidades**
- Análisis de casos reales**
 - Escuela Rural N° 57 – Canelones
 - Escuela Rural N° 53 - Canelones
 - Escuela Urbana N° 44 - Soriano
- Análisis de alternativas**
 - Alternativa 0 - Funcionamiento en las condiciones actuales
 - Alternativa 1 – Conducción por gravedad hacia lodos activados o de estabilización química y disposición final en el terreno
 - Alternativa 2 – Conducción por gravedad hacia filtro percolador o biológico y disposición final en el terreno
 - Alternativa 3 – Conducción por gravedad hacia humedal construido y disposición final en el terreno
- Comparación de alternativas**

PAG. 25 - 3- DESARROLLO DE PROYECTOS PROTOTÍPICOS PARA EL TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS

- Los humedales y su capacidad depuradora**
- El humedal construido como sistema natural de tratamiento**
- Plantas hidrófilas en la depuración de efluentes líquidos**
- Sistema de Flujo Sub-superficial**
 - 1) Inicio: Cámara de inspección inicial
 - 2) Pre-tratamiento: Cámara séptica (tratamiento primario)
 - Dimensionado**
 - Cámara séptica de cámara única
 - Cámara séptica de dos cámaras en serie
 - Cámara séptica de anillos de hormigón
 - 3) Tratamiento: Humedal construido (tratamiento secundario)
 - Dimensionado**
 - Proceso de construcción del humedal construido**
 - Transplante de plantas emergentes**
 - 4) Postratamiento y disposición final: Campo de infiltración, batea de postratamiento o estanque
- Procedimiento de operación y mantenimiento de un Sistema de Flujo Sub-superficial**
- Métodos para la evaluación de la eficiencia del sistema**

**Desarrollo de un proyecto prototípico para el tratamiento y
disposición de los efluentes líquidos en escuelas rurales de la Tipología A
Desarrollo de un proyecto prototípico para el tratamiento y
disposición de los efluentes líquidos en escuelas rurales de la Tipología B
Comparación económica en la implementación de sistemas con
depósitos impermeables y sistemas de flujo sub-superficial.**

Recursos necesarios para el mantenimiento de un sistema con Depósito
Impermeable

Recursos necesarios para la construcción de un Sistema de Flujo Sub-
superficial

**PAG. 55 - 4- MANUAL PARA USO DE TÉCNICOS, MAESTROS Y
ALUMNOS**

PAG. 56 - CONCLUSIONES

PAG. 57 - PRÓXIMAS ACTIVIDADES

PAG. 58 - ANEXOS

Entrevistas realizadas

Entrevista con representante del Departamento de Educación
para el medio rural (Consejo de Educación Primaria, A.N.E.P)

Entrevista con representante del Directorio de O.S.E.

Entrevista con representante del Departamento de
Infraestructura, Área Proyectos (A.N.E.P.)

**Listado de escuelas rurales con dificultades para acceder al
agua potable (fuente: O.S.E.)**

Formularios de escuelas visitadas

Decreto 259/79

Informe de Ensayo – Escuela Rural N° 57 – Canelones

**Etapas para la construcción del Sistema de Flujo Sub-
superficial**

PAG. 79 - GLOSARIO

PAG. 81 - AGRADECIMIENTOS

PAG. 82 - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**PAG. 83 - RECAUDOS GRÁFICOS DE PROYECTOS
PROTOTÍPICOS PARA EL TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE
EFLUENTES LÍQUIDOS EN ESCUELAS RURALES DE LAS
TIPOLOGÍAS A Y B**

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo profundiza en la técnica de los humedales construidos o wetlands para el tratamiento y la disposición de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas que no cuentan con servicio de saneamiento público.

Se estudian las posibilidades de tratamiento y disposición de efluentes de distintas tipologías de escuelas rurales de modo de erradicar los problemas derivados del funcionamiento deficiente de los sistemas convencionales de saneamiento implantadas actualmente aportando una solución alternativa para generar la mayor cantidad de beneficiarios directos (usuarios de las escuelas) e indirectos (vecinos de la zona) considerando el control de la gestión y procesos de transferencia tecnológica.

La opción por sistemas seguros para el tratamiento y la disposición de efluentes líquidos en zonas rurales de nuestro territorio ha sido particularmente descuidada por parte de las autoridades competentes y de los marcos normativos que las regulan. En particular para el caso de escuelas rurales aisladas los sistemas de saneamiento utilizados no garantizan la seguridad de los usuarios en cuanto a evitar enfermedades de transmisión hídrica, degradación del ambiente y afectación de ecosistemas deseables con criterios de desarrollo sostenible¹. Este estado de la realidad demuestra la necesidad de contar con criterios específicos para implementar sistemas de saneamiento para gestionar de manera segura y económica las aguas residuales en las condiciones de construcción de nuestro medio.

Las técnicas apropiadas para el tratamiento y disposición de efluentes líquidos, utilizadas con resultados satisfactorios a nivel nacional e internacional, no se encuentran en nuestro medio al alcance de técnicos y usuarios para su uso generalizado de manera que, a la hora de definir los sistemas de saneamiento, se opta por lo ya conocido a pesar de las limitaciones que esto conlleva.

La generación de prototipos de sistemas apropiados para el tratamiento y disposición de efluentes líquidos aplicables a distintas tipologías de escuelas rurales aisladas y de un Manual para uso tanto de técnicos como de usuarios (alumnos, docentes, padres y vecinos) constituirá una herramienta para mejorar la capacidad y calidad de los sistemas implementados.

En la implementación de los sistemas se considera la participación de los diversos actores involucrados, en particular de los usuarios de las escuelas, de manera de constituir instancias de educación ambiental con la posibilidad de que las experiencias puedan ser reproducidas en otros establecimientos de la comunidad rural.

En el Manual se proponen actividades para cada uno de los actores en la implementación y gestión de sistemas alternativos al convencional para el tratamiento y disposición de efluentes líquidos explicitando la responsabilidad de los distintos interlocutores y las expectativas para cada etapa.

¹ El desarrollo sostenible se asume como "Aquel desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades" según lo establecido en los principios de la denominada "Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo" elaborada en la Cumbre de la Tierra de la Naciones Unidas en Río de Janeiro en 1992.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Finalmente, consideramos a las "técnicas apropiadas" según las define el Centro Uruguayo de Tecnologías Apropiadas (CEUTA) cuando "... son apropiadas al ambiente, apropiadas para la tarea y apropiadas por la gente. Para ser apropiadas al ambiente tienen que utilizar recursos renovables y no sobrepasar la capacidad de carga de los ecosistemas en los que se insertan. Para ser apropiadas para la tarea tienen que dar respuesta al problema

-productivo o doméstico- de que se trate de manera eficaz, eficiente y generando riqueza. Finalmente, para ser apropiadas por la gente, tienen que ser de bajo costo, de fácil manejo y manutención, de sencilla comprensión y reproducibles a escala local."

Fundamentación y antecedentes

El sistema más generalizado de tratamiento y disposición de efluentes líquidos en escuelas rurales es el de cámaras sépticas. En ellas se produce el tratamiento primario de los efluentes mediante la sedimentación de elementos medianos y la acción de bacterias anaeróbicas. Este sistema requiere relativamente poco espacio para su implementación e implica el mantenimiento periódico por parte de empresas de servicios barométricos.

En el caso particular de las escuelas rurales aisladas, muchas veces los servicios barométricos no pueden acceder a los establecimientos debido a la precariedad o inexistencia de caminos. Es así que el sistema no siempre es construido para funcionar adecuadamente porque de antemano no se prevé las dificultades inherentes a la forma de gestionarlos y, al conducir los efluentes a pozos filtrantes o con robadores que permiten su infiltración al terreno, el mantenimiento por parte de los servicios barométricos se realiza muy esporádicamente o directamente no se realiza. Cuando los efluentes son conducidos a depósitos impermeables, las dificultades para vaciarlos regularmente desencadenan en desbordes. La constante infiltración de efluentes sin depurar que durante períodos prolongados de tiempo se infiltran en la porción de terreno próxima a una cámara séptica termina impermeabilizando el suelo y haciendo cada vez más dificultosa la evacuación de los efluentes agravando aún más la situación.



Robador hacia cuneta de desagües pluviales

Las consecuencias que esto conlleva implican el riesgo de contaminación del entorno y en particular de los cursos de agua subterránea de donde generalmente se toma el agua para el consumo potenciando enfermedades de transmisión hídrica como gastro-entero-colitis, hepatitis, tifus, cólera, poliomielitis y parasitosis.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Asimismo, la contaminación debido a la fecalización del suelo (geo-helminthiasis) constituye una fuente de infección para las personas. Los niños que concurren a escuelas rurales con estas características pueden contraer estas enfermedades mediante la ingestión de agua contaminada o mediante la transmisión a través de vectores como las moscas o fomites como los cubiertos que han sido lavados con agua no apta para consumo humano. Por otra parte, la actividad de las empresas de servicios barométricos no está en particular reglamentada de modo de garantizar que el destino final de los efluentes sea el adecuado, constituyendo un caso de externalidad.

Si bien es generalizada la opinión de técnicos y usuarios en cuanto al beneficio de optar por sistemas que cuiden el ambiente y propendan al desarrollo sostenible del medio rural, la información acerca de cómo aplicarlos no se encuentra sistematizada en nuestro medio para su uso. Como consecuencia, se opta por sistemas que implican riesgos ambientales y para los usuarios.

La construcción de humedales o wetlands ha sido ampliamente aplicada en el ámbito internacional a diversas escalas y con resultados satisfactorios. En nuestro país existen también algunas experiencias con resultados diversos en ámbitos diferentes al específico de esta investigación (escuelas rurales aisladas). Las experiencias realizadas en medios internacionales deben ser adaptadas a las formas de construcción de nuestro medio y ser accesibles para su aplicación por parte de los interesados. Asimismo, las experiencias realizadas en el ámbito nacional deben ser evaluadas y divulgadas.

Con este sistema se aprovechan los principios básicos de modificación de calidad de agua de los humedales naturales, bañados o pantanos para estabilizar aguas residuales mediante procesos biológicos aeróbicos.

El sistema utiliza plantas emergentes de gran poder depurador que se alimentan de los nutrientes contenidos en las aguas residuales eliminando patógenos y permitiendo la reutilización del agua depurada para riego por su alta carga nutritiva o su vertimiento en el propio terreno sin riesgos de contaminación, con alta producción de biomasa útil y sin generación de olores desagradables.

En nuestro medio la utilización de la totora (*Typha angustifolia*) como especie depuradora ha demostrado buena adaptación al sistema con el beneficio de que al ser una especie autóctona, que se adapta a las condiciones climáticas de nuestro país.



Totoras creciendo en forma silvestre en el departamento de Rocha

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

El sistema requiere de cierta área para su correcto funcionamiento en función de la cantidad de usuarios lo que no significa un inconveniente en el ámbito de las escuelas rurales ya que éstas generalmente están implantadas en terrenos con disponibilidad de espacio para realizar actividades de este tipo.

Se obtiene un alto nivel de eficiencia con una construcción, operación y mantenimiento de bajo costo para mano de obra y usuarios no especializados.

Este sistema debe ser proyectado y ejecutado en función de la cantidad de usuarios habituales del establecimiento para garantizar que se cumplan las condiciones de seguridad, funcionalidad y durabilidad con márgenes adecuados de confianza y dentro de las condiciones económicas establecidas. El inadecuado conocimiento del comportamiento del sistema según la relación área/cantidad de usuarios puede llevar a proyectar sistemas con coeficientes de seguridad insuficientes o antieconómicamente sobredimensionados.

Objetivos generales de la investigación

Se pretende contribuir a la mejora de las instalaciones sanitarias en establecimientos de escuelas rurales aisladas y por lo tanto a la mejora de la calidad de vida de sus usuarios.

Asimismo, se procura aportar a la educación ambiental en el medio académico, técnico y especialmente en el ámbito rural con la escuela como espacio de difusión de conocimientos no solo para la solución de problemas ambientales sino también para su prevención.

Objetivos específicos de la investigación

Nos propusimos diseñar una matriz para el desarrollo del proyecto, ejecución y gestión seguros y económicos de sistemas de tratamiento y disposición de efluentes líquidos para distintas tipologías de escuelas rurales aisladas.

Nos abocamos a sistematizar y sintetizar las indicaciones mediante la elaboración de un Manual accesible para uso de técnicos y usuarios (alumnos, docentes, padres y vecinos) en el ámbito rural. El objetivo del Manual es mejorar la calidad en la implementación de los sistemas para que los recursos y el tiempo invertido, no se pierdan por la falta de conocimiento que lleva a defectos constructivos, cálculos errados, utilización de sistemas no apropiados o a una gestión inadecuada.

Actividades de la investigación

Primera etapa

- ✍ Se estudiaron las tipologías de escuelas rurales existentes en nuestro país para indagar sobre sus necesidades en cuanto a la disposición de las aguas residuales.
- ✍ Se estudió la normativa vigente referida a la disposición de efluentes líquidos en el ámbito rural.
- ✍ Se realizaron entrevistas con representantes de CO.DI.CEN., A.N.E.P. y O.S.E. para solicitar información sobre la situación de las escuelas rurales aisladas en esta temática.
- ✍ Se estudió bibliografía internacional y nacional en materia de técnicas apropiadas de disposición de efluentes líquidos.

- ✍ Se contrastó y completó el conocimiento existente de este tema con experiencias realizadas en el ámbito nacional y su evaluación.

Segunda etapa

- ✍ Se seleccionaron las tipologías de escuelas rurales a estudiar.
- ✍ Se visitaron establecimientos escolares de interés para conocer los sistemas de tratamiento y disposición de efluentes que utilizan actualmente y se recolectaron datos a fin de contar con la información necesaria respecto a las necesidades específicas de cada centro educativo.
- ✍ Se realizaron los ensayos de laboratorio necesarios para calificar el agua a la que se accede en las escuelas y establecer la demanda de los sistemas de tratamiento.
- ✍ Se analizaron e interpretaron los datos obtenidos para identificar las variables a considerar en la aplicación de distintos sistemas partiendo de la solución actual al tratamiento y disposición de los efluentes y analizando las oportunidades.
- ✍ Se visitaron humedales construidos en funcionamiento y en construcción.

Tercera etapa

- ✍ Se desarrollaron proyectos prototípicos para el tratamiento y disposición de efluentes líquidos diseñando los sistemas adaptados a las tipologías existentes.
- ✍ Se elaboró el Manual para uso de técnicos y usuarios sobre riesgos de las instalaciones convencionales y que incluye para cada una de las tipologías de escuelas una memoria de construcción, uso y mantenimiento de los dispositivos propuestos.

El resultado de la investigación se presenta según cuatro ítems a saber:

- 1- Elección de las tipologías de escuelas rurales a estudiar**
- 2- Estudio de la solución actual al tratamiento y disposición de los efluentes líquidos y análisis de las oportunidades**
- 3- Desarrollo de proyectos prototípicos para el tratamiento y disposición de los efluentes líquidos**
- 4- Manual para uso de técnicos, alumnos, maestros y vecinos**

1- ELECCIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS DE ESCUELAS RURALES A ESTUDIAR

El 86% del abastecimiento de agua en el medio rurales de nuestro país se realiza mediante perforaciones para extraer aguas subterráneas. El restante 14% se realiza mediante la red de agua potable de O.S.E. Un 84% de las perforaciones son analizadas periódicamente para garantizar su potabilidad mientras que 28.000 personas consumen agua de calidad inaceptable proveniente de pozos donde el agua no es analizada periódicamente lo que representa un riesgo para su salud.

Las aguas subterráneas son muy sensibles a ser contaminadas por la actividad humana ya que generalmente se encuentran en napas relativamente cercanas a la superficie siendo afectadas por infiltraciones de aguas cloacales sin tratamiento y teniendo pocas posibilidades de autodepurarse ya que al estar aisladas de la luz y de la atmósfera tienen escasa actividad biológica. A diferencia de ríos y otros cuerpos de agua aireados, iluminados y en movimiento, los efectos de la contaminación en las aguas subterráneas, son acumulativos, hasta hacerlas no aptas para uso humano.

Una de las causas más importantes de contaminación de aguas subterráneas en el ámbito rural es la infiltración de aguas cloacales desde pozos negros que son simplemente pozos excavados en el suelo, que están fisurados o se construyen sin fondo o con robadores para no tener que desagotarlos periódicamente. De todas maneras, aunque el depósito impermeable funcione adecuadamente, no se trata de una técnica recomendada si se puede sustituir por otros sistemas más apropiados.

La contaminación de aguas subterráneas que constituyen la fuente de aprovisionamiento de agua potable para el consumo es el factor determinante en la propagación de enfermedades de transmisión hídrica, virales y bacterianas, como enterocolitis, hepatitis, tífus, cólera, poliomielitis y parasitosis.

El tratamiento de los efluentes líquidos es entonces en el medio rural y en las escuelas rurales en particular, una forma de preservar las fuentes de abastecimiento de agua potable y al entorno en general de la contaminación previniendo enfermedades al reducir la cantidad de organismos patógenos a límites seguros.

En la actualidad existen en el Uruguay 1.140 escuelas rurales a las cuales asisten 20.000 alumnos. Según O.S.E. son 240 las escuelas que tienen dificultades en el acceso al agua potable lo que representa un 11% del total de las escuelas públicas de nuestro país.

Estas 240 escuelas rurales estarían dentro del grupo de riesgo que involucra a los habitantes de las pequeñas localidades de entre 15 y 50 habitantes donde se insertan estas escuelas que algunas veces son las proveedoras de agua potable para toda la población de su localidad al ser el único establecimiento que cuenta con pozo destacándose el rol social que cumple la escuela rural en esta temática. En otros casos el agua a la que acceden los habitantes de estas poblaciones tiene similares características a la de la escuela de la zona por ser los pozos del mismo tipo. Tomando como promedio localidades de 30 habitantes, esto nos daría unas 7.350 personas que no acceden a agua segura para el consumo en el entorno de estas escuelas rurales con la consecuencia del riesgo de contraer enfermedades de transmisión hídrica.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Las escuelas rurales cuentan por lo general con cámaras sépticas para el tratamiento y la disposición de sus efluentes líquidos. Algunas escuelas se encuentran hasta a 30km del centro poblado más cercano y a veces ni siquiera cuentan con caminería de acceso. Esta situación de aislamiento hace inviable el ingreso de camiones cisterna de los servicios barométricos para realizar el vaciado de dichos depósitos.

Se eligió como tipología general de estudio para esta investigación el caso de estas 240 escuelas que no tienen garantizado su acceso al agua potable. Para estos establecimientos es de suma importancia considerar el sistema de tratamiento y disposición de los efluentes líquidos de manera de, entre otras cosas, preservar las aguas subterráneas que constituyen fuentes de abastecimiento de agua.

Dichas escuelas se encuentran en los departamentos de Artigas, Canelones, Cerro Largo, Colonia, Durazno, Flores, Florida, Lavalleja, Maldonado y Paysandú. En estos establecimientos el abastecimiento se realiza mediante pozos, aljibes, cachimbas, tanques, depósitos de aguas pluviales, lagunas o directamente la aportan los niños, padres y vecinos.² El Decreto 253/79 establece que la distancia entre el punto de extracción del agua para consumo y la disposición final de los efluentes por infiltración al terreno debe ser mayor a 50m. En muchos casos estas disposiciones no se cumplen en el medio rural y en las escuelas rurales en particular con los consiguientes riesgos para los usuarios del establecimiento.



Distancia entre punto de extracción de agua para consumo y pozo filtrante menor a 50m

Al analizar el conjunto de las escuelas rurales de nuestro país en términos de la cantidad de alumnos que atienden, se constató que la mayoría de ellas tienen entre 10 y 29 alumnos. En términos generales, en la mayoría de los departamentos se presenta esta situación. Igualmente existen algunas excepciones tales como los departamentos de Flores, Lavalleja y Rocha, donde la mayoría de las escuelas rurales tienen menos de 10 alumnos. Por otra parte, las escuelas rurales con más de 29 alumnos no son mayoría en ninguno de los departamentos del país siendo, por otro lado, las más favorecidas en cuanto a su infraestructura en general y a su acondicionamiento sanitario en particular al estar ubicadas en localidades con mayor cantidad de habitantes.

² La lista completa de las 240 escuelas rurales a la que se hace referencia se puede consultar en los anexos en las páginas finales de este informe.

La presente investigación se concentra en las dos tipologías mayoritarias de escuelas rurales con dificultades en el acceso al agua potable existentes en nuestro país:

Tipología A: Escuelas rurales con dificultades para acceder al agua potable que atienden a menos de 10 alumnos (1 maestro, 1 auxiliar de servicio, 1 aula).

Tipología B: Escuelas rurales con dificultades para acceder al agua potable que atienden entre 10 y 29 alumnos (2 maestros, 1 auxiliar de servicio, 2 aulas).

Se entiende que, al tener estas escuelas dificultades para acceder al agua potable, se hace imprescindible ofrecer una solución al tratamiento y disposición de sus efluentes líquidos de manera de evitar la contaminación de aguas subterráneas y brindar en general una respuesta más apropiada al manejo de los residuos líquidos.

Al acercarse a este tipo de escuelas una alternativa al tratamiento y disposición de sus efluentes líquidos se espera que se beneficien sus usuarios directos y que esto sea un estímulo para la replicabilidad de las experiencias en el ámbito rural en general.

2- ESTUDIO DE LA SOLUCIÓN ACTUAL AL TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS Y ANÁLISIS DE LAS OPORTUNIDADES

Identificación de dificultades y oportunidades

El tratamiento de efluentes líquidos está directamente relacionado con el tipo de cuerpo receptor y del tipo de contaminante del efluente tratado. El cuerpo receptor puede ser un curso de agua, el suelo o la atmósfera o combinaciones de estos. Las normas establecen umbrales de tolerancia específicos según el tipo de cuerpo receptor y el tipo de contaminantes existentes en el efluente.³ Las formas habituales de tratamiento implican procesos físicos, biológicos y químicos.

El tratamiento primario de un efluente consiste en la sedimentación de elementos medianos mediante procesos físicos y la acción de bacterias anaeróbicas mediante procesos biológicos. Este tipo de tratamiento se lleva a cabo en cámaras sépticas que insumen relativamente poco espacio y requieren del diseño de una ventilación adecuada para la evacuación de los gases producidos por la descomposición de la materia orgánica. Las bacterias anaeróbicas toman oxígeno de la materia orgánica para su descomposición. Este es el tipo de tratamiento habitual en las escuelas rurales de las tipologías seleccionadas. Los efluentes provenientes de las cámaras sépticas se vierten en depósitos que deberían ser impermeables y dimensionados según la cantidad de usuarios. Estos depósitos requieren de servicios barométricos para ser vaciados regularmente. Mediante este tratamiento primario se remueve hasta el 25% de la materia orgánica contenida en un efluente. Considerando que el efluente saliente de una escuela rural puede tener una DBO₅ de 300mg/l⁴, luego del tratamiento primario el efluente tendría una DBO₅ de 225mg/l.

Para el caso de las tipologías seleccionadas se calculó la periodicidad de la necesidad de recurrir a servicios barométricos para el vaciado de los depósitos impermeables con una capacidad de 8.000l en cada caso. Se considera que en una escuela rural el consumo de agua es de 20 l/día por alumno y de 100 l/día por adulto.

Tipología A: 9 alumnos y 2 adultos (maestro y auxiliar de servicio)
(20l/día x 9 alumnos) + (100l/día x 2 adultos) = 380l/día

8000l / 380l/día = 21 días

Tipología B: 29 alumnos y 3 adultos (2 maestros y auxiliar de servicio)
(20l/día x 29 alumnos) + (100l/día x 3 adultos) = 880l/día

8000l / 880l/día = 9 días

Este cálculo primario indica que en las escuelas rurales con menos de 10 alumnos los servicios barométricos serían requeridos como máximo cada 21 días. Si bien parece razonable la recurrencia a estos servicios con una periodicidad casi mensual no lo es el hecho de que estas escuelas son generalmente inaccesibles a la entrada de camiones cisterna por la precariedad o ausencia total de caminería.

³ Algunos artículos del Decreto 253/79 se transcriben en los anexos en las páginas finales de este informe.

⁴ La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) mide la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la materia orgánica contenida en el efluente.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

En el caso de escuelas que atienden entre 10 y 29 alumnos, si bien el acceso de camiones cisterna podría ser más sencillo, aunque no necesariamente, el recurrir cada 9 días a servicios barométricos para el vaciado de los depósitos parece poco razonable tanto desde el punto de vista práctico como económico.

La realidad de estos establecimientos educativos demuestra que al no ser viable la correcta gestión de los efluentes líquidos mediante su periódico vaciado, no se recurre a servicios barométricos de forma regular como sería necesario y si a formas inapropiadas de disposición mediante robadores que desbordan hacia sitios inadecuados o pozos fisurados o sin fondo con el consiguiente riesgo de contaminación del entorno y en particular de los cursos de aguas subterráneas de donde se obtiene el agua para el consumo habitual. Los servicios barométricos son requeridos únicamente en casos de extrema necesidad cuando se generan desbordes importantes.

El tratamiento secundario de efluentes continúa el proceso de depuración iniciado en el tratamiento primario mediante procesos biológicos donde participan bacterias aeróbicas. Estas bacterias toman oxígeno del ambiente para transformar la materia orgánica contenida en el efluente en compuestos de nitrógeno y fósforo que son nutrientes para el crecimiento de vida vegetal. Requieren de bastante espacio para su implementación lo que no constituye un inconveniente en escuelas que se implantan en terrenos amplios. La descomposición aeróbica no genera gases que sea necesario evacuar mediante ventilación. Luego del tratamiento secundario, el efluente que previamente pasó por la cámara séptica del tratamiento primario, alcanza un abatimiento en la DBO_5 mayor al 75%. El efluente saliente tendría entonces una DBO_5 de alrededor de 50mg/l lo que es inaceptable para el consumo humano pero apto para riego hortícola y de jardines como biofertilizante por su carga de nutrientes o para ser vertido al terreno sin riesgo de contaminación del entorno o de cursos de agua para consumo.

Análisis de casos reales

Para realizar el estudio que permitió caracterizar las tipologías elegidas se indagó en las características de algunas de ellas según un formulario.

Se realizaron visitas a distintos establecimientos de las tipologías elegidas para recabar información directa sobre los sistemas de tratamiento y disposición de efluentes que se utilizan y recolectar datos respecto a las necesidades específicas de estos centros educativos. Se tomaron muestras de agua de los establecimientos visitados para realizar análisis de laboratorio y así conocer la calidad del agua a la que acceden sus usuarios.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Departamento	
Número de la escuela	
Nombre de la escuela	
Categoría	Rural común / Internado rural / Contexto Sociol Cultural Crítico
Turno	Rural (de 10 a 15 hs)
Dirección	
Paraje	
Número de habitantes	
Teléfono	
Director/a	Teléfono
Correo electrónico	

DATOS EDIFICIOS	
Tenencia del inmueble	Propio / Alquilado / Cedido
Edad de las construcciones (año)	
Destino original de las construcciones	
Estado de conservación	Muy malo / Malo / Aceptable / Bueno / Muy bueno
Área del predio (m ²)	
Área construida (m ²)	
Número de aulas	
Cantidad de servicios higiénicos	
Ubicación de servicios higiénicos	
Área de vivienda (m ²)	
Otros locales	
Acondicionamientos	Térmico
	Acústico
	Instalacionones

ACONDICIONAMIENTO SANITARIO	
Abastecimiento	Sistema
	Evaluación
Desagües	Sistema
	Evaluación

DATOS DE LOS USUARIOS	
Número de alumnos	
Número de docentes	
Otros usuarios	
Observaciones	

Escuela Rural N° 57 - Canelones

La escuela rural N° 57⁵ del departamento de Canelones es un ejemplo de escuela de la tipología A. Esta escuela se encuentra sobre la ruta 12 a 10km de la ciudad de Tala en el paraje Vejigas de San Ramón. Es una escuela de un aula, con vivienda para la maestra y que cuenta con un pozo con bomba y tanque elevado en un terreno de 17.000m². Los servicios higiénicos utilizados por los niños se encuentran en el exterior del establecimiento. La evacuación de los efluentes líquidos se realiza mediante un sistema de cámaras que conducen los residuos hacia un pozo filtrante sin tapa. Los efluentes finalizan su recorrido en una zona encharcada donde se plantaron rafias y no se recurre a servicios barométricos. Esta situación, además de afectar el confort debido a olores desagradables, genera un riesgo sanitario potencial en caso de enfermedades hídricas. La distancia entre el pozo de extracción del agua para consumo y la disposición final de los efluentes es de

⁵ Los formularios completos correspondientes a algunas de las escuelas visitadas se encuentran en los anexos en las páginas finales de este informe.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

aproximadamente 40m lo cual no cumple con las disposiciones del Decreto 253/79 donde esta distancia corresponde que sea mayor a 50m. El informe de ensayo de la muestra de agua de consumo tomada en la escuela indica altos recuentos de bacterias heterotróficas a 35°C y de coliformes totales lo que la hace no aceptable para el consumo humano.⁶ Este resultado confirma la información con la que se contaba respecto a las dificultades de esta escuela en el acceso al agua potable como las otras pertenecientes al grupo seleccionado.



Acceso



Pozo con bomba



Tanque elevado



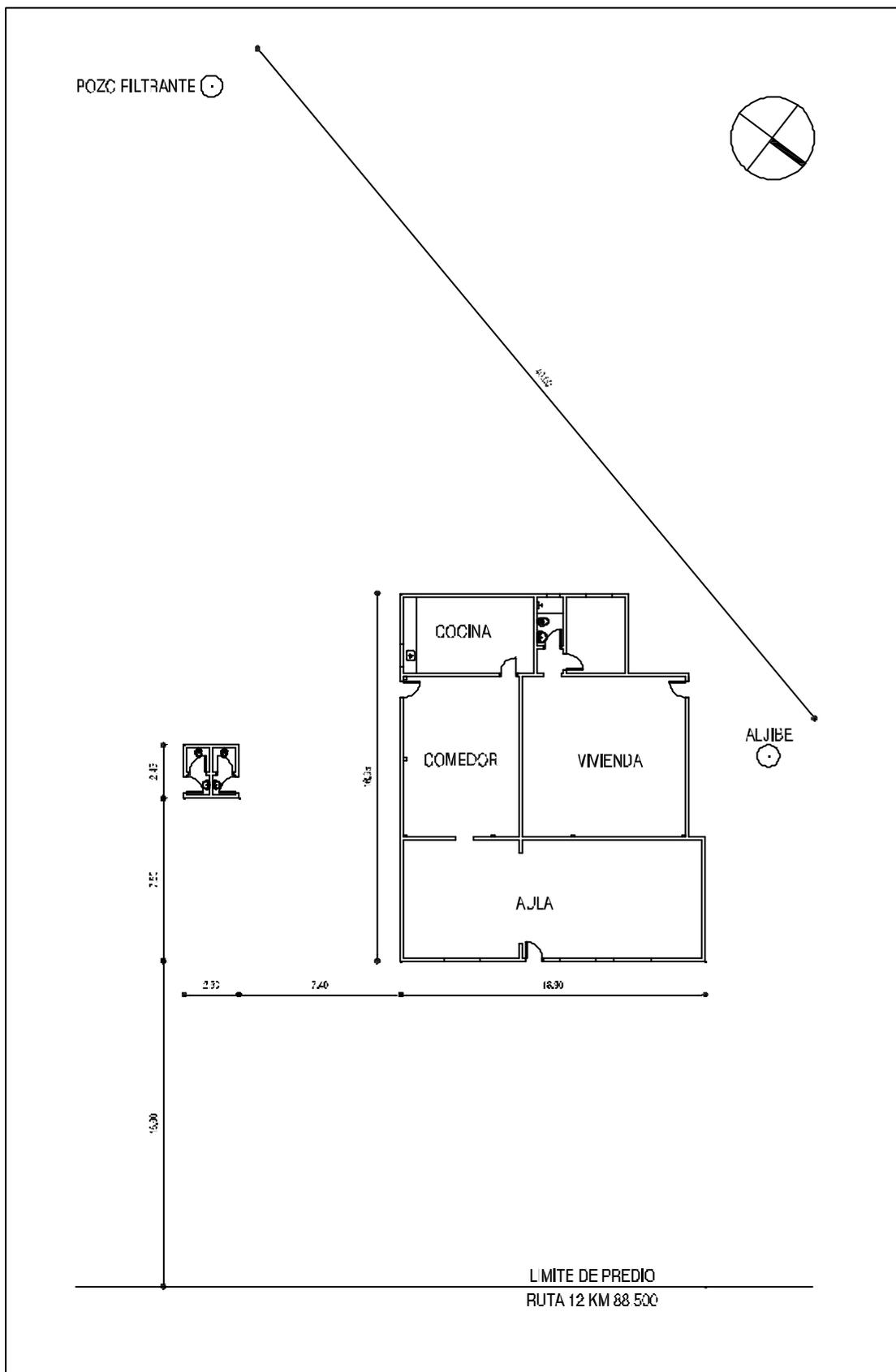
Servicios higiénicos exteriores



Pozo filtrante sin tapa

⁶ El informe de ensayo de la escuela rural Nº 57 del departamento de Canelones se encuentra en los anexos en las páginas finales de este informe.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS
Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas
rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.



Planta Escuela Rural N° 57 - Canelones

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Escuela Rural N° 53 - Canelones

La escuela rural N° 53 del departamento de Canelones es un ejemplo de escuela de la tipología B. Esta escuela se encuentra sobre la ruta 12 a 4km de la ciudad de San Ramón en el paraje Cañada de Prudencio. Es una escuela de dos aulas que cuenta con un pozo con bomba y tanque elevado en un terreno de 15.000m². Los servicios higiénicos se encuentran en el exterior del establecimiento en un patio techado. La evacuación de los efluentes líquidos se realiza mediante una cámara séptica luego de la cual los residuos se depositan en un pozo filtrante. No se recurre a servicios barométricos ya que, según nos explicó la directora, estas empresas demandan a la escuela un sitio donde depositar los efluentes en el propio predio del establecimiento. La distancia entre el pozo de extracción del agua para consumo y la disposición final de los efluentes es de aproximadamente 20m lo que no cumple con las disposiciones del Decreto 253/79. Esta escuela también pertenece al grupo seleccionado de escuelas con dificultades en el acceso al agua potable.



Acceso



Pozo con bomba y tanque



Cámara séptica y pozo filtrante

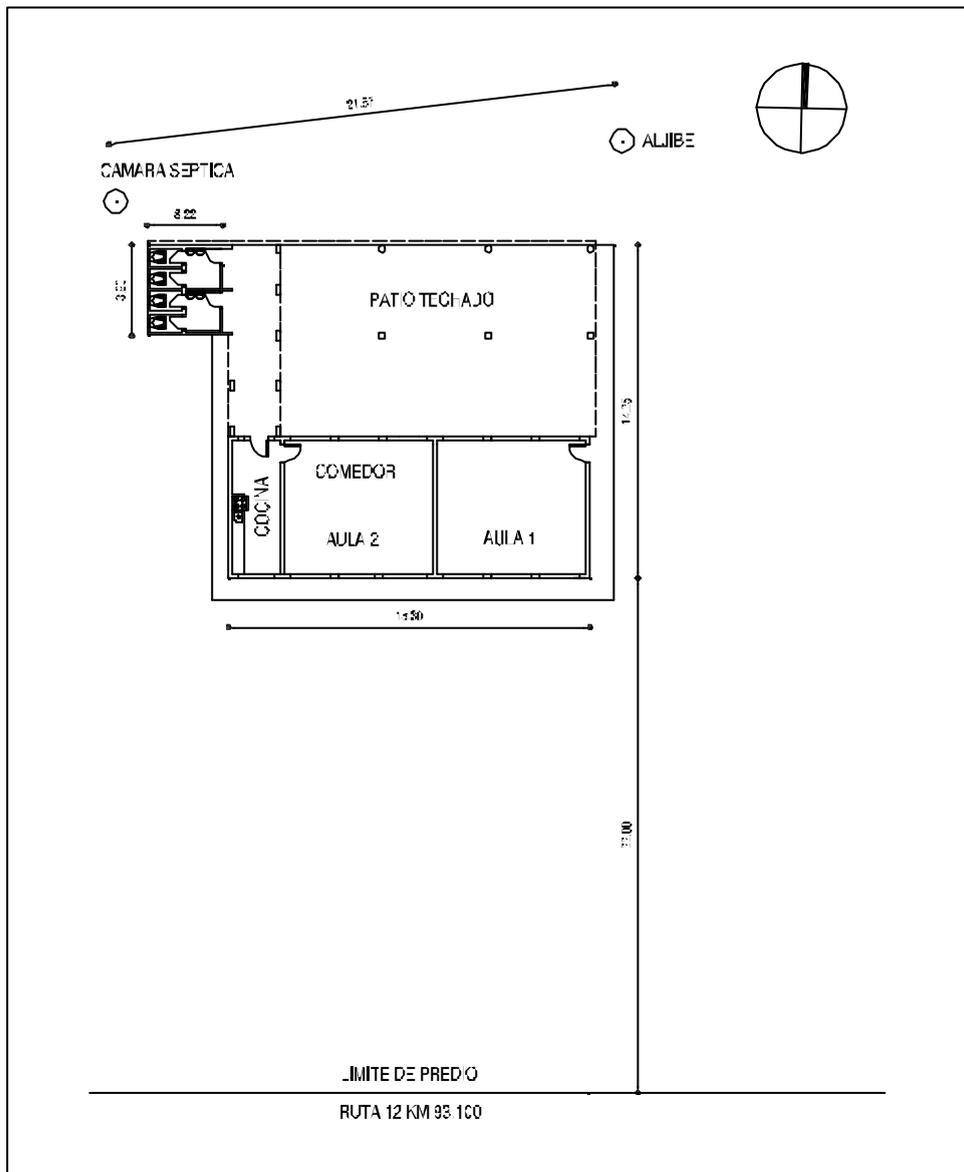
SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS
Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas
rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.



Servicios higiénicos en patio exterior techado



Fotografía aérea



Planta Escuela Rural N° 53 - Canelones

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

En ambas escuelas el espacio disponible para tratar los efluentes dentro del predio es suficiente. Se considera deseable un sistema de tratamiento de bajo impacto ambiental diseñado en base a procesos que no generen olores desagradables en el entorno y que presente baja vulnerabilidad a un bajo costo. Se considera adecuado un sistema que sea lo más autónomo posible, que no requiera equipamientos electromecánicos ni personal especializado para su operación y mantenimiento pudiendo ser gestionada por los propios beneficiarios (docentes, personal de servicio, padres, alumnos, etc.).

Escuela Urbana N° 44 - Soriano

La escuela de tiempo completo N° 44 del departamento de Soriano no es un ejemplo de escuela de las tipologías seleccionadas. El motivo de la visita a este establecimiento es que en ella se ha implementado, a una mayor escala, un sistema natural de tratamiento y disposición de efluentes. Esta escuela se encuentra a 4km de la ruta 2, a 15km de José Enrique Rodó en la localidad de Egaña. Es una escuela con siete aulas que cuenta con abastecimiento de agua potable de la red de O.S.E. en un terreno de 3.600m². El tratamiento y disposición de los efluentes líquidos se realiza mediante un sistema de fosa séptica de dos cámaras en serie que conducen los efluentes pretratados hacia un humedal construido con totoras. El efluente tratado se infiltra en un sector del terreno donde existe una cancha de fútbol a través de tuberías de drenaje. Durante la visita al establecimiento se constataron algunas irregularidades en el funcionamiento del sistema originadas fundamentalmente en fallas en la ejecución de los elementos que lo constituyen. Es así que la presencia de olor desagradable proveniente de la cámara séptica se debe a que las contratapas no han sido correctamente selladas y a que la ventilación no cuenta con altura suficiente. El humedal construido se encontraba inundado debido a las intensas lluvias del día anterior. Se constató que no existe un talud que sobresalga del nivel del suelo natural alrededor del humedal lo que genera el escurrimiento pluvial desde el terreno. La zona de infiltración se encontraba parcialmente inundada por lo que amerita la incorporación de mayor cantidad de especies vegetales que demanden grandes cantidades de agua como eucaliptos, laureles, acacias, etc.



Acceso



Fotografía aérea



**Humedal construido
inundado**

Análisis de alternativas

En vista de las condiciones existentes se plantean los siguientes escenarios como alternativas para el tratamiento y disposición de los efluentes líquidos:

Alternativa 0 - Funcionamiento en las condiciones actuales

El tratamiento del efluente consiste en una cámara séptica seguida de un pozo filtrante que dispone finalmente el efluente en el terreno en condiciones no reglamentarias. Si el depósito es impermeable los servicios barométricos son requeridos con mayor frecuencia.

Las soluciones de saneamiento existentes resultan deficientes cuando no costosas desde el punto de vista económico debido a vaciados barométricos periódicos. Los costos sanitarios se expresan en riesgos potenciales vinculados a enfermedades de transmisión hídrica de ciclo oral-fecal y presencia de vectores (insectos, roedores, etc.). Existen también costos ambientales asociados a olores y valores estéticos.

Los volúmenes de efluentes generados por las escuelas resultan de tal magnitud que el funcionamiento aceptable implica el vaciado frecuente de los depósitos. No se considera una solución aceptable por ser la disponibilidad de servicios barométricos un factor externo crítico muy vulnerable. Incluso, superando lo anterior, la operación de este sistema implica varios inconvenientes como ser las molestias que ocasiona y el incremento del tránsito con el correspondiente desgaste de pavimentos.

La comprobación de lo inadecuado del sistema de depósitos impermeables, se constata en las escuelas rurales que optan por formas inapropiadas de disposición de efluentes como robadores o depósitos permeables que resultan inevitables. En estos casos la calidad de los efluentes vertidos al terreno no se encuentra en condiciones reglamentarias según el Decreto 253/79.

Alternativa 1 – Conducción por gravedad hacia lodos activados o de estabilización química y disposición final en el terreno

En una planta convencional de lodos activados el efluente pasa primero por un tanque de sedimentación primaria. Se añade un lodo activado al efluente y la mezcla pasa a un tanque de aireación en el cual el aire atmosférico se mezcla con el efluente por agitación mecánica o se difunde aire comprimido poniendo al efluente en íntimo contacto con los microorganismos contenidos en el lodo. El efluente de tanque de aireación pasa a un tanque de sedimentación secundaria donde se retiene el efluente tratado que después de la flotación puede descargarse sin peligro. Parte del lodo del tanque de sedimentación final regresa para la recirculación con el efluente entrada.

Las ventajas de esta solución son que permite el tratamiento de grandes caudales con una alta eficiencia para sólidos en suspensión, DBO₅, coliformes fecales y fósforo y que no requiere de mucho espacio para su implementación.

Como desventajas se indican que requiere regularidad de caudales y de concentración en los desechos y que tiene costos de inversión, operación y mantenimiento elevados con consumo de energía eléctrica y mano de obra especializada.

Alternativa 2 – Conducción por gravedad hacia filtro percolador o biológico y disposición final en el terreno

El tratamiento del efluente consiste en una cámara séptica seguida de un filtro percolador para el tratamiento secundario. El efluente es luego conducido a una cámara de cloración para finalmente realizar la disposición final en el terreno en condiciones reglamentarias según el Decreto 253/79. La solución incluye el tratamiento de los lodos sedimentados a través de una laguna de lodos y un posterior lecho de secado.

La ventaja de esta solución al tratamiento y disposición de los efluentes es que no requiere de mucho espacio para grandes caudales. Asimismo, permite la modulación de sus componentes para eventuales ampliaciones.

Como desventajas se indican problemas de olores desagradables derivados de las unidades anaeróbicas, del tratamiento de lodos en lagunas de lodos y lechos de secado y de la cloración (cloraminas). Requiere de regularidad de caudales y de concentración en desechos en suelos arenosos bien drenados, profundos y sin excesivas pendientes. La profundidad mínima del acuífero debe ser de 4,5m y requiere almacenamiento en el período frío. Los costos de inversión, operación y mantenimiento son elevados. Asimismo, requiere de personal calificado en la operación de la planta para el manejo de equipamiento electromecánico, dosificación de productos, seguimiento de la operación y adopción de medidas correctivas.

Alternativa 3 – Conducción por gravedad hacia humedal construido y disposición final en el terreno

El tratamiento del efluente consiste en una cámara séptica seguida de un humedal construido de flujo sub-superficial con plantas emergentes para el tratamiento secundario. El efluente se dispone finalmente en el terreno en condiciones reglamentarias según el Decreto 253/79.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

La ventaja de esta solución al tratamiento y disposición de los efluentes es que los costos de construcción, operación y mantenimiento son bajos. Los materiales utilizados son accesibles y su operación es prácticamente autónoma al no existir elementos electromecánicos ni necesidad de dosificar productos. Las tareas relativas a su operación no requieren de mano de obra especializada y consisten en la extracción anual de barros de la cámara séptica, el control de malezas y la poda anual de plantas que pueden ser realizadas por los beneficiarios. Alcanza una alta eficiencia utilizando fuentes de energía renovables como la solar, la carga contaminante y los flujos de agua. Tiene un bajo impacto ambiental y se obtienen subproductos como el agua depurada y la biomasa útil.

Como desventajas se indican el requerimiento de grandes superficies de humedales para su implementación y los largos tiempos de retención del agua. Asimismo, existen algunas limitantes climáticas y biogeográficas para su implementación.

Se considera que la alternativa correspondiente a la implementación de humedales construidos es la más indicada para las tipologías de escuelas rurales elegidas debido a que existe espacio suficiente en los predios para ubicar las superficies de humedales necesarias para tratar los efluentes. Los costos de construcción, operación y mantenimiento son bajos, se utilizan materiales accesibles y no se requiere de personal calificado. El sistema tiene una alta eficiencia con un bajo impacto ambiental.

Comparación de alternativas⁷

ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO
0 – Depósito impermeable o permeable	No requiere obras de ningún tipo.	Costo económico. Costo sanitario. Costo ambiental.	<p>Diagrama de funcionamiento de un depósito impermeable o permeable. Muestra la entrada de aguas residuales que fluye hacia una cámara séptica, la cual está conectada a un pozo filtrante. Desde el pozo filtrante, se indica la infiltración a la napa freática.</p>
1 – Lodos activados o de estabilización química	Grandes caudales. Alta eficiencia para sólidos en suspensión, DBO5, coliformes fecales y fósforo. Requiere poco espacio.	Requiere regularidad de caudales. Requiere concentración en desechos. Costos de inversión, operación y mantenimiento elevados. Consumo de energía eléctrica. Personal calificado.	<p>Diagrama de funcionamiento de un sistema de lodos activados. Muestra la entrada de aguas residuales que fluye hacia una etapa de aeración, la cual está conectada a una separación de lodos. Desde la separación de lodos, se indica la salida de efluente tratado, la recirculación de lodos de vuelta a la etapa de aeración, y los lodos de desecho.</p>

⁷ En las páginas siguientes de este Informe se incluye una comparación económica en la implementación de sistemas con depósitos impermeables y sistemas con humedales construidos.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO
2 – Filtro percolador o biológico	Grandes caudales. Requiere poco espacio. Modulación.	Olores desagradables. Requiere regularidad de caudales. Requiere concentración en desechos. Suelos arenosos bien drenados, profundos y sin excesivas pendientes. Profundidad mínima del acuífero 4,5m. Almacenamiento en período frío. Costos de inversión, operación y mantenimiento elevados. Personal calificado.	
3 – Humedal construido	Costo de construcción, operación y mantenimiento. Materiales accesibles. Personal no calificado. Alta eficiencia. Fuentes de energía renovables. Bajo impacto ambiental. Obtención de subproductos.	Grandes superficies de humedales. Largos tiempos de retención del agua. Limitantes climáticas y biogeográficas.	

3- DESARROLLO DE PROYECTOS PROTOTÍPICOS PARA EL TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS

Los humedales y su capacidad depuradora

Los humedales o bañados son ecosistemas que se desarrollan naturalmente a la orilla de ríos y lagunas. Tienen la característica de presentar períodos en los cuales el agua satura el sustrato generando un ambiente reductor en su interior. Esto resulta en la formación de un suelo de tipo hidromórfico y en la presencia de plantas hidrófilas emergentes o flotantes, adaptadas a vivir en ese tipo de sustrato. Asimismo, son características también de los humedales numerosas especies de la fauna terrestre, acuática y anfibia. Cumplen un rol fundamental en la depuración de las aguas superficiales del planeta. Los humedales naturales han sido utilizados históricamente como filtros para tratar los residuos líquidos de origen humano. Las culturas más antiguas de Asia empleaban bañados y lagunas con ecosistemas controlados para depurar sus efluentes, incluso reutilizaban el agua para piscicultura y riego. Hoy en día, el manejo de humedales naturales y la construcción de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales, es una práctica habitual en el mundo entero.



Humedal

El humedal construido como sistema natural de tratamiento

Existe gran variedad de sistemas naturales de tratamiento de efluentes que utilizan plantas hidrófilas imitando los procesos de los humedales, bañados y pantanos naturales. Entre ellos se encuentran: el método de la zona reticular, el método del Instituto Max Planck, el proceso Lelystad, humedales con plantas acuáticas flotantes, humedales con plantas acuáticas emergentes de flujo superficial, sub-superficial o vertical, humedales

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

con plantas acuáticas sumergidas, humedales con suelos filtrantes o combinaciones de estos.

Los humedales construidos, comparten la dinámica funcional de los humedales naturales. Aprovechan y potencian los procesos de purificación físicos, químicos y biológicos que ocurren en forma espontánea en la naturaleza.

Un humedal construido es un canal impermeabilizado que se rellena con pedregullo y en el que se plantan especies hidrófilas. El efluente, que previamente recibió un tratamiento primario en una cámara séptica para la remoción de sólidos gruesos, circula por dentro del canal, entre el pedregullo y las raíces de las plantas. El pedregullo y las plantas junto a los microorganismos que viven sobre ellos, trabajan conjuntamente como un filtro físico y biológico que retiene la materia orgánica presente en el efluente y produce nutrientes que alimentan a las plantas eliminando patógenos y permitiendo la reutilización del agua depurada para riego por su alta carga nutritiva o su vertimiento en el terreno sin riesgos de contaminación, con alta producción de biomasa útil y sin generación de olores desagradables.

Es un sistema especialmente indicado para pequeñas poblaciones, zonas rurales o periféricas. Se utilizan fuentes de energía renovables como la solar, la carga contaminante y los flujos de agua. Se obtiene un alto nivel de eficiencia con una construcción, operación y mantenimiento de bajo costo, utilizando materiales de fácil adquisición para mano de obra y usuarios no especializados. Su implementación repercute a mediano plazo en la calidad ambiental del entorno inmediato preservando las napas superficiales de aguas subterráneas. Se integra estéticamente al entorno, respetando valores culturales y sociales.

Plantas hidrófilas en la depuración de efluentes líquidos

NOMBRE POPULAR	NOMBRE CIENTÍFICO	ORIGEN	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
ESPECIES EMERGENTES				
Totora	Thypha angustifolia	Autóctona	Se encuentra en zonas con inundación temporaria. Gran capacidad depuradora. Buen rendimiento en invierno. Se le secan las hojas pero sus raíces siguen vivas.	
Caña - Carrizo – Cola de zorro	Phragmites	Autóctona	Gran capacidad depuradora. Muy buen rendimiento en invierno.	
Papiro	Cyperus papyrus	Mar Mediterráneo	Arbusto. Flores agrupadas en inflorescencias, con numerosas brácteas de hasta 30cm de largo.	

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

NOMBRE POPULAR	NOMBRE CIENTÍFICO	ORIGEN	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
Lirio	Iris pseudacorus	Cuenca del Mediterráneo	<p>Herbácea perenne de rápido crecimiento. Altura: hasta 1,2m.</p> <p>El tallo es un rizoma subterráneo de crecimiento horizontal que da lugar a rizomas susceptibles de independizarse.</p> <p>Flores grandes y amarillas de 8-10cm de diámetro, en ramilletes terminales y laterales.</p> <p>Fácil conservación.</p> <p>El mejor emplazamiento es a pleno sol.</p>	
Junco	Scirpus giganteus	Autóctona	<p>Gran capacidad depuradora.</p> <p>Muy buen rendimiento en invierno.</p> <p>Resistente a temperaturas extremas.</p>	
Achira	Canna sp.	Híbrido	<p>Herbácea perenne.</p> <p>Florece de diciembre a mayo.</p> <p>Altura de 0,8 a 1,5m.</p> <p>Requiere asoleamiento pleno.</p>	

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

NOMBRE POPULAR	NOMBRE CIENTÍFICO	ORIGEN	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
Cartucho – Cala	Zantedeschia	Regiones tropicales	Herbácea perenne. De interés ornamental.	
Agapanto	Agapanthus	Sudáfrica	Herbácea perenne. De interés ornamental. Crece en regiones con inviernos fríos ya que soporta heladas. Flores azules o blancas sobre una vara de hasta un metro de alto a finales de la primavera. Requiere pleno sol.	
Azucena	Lilium candidum	Europa austral y Siria	Herbácea perenne. De interés ornamental. Florece de octubre a diciembre. Altura de 0,6 a 1m. Requiere pleno sol.	

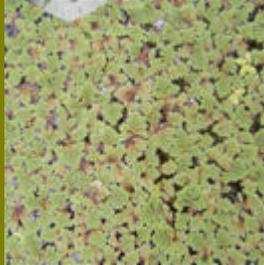
SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

NOMBRE POPULAR	NOMBRE CIENTÍFICO	ORIGEN	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
Mate-porongo	Lagenaria siceraria	Asia y África	<p>Herbácea trepadora. El fruto es comestible y se utiliza seco como recipiente. Los tallos alcanzan los 9m. Requiere sol pleno, temperaturas templadas a cálidas y resguardo del viento. Resiste mal la sequía y las heladas.</p>	
Esponja vegetal	Luffa	África e India	<p>Trepadora. Sus tallos pueden alcanzar más de 15m de longitud. Flores amarillas. El fruto de forma cilíndrica o claviforme puede llegar a medir hasta 40cm de largo y se cosecha en verano y otoño. Requiere pleno sol. Requiere temperaturas elevadas pero se adapta a climas templados. Sensible al frío.</p>	
ESPECIES FLOTANTES				
Camalote	Eichhornia crassipes	Autóctona	<p>Gran incorporación de nutrientes. Cosecha compleja. Utilización en aguas muy contaminadas y con metales pesados. Asimilación de Nitrógeno 730Kg/ha/año. Asimilación de Fósforo 160Kg/ha/año. Muere en invierno. Remover completamente la biomasa en otoño.</p>	

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

NOMBRE POPULAR	NOMBRE CIENTÍFICO	ORIGEN	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
Repollito	Pistia stratiotes	África	Perenne. Forma sobre la superficie una masa compacta que evita el pasaje del oxígeno del aire al agua lo que puede afectar la distribución y desarrollo de otras comunidades de plantas acuáticas por lo que debe ser controlada mediante cosechas periódicas. Alimento para aves.	
Helecho de agua	Azolla filiculoides		Cosecha sencilla. Asimilación de Nitrógeno 255Kg/ha/año. Incorpora nitrógeno atmosférico y si no se cosecha lo aporta al agua. Asimilación de Fósforo 44Kg/ha/año.	
Lenteja de agua	Lemna gibba	Autóctona	Fácil manejo. Cobren la superficie favoreciendo en invierno la conservación de las temperatura y evitando la penetración de luz y así la producción de algas. Asimilación de Nitrógeno 285Kg/ha/año. Asimilación de Fósforo 20Kg/ha/año. No muere en invierno. Puede crecer con temperaturas de 1 a 3°C.	

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

NOMBRE POPULAR	NOMBRE CIENTÍFICO	ORIGEN	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
Espiga de agua	Potamogeton pectinatus	Todos los continentes excepto en la Antártica	Herbácea perenne. Hojas largas y estrechas bajo el agua. Es una importante fuente de alimentación para aves acuáticas y peces.	

Los sistemas naturales que emplean plantas emergentes y no emergentes depuran el agua a través de la acción combinada de diversos procesos que se desencadenan naturalmente.

- ✍ Los sólidos en suspensión son retenidos en el sustrato así como por las raíces y rizomas de las plantas.
- ✍ La materia orgánica es retenida por el estrato orgánico del sustrato y absorbida por las partículas de arcilla del sustrato.
- ✍ El nitrógeno existente en el efluente es absorbido por las plantas emergentes además de eliminado por la desnitrificación microbiana y la volatilización del amoníaco.
- ✍ El fósforo existente en el efluente es absorbido por las plantas emergentes, adsorbido por las partículas de arcilla del sustrato y los fosfatos insolubles precipitan.
- ✍ Los microorganismos patógenos existentes en el efluente son eliminados por la acción del biofilm asociado a la zona de las raíces compuesto por hongos, bacterias, algas y protozoarios.

Se obtiene como subproducto de la depuración de los efluentes un volumen de biomasa que es potencialmente aprovechable para generación de energía y alimentar animales, producción de biofertilizantes, entre otros usos.

Sistema de Flujo Sub-superficial⁸

En el Sistema de Flujo Sub-superficial el flujo proveniente de una cámara de pre-tratamiento se canaliza por un canal de sustrato poroso donde se encuentran plantas emergentes. La circulación sub-superficial del flujo impide el contacto con el efluente evitando el riesgo de propagación de enfermedades de origen hídrico. Las plantas emergentes absorben nutrientes del sistema, aíslan térmicamente al sistema del ambiente circundante e inyectan oxígeno al interior del sustrato a través de sus raíces y rizomas, permitiendo la oxidación de la materia orgánica necesaria para la depuración del efluente. El sustrato y los rizomas de las plantas constituyen el soporte necesario para el establecimiento de la comunidad bacteriana, principal responsable de la reducción de la carga contaminante del efluente.

En el diseño del sistema intervienen los siguientes parámetros:

- ✍ DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno) - relación con parámetros sanitarios y ambientales.
- ✍ Orientación geográfica que garantice un importante aporte de luz natural durante el día.
- ✍ Permeabilidad del suelo – relación con impermeabilización del canal.
- ✍ Granulometría del suelo – relación con impermeabilización del canal.
- ✍ Existencia de raíces de árboles – pueden perforar la impermeabilización del canal.
- ✍ Adaptación a la topografía del terreno para realizar el menor movimiento de tierra posible.
- ✍ Adaptación estética al entorno.

⁸ Una síntesis de las etapas en la construcción de un Sistema de Flujo Sub-superficial se presenta se en los anexos en las páginas finales de este informe.

El sistema se sintetiza en las siguientes etapas con sus correspondientes elementos característicos:

1- INICIO: Cámara de inspección inicial

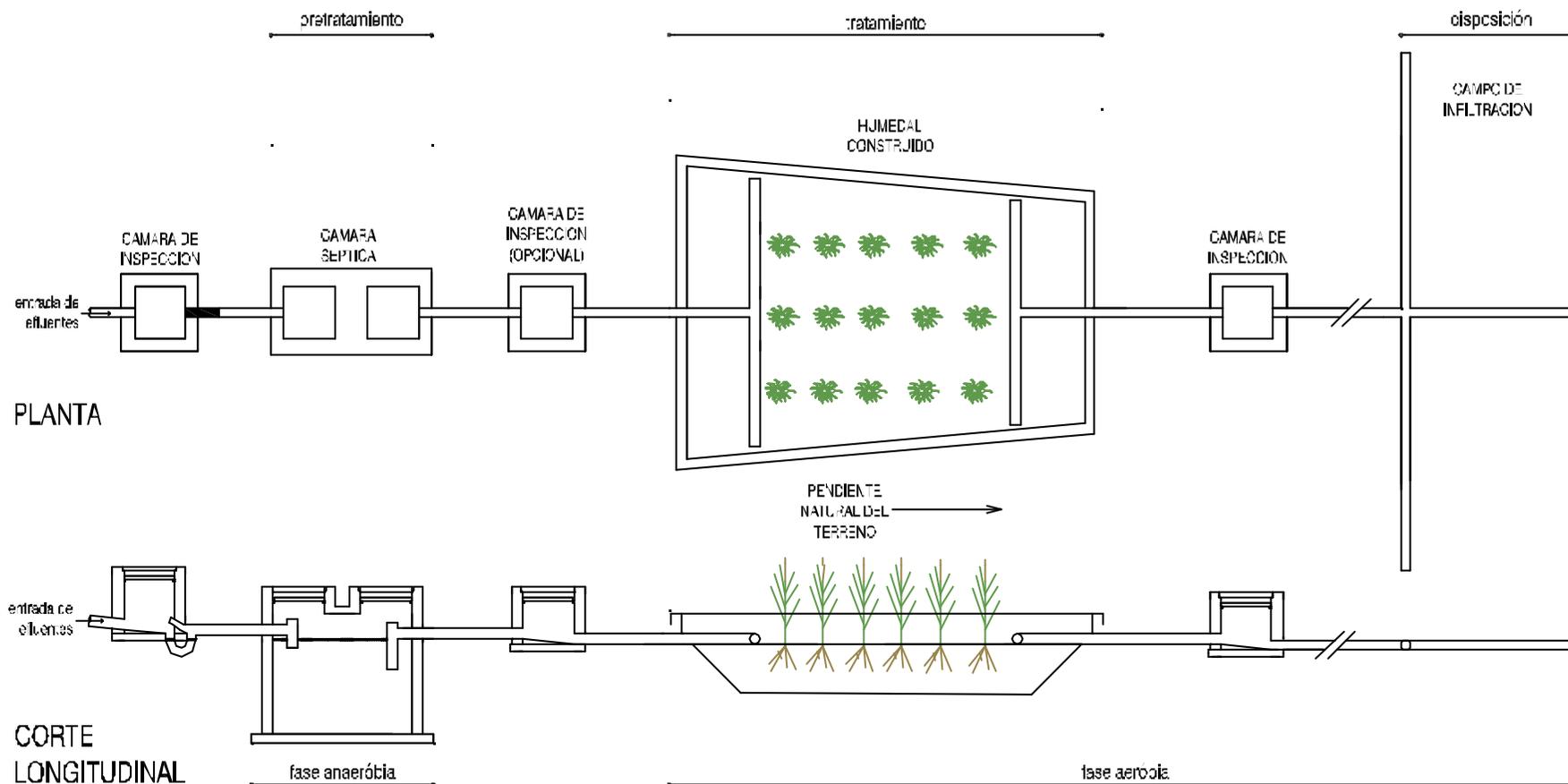
2 - PRE-TRATAMIENTO: Cámara séptica (tratamiento primario)

3 - TRATAMIENTO: Humedal construido (tratamiento secundario)

4 – POSTRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL: Campo de infiltración, batea de postratamiento o estanque

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.



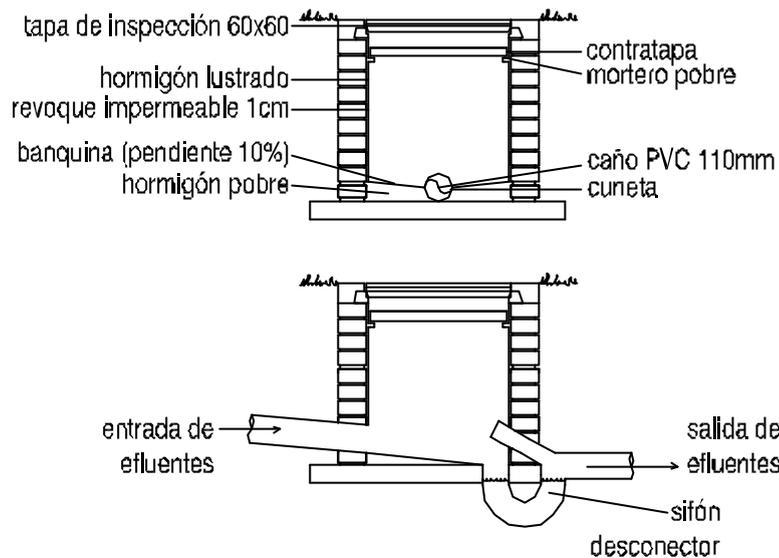
Esquema de funcionamiento del Sistema de Flujo Sub-superficial

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

1) Inicio: Cámara de inspección inicial

Una cámara de 60 x 60cm conduce las aguas negras y grises hacia la cámara de pre-tratamiento. Las aguas pluviales no serán canalizadas hacia esta cámara sino hacia un sistema independiente que las conducirá y dispondrá en sitios apropiados del terreno, cunetas o cursos de agua. La cámara de inspección tiene las características de las utilizadas en los sistemas convencionales de saneamiento por lo que se pueden reutilizar cámaras preexistentes en caso de adaptación de sistemas de tipo convencional a sistemas de humedales construidos.



Cámara de inspección inicial

2) Pre-tratamiento: Cámara séptica (tratamiento primario)

En la cámara séptica ocurre el tratamiento primario del efluente a través sedimentación y flotación de los sólidos mediante procesos físicos. Allí se remueven los materiales sólidos gruesos como materias fecales, restos de comida, grasas y aceites, arenas y papeles. Además, la acción de bacterias anaeróbicas inicia la digestión de la materia orgánica. En este proceso biológico que transcurre en ausencia de oxígeno se liberan gases que pueden presentar olores desagradables por lo que la cámara de pre-tratamiento debe contar con la ventilación bien ubicada y con suficiente elevación.

De la cámara de pre-tratamiento saldrá entonces el efluente sin materiales grandes en suspensión y con parte de la materia orgánica transformada en compuestos solubles más simples lo que implicaría un abatimiento de por lo menos un 25 % en la DBO_5 del efluente.

Para cumplir sus funciones correctamente, una cámara séptica debe ser un pozo excavado en el suelo, revestido con bloques, ladrillos, hormigón o plástico, impermeabilizado y tapado, es decir completamente aislado del ambiente. Las cámaras sépticas pueden tener varios diseños: cilíndricas, prismáticas, de cámara única, de cámaras en serie (dos o más) o cámaras sobrepuestas.

Dimensionado

Cámara séptica de cámara única

La cámara séptica debe tener un volumen mínimo que permita que los sólidos sedimentables puedan acumularse en el fondo, evitando su pasaje hacia el canal con plantas emergentes. Es así que la cámara séptica debe tener una profundidad útil de al menos 1,10m reservados para líquidos y lodos. Asimismo, debe tener un espacio libre por encima del nivel máximo de las aguas de 0,30m con el fin de retener las espumas y grasas flotantes. De esta manera, una profundidad total mínima de la cámara séptica de 1,40m asegura que el funcionamiento del pre-tratamiento sea óptimo y el efluente salga hacia el canal de plantas emergentes con menos carga contaminante.

Por cuestiones básicas de funcionamiento de las cámaras sépticas, es necesario además que se respete una relación entre largo y ancho de la cámara de entre 2:1 y 4:1 con un ancho mínimo de 0,7m y un largo máximo que es el doble de la profundidad útil.

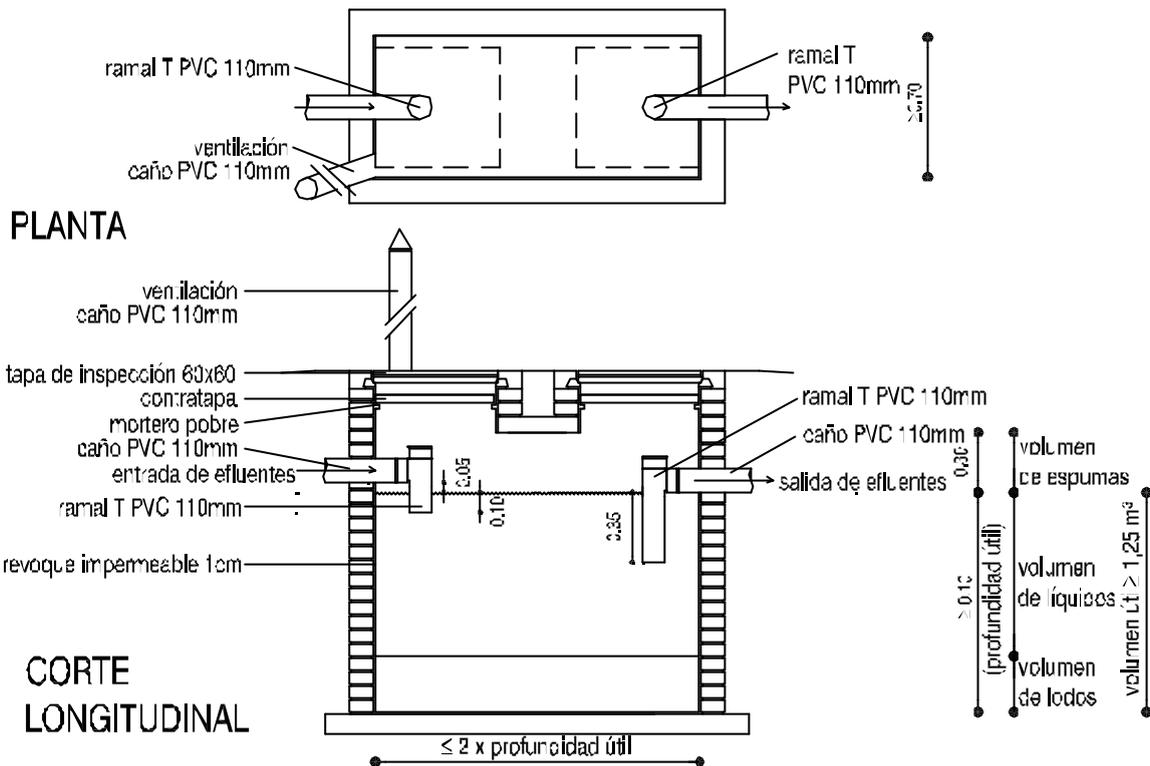
Para el cálculo del volumen útil (V_U) de la cámara de pre-tratamiento se consideran:

- ✍ el volumen de líquidos (V_{Li});
- ✍ el caudal de entrada (Q) que para una escuela rural se estima de 20 litros/día por alumno y 100 litros/día por adulto;
- ✍ el tiempo de residencia hidráulica necesario para el abatimiento en un 50% de la DBO_5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno) que es el tiempo que permanecerá el efluente en la cámara séptica. La máxima DBO_5 esperada para efluentes amoniacales es de 300 mg/l por lo que la máxima DBO_5 aceptada para el ingreso del efluente al canal sembrado con plantas emergentes donde continuará el proceso de abatimiento es de 150 mg/l. El tiempo de residencia hidráulico mínimo para un clima templado será de 1 a 1,5 días;
- ✍ el volumen de líquidos $V_{Li} = Q \times 1,5$ días;
- ✍ el volumen de lodos acumulados (V_{Lo}) que en un año de uso serán 50l por adulto y 10l por alumno;

donde $V_U = V_{Li} + V_{Lo}$ y $V_U = 1,25m^3$

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.



Cámara séptica de cámara única

Cámara séptica de dos cámaras en serie

Si el volumen útil es mayor a $1,65\text{m}^3$ se recomienda la construcción de cámaras sépticas de dos cámaras en serie. Estas últimas se caracterizan por tener ciertas ventajas adicionales a las cámaras sépticas de cámara única al tener mejor capacidad para separar sólidos y digerir los mismos, mejor capacidad de respuesta a los picos de caudal y mejor separación de flotantes. El segundo compartimiento recibe el efluente clarificado ya que muchos de los sólidos han decantado en la primera cámara. Hay menos turbulencia porque el flujo se lamina en la primera cámara permitiendo decantar partículas más finas.

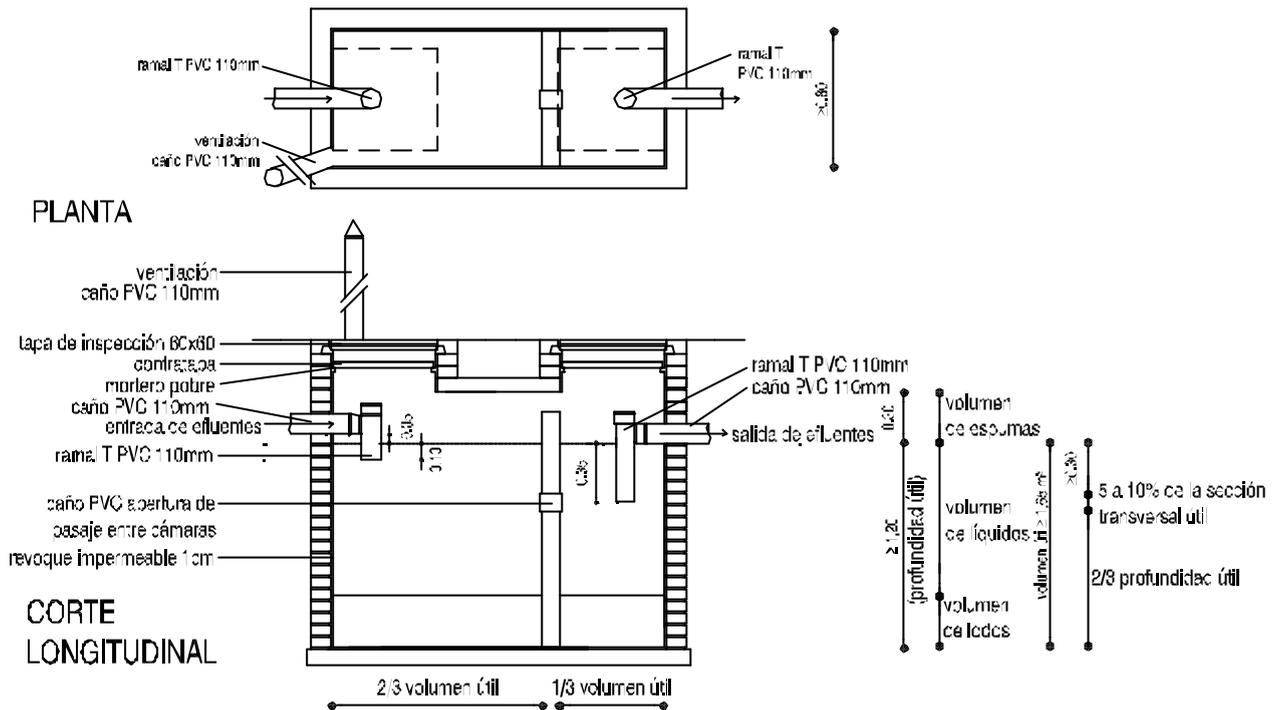
Es necesario que se respete la relación entre largo y ancho de la cámara de entre 2:1 y 4:1 con un ancho mínimo de 0,8m y que el largo máximo sea el doble de la profundidad útil. La profundidad útil mínima es de 1,20m.

La primera y la segunda cámara deben tener un volumen útil respectivamente de 2/3 y 1/3 del volumen útil total. El largo de la primera cámara es de 2/3 el largo total y el de la segunda 1/3 del mismo.

Los bordes inferiores de las aberturas de pasaje entre las cámaras deben estar a 2/3 de la profundidad útil y los bordes superiores deben estar como mínimo a 0,30m por debajo del nivel superior del líquido. El área total de las aberturas de pasaje entre las cámaras debe ser del 5 a 10% de la sección transversal útil de la fosa.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.



Cámara séptica de dos cámaras en serie

Cámara séptica de anillos de hormigón

La cámara de pre-tratamiento se puede construir en módulos utilizando anillos de hormigón de 1m de diámetro y 0,50m de altura disponibles en las barracas de construcción.

El volumen de un cilindro de hormigón se calcula según la fórmula:

$$V_c = p \cdot r^2 \cdot h$$

donde:

$r = 0,50\text{m}$ es el radio del anillo de hormigón

$h = 0,50\text{m}$ es la altura de un anillo

$$V_c = 3,1416 \times (0,50\text{m})^2 \times 0,50\text{m} = 0,39\text{m}^3$$

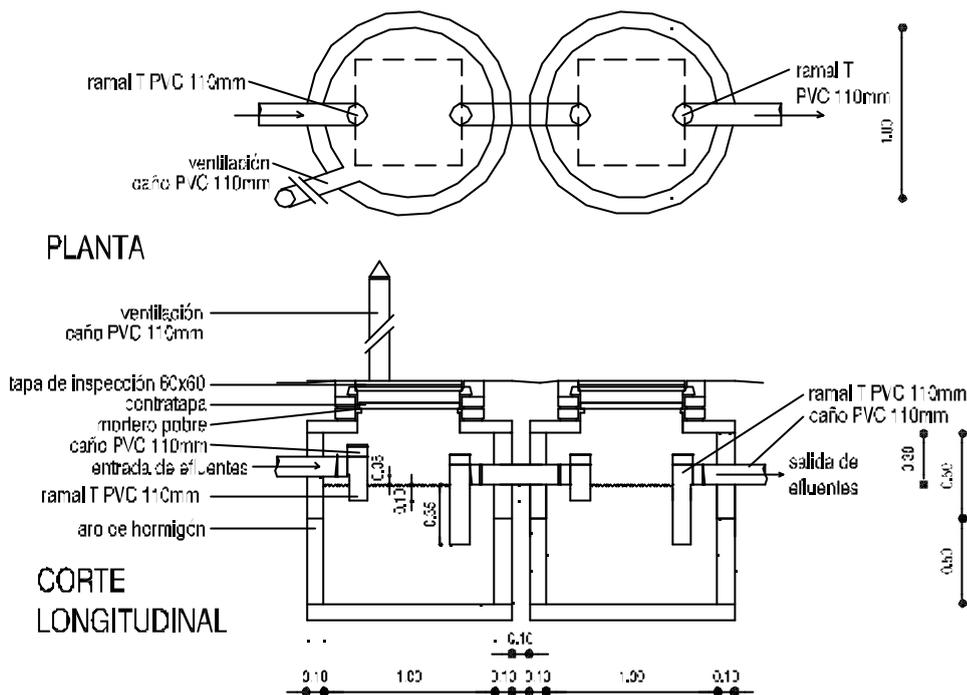
$$\text{cantidad de anillos} = V_u / V_c$$

De esta manera podemos determinar cuantos anillos de hormigón se necesitan para que la DBO_5 se reduzca en un 50% de 300mg/l a 150mg/l en 1,5 días.

Para facilitar la construcción y aumentar la eficiencia del sistema los anillos pueden ser agrupados de a dos formando módulos.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.



Cámara séptica de cilindros de hormigón

En la entrada y salida de la cámara séptica se coloca un ramal T de PVC de 110mm de diámetro para retener sólidos flotantes no degradados y evitar la salida de estos hacia el canal. La comunicación entre los distintos módulos de la cámara de pre-tratamiento se hará utilizando un caño de PVC. Estos dispositivos garantizarán la pendiente necesaria para que el efluente fluya por rebose hacia el canal.

Las aguas provenientes de las cocinas deben pasar previamente a su ingreso al sistema por un interceptor de grasas que cuente con un mantenimiento adecuado.

La cámara de pre-tratamiento contará con tapas en cada módulo para permitir su inspección y mantenimiento. Una vez al año será necesario limpiar el fondo de la cámara de pre-tratamiento para retirar el residuo sólido generado por procesos de degradación incompletos de la materia sedimentada.

La mayoría de los establecimientos rurales cuentan con una fosa séptica. Estas mismas instalaciones puedan ser fácilmente acondicionadas como cámaras de pre-tratamiento de un sistema de flujo sub-superficial reduciendo así de forma significativa los costos de construcción.

Luego de salir de la cámara séptica, el efluente aún posee una alta carga contaminante, peligrosa para la salud y el ambiente. Por eso no se puede verter en cunetas, calles o espacios públicos, regar cultivos con él o permitir que infiltre en el suelo.

En ocasiones y sobretodo en zonas cercanas a la costa, la napa freática se ubica a tan solo 0,5m. En esos lugares, realizar una cámara séptica impermeable de 1,4m de altura puede ser realmente difícil y muy costoso ya que la fuerza del agua de la napa tiende a romper la cámara. En esos casos se pueden realizar cámaras de menor profundidad evitando llegar a la profundidad de la napa ó recurrir a tarrinas de plástico, las cuales pueden estar en parte por encima del nivel del suelo. Si el suelo es de piedra o muy

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

inundable este tipo de soluciones se tornan inadecuadas y hay que pensar en alternativas como las del baño seco, que no involucren el uso del agua para evacuar las excretas. Si bien no es un elemento imprescindible de los humedales construidos, tener ubicada una cámara de inspección entre la cámara séptica y el canal con plantas emergentes, puede ser de mucha utilidad para realizar tarea de mantenimiento en las cañerías si ocurriera algún tipo de obstrucción.

3) Tratamiento: Humedal construido (tratamiento secundario)

El efluente que entra al humedal ya perdió una importante cantidad del material sólido que traía pero aún tiene una alta carga contaminante. Por eso es clave que su circulación sea por dentro del canal entre piedras y raíces y nunca por encima de su superficie. La circulación del efluente por encima de la superficie del humedal implica la presencia de malos olores y un factor de riesgo para la salud humana.

En este canal de flujo sub-superficial ocurre el tratamiento secundario del efluente a través de la digestión de la materia orgánica por la acción de bacterias aeróbicas mediante procesos biológicos. El sustrato del canal retiene los sólidos aún presentes en el efluente mientras la microflora intersticial se encarga de su degradación natural. Las plantas emergentes adsorben y absorben nutrientes contenidos en el efluente mientras se eliminan patógenos por modificaciones del ecosistema formado en torno a las raíces de las plantas. Como resultado de este tratamiento se obtiene un agua de calidad adecuada para riego por su alto contenido en sustancias nutritivas.

El canal se construye a continuación de la cámara de pre-tratamiento en un lugar soleado.



Humedal construido en Solymar

Dimensionado

La profundidad útil del canal está relacionada con la capacidad de enraizamiento de las plantas emergentes y es de 0,5m. La profundidad total debe considerar además un margen de seguridad de 15cm por encima de la profundidad útil para evitar que el agua rebase la superficie del canal en caso de lluvias intensas.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

El perfil hidráulico debe permitir el flujo por gravedad del sistema. El canal tendrá una pendiente del 1 al 2% para asegurar que el agua transite y no se estanque dentro del humedal pero a su vez para que esta circulación sea lo suficientemente lenta para que las plantas emergentes y microorganismos asociados a sus raíces puedan trabajar en la depuración del efluente.

El tiempo de residencia hidráulica necesario para que el efluente se depure en contacto con las plantas será de 4 días.

Para el cálculo del caudal de entrada se retoma lo considerado para la cámara séptica y se cuantifican 20 litros/día por alumno y 100 litros/día por adulto.

La zona media del canal es donde se sembrarán las plantas emergentes y donde ocurrirá el proceso de depuración biológica del efluente mediante la acción del complejo formado por plantas, bacterias y piedras.

El volumen de la zona media del canal será:

$$V_M = Q \times 4 \text{ días}$$

y el área de la zona media del canal resulta ser:

$$A_M = V_M / 0,50m$$

Para que la circulación del agua a través del canal sea la adecuada debe haber una relación de 2:1 entre largo y ancho siendo el ancho de entre 1 y 3m.

Se suele utilizar como referencia aproximada de diseño de 1,5 a 2m² de humedal por persona. Utilizando estos valores la superficie del humedal sería bastante mayor a la obtenida según el cálculo presentado anteriormente. Seguramente un humedal de mayores dimensiones a las necesarias pueda funcionar correctamente pero sobredimensionar el canal o la cámara séptica implica aumentar los costos y el trabajo en la construcción de los sistemas. Además, si el sistema es mucho más grande de lo que se necesita, finalmente ocurrirá que habrá partes que no reciban agua y que por lo tanto queden fuera de funcionamiento.

Sus paredes tendrán una pendiente de 45° para evitar que se desmoronen. Se debe proteger al sistema del ingreso de escurrimiento pluvial con un murete perimetral de bloques ya que este afecta la eficiencia y a la vegetación sembrada en el canal.

Proceso de construcción del humedal construido

Luego de haber realizado el pozo, se cubren el fondo y los terraplenes del canal con 5cm de balasto, se compactan con pisón o rodillo y se impermeabilizan con nylon grueso y resistente, membrana asfáltica o cemento para evitar la infiltración del efluente al terreno y a la napa freática durante el proceso de depuración. Se debe procurar que no haya raíces de árboles que puedan perforar la impermeabilización. Se cubre la impermeabilización con arena o tierra sacada del propio pozo para protegerla.

La entrada al canal debe distribuir el efluente de forma homogénea y debe ser de difícil obturación. Ocupa todo el ancho del canal y tiene entre 0,3 y 0,5m de largo. En esta zona se ubica el caño de PVC de 110mm que conecta la cámara séptica con el humedal. El extremo del caño que se ubica dentro del canal se conecta mediante un ramal T a dos caños que ocupan todo el ancho del humedal y que están perforados cada 15cm y tapados en sus extremos libres. Los caños perforados se colocan inmediatamente por encima de la profundidad útil. Se rellena la zona de entrada con piedras de granulometría de entre 20 y 25cm de diámetro que aseguran la distribución homogénea del efluente desde el comienzo del recorrido por el canal. Los caños perforados quedan tapados por las piedras ubicadas en lo que corresponde al margen de seguridad.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

La zona de salida tiene entre 0,3 y 0,5m de largo. El canal se conforma de tal manera que la circulación del efluente se concentre hacia el caño colector perforado que recoge el efluente saliente del canal. El caño de salida se coloca a la misma altura que el caño de entrada para mantener el volumen de efluente constante dentro del canal y asegurar la actividad del sistema de plantas y microorganismos. El material de relleno es la misma piedra grande de la entrada lo que facilita que el efluente escurra todo hacia el caño de salida del canal. La salida del canal debe permitir el control del nivel del agua y el monitoreo.

La zona media del canal constituye un manto filtrante que se rellena con pedregullo de granulometría de entre 2 y 3cm de diámetro. En esta zona se siembran 2 plantas emergentes por m² preferentemente de las que haya por cunetas, charcas arroyos o bañados del lugar.

Los bordes de la impermeabilización que sobresalgan del canal luego de llenado, se deben cubrir para evitar su deterioro por los rayos del sol.



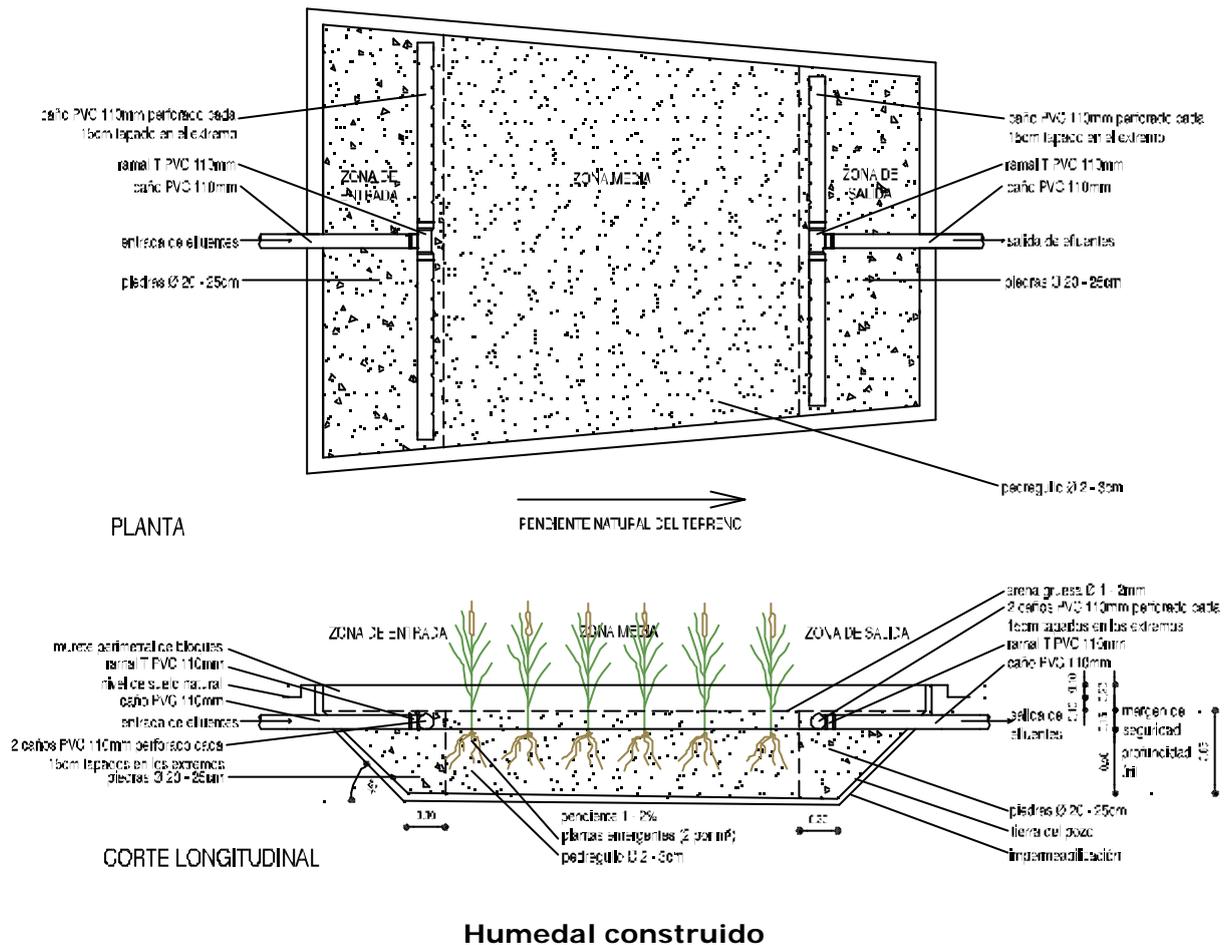
Humedal en construcción en Cooperativa Guyunusa en Solymer – Canelones

Una vez que las plantas se hayan elevado 50cm sobre el nivel del canal se cubre la superficie del mismo con 10cm de arena gruesa de 1 a 2mm de diámetro y se deja que las plantas continúen creciendo. A partir de entonces se dejan crecer las plantas libremente hasta que se verifique una reducción en el caudal de salida del sistema. Al constatarse la reducción del caudal por obstrucción por exceso de raíces se extraen algunos rizomas para recuperar caudal. Una vez que se establezca la densidad óptima de plantas, el sistema se equilibrará siendo la cosecha muy esporádica.

Si el suelo es de roca, la posibilidad de construir el canal implicará un esfuerzo demasiado grande. En ese caso sería bueno reconsiderar la opción de utilizar este tipo de estrategias. Lo mismo en terrenos donde hay una zona de recarga de acuíferos como zonas de bañados con agua surgente. Allí siempre será mejor utilizar baños secos. Si se hace un humedal construido, se deberá tener mucho cuidado de que realmente no haya contacto de aguas contaminadas con el área de recarga del acuífero para poder asegurar la pureza de esas aguas.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.



Transplante de plantas emergentes

Se extraen plantas con brotes con una pala sin dañar rizomas ni cortar raíces en terrones de aproximadamente 20cm. Cuanto más raíces tengan al transplantarlas más fácil y rápida será su adaptación en el canal construido. Se cortan las hojas dejando sólo brotes nuevos y yemas. Se enjuagan los trozos de rizoma en un recipiente con agua del lugar y se transportan envueltos en papel de periódico mojado y en ambiente sombreado.

Para la siembra se riega abundantemente el pedregullo del canal hasta encharcarlo de agua y se plantan los rizomas superficialmente a razón de 8 a 10 plantas por m². El funcionamiento óptimo del canal depende de que haya una buena cobertura de plantas. Por eso en el arranque es bueno partir de un número importante de plantas. Se cubren los rizomas con una fina capa de pedregullo dejando yemas y tallos afuera. Luego del plantado y para favorecer la adaptación de las plantas se debe regar el canal hasta inundar las raíces que salen de los rizomas y mantenerlo siempre húmedo. Más adelante el efluente que viene de la cámara séptica mantendrá la humedad dentro del sistema. Al comienzo es también recomendable cubrir el canal de pasto seco u hojas para ayudar a mantener la humedad dentro del canal.

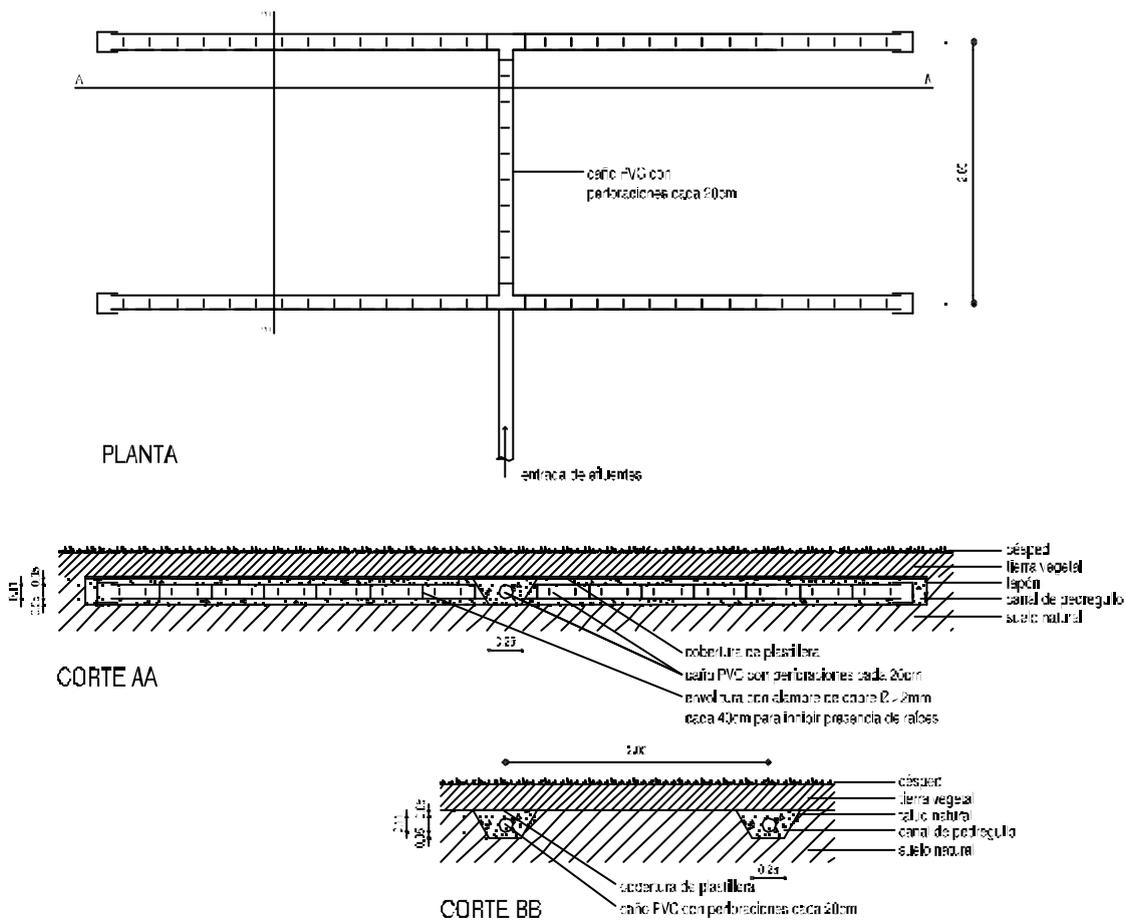
SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

4) Postratamiento y disposición final: Campo de infiltración, batea de postratamiento o estanque

Después del pasaje a través del humedal, la depuración del agua residual alcanza entre el 95 y 99%. Esto significa que el agua sale con una concentración orgánica contaminante totalmente distinta a la de la entrada. Pero la cantidad de coliformes fecales, aunque muy disminuida, todavía puede ser peligrosa para la salud si es consumida por las personas. En cambio si puede ser reutilizada para riego de árboles y jardines o en prácticas agrícolas

El Sistema de Flujo Sub-superficial podría tener un valor económico agregado cuando el efluente resulta en un nuevo insumo de alguna actividad productiva. El agua depurada puede ser reutilizada para riego de árboles y jardines o en prácticas agrícolas. Se podrá regar con el agua depurada cultivos cuyo producto no se consume en forma natural. Si el producto de los cultivos será consumido en forma natural se aplicará un sistema de riego que no provoque el mojado del producto infiltrándola en el terreno mediante tuberías de drenaje en campos de infiltración. El efluente tratado es también apto para la preservación de peces o de otros integrantes de la flora y fauna hídrica aprovechando su alta carga de nutrientes. Si no hay interés en la reutilización del agua ya depurada, se puede verter directamente sobre el suelo o a otros cuerpos de agua.



Si se quiere, con un postratamiento, se puede disminuir aún más la carga contaminante y dejar el agua prácticamente sin ningún coliforme fecal. Para eso, luego del canal se

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

excava en el suelo, donde desemboca el caño de salida, una batea de no más de 15cm de profundidad donde el agua recibe la luz directa del Sol y sus rayos ultravioletas que tienen un efecto desinfectante al matar a las bacterias dentro del agua y esta tiene una mayor oxigenación que dentro del humedal por contacto atmosférico directo. Estos dos factores hacen que la depuración comenzada en la cámara séptica y continuada luego en el humedal se complete, dejando el agua sin olores ni organismos peligrosos para la salud pero con una alta carga de nutrientes que la hacen muy interesante desde el punto de vista productivo. En esta batea o estanque pueden ponerse plantas acuáticas del tipo flotante pero evitando que las mismas cubran toda la superficie del agua. Parte de la superficie debe estar libre para permitir la entrada de aire y luz dentro del agua.

La biomasa generada por el sistema, cuando este la genere en exceso puede ser utilizada para la elaboración de compost para la huerta escolar, para alimentar animales o como combustible.

Procedimiento de operación y mantenimiento de un Sistema de Flujo Sub-superficial

Los humedales construidos luego de puestos en funcionamiento requieren un manejo relativamente sencillo y que no demanda mucho tiempo. No se requiere para su mantenimiento mano de obra especializada adaptándose a la capacidad técnica local y a la disponibilidad de recursos económicos escasos.

Cuando se comienza a utilizar una cámara séptica esta debe estar llena de agua limpia. Asimismo, es recomendable agregar un par de paladas de compost o verter microorganismos eficientes⁹ de forma de sembrar microorganismos descomponedores que puedan ir reduciendo la materia orgánica antes de que el efluente pase al canal con plantas emergentes.

Después de iniciado el uso del humedal construido se remueven los lodos acumulados en la cámara séptica una vez al año mediante el uso de una bomba. Puede suceder que, debido a la actividad de las bacterias que viven en la cámara séptica, los lodos acumulados en el fondo se descompongan a la misma velocidad con la que se depositan y en ese caso no sería necesaria su extracción. Para favorecer la descomposición anaeróbica de los lodos es bueno recurrir al vertido periódico de microorganismos eficientes dentro de la cámara séptica.

Es importante que las plantas cubran siempre todo el canal. Si en algún momento, debido a que el canal se dejó de usar por mucho tiempo, parte del canal queda descubierto, habrá que volver a poner plantas emergentes en esa zona.

Tanto la eficiencia de remoción de la cámara séptica como la del humedal construido serán mayores en verano respecto al invierno. Los procesos microbiológicos implicados en la reducción de la carga contaminante del efluente son sensibles a las bajas temperaturas. Temperaturas inferiores a los 15°C poseen un efecto inhibitorio y enlentecen los procesos de descomposición bacteriana ubicándose el óptimo en 30°C. Las especies a utilizar en el Sistema de Flujo Sub-superficial y la microflora asociada debe tener la capacidad de adaptarse cuantitativamente y cualitativamente a los cambios

⁹ Los microorganismos eficientes son una combinación de varios tipos de microorganismos que poseen la capacidad de degradar rápidamente la materia orgánica. Se utilizan para acelerar los procesos de compostaje, evitar la proliferación de plagas, hongos y bacterias en cultivos, para el tratamiento de aguas contaminadas y la reducción de malos olores.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

estacionales. En Uruguay los mínimos de temperatura alcanzados por los efluentes que circulan dentro de los humedales construidos pueden alcanzar los 12°C. Esto ocurre entre los meses de julio y setiembre. Ya en la segunda mitad de setiembre la temperatura comienza a subir nuevamente superando los 15°C con lo que los procesos microbiológicos vuelven a ser más veloces y eficientes.

Durante la fase crítica de invierno es muy importante, que el flujo que circula por el humedal tenga la mayor temperatura posible. Esto puede lograrse manteniendo una buena cubierta de plantas en el canal. Las hojas secas de las plantas emergentes sirven como cubierta contra el frío para brotes nuevos. Por eso conviene no sacarlas hasta que comienza la primavera ya que amortiguan los cambios de la temperatura ambiente al interior del canal. Cuando comienza el calor, se pueden cortar las hojas viejas e incorporarlas como sustrato entre las bases de los nuevos brotes pues ayudan a mantener la humedad, evitando la evaporación de las aguas.

Estos sistemas no requieren del consumo de energía eléctrica para su implementación ya que al aprovechar las pendientes naturales del terreno no se necesitan bombas.

No se deben tirar objetos que puedan obstruir las cañerías. Si esto ocurre, el efluente puede desbordar el canal generando malos olores y riesgo de contaminación. En ese caso se deben quitar las piedras de la zona de entrada o salida, limpiar los caños y volver a rellenar.

El Sistema de Flujo Sub-superficial es un sistema vivo, que funciona gracias a la actividad de las bacterias y las plantas que lo integran. Por eso, no es bueno tirar hipoclorito o desinfectantes químicos en el inodoro o cualquier desagüe ya que estos productos matan a los microorganismos que se encargan de la depuración de las aguas tanto en la cámara séptica como en el canal con plantas emergentes.

Esta opción de saneamiento alternativo es una buena posibilidad de depuración de efluentes siempre que las condiciones del suelo y la profundidad de la napa freática sean las adecuadas y que exista la superficie necesaria para el tratamiento. En los lugares donde no existe red de saneamiento, desde el punto de vista de la salud y el ambiente, es una opción muy superior a la disposición de efluentes a en cunetas o pozos filtrantes con la ventaja de la reutilización del agua tratada.

Métodos para la evaluación de la eficiencia del sistema

Los humedales construidos luego de puestos en funcionamiento requieren de una evaluación cualitativa y cuantitativa frecuente por parte de usuarios y técnicos para garantizar la eficiencia de los mismos. De esta manera se detectan rápidamente desviaciones y patologías frecuentes, algunas de las cuales podrán ser corregirlas de manera sencilla.

La simple observación del estado del humedal es un indicador de cómo está funcionando el sistema. La presencia de agua en el humedal indica que este admite mayor cantidad de plantas emergentes que se hagan cargo del exceso de humedad. Esto último siempre que se descarte que el exceso de agua no se deba al aporte de caudales de aguas pluviales provenientes de otros sectores del terreno que deben ser canalizadas hacia otro sitio. Asimismo, valores insuficientes de humedad traen como consecuencia que algunos sectores del humedal queden sin plantas emergentes lo que indica que el sistema está sobredimensionado para los caudales con los que cuenta.

La vitalidad de las plantas emergentes es un indicador de la cantidad y calidad de los nutrientes que les aporta el efluente. La presencia de olores desagradables en el humedal indica un exceso de materia orgánica en el efluente que ingresa a este proveniente de la

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

cámara séptica lo que genera que se desencadenen procesos de descomposición anaeróbica. Esto puede deberse a que la cámara séptica tenga dimensiones insuficientes o que necesite se desagotada por excesiva cantidad de lodos acumulados.

Otros indicadores del funcionamiento del sistema de tratamiento son los ensayos de laboratorio que aportan información precisa sobre su eficiencia. El efluente saliente del sistema de tratamiento debe tener una DBO_5 máxima de 50mg/l y un máximo de 10.000 coliformes fecales por cm^3 . En estas condiciones el agua no es apta para consumo humano pero sí para ser utilizada para riego.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Desarrollo de un proyecto prototípico para el tratamiento y disposición de los efluentes líquidos en escuelas rurales de la Tipología A¹⁰

TIPOLOGÍA A – Diagnóstico de la situación de la escuela

Categoría	Rural común
Turno	Rural (de 10 a 15hs)

DATOS EDIFICIOS

Tenencia del inmueble	Propio
Destino original de las construcciones	Escuela
Estado de conservación	Aceptable
Área del predio (m²)	17165m ²
Área construida (m²)	223m ²
Número de aulas	1
Cantidad de servicios higiénicos	3 (2 correspondientes a la escuela y 1 a la vivienda)
Ubicación de servicios higiénicos	Exterior los de la escuela e interior los de la vivienda
Área de vivienda (m²)	74m ²
Otros locales	Comedor y cocina
Acondicionamientos	Térmico Estufas eléctrica y a leña
	Instalaciones Conexión a red eléctrica de U.T.E.

ACONDICIONAMIENTO SANITARIO

Abastecimiento	Sistema Pozo con bomba. Tanque plástico elevado.
	Evaluación No aceptable
Desagües	Sistema Pozo negro con robador
	Evaluación No aceptable

DATOS DE LOS USUARIOS

Número de alumnos	9
Número de docentes	1
Otros usuarios	Auxiliar de servicio y 1 integrante de la familia de la maestra
Total de usuarios adultos	3

Observaciones	Distancia de pozo con bomba a pozo negro: 40m
----------------------	---

¹⁰ Los recaudos gráficos del proyecto de tratamiento y disposición de efluentes para una escuela de la tipología A se encuentran en las páginas finales de este informe.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA DE FLUJO SUB-SUPERFICIAL (TIPOLOGÍA A)	
Cámara de inspección final	
Material	Ladrillo de campo Revoque impermeable
Dimensiones	0,60 x 0,60m
Cámara séptica	
Material	Ladrillo de campo Revoque impermeable
Caudal de entrada	0,48m ³ /día
Volumen de líquidos	0,94m ³
Volumen de lodos	0,31m ³ /año
Volumen útil	1,25m ³
Diseño	Cámara única
Dimensiones	Largo = 1,62m Ancho = 0,70m Altura = 1,40m
Humedal construido	
Impermeabilización	Membrana asfáltica
Caudal de entrada	0,48m ³ /día
Volumen (zona media)	1,92m ³
Área (zona media)	3,84m ²
Dimensiones	Largo = 3,36m Ancho = 1,39m Profundidad útil = 0,5m Profundidad total = 0,65m Pendiente = 1%
Plantas emergentes	Totoras, papiros, juncos, achiras
Campo de infiltración	
Tuberías de drenaje	Material: PVC ?110 Largo >12m

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Desarrollo de un proyecto prototípico para el tratamiento y disposición de los efluentes líquidos en escuelas rurales de la Tipología B¹¹

TIPOLOGÍA B – Diagnóstico de la situación de la escuela	
Categoría	Rural común
Turno	Rural (de 10 a 15hs)
DATOS EDIFICIOS	
Tenencia del inmueble	Propio
Destino original de las construcciones	Escuela
Estado de conservación	Aceptable
Área del predio (m²)	15000m ²
Área construida (m²)	235m ²
Número de aulas	2
Cantidad de servicios higiénicos	4 (2 baterías de baños con 2 tazas turcas c/u y canaleta en la de varones)
Ubicación de servicios higiénicos	Patio exterior techado
Otros locales	Cocina
Acondicionamientos	Térmico Estufas eléctrica
	Instalaciones Conexión a red eléctrica de U.T.E.
ACONDICIONAMIENTO SANITARIO	
Abastecimiento	Sistema Pozo con bomba. Tanque de fibrocemento elevado.
	Evaluación No aceptable
Desagües	Sistema Cámara séptica y pozo negro con robador
	Evaluación No aceptable
DATOS DE LOS USUARIOS	
Número de alumnos	29
Número de docentes	2
Otros usuarios	Auxiliar de servicio
Total de usuarios adultos	3
Observaciones	Distancia pozo con bomba a pozo negro: 20m

¹¹ Los recaudos gráficos del proyecto de tratamiento y disposición de efluentes para una escuela de la tipología B se encuentran en las páginas finales de este informe.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS
Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

FICHA TÉCNICA DEL SISTEMA DE FLUJO SUB-SUPERFICIAL (TIPOLOGÍA B)	
Cámara de inspección final	
Material	Ladrillo de campo Revoque impermeable
Dimensiones	0,60 x 0,60m
Cámara séptica	
Material	Ladrillo de campo Revoque impermeable
Caudal de entrada	0,88m ³ /día
Volumen de líquidos	1,32m ³
Volumen de lodos	0,44m ³ /año
Volumen útil	1,76m ³
Diseño	2 cámaras en serie
Volumen útil cámara 1	1,17m ³
Volumen útil cámara 2	0,59m ³
Dimensiones	Largo ₁ = 1,23m Largo ₂ = 0,61m Ancho = 0,80m Altura = 1,50m Abertura de pasaje entre cámaras = 0,05m ²
Canal sembrado con plantas emergentes	
Impermeabilización	Membrana asfáltica
Caudal de entrada	0,88m ³ /día
Volumen (zona media)	3,52m ³
Área (zona media)	7,04m ²
Dimensiones	Largo = 4,74m Ancho = 1,88m Profundidad útil = 0,5m Profundidad total = 0,65m Pendiente = 1%
Plantas emergentes	Totoras, papiros, juncos, achiras
Campo de infiltración	
Tuberías de drenaje	Material: PVC ?110 Largo >12m

Comparación económica en la implementación de sistemas con depósitos impermeables y sistemas de flujo sub-superficial.

Sólo se comparan los recursos necesarios que son específicos para la implementación de los distintos sistemas. No se incluye la construcción de cámaras de inspección y cámaras sépticas por ser estos dispositivos comunes a ambos sistemas.

Recursos necesarios para el mantenimiento de un sistema con Depósito Impermeable

Rubro	Costo unitario (U\$S)	Tipología A		Tipología B	
		Cantidad	Costo (U\$S)	Cantidad	Costo (U\$S)
Vaciado de depósito impermeable (8000l)	46	Cada 21 días (18 veces al año)	U\$S 828 al año	Cada 9 días (41 veces al año)	U\$S 1.886 al año

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Recursos necesarios para la construcción de un Sistema de Flujo Sub-superficial

Rubro	Unidad	Costo unitario (U\$S)	Tipología A		Tipología B		
			Cantidad	Costo (U\$S)	Cantidad	Costo (U\$S)	
Humedal construido							
Excavación	Peón a pico y pala (0,16m ³ /hora) ¹²	hora	2	7m ³ (44 horas)	88	11m ³ (69 horas)	138
	Retroexcavadora (27m ³ /hora)	hora	48 (mínimo 3 horas) + 98 (traslado)	7m ³ (3 horas + traslado)	242	11m ³ (3 horas + traslado)	242
Balasto	m ³	23	1	23	1,5	34,5	
Bloques (12x20x40) 13 bloques por m ²	unidad	0,7	80	56	105	73,5	
Mezcla gruesa (0,015m ³ por m ²)	m ³	80	0,1	8	0,15	12	
Caño PVC (? 110mm)	m	5	9	45	11	55	
Ramal T PVC (? 110mm)	unidad	4,5	2	9	2	9	
Tapón PVC (? 110mm)	unidad	1,25	4	5	4	5	
Piedras (?20-25cm)	m ³	21	2	42	3,5	73,5	
Pedregullo (?2-3cm)	m ³	21	4	84	7	147	
Arena gruesa (?1-2mm)	m ³	31	1,5	46,5	2,5	77,5	
Subtotal humedal construido	Excavación con peón a pico y pala			U\$S 406,5		U\$S 625	
	Excavación con retroexcavadora			U\$S 560,5		U\$S 729	

¹² Las horas de trabajo necesarias para la implementación del sistema pueden ser aportadas por docentes, padres y vecinos de la escuela.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Rubro	Unidad	Costo unitario (U\$S)	Tipología A		Tipología B		
			Cantidad	Costo (U\$S)	Cantidad	Costo (U\$S)	
Campo de infiltración							
Excavación	Peón a pico y pala	hora	2	4m ³ (25 horas)	50	6m ³ (38 horas)	76
	Retroexcavadora	hora	48 (mínimo 3 horas) + 98 (traslado)	4m ³	Incluido en costos de excavación del humedal construido	6m ³	Incluido en costos de excavación del humedal construido
Caño PVC (? 110mm)	m	5	14	70	22	110	
Ramal T PVC (? 110mm)	unidad	4,5	1	4,5	1	4,5	
Ramal doble PVC (? 110mm)	unidad	54	1	54	2	108	
Tapón PVC (? 110mm)	unidad	1,25	4	5	6	7,5	
Alambre de cobre (? >2mm)	m	1,5	14	21	21	31,5	
Pedregullo (?2-3cm)	m ³	21	1,5	31,5	2,5	52,5	
Plastillera	m ²	1	11	11	17	17	
Subtotal campo de infiltración	Excavación con peón a pico y pala			U\$S 247		U\$S 407	
	Excavación con retroexcavadora			U\$S 197		U\$S 331	
TOTAL	Excavación con peón a pico y pala			U\$S 653,5		U\$S 1.032	
	Excavación con retroexcavadora			U\$S 757,5		U\$S 1.060	

Comparando los recursos necesarios para la implementación correcta del sistema convencional para la disposición de los efluentes líquidos utilizando depósitos impermeables y la de un sistema de tratamiento y disposición utilizando humedales construidos y campos de infiltración se puede observar que en menos de un año se apreciarían los beneficios económicos de la opción por este último sistema. A estos beneficios económicos se suman la disponibilidad con el sistema de humedales construidos de agua de excelente calidad para su utilización para riego por su alta carga de nutrientes, la posibilidad de aprovechar la biomasa generada por el sistema y los beneficios para el entorno de implementar una alternativa saludable para la disposición de los residuos líquidos.

4- MANUAL PARA USO DE TÉCNICOS, MAESTROS Y ALUMNOS

El manual para uso de técnicos, maestros y alumnos constituye un elemento anexo a este informe ya que ambos pueden ser utilizados de manera independiente.

CONCLUSIONES

Durante el transcurso de este trabajo de investigación se verificaron las dificultades que encuentran los habitantes del medio rural de nuestro país para el manejo de sus residuos líquidos y los potenciales peligros que esto genera. Asimismo, se puede afirmar que la solución a estos problemas no parece ser viable desde una mirada convencional al manejo de estos residuos.

Los sistemas de tratamiento y disposición de efluentes que se basan en procesos naturales se presentan como una alternativa más adecuada para evitar los riesgos que genera la contaminación del agua debido a problemas derivados de la falta de un adecuado saneamiento.

La legislación nacional sobre la temática debería considerar estas dificultades para facilitar la implementación de tecnologías apropiadas que satisfagan las demandas de los distintos contextos.

Tanto para la instrumentación del tratamiento y disposición de residuos líquidos con sistemas de flujo sub-superficial como para otros sistemas alternativos, es necesario realizar un diagnóstico de cada caso particular para adaptar las soluciones a los requerimientos ambientales específicos del sitio donde se trabaja. Asimismo, la participación de todos los actores involucrados en la construcción, puesta en marcha y gestión de los sistemas es fundamental para garantizar el éxito de los emprendimientos.

Los sistemas naturales de tratamiento de efluentes que se estudiaron requieren del conocimiento por parte de los técnicos y usuarios de los procesos biológicos involucrados en su funcionamiento. Estos principios deben ser considerados en las etapas de diseño, implementación y manejo de los humedales construidos.

Los requerimientos ambientales del sistema lo hacen inviable si no están dadas las condiciones que lo hacen funcionar adecuadamente (clima, topografía, flora, etc.). Del mismo modo, el factor social es fundamental para la viabilidad del sistema debido a que los usuarios son los protagonistas de la gestión de esta solución tecnológica. Los factores económicos y espaciales también tienen un rol importante en la implementación del sistema con sus demandas específicas.

Tanto para la adecuada apropiación por parte de los usuarios y de la comunidad en general de esta tecnología en particular como de otras tantas se requieren metodologías específicas por lo que el Manual que es producto de este trabajo de investigación constituye una herramienta de mucho valor.

La evaluación constante a través de indicadores de funcionamiento tanto cualitativos como cuantitativos se considera de vital importancia para el buen desempeño de la alternativa.

Finalmente, la consideración de los productos derivados de los humedales construidos (agua depurada con alto contenidos de nutrientes y biomasa útil) deben ser tenidos en cuenta como recursos potencialmente disparadores de otras actividades de interés ambiental.

PRÓXIMAS ACTIVIDADES

- ✍ Publicación y difusión del manual para que llegue a sus destinatarios en formato digital e impreso. Constituirá un aporte a técnicos actuantes y a usuarios, los cuales dispondrán de una metodología para la definición integral de los proyectos que les permita la elección de técnicas apropiadas al medio en el que actúen.
- ✍ Acompañar las iniciativas que puedan tomar los interesados en llevar a cabo experiencias con las técnicas propuestas y apoyar su difusión.
- ✍ Devolución de entrevistas a autoridades de CO.DI.CE., A.N.E.P. y O.S.E. con entrega de los resultados de la investigación.
- ✍ Entrevistas a representantes de intendencias municipales y S.A.U. con entrega de los resultados de la investigación.
- ✍ Integrar tanto el informe resultante de esta investigación así como el Manual al material disponible en la biblioteca de la Facultad de Arquitectura para que accedan él profesionales, estudiantes y el público en general.
- ✍ Disponer para acceso del público en general en la página web de la Facultad de Arquitectura el producto de esta investigación.
- ✍ Presentar el producto de esta investigación en los ámbitos donde sea solicitado.
- ✍ Incorporar la publicación de los resultados y la bitácora de la investigación a la bibliografía del curso de Acondicionamiento Sanitario de la Facultad.

ANEXOS

Entrevistas realizadas

Entrevista con representante del Departamento de Educación para el medio rural (Consejo de Educación Primaria, A.N.E.P)

Fecha: 29/09/2008

Lugar: Administración Nacional de Educación Pública, Departamento de Educación Rural (Juan Carlos Gómez 1314)

Directora: Graciela Marrero (Al no encontrarse la directora disponible la entrevista fue realizada con el funcionario Neira).

El funcionario nos comentó que las escuelas rurales contaban por lo general con pozos negros para la disposición de efluentes líquidos. Consultado sobre si se solicitaban servicios barométricos para el vaciado de dichos depósitos nos aclara que algunas de estas escuelas se encuentran en una situación de aislamiento tal que hace inviable el ingreso de camiones cisterna para realizar esta actividad. Existen escuelas que se encuentran hasta a 30km del centro poblado más cercano y a veces ni siquiera cuentan con caminería de acceso.

Nos informaron sobre la existencia de un Educador para la Salud en cada Inspección Departamental que es el encargado de coordinar con O.S.E. los temas relacionados con el saneamiento de los distintos establecimientos educativos.

Asimismo existe un Centro de Apoyo Pedagógico Didáctico a la Escuela Rural con 16 maestros coordinadores en todo el país (maestros CAPDERs).

Entrevista con representante del Directorio de O.S.E.

Fecha: 30/09/2008

Lugar: CURSO – TALLER “La Participación social en la gestión del Agua en la Ciudad” Montevideo, 29-30 Setiembre de 2008 DINASA, MVOTMA

En entrevista con la Ingeniera Karina Azuriz nos informa de la preocupación del ente sobre la existencia de 240 escuelas rurales que no cuentan con agua potable lo que representa el 11% del total de escuelas de todo el país. Todo hace suponer que estas escuelas tampoco cuentan con técnicas seguras de disposición de los efluentes líquidos.

Según el ente en el ámbito rural un 14% de la población cuenta con agua potable de la red de O.S.E., 73% cuenta con agua segura de pozos a los que se le realizan análisis periódicos para garantizar su potabilidad. El restante 13% que corresponde a 28.000 personas consume agua de calidad inaceptable que representa un riesgo para la salud proveniente de pozos donde el agua no es analizada periódicamente. Las 240 escuelas rurales que no cuentan con agua potable estarían dentro de este grupo de riesgo lo que involucraría a los habitantes de las pequeñas localidades de entre 15 y 50 habitantes donde se insertan estas escuelas que generalmente son las proveedoras de agua potable para toda la población. Tomando como promedio localidades de 30 habitantes, esto nos daría unas 7.350 personas que no acceden a agua segura para el consumo en el entorno de las escuelas rurales con la consecuencia del riesgo de contraer enfermedades de transmisión hídricas. Los problemas de calidad del agua vienen acompañados generalmente de inconvenientes en la cantidad de agua a la que se accede en estas pequeñas localidades.

Se destaca el rol social que cumple la escuela en esta temática.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Se nos suministró la lista de 240 escuelas rurales que no poseen agua potable. Dichas escuelas se encuentran en los departamentos de Artigas, Canelones, Cerro Largo, Colonia, Durazno, Flores, Florida, Lavalleja, Maldonado y Paysandú, con locales ubicados hasta a más de 40km del centro poblado más cercano. En estos establecimientos el abastecimiento se realiza mediante pozos, depósitos de aguas pluviales, lagunas, cajas aéreas o subterráneas, tanques cisterna o directamente la aportan los niños, padres y vecinos.

Entrevista con representante del Departamento de Infraestructura, Área Proyectos (A.N.E.P.)

Fecha: 30/09/2008

Lugar: CURSO – TALLER “La Participación social en la gestión del Agua en la Ciudad”
Montevideo, 29-30 Setiembre de 2008 DINASA, MVOTMA

En entrevista con la Arquitecta Cecilia Came nos informa de la difícil situación que atraviesa la educación en cuanto a la infraestructura donde sólo dos técnicos sanitarios son los encargados de colaborar con los arquitectos en las tareas vinculadas con el acondicionamiento sanitario de cerca de 4000 locales en todo el país.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Listado de escuelas rurales con dificultades para acceder al agua potable (fuente: O.S.E.)

Nº	NOMBRE	LOCALIDAD / PARAJE	DIRECCION	CERCANIA A CENTRO POBLADO	ORIGEN DEL SUMINISTRO
ARTIGAS					
4		PINTADO	EX RUTA 30 KM 9		POZO CON BOMBA
7		PATITAS	CAMINO VECINAL KM 175		POZO CON MOLINO
11		CUARO CHICO / PAGUERO	ANA JACQUES DE CAMARA S/N		POZO CON BOMBA
12		SARANDI DE YACUY			
13		PALMA SOLA	BALTASAR BRUM S/N		POZO CON MOLINO
14		COLONIA PINTADO	RUTA 30 KM 137		POZO CON BOMBA
16		COLONIA RIVERA	CAMINO VECINAL 25 DE AGOSTO KM 3		POZO CON BOMBA
18		SARANDI DEL CUARO			POZO CON MOLINO
22		PUNTAS DE TAMANDUA			
25	ING. EZEQUIEL DIMAS SILVA	FRANQUIA		BELLA UNION	POZO CON BOMBA
26		CERRO AMARILLO	RUTA 4 KM 176		POZO CON MOLINO
29		PINTADO GRANDE	RUTA 30 A RIVERA KM 16		POZO CON BOMBA
31		BELLA UNION / CORONADO			POZO
34		TAMANDUA			POZO CON BOMBA
41		CAMPODONICO / EJIDO DE BELLA UNION			
44		CATALAN GRANDE / VOLVAN			MOLINO DE UN VECINO
46		RINCÓN DE PACHECO			POZO CON BOMBA
47		TOMAS GOMENSORO / COLONIA ESTRELLA	CAMINO DE LOS ITALIANOS S/N		POZO CON BOMBA
48		ESTACION MENESES			BOMBA CON PANEL SOLAR
49	DIONISIO DIAZ	CHIFLERO	CAMINO VECINAL A S. E. DEL CUAREIM		POZO CON BOMBA

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Nº	NOMBRE	LOCALIDAD / PARAJE	DIRECCION	CERCANIA A CENTRO POBLADO	ORIGEN DEL SUMINISTRO
50		COLONIA JOSE ARTIGAS			POZO CON BOMBA
51		COLONIA SAN GREGORIO / LA RIUSA			POZO CON BOMBA
52		TRES CERROS DE SANTIÑO			POZO CON BOMBA
61		PIEDRA PINTADA	CAMINO A PIEDRA PINTADA KM 16		POZO
62		PUNTAS DE TRES CRUCES			POZO CON MOLINO
63		GOMENSORO / PASO DE LA CRUZ			POZO CON MOLINO
66		PASO DE LEON			POZO CON MOLINO
67		ESTIBA	CAMINO DEL PENITENTE		POZO CON BOMBA
74		CERRITO / YACOT	CAMINO VECINAL KM 65		POZO CON BOMBA
75		COLONIA EDUARDO ACEVEDO	RUTA 3 KM 600		POZO CON BOMBA
CANELONES OESTE					
85		CAÑADA DE CARDOZO	CARRETERA SANTA ROSA-SAN ANTONIO	SAN ANTONIO	
206	ANGEL DODERA	JUANICO	CAMINO DODERA RUTA 5 KM 34.200		FILTRACIONES DE CAMARA SÉPTICA EN POZO DE AGUA
CANELONES PANDO					
6	HIPOLITO CABRERA	SAN BAUTISTA / COSTA DE PANDO	RUTA 81 KM 47.500	10 KM DE TALA Y SAN RAMON	POZO
16	FRANCISCA A. P. DE ARTIGAS	CUCHILLA DE ROCHA A 3 KM DE RUTA 6 KM 38.500	A 3 KM DE RUTA 6 KM 36.500 o 38.500	5 KM DE SAUCE	POZO ARTESANO
17		PANTANOSO	RUTA 86 KM 43 o 42	8 KM DE SAUCE	POZO Y ALJIBE
19		EL CUADRO	RUTA 81 KM 50.500	7 KM DE SAN BAUTISTA	POZO CON BOMBA
20		EL ARENAL	RUTA 65 KM 87.500	12 KM DE TALA	POZO
21		LAS PIEDRITAS	RUTA 12 KM 85.500	8 KM DE TALA	POZO ARTESANO
23	FUND. BIANCHI ARDOINO -DANERO	COSTA DE PANDO	RUTA 82 KM 43.500	5 KM DE EMPALME OLMOS	POZO

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Nº	NOMBRE	LOCALIDAD / PARAJE	DIRECCION	CERCANIA A CENTRO POBLADO	ORIGEN DEL SUMINISTRO
35		BARRA DE LA PEDRERA	RUTA 7 KM 45	8 KM DE SAN JACINTO	POZO ARTESANO CONTAMINADO
38		EL COLORADO	CAMINO AL COLORADO	5 KM DE MIGUES	DEPOSITO DE AGUA CON RECARGA DE OSE
41		CUCHILLA CABO DE HORNOS / PARAJE NAYA	RUTA 80 KM 79.500	5 KM DE ESTACION MIGUES	POZO SEMISURGENTE ENTUBADO
42		PIEDRITAS DE SUAREZ	CAMINO DPTAL. Y CAMINO FISHER	2 KM DE PANDO	POZO
43		PEDRERA / EL TALITA	RUTA 11 KM 144.600	5 KM DE SAN JACINTO	POZO MANANTIAL
46		COSTAS DE PANDO	RUTA 11 KM131.500	7 KM DE SAN JACINTO	POZO ARTESANO
53		CAÑADA DE PRUDENCIO	RUTA 12 KM 93.100	4 KM DE SAN RAMON	
54		RANCHERIOS DE PONCE	RUTA 6 KM 39	5 KM DE SAUCE	POZO ARTESANO
55		PUNTAS DEL ARENAL	RUTA 81 KM 60.500 o 80.500	14 KM DE MIGUES	POZO
57	MAESTRA ELISA SAENZ RIVERO	VEJIGAS DE SAN RAMON	RUTA 12 KM 88.500	10 KM DE TALA Y DE SAN RAMON	POZO
60		VEJIGAS	RUTA 40 KM 92.500	15 KM DE TALA	POZO
68		COSTA DE SANTA LUCIA	RUTA 7 KM 90	9 KM DE PBLO. BOLIVAR	POZO CON HORMIGAS
69	FRANKLIN CAPPI	PIEDRA SOLA	RUTA 7 KM 58.500	7 KM DE SAN JACINTO	POZO
71		COSTA DEL TALA	RUTA 12 KM 92.200	10 KM DE TALA	POZO ARTESANO
77		PARADA GOMEZ / PUNTAS DE CAÑADA GRANDE	KM 53 DE LA VIA FERREA A MINAS	13 KM Y MEDIO DE RUTA 7 KM 59	TANQUES DE OSE
78		COSTAS DEL PEDERNAL	RUTA 7 KM 72	6 KM DE TALA	TANQUE DE OSE
80		SAUCE DE SOLIS	A 6 KM DEL KM 72 DE RUTA 8	9 KM DE SOLIS DE MATAOJO	POZO EN MAL ESTADO
83		PASO RIVERO DE VEJIGAS	CAMINO PASO RIVERO	7 KM DE TALA	POZO CON ANALISIS IMC NO ACEPTABLE
86		PANTANOSO	RUTA 82 KM 54.800	4 KM CONEXIÓN A RUTA 7	TANQUE CISTERNA
87		PEDERNAL	RUTA 80 KM 83.500 o 63.500	15 KM DE TALA	POZO ARTESANO
94		COSTA DE SANTA LUCIA	RUTA 7 KM 93 (CAMINO VECINAL)	5 KM DE BOLIVAR	POZO ARTESANO
98		EL TIGRE	RUTA 40 KM 98	24 KM DE TALA	POZO ARTESANO

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Nº	NOMBRE	LOCALIDAD / PARAJE	DIRECCION	CERCANIA A CENTRO POBLADO	ORIGEN DEL SUMINISTRO
115		SOLIS CHICO	CAMINO VECINAL ENTRE TAPIA Y MIGUES	10 KM DE MIGUES	TANQUES DE DOLMENIT
132		LAS NUTRIAS	RUTA 12 KM 85	6 KM DE TALA	POZO
138		PUNTAS DE VEJIGA	RUTA 12 KM 92	14 KM DE TALA	POZO SEMISURGENTE
139		SAUCE SOLO DE MIGUES	RUTA 12 KM 90.500	18 KM DE TALA Y DE MIGUES	POZO ARTESANO
142		SAN JACINTO / SOLIS CHICO	RUTA 88 KM 20	10 KM DE MIGUES	POZO Y ALJIBE
144		PEDRERA / ESTACION PEDRERA	RUTA 11 KM 148.500	9 KM DE SAN JACINTO	POZO
147		PUNTAS DE PANTANOSO	RUTA 11 KM 125.500	6 KM DE SANTA ROSA	POZO SEMISURGENTE
150		TALA / FELICIANO	RUTA 7 KM 86	600 M DE RED DE OSE	POZO SIN ANALIZAR
158		COSTAS DE PANDO / LINARES	RUTA 82 KM 57.500	12 KM DE SAN JACINTO	POZO ARTESANO
165		PANDO SAN ISIDRO-TALAR	CALLE CHILE (SOLARES 8, 9 Y 10)		
182		COLONIA BERRO	CAMINO COLONIA BERRO S/N	3 KM DE TAPIA	POZO ARTESANO
207		PUNTAS DE PEDRERA	CAMINO VECINAL A TAPIA	7 KM DE SAN JACINTO Y DE TAPIA	POZO DESMORONADO
209		CAÑADA GRANDE	KM 48 VIA A MINAS	5 KM DE EMPALME OLMOS	POZO ARTESANO
CANELONES CENTRO					
128		LA PALMITA	RUTA 11 KM 157	5 KM EST. ATLANTIDA	POZO
CERRO LARGO					
32	ENRIQUE BRAYER BLANCO	MANGRULLO		30 KM PUEBLO NOBLIA	CAJA DE AGUA SUBTERRANEA
63		CAÑADA DE SARANDI	RUTA 26 CAMINO VECINAL 8 KM	MELO CNO. VECINAL 7 KM	CAJA SUBTERRANEA
72		LA MICAELA			CAJA SUBTERRANEA (PERFORACION DE OSE A 1 KM)
88		CAÑITAS		39 KM DE MELO	CAJA SUBTERRANEA

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Nº	NOMBRE	LOCALIDAD / PARAJE	DIRECCION	CERCANIA A CENTRO POBLADO	ORIGEN DEL SUMINISTRO
47		RINCÓN DE LA URBANA		25 KM DE FRAILE MUERTO	CAJA SUBTERRANEA
84		PASO DE ARMADA	21 KM DE RUTA 26	POR CNO. VECINAL 35 KM DE RIO BRANCO	CAJA SUBTERRANEA
40		GUAZUNAMBI		30 KM DE ARBOLITO	CAJA SUBTERRANEA
67		SAUCE DE CONVENTOS	RUTA 8 KM 415.500	15 KM DE MELO	ALJIBE
81		COLONIA CERES		7 KM DE MELO	CAJA SUBTERRANEA
44		SAN DIEGO	RAMAL RUTA 8 KM 70	22 KM DE PBLO. NOBIA	CAJA SUBTERRANEA
28		PUNTAS DE LA MINA		3 KM DE PBLO. NOBIA	ALJIBE
26		CAÑADA DE SANTOS	RUTA 18 KM. 392	26 KM DE RIO BRANCO	ALJIBE
85		PUNTAS DE AMARILLO		39 KM DE MELO	CAJA SUBTERRANEA
17		RINCON DE LOS CORONEL		MICAELA 16 KM, ARBOLITO 30 KM, MELO 40 KM	
36		CUCHILLA DEL CARMEN		10 KM DE AREVALO	CAJA SUBTERRANEA
55		LA ESPERANZA	CAMINO AL CORDOBES S/N	3 KM POR CNO. VECINAL DE SANTA CLARA	REG. MILITAR A 2 KM AGUA DE OSE
82		LAGUNA DEL JUNCO		20 KM DE TUPAMBAE	CAJA SUBTERRANEA
43		CUCHILLA CAMBOTA	RUTA 26 KM 91 o 31	42 KM DE MELO	CAJA SUBTERRANEA
91		PASO DE MELO / MELO		28 KM DE NOBLIA	CAJA SUBTERRANEA
19		BAÑADO DE MORALES		30 KM DE MELO	CAJA SUBTERRANEA
109		PUNTAS DEL PALLEROS		37 KM DE MELO	CAJA SUBTERRANEA
96		CUCHILLA DE PERALTA		38 KM DE MELO	CAJA SUBTERRANEA
94		PUNTAS DE TACUARI		35 KM ARBOLITO	CAJA SUBTERRANEA
90		PUNTAS DEL SAUCE		29 KM DE RIO BRANCO	CAJA SUBTERRANEA
33		CUCHILLA GRANDE		19 KM DE FRAILE MUERTO	CAJA GRANDE 100 M DE LA ESC. HAY POZO DE OSE
103		COLONIA OROZCO		12 KM DE MELO POR CAMINO VECINAL A 7 KM	CAJA SUBTERRANEA

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Nº	NOMBRE	LOCALIDAD / PARAJE	DIRECCION	CERCANIA A CENTRO POBLADO	ORIGEN DEL SUMINISTRO
39		BAÑADO DE LAS PAJAS	RUTA 26 KM 64	28 KM DE RIO BRANCO	CAJA SUBTERRANEA
117		INFIERNILLO		32 KM DE MELO	CAJA SUBTERRANEA
71		CAMPAMENTO		20 KM DE MELO	CAJA DE AGUA AEREA
COLONIA					
106		MOLLE DE MIGUELTE	RAMAL RUTA 106		CONEXIÓN A POZO DE VECINO
123		PIEDRAS BLANCAS	RUTA 106 KM 85.500		USA DEL POZO DEL VECINO
31		COLONIA COSMOPOLITA / TALICE	RAMAL A RUTA 2 KM 4		ACARREA AGUA DE ROSARIO Y DEL VECINO
33		MIGUELETE DE CONCHILLAS / PASO SENA			CONEXIÓN A POZO DE VECINO
95		SAN LUIS			ACARREA DE VECINO
12		NUEVA HELVECIA / COSTAS DEL ROSARIO	RUTA 53 A 12 KM DE NUEVA HELVECIA		POSIBLE INSTALACION DE UN CLORADOR
30		PUNTAS DE SAN JUAN	RUTA 50 RUTA 100 KM 70		EL POZO NO MANA, TRAE AGUA DE UN VECINO
DURAZNO					
49		VILLASBOAS	CONT. CALLERI S/N		ALJIBE FISURADO
70		BARRANCAS COLORADAS / SAN JORGE			ALJIBE FISURADO
51		PUNTAS DE VILLASBOAS	CAMINO VECINAL LOS ALAMOS		ALJIBE Y POZO CON MOLINO
21		SALINAS	CAMINO DE LAS PIEDRAS		ALJIBE CON FILTRACIONES
67		CABALLERO	EX RUTA 4 A 35 KM DURAZNO		ALJIBE FISURADO
15		MESTRE DE CAMPO			ALJIBE CON FILTRACIONES
73		ESTACION PARISH	RUTA 5 KM 233.500		POZO DE VECINO
84		RINCON DE LOS TAPES	EX RUTA 4 KM 75		ALJIBE CON FISURAS
82		BLANQUILLO	RUTA 46 KM 116	LAS ACACIAS	AGUA DE OSE A 200 M S/CONEXIÓN
78		ELIAS REGULES	CARRETERA A BLANQUILLO PDA. 240		ALJIBE CON FISURAS

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Nº	NOMBRE	LOCALIDAD / PARAJE	DIRECCION	CERCANIA A CENTRO POBLADO	ORIGEN DEL SUMINISTRO
30	AGUSTIN FARAUT	CARPINTERIA / PUNTAS DE CARPINTERÍA	RUTA 100 KM 70		ALJIBE BOMBA DE POZO DERRUMBADA
48		CHILENO GRANDE			ALJIBE CON FISURAS (PANEL SOLAR)
64		LA ALEGRIA			ALJIBE CON FISURAS (PANEL SOLAR)
76		PASO DE RAMÍREZ	KM 319 EX RUTA 6		ALJIBE CONTAMINADO
77		LAS TUNAS	RUTA 14 KM 209.600		ALJIBE CON FISURAS
79		PASO DEL GORDO	EX RUTA 6		ALJIBE
23		LOS TAPES			ALJIBE CON FISURAS
25		MOLLES DE QUINTEROS		A 60 KM DE DURAZNO	ALJIBE
43		CHILENO GRANDE / LA CANTERA CAMINO A GUAYCURU	RUTA 43 KM 135.500		DESINFECTAR POZO CONTAMINADO
37		ESTACION CHILENO	CAMINO VECINAL ENTRE RUTA 19 Y 42 RUTA 14 KM 154	CUCHILLA VILLASBOAS	POZO ABIERTO. FALTA BOMBA. PANEL SOLAR. TIENE POZO.
26		BATOVI / CAMINO A GUAYCURU	RUTA 5 KM 177.500 RUTA 23 KM 158.500	VILLA PASTORA	VER ESTADO DEL POZO Y REALIZACION DE ABASTECIMIENTO
16	DR. RAMIRO PUCURULL ISLAS	CHACRAS DE DURAZNO / LA CURVA	EX RUTA 14 RUTA 3 KM 193	SARANDI	SANITARIA DESAGUE EN MAL ESTADO
27		LAS PALMAS / TRINIDAD	RUTA 6 KM 253 RUTA 3 GRAL. ARTIGAS KM 187.500		OBSTRUCCION DE CAÑERIA DE TANQUE DE AGUA
FLORES					
43		VILLA PASTORA / LA CANTERA	CAMINO A GUAYCURU		POZO CONTAMINADO
37		CUCHILLA VILLASBOAS	RUTA 14 KM 154 CAMINO VECINAL		POZO ABIERTO FALTA DE BOMBA
26		VILLA PASTORA / CAMINO A GUAYCURU	RUTA 23 KM. 158.500		POZO
10		PUNTAS DE CORRAL DE PIEDRA	CAMINO VECINAL		POZO SEMISURGENTE ALJIBE CON AVERIAS
11		ARENAL CHICO	CAMINO VECINAL		ALJIBE ROTO
16	DIONISIO DIAZ	RUTA 3 KM. 193	RUTA 3 KM 193		DESAGUE EN MAL ESTADO

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Nº	NOMBRE	LOCALIDAD / PARAJE	DIRECCION	CERCANIA A CENTRO POBLADO	ORIGEN DEL SUMINISTRO
FLORIDA					
10		TALA DE CASTRO	CAMINO VECINAL RUTA 42 KM 21		
13		RINCON SAUCE DEL YI	RUTA 23 KM 168.500		TRAEN LOS NIÑOS
23		FLORIDA / CHACRAS DE FLORIDA	RUTA 5 KM 101.500		RED DE OSE A 100 MTS
27		LA MACANA	CAMINO A LA MACANA		RED DE OSE 100 MTS
40		BARRA DE CASTRO / COLONIA ALDETA / TRINIDAD	CAMINO OBELISCO A 23 KM RUTA 5 DR. LUIS A. DE HERRERA 432	RUTA 5 KM 125 / ENTRADA AL OBELISCO	
50		PARAJE 31 DE MARZO / 31 DE MARZO	RUTA 5 KM 79		
85		PUNTAS DE SAN GABRIEL	RUTA 56 KM 41	SAN GABRIEL	
69		SAUCE DE CASUPA	RUTA 40 KM 8		ALJIBES CON FISURAS, PROVEEN AGUA PADRES
74		COLONIA SANCHEZ	RUTA 56 KM 12		ALJIBES CON FISURAS, PROVEEN AGUA PADRES
84	PEDRO OLIVERI	BARRA SAUCE MANSAVILLAGRA		RUTA 6 KM 182	POZO ARTESANAL CONTAMINADO
43		PALERMO / CUCHILLA DE PALERMO	RUTA 58 KM 35		
87		COLONIA FRANCIA	RUTA 58 KM 32		
89		COSTAS DE CHAMIZO	RUTA 94 KM 92.500		
94		ARROYO DE LOS NEGROS	RUTA 42 KM 18.500		
98		TORNERO	RUTA 6 KM 123.500 (CAMINO VECINAL 6 KM)		
105		RINCON DE ARIAS	RUTA 12 KM 17.500		
LAVALLEJA					
20		COSTAS DE CORRALES	CAMINO LAS ACHIRAS		AGUA DE LLUVIA
21		HIGUERITAS	CAMINO HIGUERITAS		POZO ARTESANO

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Nº	NOMBRE	LOCALIDAD / PARAJE	DIRECCION	CERCANIA A CENTRO POBLADO	ORIGEN DEL SUMINISTRO
22		EST. ANDREONI	RUTA 12 KM 96 CAMINO VECINAL		ALJIBE
24	JUANA DE IBARBOUROU	BARRANCAS	BARRANCAS		POZO SEMISURGENTE CON BOMBA
27		VEJIGAS	RAMAL A RUTA 40		POZO SEMISURGENTE
30		CEBOLLATI / TAPES GRANDE	RUTA 8 KM 205		CACHIMBA
32		GODOY			ALJIBE
33		MINAS / CAMPANERO	RUTA 8 KM 125.500		ALJIBE
37		GUTIERREZ	RUTA 8 KM 250		AGUA DE LLUVIA
40		CUCHILLA JUAN GOMEZ			AGUA DE LLUVIA
44		CASUPA	RUTA 40		POZO SEMISURGENTE CON BOMBA ELECTRICA
47		PUNTAS DE BARRIGA NEGRA	CAMINO A BARRIGA NEGRA		ALJIBE
49		OLIMAR CHICO / POBLADO LARROSA	CAMINO VECINAL A OLIMAR CHICO		DEPOSITO DE AGUA DE LLUVIA
50		LA PLATA	CAMINO LAVALLEJA KM 11.500		POZO SEMISURGENTE CON AGUA
51		BARRA DE LOS CHANCHOS	RAMAL RUTA 108 KM 123		POZO MANANTIAL
53		LADRILLOS			SIN ANALISIS
57		BARRIGA NEGRA			POZO DE AGUA DE LLUVIA
62		MOLLES DE SAUCE / ZAPICAN			ALJIBE
64		TAPES GRANDES			DEPOSITO DE AGUA DE LLUVIA
66		PUNTA DE LOS CHANCHOS	RUTA 8 KM 96.500		POZO SEMISURGENTE
69		SARANDI DEL CEBOLLATI			ALJIBE
70		MANGUERA AZUL	RUTA 108 KM 182		DEPOSITO DE AGUA DE LLUVIA
75		MATAOJO DE SOLIS	RUTA 8 KM 87.500		AGUA DE LLUVIA
76	DIONISIO DIAZ	SAUCE DE OLIMAR CHICO			ALJIBE
77		TAPES GRANDES			DEPOSITO DE AGUA DE LLUVIA

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Nº	NOMBRE	LOCALIDAD / PARAJE	DIRECCION	CERCANIA A CENTRO POBLADO	ORIGEN DEL SUMINISTRO
79		PUNTAS DE VEJIGAS	RUTA 108 WILSON FERREIRA KM 23		ALJIBE
82		VALLE DE SOLIS	CAMINO VECINAL		POZO SEMISURGENTE
85		PUNTAS DE ORTIZ	CAMINO VECINAL RUTA 12 Y 108		POZO SEMISURGENTE
89		ALTO DE SANTA LUCIA			ALJIBE
90	ALBERTO GALLINAL HEBER	PUNTAS DE PAN DE AZUCAR	RUTA 60 KM 43		ALJIBE
91		PUNTAS DEL PERDIDO			ALJIBE
92		SOLIS GRANDE	RUTA 81 KM 106		DEPOSITO DE AGUA DE LLUVIA
93		PUNTAS DE MARMARAJA	RUTA 8 KM 147		ALJIBE
94	ANTOINE DE SAINT EXUPÉRY	SANTA LUCIA	CAMINO LA CALERA 14 KM DE MINAS		POZO SEMISURGENTE
95		RETAMOSA	RUTA 14		DEPOSITO DE AGUA DE LLUVIA
97		VILLA SERRANA	RUTA 8 KM 139.500		DEPOSITO DE AGUA DE LLUVIA
110		CHAMAME	RUTA 40		ALJIBE
116		COSTA DE GUTIERREZ /SAN PEDRO DE CEBOLLATI	13 KM ENTRADA RUTA 8 KM 240.300		LAGUNA (LA TRAEN POR BOMBA)
MALDONADO					
11		MALDONADO / CERRO PELADO	CAMINO BENITO NARDONE S/N		NO TIENE
12		LOS CEIBOS	EX RUTA 9 CNO. LOS CEIBOS	SAN CARLOS	POZO SEMISURGENTE
15		SARANDI DE AIGUA	RUTA 13 KM 183		POZO SEMISURGENTE
18		LOS CERRILLOS			CACHIMBA
20		CARAPE	CNO. CARAPE		DEPOSITO PLUVIAL
22		SOLIS GRANDE	RUTA 9 KM 83.500		ALJIBE
23		AIGUA / SALAMANCA	RUTA 13 KM 185 CAMINO VECINAL		CACHIMBA
26	AGUSTIN FERREIRO	PUNTAS DE MATAOJO			CACHIMBA

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Nº	NOMBRE	LOCALIDAD / PARAJE	DIRECCION	CERCANIA A CENTRO POBLADO	ORIGEN DEL SUMINISTRO
28		VALDIVIA	RUTA 109 Y RUTA 13		CACHIMBA
29		PARTIDO NORTE	RUTA 39 KM 27.500		ALJIBE
30		PUEBLO EDEN / MATAOJO	RUTA 12 KM 13.250		POZO SEMISURGENTE
31		NUEVA CARRARA	RUTA 60 KM 20		POZO SEMISURGENTE
32		CORONILLA	RUTA 39 KM 71.500 CORONILLA		POZO
33		SAUCE DE AIGUA / CERRO NEGRO	RUTA 109 Y CNO. VECINAL		ALJIBE
34		CARACOLES	A 12 KM POR CAMINO CARAPE		POZO
35		JOSE IGNACIO / CARLOS CAL	KM 162 DE A.F.E.		ALJIBE
39		CARAPE	RUTA 12 CNO. VECINAL		POZO
40		SIERRAS DE GARZON	RUTA 9 KM 25		ALJIBE
41		FARO JOSE IGNACIO	A 8 KM DE RUTA 9 KM 160		POZO
43		CAÑADA DE LA CRUZ / IZCUA	RUTA 9 KM. 175		POZO
44	PETRONA FONTES DE BONILLA	RINCON DE OLIVERA	RUTA 93 KM 105		POZO
46		PASO DE LOS TALAS	RUTA 13 KM 198		POZO
47		COLONIA 19 DE ABRIL REPECHO / ESTACION REPECHO	RUTA 90 KM 40 / RUTA 9 KM 118.500		POZO SEMISURGENTE
48		MALDONADO / LAGUNA DEL SAUCE	CAMINO VECINAL DE LA CAPILLA		POZO SEMISURGENTE
51		GUAYABOS JOSE IGNACIO / ESTACION JOSE IGNACIO	RUTA 90 KM 82 RUTA 9 KM 169		POZO SUBTERRANEO
55		COSTA DE JOSE IGNACIO	RUTA 9 KM 160.500		POZO SEMISURGENTE
62		LAS CAÑAS	RUTA 39 KM 46.500		
63		CORTE DE LA LEÑA	CNO. PASO DE LA CANTERA		POZO SEMISURGENTE
72		CALERA DEL REY	RUTA 60 KM 28	PAN DE AZUCAR	

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Nº	NOMBRE	LOCALIDAD / PARAJE	DIRECCION	CERCANIA A CENTRO POBLADO	ORIGEN DEL SUMINISTRO
73		ZANJA DEL TIGRE	CNO. VECINAL		ALJIBE
74		LAGUNA DEL SAUCE / CALERA DEL LAGO	RUTA 9 KM. 119 (7 KM)		ALJIBE
75		JOSE IGNACIO /ALFARO	RUTA 9 KM 154.500	SAN CARLOS A MAS DE 3 KMS	POZO
102		BALNEARIO BUENOS AIRES	RUTA 10 KM 167 CALLE 24	LA BARRA MAS DE 3 KM	POZO SEMISURGENTE
PAYSANDU					
12		CAMINO DE LAS PALMAS	RUTA 90 KM 10 CALLE 12 CASI 9	5 KM DE ESPERANZA	POZO SUBTERRANEO
22		CUCHILLA SAN JOSE / PALMAR DE QUEBRACHO	RUTA 3 KM 421 (430) CAMINO VECINAL	25 KM DE QUEBRACHO	POZO PERFORADO
31		SAUCE DE BURICAYUPI	RUTA 26 KM 68.500	15 KM DE GALLINAL	POZO SUBTERRANEO
40		COLONIA PINTOS VIANA	RUTA 4 KM 388	5 KM DE GUICHON	POZO SUBTERRANEO
41		PUNTAS DE CANGÜE	RUTA 3 KM 369.500 (364)	A 10 KM DE PAYSANDU	POZO SUBTERRANEO
43		PARADA KM 444	RUTA 90 KM 37.500	15 KM DE PORVENIR	POZO SUBTERRANEO
44		LAS DELICIAS	RUTA 3 KM 406 CAMINO VECINAL	20 KM DE QUEGUAY	POZO SUBTERRANEO
45		SAN FRANCISCO	CALLE K Y Nº 28	7 KM DE PAYSANDU	POZO SUBTERRANEO
47		COLONIA 19 DE ABRIL	RUTA 90 KM 31 CAMINO VECINAL	20 KM ESTACION PORVENIR	POZO SUBTERRANEO
51		GUAYABOS	RUTA 90 KM 82	30 KM DE GUICHON	POZO SUBTERRANEO
53		ARROYO MALO	RUTA 3 CAMINO LA PALMA	15 KM DE QUEBRACHO	POZO SUBTERRANEO
64		SOTO	RUTA 26 KM 68.500 (63) CAMINO VECINAL	20 KM DE GALLINAL	POZO SUBTERRANEO
65		COLONIA ROSS DE OGER	RUTA 3 CAMINO VECINAL	5 KM DE QUEBRACHO	POZO SUBTERRANEO
TOTAL: 240 ESCUELAS CON DIFICULTADES PARA ACCEDER AL AGUA POTABLE					

Formularios de escuelas visitadas

Departamento CANELONES		
Número de la escuela	57	
Nombre de la escuela	Maestra Elisa Saenz Rivero	
Categoría	Rural común	
Turno	Rural (de 10 a 15 hs)	
Dirección	Ruta 12 Km 88,500. Entre Tala y San Ramón (a 10 km de ambas).	
Paraje	Vejiqas de San Ramón	
Número de habitantes	s/d	
Teléfono	031 05196	
Director/a	Paola Melgar	Teléfono 099 358008
Correo electrónico	abrielmate@hotmail.com	

DATOS EDIFICIOS	
Tenencia del inmueble	Propio
Edad de las construcciones (año)	1950
Destino original de las construcciones	Escuela
Estado de conservación	Aceptable
Área del predio (m ²)	17072 m ²
Área construida (m ²)	227 m ²
Número de aulas	1
Cantidad de servicios higiénicos	3 (2 correspondientes a la escuela y 1 a la vivienda).
Ubicación de servicios higiénicos	Exterior los de la escuela e interior los de la vivienda.
Área de vivienda (m ²)	84 m ²
Otros locales	Comedor y cocina.
Acondicionamientos	Térmico Estufas eléctrica y a leña.
	Acústico
	Instalaciones Conexión a red eléctrica de U.T.E.

ACONDICIONAMIENTO SANITARIO	
Abastecimiento	Sistema Pozo con bomba que se enciende de 2 a 3 veces al día. En diciembre se le aplican algunas pastillas de cloro al pozo. Profundidad del pozo: 5m aprox. al pelo de agua. Tanque plástico elevado de 600 l que sustituye anterior de fibrocemento. Evaluación No aceptable
Desagües	Sistema Pozo filtrante. Recientemente se sustituyó cañería original de fibrocemento por PVC. Evaluación Precario. Sin tapa. No se recurre a servicios barométricos. Robador hacia zona encharcada y con rafias plantadas.

DATOS DE LOS USUARIOS	
Número de alumnos	11
Número de docentes	1
Otros usuarios	Auxiliar de servicio, 3 familiares de la maestra (1 adulto y 2 adolescentes)

Observaciones	Distancia pozo con bomba a pozo negro: 40 m aprox. Recientemente se presentaron algunos casos de gatro-entero-colitis no necesariamente atribuibles al consumo del agua de la escuela.
---------------	--

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Departamento CANELONES	
Número de la escuela	53
Nombre de la escuela	Casildo Larrañaga
Categoría	Rural común
Turno	Rural (de 10 a 15 hs)
Dirección	Ruta 12 Km 93.100
Localidad	San Ramón a 4 Km
Paraje	Cañada de Prudencio
Número de habitantes	s/d
Teléfono	031 24770
Director/a	Elena Alpuin Teléfono 031 53126 (Tala)
Correo electrónico	elenalpuin@adinet.com.uy

DATOS EDIFICIOS	
Tenencia del inmueble	Propio
Edad de las construcciones (año)	1975
Destino original de las construcciones	Escuela
Estado de conservación	Bueno
Área del predio (m ²)	15000 m ²
Área construida (m ²)	235 m ²
Número de aulas	2
Cantidad de servicios higiénicos	4 (2 baterías de baños con 2 tazas turcas c/u y canaleta en la de varones).
Ubicación de servicios higiénicos	Patio exterior techado
Área de vivienda (m ²)	No existe vivienda.
Otros locales	Cocina adosada al aula de niveles inferiores.
Acondicionamientos	Térmico Estufas eléctricas en aulas y cocina.
	Acústico
	Instalacionones Conexión a red eléctrica de U.T.E.

ACONDICIONAMIENTO SANITARIO	
Abastecimiento	Sistema Pozo con bomba eléctrica que se enciende 2 veces al día. Profundidad 17m. Tanque de fibrocemento elevado de 500 l.
	Evaluación En ocasiones el agua es escasa. Recientemente hubo que bajar el chupón de la bomba para poder extraer agua. La auxiliar de servicio trae agua de su vivienda para consumo de los niños.
Desagües	Sistema Cámara séptica y pozo negro con robador.
	Evaluación No genera problemas. Recientemente se sustituyó cañería desde grasera a pozo negro por obstrucciones. No se recurre a servicios barométricos. Las empresas requieren un área donde desagotar los efluentes.

DATOS DE LOS USUARIOS	
Número de alumnos	25
Número de docentes	2
Otros usuarios	Auxiliar de servicio
Observaciones	Distancia entre pozo con bomba y pozo negro: 20 m aprox.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Departamento SORIANO	
Número de la escuela	44
Nombre de la escuela	s/d
Categoría	Tiempo completo
Turno	8:30 a 16:00 hs.
Dirección	San Salvador y Tabaré. A 4 de Km Ruta 2. 15 Km de José Enrique Rodó y 45 Km de Cardona.
Localidad	Egaña
Número de habitantes	entre 800 y 1000
Teléfono	053 08011
Director/a	Ángela Roxana Giménez Fúnez Teléfono s/d
Correo electrónico	s/d

DATOS EDIFICIOS	
Tenencia del inmueble	Propio
Edad de las construcciones (año)	s/d
Destino original de las construcciones	Escuela
Estado de conservación	Muy bueno
Área del predio (m ²)	3600 m ²
Área construida (m ²)	807 m ²
Número de aulas	7
Cantidad de servicios higiénicos	13
Ubicación de servicios higiénicos	Interiores y exteriores con accesos desde galería techada.
Área de vivienda (m ²)	No existe vivienda.
Otros locales	Comedor, cocina, dirección y sala de maestros.
Acondicionamientos	Térmico Radiadores y aire acondicionado.
	Acústico
	Instalaciones Conexión a red eléctrica de U.T.E.

ACONDICIONAMIENTO SANITARIO	
Abastecimiento	Sistema Conexión a red de agua potable de O.S.E. Evaluación Muy bueno.
Desagües	Sistema Fosa séptica de dos cámaras en serie, humedal construido y campo de infiltración. Evaluación Aceptable. Olor desagradable proveniente de cámara séptica por mal sellado de contratapas y ventilación de altura insuficiente. Ingreso de escurrimiento pluvial desde el terreno por no existir talud de altura suficiente que sobresalga del nivel del suelo natural. Esto genera que el humedal construido se inunde con lluvias importantes. Zona de infiltración parcialmente inundada.

DATOS DE LOS USUARIOS	
Número de alumnos	131
Número de docentes	8 maestros y directora
Otros usuarios	Cocinera, 3 auxiliares de servicio, 6 profesores especiales
Observaciones	

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Decreto 259/79

El Decreto 253 de 1979 establece las normas para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de las aguas. Los cursos o cuerpos de agua del país se clasificarán según sus usos preponderantes actuales o potenciales en cuatro clases:

CLASE 1

Aguas destinadas o que puedan ser destinadas al abastecimiento de agua potable a poblaciones con tratamiento convencional.

CLASE 2

a) Aguas destinadas al riego de hortalizas o plantas frutícolas u otros cultivos destinados al consumo humano en su forma natural, cuando éstas son usadas a través de sistemas de riego que provocan el mojado del producto.

b) Aguas destinadas a recreación por contacto directo con el cuerpo humano.

CLASE 3

Aguas destinadas a la preservación de los peces en general y de otros integrantes de la flora y fauna hídrica, o también aguas destinadas al riego de cultivos cuyo producto no se consume en forma natural o en aquellos casos que siendo consumidos en forma natural se apliquen sistemas de riego que no provocan el mojado del producto.

CLASE 4

Aguas correspondientes a los cursos o tramos de cursos que atraviesan zonas urbanas o suburbanas que deban mantener una armonía con el medio, o también aguas destinadas al riego de cultivos cuyos productos no son destinados al consumo humano en ninguna forma.

En el artículo 11° se establecen los estándares mínimos que deben cumplir los efluentes en distintas posibilidades de vertido.

- ? Desagües a colector del alcantarillado público
- ? Desagües directos a cursos de agua
- ? Desagües que se disponen por infiltración al terreno

En este último caso se establece que:

- a-** Sólo podrá permitirse en zonas rurales.
- b-** Distancia mínima a cursos de agua o pozos manantiales: 50m
- c-** Distancia mínima a medianeras: 10m

Además deberán cumplir los siguientes estándares:

- MATERIAL FLOTANTE Ausente
- TEMPERATURA Máx. 35°C
- pH Entre 5,5 y 9,0
- SÓLIDOS SEDIMENTABLES Hasta 10ml/l determinados en cono Imhoff en una hora.
- SÓLIDOS TOTALES Máx. 700mg/l
- ACEITES Y GRASAS Máx. 200mg/l
- CIANUROS Máx. 1mg/l
- ARSENICO Máx. 0,5mg/l
- CADMIO Máx. 0,05mg/l
- COBRE Máx. 1mg/l
- CROMO TOTAL Máx. 3mg/l
- MERCURIO Máx. 0,05mg/l
- NIQUEL Máx. 2mg/l
- PLOMO Máx. 0,3mg/l
- ZINC Máx. 0,3mg/l

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Las concentraciones de los tóxicos orgánicos no podrán exceder en más de 100 (cien) veces los valores previstos por el artículo 5 para la clase 3.

Las determinaciones de los parámetros, exceptuando coliformes fecales, temperatura, pH y sulfuros, se harán sobre muestras compuestas, en un período de 4 horas, por muestras horarias en volúmenes proporcionales al caudal efluente en ese momento.

En ningún caso será permitida la dilución de efluentes con aguas no contaminadas.

El artículo 12º establece que no se admitirá vertimiento cuando:

- a)** Puedan producir o dejar en libertad gases tóxicos, inflamables o explosivos.
- b)** Contengan elementos gruesos eliminables por rejillas de 15mm de separación entre barras para el de desagüe a cursos de agua o, 10mm de separación entre barras para el de desagüe a cursos de agua.
- c)** Contengan elementos como ser lana, pelo, lana, paja, estopa, tejidos, etc.
- d)** Sean residuos provenientes de la depuración de líquidos residuales cuya disposición final deberá ser estudiada en los proyectos respectivos de manera que no cause perjuicios.
- e)** Contengan toda otra sustancia o elemento que pueda producir directa o indirectamente inconvenientes de cualquier naturaleza en las redes de alcantarillado, en su conservación o en los lugares de desagüe.

Informe de Ensayo – Escuela Rural N° 57 – Canelones

	BELTRAN - ZUNINO ASISTENCIA TECNICA EN MICROBIOLOGIA		ORGANISMO URUGUAYO DE ACREDITACION LE NRO. 007	G.F. LUCIA BELTRAN G.F. LAURA ZUNINO G.F. KARNA NUÑEZ LIC. NATALIA SOSA DR. JOSE RAMOS Q.F. M. GABRIELA DE SOUZA
Montevideo, lunes, 01 de junio de 2009.				
INFORME DE ENSAYO N° : 86496				
SOLICITANTE :	VERONICA ULFE			
DIRECCION :	Pasaje Etchemendy 1830			
LOCALIDAD :	Montevideo			
PRODUCTO :	MUESTRA DE AGUA DE POZO PUNTO DE MUESTREO: CANILLA COCINA			
FECHA DE RECEPCION:	28/05/2009	FECHA DE ANALISIS:	28/05/2009	
CODIGO INTERNO:	20914686			
. Heterotróficos (35°C)	_____	540 u.f.c./ml		
. Coliformes totales	_____	> 100 u.f.c./100 ml		
. Coliformes fecales	_____	ausencia /100 ml		
. Pseudomonas aeruginosa	_____	ausencia /10 ml		
COMENTARIO:				
La muestra no cumple con los requisitos bacteriológicos establecidos en el Reglamento Bromatológico Nacional (Decreto 315/994) para agua potable por alto recuento de heterotróficos y coliformes totales.				
NOTAS:				
- Metodología de ensayo: Basada en "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", A.P.H.A., 20th Ed.				
- La muestra fue suministrada por el solicitante.				
- El Laboratorio se encuentra inscripto y habilitado por los siguientes organismos oficiales:				
- M.S.P. - Ref. 1385/98, Folio N° 60, N° 003				
- M.G.A.P. - N° de Registro RNL N° 0005 (habilitación para la realización de análisis de E. coli en carcasas de res y agua para industrias cárnica, láctea y apícola, según Resolución de fecha 16/10/07)				
- I.M.M. - Servicio de Laboratorio de Higiene Res. N° 2309/92 N° 005.				
- El Sistema de Gestión de Calidad ha sido certificado en conformidad con la Norma ISO 9001:2000 por LATU SISTEMAS desde abril 2003.				
- El Laboratorio ha sido acreditado por el ORGANISMO URUGUAYO DE ACREDITACION en conformidad con la Norma ISO 17025:2005 para el ensayo de Salmonella ISO 6579:2002 y Listeria monocytogenes basado en ISO 11290-1:1996.				
>	Mayor			
u.f.c.	Unidades Formadoras de Colonias			
				
LAURA ZUNINO ABIRAD QUIMICA FARMACEUTICA				
Página 1 de 1 Informe N°: 86496				
JUAN PAULLIER 1070 - CP 11200 - MONTEVIDEO - TEL: (598)2- 401 82 77 - 408 95 54 - FAX: (598)2- 402 51 56 - URUGUAY info@beltranzunino.com - www.beltranzunino.com				

Etapas para la construcción del Sistema de Flujo Sub-superficial

- 1** Replanteo del terreno y tendido de hilos de nivel.
- 2** Construcción de cámara de inspección con tapa y contratapa, sifón desconector y rejilla de aspiración o reparación de cámara existente.
- 3** Construcción de cámara séptica con tapas, contratapas y ventilación o reparación de cámara séptica existente.
- 4** Excavación del canal con 1-2% de pendiente.
- 5** Cubrir el fondo con 5cm de balasto.
- 6** Compactación del fondo y terraplenes del canal con pisón o rodillo.
- 7** Colocación de membrana asfáltica en el fondo y en las paredes del canal.
- 8** Cubrir la impermeabilización con tierra sacada del propio pozo.
- 9** Colocación de dos hiladas de bloques en el perímetro del canal.
- 10** Colocación de los caños de entrada y salida.
- 11** Llenado de las zonas de entrada y salida del canal con piedras de entre 20 y 25cm de diámetro.
- 12** Llenado del resto del canal con pedregullo de entre 2 y 3cm de diámetro.
- 13** Sembrar las plantas emergentes.
- 14** Cubrir los bordes de la impermeabilización que sobresalgan del canal luego de llenado.
- 15** Construcción del sistema de postratamiento o disposición final de los efluentes.
- 16** Una vez que las plantas emergentes se hayan elevado 50cm sobre el nivel del canal cubrir la superficie del mismo con 10cm de arena gruesa de 1 a 2mm de diámetro.
- 17** Arreglo paisajístico del canal.

GLOSARIO

Cámara séptica: Recipiente impermeable y aislado del medio circundante, donde se acumulan aguas residuales reteniendo la fracción de sólidos gruesos.

Coliformes fecales: Tipo particular de bacterias que viven asociadas al intestino de los humanos y otros animales que se presentan en la materia fecal y que indican riesgo de presencia de patógenos capaces de producir enfermedades infecciosas transmitidas por el agua y los alimentos contaminados (hepatitis, cólera, fiebre tifoidea, etc.).

Compost: Tierra fértil producida como resultado del proceso de degradación aeróbica de materiales biodegradables con la participación de organismos descomponedores. En este proceso se libera dióxido de carbono y otros gases como el metano en cantidades menores.

Degradación aeróbica: Descomposición en presencia de oxígeno de la materia orgánica.

Degradación anaeróbica: Descomposición en ausencia de oxígeno de la materia orgánica. En este proceso se liberan gases (metano, sulfuros, amoníaco) que producen malos olores.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅): Mide la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la materia orgánica contenida en el efluente.

Flujo sub-superficial: Circulación del agua por debajo de la superficie utilizada en los humedales construidos.

Fomite: Forma no animada que participa en la transmisión de enfermedades (por ejemplo: cubiertos).

Lodos: Sólidos que se acumulan por sedimentación en el fondo de las cámaras sépticas.

Microorganismos: Seres vivos muy pequeños que sólo pueden ser vistos mediante la utilización de un microscopio. Ejemplos de microorganismos son las bacterias, los protozoarios, hongos y nematodos.

Microorganismos eficientes: Combinación de varios tipos de microorganismos que poseen la capacidad de degradar rápidamente la materia orgánica. Se utilizan para acelerar los procesos de compostaje, evitar la proliferación de plagas como hongos y bacterias en cultivos, para el tratamiento de aguas contaminadas y la reducción de malos olores.

Napa freática: Aguas subterráneas o sub-superficiales que se encuentran a distintas profundidades.

Patógeno: Organismo que infecta a algún sujeto, transmitiendo enfermedades.

Robador: 1) Recipiente permeable desde el cual las aguas residuales infiltran hacia el suelo. Se utiliza como parte del saneamiento para evitar tener que desagotar la cámara séptica periódicamente aunque significa una gran fuente de contaminación del suelo y de las aguas subterráneas.

2) Desagüe entubado, subterráneo o superficial, conectado a la cámara séptica. Este procedimiento retarda el llenado de la cámara e impacta el medio ambiente produciendo riesgos para la salud.

SANEAMIENTO PARA ESCUELAS RURALES AISLADAS

Técnicas apropiadas para la disposición segura de efluentes líquidos en escuelas rurales aisladas mediante generación de biomasa útil.

Saneamiento: Acciones y obras para mejorar y mantener una condición ambientalmente sana a nivel de una vivienda, barrio, ciudad, etc.

Tiempo de residencia hidráulica: Tiempo necesario para que el agua residual que pasa a través de un sistema de tratamiento pueda ser depurada.

Vector: Forma animada que participa en la transmisión de enfermedades como insectos y roedores.

AGRADECIMIENTOS

- ✍ Sr Neira (Departamento de Educación para el medio rural, C.E.P., A.N.E.P.)
- ✍ Ingeniera Karina Azuriz (representante del directorio de O.S.E.)
- ✍ Arquitecta Cecilia Came (Departamento de Infraestructura, Área Proyectos, A.N.E.P.)
- ✍ Maestra Directora Paola Melgar (Escuela N° 57, Canelones)
- ✍ Maestra Directora Elena Alpuín (Escuela N° 53, Canelones)
- ✍ Maestra Directora Ángela Roxana Giménez Fúnez (Escuela N° 44, Soriano)
- ✍ Arq. Carlos Debellis (Dirección de Área de Obras, CO.DI.CEN.)
- ✍ Arq. Mario A. Castillo
- ✍ Arq. Carlos Sityá (Me.Ca.E.P., A.N.E.P.)
- ✍ Licenciado en Biología Inti Carro y Arquitecto Igmarréy Pacheco (Programa de Saneamiento - CEUTA)
- ✍ Familia Somma (Solymer)
- ✍ Cooperativa Guyunusa - Solymer

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✍ CARRO, Inti. Eficiencia de un sistema natural de tratamiento de efluentes durante la fase invernal en Uruguay. Montevideo: CEUTA (Centro Uruguayo de Tecnologías Apropriadas), Programa de saneamiento, 2005.
- ✍ CARRO, Inti. Tecnologías apropiadas. Saneamiento ecológico. Reconstruyendo el ciclo de la vida. Montevideo: CEUTA (Centro Uruguayo de Tecnologías Apropriadas), 2006. 48p.
- ✍ CAVIGLIA, Jorge C. Análisis de costos y presupuestación de obras. Quinta edición. Montevideo: 2002. 231p.
- ✍ GIACOSA, Pablo. Tratamiento y disposición de desagües. Cámaras Sépticas. Montevideo: Cátedra de Acondicionamiento Sanitario, Facultad de Arquitectura, UDELAR, 2002. 21p.
- ✍ LATCHINIAN, Aramis. Jardín de Totoras, Sistemas Naturales de depuración de aguas. Montevideo: CEADU (Centro de Estudios, Análisis y Documentación del Uruguay), 2002. 24p.
- ✍ REED, Sh. C. Subsurface flow constructed wetlands for waste water treatment: a technology assesment. United States Office Of Water, 1993.
- ✍ RODRIGUEZ, Gerardo. Estudios preliminares tendientes a la generación de un proyecto de referencia para la gestión de efluentes domésticos en condiciones de pequeña demanda y poco mantenimiento. Caso de estudio: escuelas rurales. Montevideo: Facultad de Arquitectura, UDELAR, 2004. 88p.
- ✍ Uruguay. Decreto 253/79, 9 de mayo de 1979.
- ✍ Uruguay. Ley N°14859 - Código de Aguas, 11 de enero de 1979.

**RECAUDOS GRÁFICOS DE
PROYECTOS PROTOTÍPICOS PARA
EL TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN
DE EFLUENTES LÍQUIDOS EN
ESCUELAS RURALES DE LAS
TIPOLOGÍAS A Y B**