



Análisis de Alternativas de Saneamiento Unifamiliar

Malena López ^a, Rafael Rodríguez ^b, Mauro D'Angelo ^c, María Saravia ^d, Julieta López ^e, Javier Taks ^f

^a *Facultad de Ingeniería Udelar, Uruguay, mlopez@fing.edu.uy*

^b *Facultad de Ingeniería Udelar, Uruguay, rrodriguez@fing.edu.uy*

^c *Facultad de Ingeniería Udelar, Uruguay, mdangelo@fing.edu.uy*

^d *Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación Udelar, Uruguay, mariasaraviam@gmail.com*

^e *Facultad de Ingeniería Udelar, Uruguay, jlopez@fing.edu.uy*

^f *Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación Udelar, Uruguay, javier.taks@gmail.com*

RESUMEN: El proyecto enmarcado en una línea interdisciplinaria, condujo a un trabajo de mutuo intercambio y diálogo con los actores involucrados, para ir en búsqueda de soluciones alternativas con el objetivo de mejorar las condiciones y calidad del tratamiento de las aguas domésticas del caso de estudio. El involucramiento de los usuarios como participantes directos del trabajo en varias oportunidades, brindó flexibilidad al desarrollo del proyecto, que implicó tareas de campo, de laboratorio y procesamiento de datos. Se dimensionó y presupuestó cada alternativa, logrando finalmente un resultado dentro del alcance del proyecto, satisfactorio y aceptado por los usuarios.

PALABRAS CLAVE: saneamiento alternativo, capacidad de infiltración, humedal, agua.

1 INTRODUCCIÓN

En el año 2014 en el marco del proyecto “Saneamiento Alternativo de Efluentes Domésticos en la Localidad de Los Arenales” financiado por el Programa de Pequeñas Donaciones (PPD), se llevó a cabo una “autoconstrucción asistida” para brindar la solución a la problemática de la falta de saneamiento en las viviendas de la localidad Los Arenales, departamento de Canelones, Uruguay. Tomando como antecedente el caso mencionado, durante el 2018 y 2019 en el marco del proyecto “Soluciones inclusivas para el acceso al agua y saneamiento” financiado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC), se realizó un análisis de alternativas de saneamiento para una de las viviendas de la localidad (ruta 81, próximo al km 60) con el objetivo de identificar sistemas de tratamiento de aguas residuales de bajo costo y su posterior implementación.

Para integrar los aspectos técnicos de infraestructura, socioeconómicos y ambientales el desarrollo del proyecto implicó un trabajo conjunto entre los propietarios de la vivienda seleccionada, un equipo de Facultad de Ingeniería (UdelaR) y un equipo Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (UdelaR).

2 METODOLOGÍA

El desarrollo del trabajo implicó instancias de gabinete y trabajo de campo, con un involucramiento dinámico de intercambio con los propietarios.

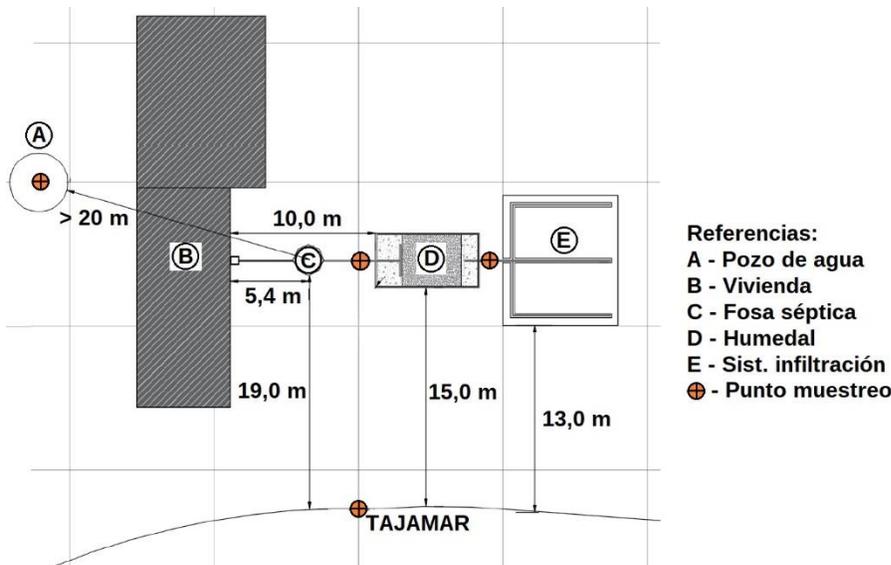


Figura 1. Esquema del sistema de saneamiento, indicando las tres etapas de tratamiento y sitios de toma de muestras.

La vivienda cuenta con sanitaria interna abastecida de agua potable y sistema de saneamiento constituido por tres etapas. En primer lugar el efluente crudo es conducido a una fosa séptica que actúa como sedimentador y desengrasador. De allí el agua residual es conducida a la segunda unidad, que consiste en un humedal subsuperficial de flujo horizontal, en donde tienen lugar procesos de remoción físicos, químicos y biológicos que ocurren de forma natural. La tercera y última etapa consiste de un tratamiento en suelo, mediante zanjas de infiltración, donde el suelo funciona como un filtro que retiene y elimina partículas finas.

2.1 Diagnóstico de Infraestructura

Para el diagnóstico del sistema fue necesaria una recopilación bibliográfica previa, para determinar los parámetros de diseño de cada unidad y contar con recomendaciones. A través de relevamientos, mediciones e inspecciones en cada unidad, apoyados en los planos disponibles del proyecto anterior, se elaboró una descripción del sistema, definiendo geometría y configuración, así como distancias relativas entre unidades de tratamiento y componentes del entorno (vivienda, tajamar, pozo de extracción de agua, vegetación).

2.2 Diagnóstico de la operación del sistema

Para evaluar el funcionamiento y la eficiencia del sistema se procedió a caracterizar el efluente en distintos puntos a lo largo del tratamiento, y a estimar el caudal que ingresa al sistema. Para ello se realizaron muestreos de calidad del efluente a la entrada y salida del humedal, así como del agua del tajamar y del pozo de extracción de agua para consumo. Conocer la calidad de esas aguas permite tener indicios sobre el posible impacto del sistema sobre el ambiente y su entorno directo. Por otra parte, se trabajó junto con los propietarios para determinar las prácticas de uso y consumo de agua, así como para estimar el caudal de aporte al sistema. Para esto se les entregaron una serie de preguntas y se les solicitó colaboración para completar una planilla con datos sobre uso de la cisterna (información que se completó durante una semana).

A partir de la información anterior procesada, se determinó el área requerida del humedal para garantizar que todos los parámetros a la salida cumplan con los estándares de vertido establecidos en el Artículo 11 del Decreto 253/79 y sus modificativos. A continuación, se compararon los valores de los parámetros de salida del humedal ensayados y los estimados a través de cálculos teóricos, verificando a su vez el cumplimiento o no de la normativa mencionada.



Dado que la última etapa del sistema consiste en zanjas de infiltración, para completar la evaluación se requiere conocer las características del suelo que recibe el efluente final. Para esto se realizó un ensayo de infiltración, que permitió conocer en forma aproximada la capacidad del suelo para infiltrar. Esta evaluación debería ser una tarea previa a implementar una solución de infiltración, debido a que esto condiciona el diseño. El ensayo realizado en campo se basó en las indicaciones planteadas en la bibliografía utilizada, FREPLATA, 2006. Una vez conocida la aptitud del suelo junto con el caudal que ingresa al sistema, se determinó el área requerida de las zanjas para un correcto diseño de la unidad y se comparó con el área efectivamente disponible, quedando en evidencia las condiciones y capacidad del sistema para recibir el efluente.

Una vez completado el diagnóstico se procedió a su evaluación en base a recomendaciones bibliográficas, para luego realizar un análisis de alternativas de mejoras al sistema y la posterior implementación de la alternativa seleccionada.

El análisis de las alternativas requirió de un análisis de costos, lo que implicó detallar las tareas asociadas a la ampliación de cada unidad en particular, para evaluar mano de obra y maquinaria, considerando un posible porcentaje de reutilización de materiales, y teniendo en cuenta los costos indirectos, reflejados principalmente por el envío de materiales al lugar.

3 RESULTADOS

3.1 *Diagnóstico de Infraestructuras*

Del relevamiento se identificaron aquellos aspectos que podrían interferir en el desempeño del sistema.

Por un lado, el humedal con un área de 10 m^2 correspondiente al área sembrada cuenta con vegetación en abundancia llegando hasta el coronamiento y presenta una zona en mal estado. Esto último debería evitarse por la posible formación de un canal preferencial de flujo que reduzca la eficiencia global del sistema. El sistema de salida es de tipo puntual, lo que no suele dar buenos resultados en la distribución del flujo, más aún por la tendencia que tienen los humedales de canalizarse desde la entrada a la salida. En cuanto a las distancias, la más crítica es la distancia de 20 m al pozo de agua para consumo, siendo 50 m la distancia mínima recomendada.

Por otro lado, las zanjas de infiltración con un largo total de 21 m, presentan incumplimiento en la distancia mínima a cuerpo de agua (tajamar) dado que existe una distancia de 13 m cuando el valor mínimo recomendado es de 15 m.

3.2 *Caudal de agua residual*

De la información aportada por los propietarios de la vivienda se obtuvo el detalle de uso y consumo de agua por cada integrante durante una semana. Se identificó el uso más significativo correspondiente a la cisterna, con un caudal medio 177 L/d; el segundo uso en importancia fue el de cocina, con un caudal medio de 105 L/d. Asimismo se obtuvo el caudal medio diario total de consumo y el caudal efectivamente aportado al sistema, con valores de 377 L/d y 317 L/d respectivamente. El coeficiente de retorno medio resultó de 0,84.

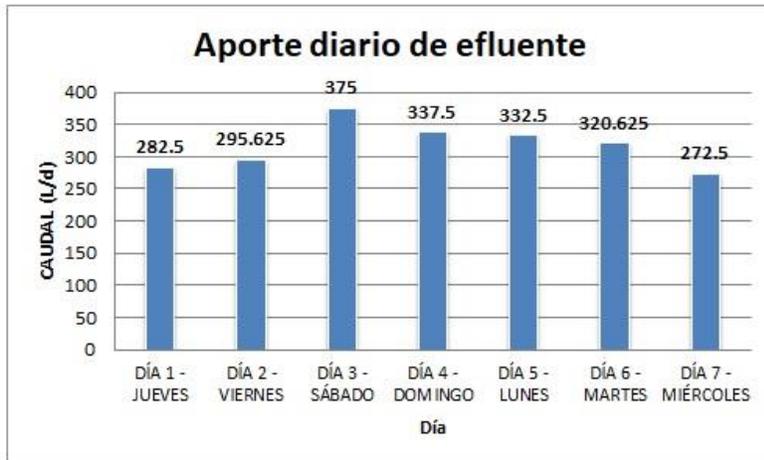


Figura 2. Caudal que se aporta al sistema en litros por día.

3.3 Ensayo de Infiltración

El parámetro clave que se determinó en campo fue resultado del ensayo de infiltración. Se tomaron mediciones en seis pozos que fueron construidos en el lugar, separados una distancia de 6 m entre sí. Las mediciones comenzaron 12 horas después de saturar todos los pozos de forma continua, obteniendo los siguientes resultados luego de ser procesados:

Tabla 1. Capacidad de infiltración (o absorción) obtenida en cada pozo ensayado.

Pozo	1	2	3	4	5	6
Capacidad de absorción (min/cm)	60	36	36	90	60	45

De la Tabla 1 se puede ver la variabilidad de esta capacidad del suelo en un mismo terreno. Estos valores llevan a único resultado para el suelo ensayado correspondiente a 54,5 min/cm, lo que significa que el suelo donde se encuentran la unidad de infiltración requiere de 54,5 minutos para infiltrar 1 cm de agua. La bibliografía de referencia, FREPLATA, 2006, indica que el margen aceptado para considerar un suelo apto para infiltrar es de entre 2–24 min/cm, por lo tanto, el suelo del lugar, teóricamente no sería apto para soluciones de infiltración.



Figura 2. Fotografías del ensayo de infiltración realizado en campo.

3.4 Alternativas

La primera alternativa evaluada consistió en redefinir el área necesaria para la infiltración del efluente final a partir del resultado del ensayo de infiltración realizado. Tomando las recomendaciones de relación Capacidad de Infiltración – Largo de Zanja, de FREPLATA, 2006, se estima el largo requerido para asegurar un funcionamiento adecuado. Esta relación se presenta en la Figura 2, de donde surge un largo de zanja requerido de 98,7 m. A partir de este resultado surge la primera propuesta de alternativa, que consiste en la ampliación de la unidad de infiltración.

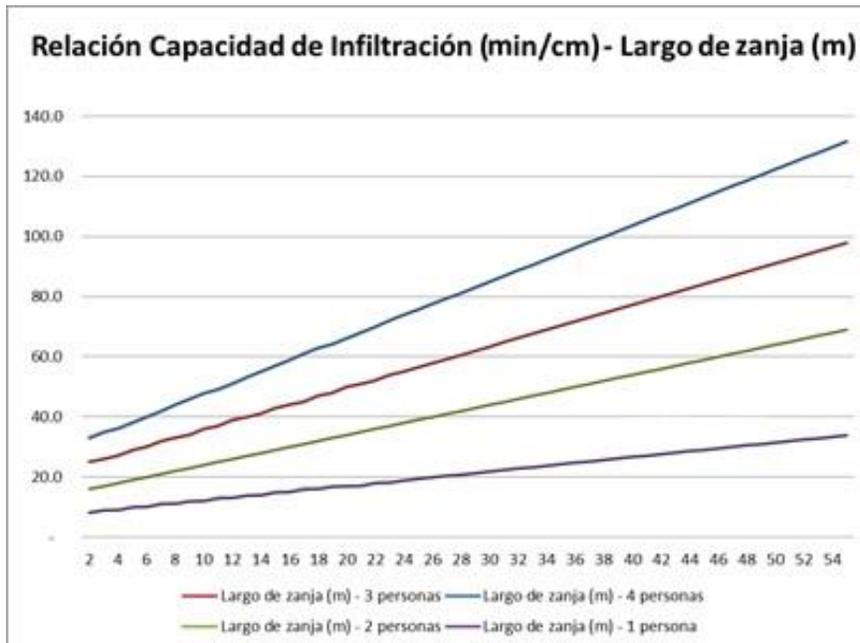


Figura 2. Relación Capacidad de infiltración - Largo de zanja necesario en función de la cantidad de personas en una vivienda. Tendencia de datos tomados de FREPLATA, 2006.

La segunda alternativa se relaciona con el humedal. A partir de los resultados de las muestras del efluente a la entrada y salida del humedal, y del caudal de aporte de la vivienda al sistema, se plantea un cálculo para el diseño del humedal según Kadlec & Wallace (2009). La metodología de cálculo supone el funcionamiento de la unidad como tanques en serie, estimándose las concentraciones de los distintos contaminantes para cada “tanque”. El cálculo se realiza en base anual (valores medios anuales), considerando una componente estocástica para representar la variabilidad mensual del funcionamiento del sistema y un parámetro representativo de precipitación y evapotranspiración, estos últimos obtenidos de datos estadísticos del INIA, estación Las Brujas en el período 2014-2018. Con el procedimiento de cálculo mencionado, se determina el área necesaria del humedal para que el efluente final cumpla con los estándares de vertido. Como resultado se obtuvo un área necesaria para el humedal igual a 57,3 m². Para este valor de área, el humedal quedaría diseñado con un valor de DBO₅ a la salida de 26,8 mg/L en un 90% de los meses, se estaría cumpliendo con las limitaciones impuestas por los estándares de vertido y se tendría una eficiencia de remoción en la mayoría de los parámetros superior al 85%. Este análisis lleva al planteo de la segunda alternativa, que implica la ampliación de humedal como última unidad de tratamiento con posterior vertido a curso de agua.

3.5 Selección de alternativa

Ambas alternativas requirieron de un análisis de costos, lo que implicó detallar las tareas asociadas a la ampliación de cada unidad en particular, para evaluar mano de obra y maquinaria,



considerando un posible porcentaje de reutilización de materiales, y teniendo en cuenta los costos indirectos, reflejados principalmente por el envío de materiales al lugar. La elección de la alternativa elegida se tomó en base al criterio económico, dado que la alternativa que implica reformar el humedal quedó por fuera de los montos disponibles en el proyecto. La mejora finalmente implementada implicó un aumento del área a infiltrar, con una configuración de 4 zanjas en paralelos con drenes de 24,7 m de largo, separadas una distancia de 2 m entre sí.

4 CONCLUSIONES Y REFLEXIONES

El resultado deja en evidencia que el trabajo interdisciplinario es lo adecuado para desarrollar proyectos de estas características. El involucrar diferentes disciplinas e integrar a los propios usuarios del proceso, hace que la solución elegida sea la que mejor se ajuste al problema real, con su entorno y sus limitantes. Si solo se hubiese contado con una mirada ingenieril el resultado final hubiese sido otro.

Desde el punto de vista teórico, una solución como la que se implantó en la vivienda de Los Arenales no sería adecuada debido a las características del suelo, que teóricamente no resulta recomendable para infiltrar. Si esto se hubiera evaluado como una propuesta desde cero sin contar con un sistema de saneamiento en el lugar, las alternativas resultarían acotadas, llevando a pensar en soluciones dinámicas de alcantarillado, o depósito fijo impermeable. Por la ubicación de la vivienda, a 15 km de la localidad más cercana, en una zona que podría definirse rural por la densidad de la población, estas dos alternativas (redes dinámicas, depósito impermeable) no serían viables ni sostenibles. La propia vivienda, previo al proyecto anterior, contaba con un depósito fijo y los propietarios expresaron la problemática a la que se enfrentaban debido a la dificultad de coordinación entre los vecinos para contratar servicio barométrico, lo que generaba el desborde de las aguas residuales de los depósitos y malos olores, sumado al elevado costo que presentaba el vaciado periódico.

Resulta entonces que con la alternativa planteada se encontró una solución adecuada de saneamiento que solucionó todos los aspectos mencionados, utilizando una opción de tratamiento de las aguas que a priori podría haber sido descartado debido a la evaluación teórica asociada a las características del suelo del predio. Sin embargo, hoy cuentan con un sistema que logra el alejamiento de las aguas residuales protegiendo la salud, sin problemas de olores, sin indicios de afectación al medio ambiente, y a su vez el sistema es aceptado por los usuarios, todas características que definen un sistema adecuado de saneamiento.

5 REFERENCIAS

Libros y Manuales

- [1] FREPLATA, *Manual de Autoconstrucción de Sistemas de tratamiento de Aguas Residuales Domésticas*, 2006.
- [2] Kadlec R. H. & Wallace, S. D, *Treatment wetlands*, 2nd Edition. CRC Press, Florida, 1046 pp, 2009.
- [3] U.S. EPA, *Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters*. EPA/625/R-99/010, 2000.

Leyes y Normativas

- [4] Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT NBR 7229, *Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos*, 1993.
- [5] Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, UNIT 833 *Agua Potable*, 2008.
- [6] Decreto 253/79 (con las modificaciones de los Decretos 232/88, 698/89 y 195/91 incluidas).

Páginas web

- [7] Carta de Suelos de Uruguay, CONEAT, <http://web.renare.gub.uy/js/visores/cartasuelos/>.
- [8] Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA, Datos pluviométricos, Estación Las Brujas, <http://www.inia.uy/>.



25	SET		II CONGRESO DE AGUA AMBIENTE Y ENERGÍA
al	2019		
27			
Montevideo			AUGM

