

Dimensionamiento de un sistema sostenible para el tratamiento de aguas residuales domésticas en un condominio residencial de la ciudad de Caçador/SC

Dimensioning of a sustainable system for the treatment of domestic sewage in a residential condominium of the municipal of Caçador/SC

Djanecler Alves¹, Roger Francisco Ferreira de Campos², Tiago Borga³ e Santiago Sánchez García⁴

¹Ingeniería Civil, Universidade Alto Vale do Rio do Peixe, Caçador, Santa Catarina, Brasil
djanecler@yahoo.com.br

²Maestría, Ingeniería Ambiental, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, Santa Catarina, Brasil
roger@uniarp.edu.br

³Maestría, Ingeniería Ambiental, Universidade Alto Vale do Rio do Peixe, Caçador, Santa Catarina, Brasil
tiagoborga@gmail.com

⁴Graduando, Ingeniería Civil y territorial, ETSI Caminos, Canales y Puertos, Ciudad Real, España
santi21sanchez@hotmail.com

Resumen

El crecimiento de la población urbana cuando no se gestiona adecuadamente tiene importantes impactos negativos sobre el medio ambiente; entre estos impactos, uno de los principales es mitigar la contaminación ambiental producida por las aguas residuales domésticas, industriales y comerciales. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo desarrollar un sistema sostenible del tratamiento de aguas residuales domésticas, mediante el diseño de un sistema de tratamiento que consta de tanque séptico, filtro biológico y el tanque de zona de raíz de un condominio residencial horizontal municipio Caçador/SC. Con el diseño de sistemas sostenibles para la fitorremediación, como post-tratamiento de fosa séptica y filtro biológico es una alternativa viable, debido a los beneficios en el medio ambiente mediante su implantación, ya que los sistemas de tratamiento por zona de raíces ayudan a la purificación de efluentes, para llegar más tarde al tubo de drenaje en el cuerpo receptor o alcanzar el drenaje de la ciudad. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo disponer de un método sostenible para condominios, edificios y viviendas en las zonas rurales, pero sobre todo en las zonas urbanas.

Palabra clave: Sostenibilidad; Tratamiento de Efluentes; Fitorremediación

Abstract

Urban population growth, when not properly managed, has a significant negative environmental impact on the environment. Among these impacts, one of the main mitigating factors in environmental pollution is domestic, commercial and industrial sanitary sewage. Therefore, the present work has the objective of developing a sustainable system of treatment of domestic sewage, through the design of a treatment system composed of septic tank, biological filter and root zone tank for a horizontal residential condominium of the municipality of Caçador/SC. With the scaling of sustainable phytoremediation systems, such as septic tank aftertreatment and biological filtering is a viable alternative, due to the environmental benefit of the implantation, since the root zone treatment systems assist in the purification of the effluents, to later obtain drainage of the municipality. Thus, the present study seeks to have a sustainable method for condominiums, buildings and residences in rural areas, but mainly in urban areas.

Keyword: Sustainability; Wastewater treatment; Phytoremediation

INTRODUCCIÓN

Debido al crecimiento poblacional la palabra contaminación viene siendo muy discutida debido a los impactos ambientales ocasionados por las acciones antropogénicas. Dentro de la contaminación, la que afecta a los recursos hídricos es la que ocasiona mayor exigencia ante su proceso de conservación (WHITMAN et al., 2015), por ser fundamental para el equilibrio natural del planeta (MANO et al., 2010), obteniendo el agotamiento sanitario doméstico como una de las principales atenuantes en la contaminación hídrica (BRAGA et al., 2005).

A lo largo del siglo XX, el consumo de agua per cápita se ha multiplicado por más de diez, aun así, millones de ciudadanos aún no tienen acceso a ese bien necesario para la supervivencia humana. En todo el mundo, el agua se utiliza con diversas finalidades: abastecimiento de ciudades, uso doméstico, generación de energía, navegación y demás. Como el crecimiento de los países, crecen junto a las industrias y la agricultura, que son actividades que tienen un consumo considerable de agua comparado a los otros usos (BRAGA et al., 2005).

La contaminación hídrica no es sólo un problema de los grandes centros urbanos, pudiendo ser encontrada en pequeñas ciudades, esta acción presenta consecuencias inimaginables en la salud humana (FRAGA; TERUYA; JUNIOR, 2013). Los datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) a través de una estimación muestran que 25 millones de personas en el mundo mueren por enfermedades relacionadas con la calidad del agua. En Brasil cerca de 28 mil personas mueren cada año por la contaminación del agua o de enfermedades relacionadas con la falta de higiene.

El agotamiento sanitario es proveniente principalmente de edificaciones públicas y privadas, comercio y residencias, resultante del uso del agua por los hábitos higiénicos, estando compuestas de aguas de baño, orina, heces, resto de comida, jabones, detergentes y agua de lavado (BRAGA et al., 2005). La falta de tratamiento del alcantarillado doméstico en área urbana contamina los cuerpos hídricos con coliformes fecales (XAVIER; CAMPOS, 2007), debido al lanzamiento in natura de alcantarillas domésticas directamente en los cuerpos hídricos (ANDRADE; FELCHAK, 2009), contaminando directamente fuentes naturales de agua (NOVICKI; CAMPOS, 2016) y la capa freática (BRAGA et al., 2005)

Para Francisco (2005), incluso con las directrices de planificación urbana las ciudades presentan ser inmunes a los daños socioambientales, esta cuestión está atribuida a la falla en la gestión de la información, debido a la baja percepción de la importancia para el ambiente público. Según Andrade y Felchak (2009) es necesario tomar medidas sobre la contaminación de los recursos hídricos, a través del monitoreo de áreas con descarga de efluentes in natura, así como, redimensionamiento de los sistemas de alcantarillado doméstico y análisis de los puntos, donde ocurre la conexión de las redes Pluviales con las de alcantarillado.

Para Santos et al., (2015) la implantación del Plan de Saneamiento Básico (PSB) y la utilización de medidas descentralizadas son alternativas viables para el proceso de agotamiento sanitario. Heller y Nacimiento (2005) describen que es necesaria una reflexión con la perspectiva del desarrollo de un plan director de investigación en saneamiento, para auxiliar las políticas futuras en las directrices del agotamiento sanitario. Conforme a Lisboa, Heller y Nacimiento (2013) son necesarios adoptar medidas sostenibles y beneficiosas en el PSB. El sistema fosa séptico y filtro biológico son sistemas simples de tratamiento de aguas residuales domésticas. Según Scottá (2015) en un análisis de la eficiencia de los sistemas de tratamiento de efluentes domésticos el sistema de fosa y filtro no atando los parámetros para DBO, DQO, sólidos y nitrógeno amoniacal, donde para mayor eficiencia es necesario desarrollar sistemas alternativos, El autor sugiere que se implante un post-tratamiento de zona de raíces (wetlands).

Según Cornelli et al., (2014) existen diferentes métodos de tratamiento para el alcantarillado doméstico. Entre los métodos alternativos y sostenibles para el área urbana se pueden destacar los sistemas por zona de raíces procedentes de los tanques sépticos, siendo extremadamente eficiente para la purificación del alcantarillado doméstico, además de atender a legislaciones vigentes relacionadas al tema (ALMEIDA; PITALUGA; REIS, 2010). De acuerdo con Philippi y Sezerino (2004), Brasil presenta condiciones favorables para la implantación de zonas de raíces para el tratamiento del alcantarillado doméstico rural y urbano, principalmente si se obtiene un tratamiento previo. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un sistema sustentable de tratamiento del alcantarillado doméstico, a través del dimensionamiento de un sistema de tratamiento compuesto por

fosa séptica, filtro biológico y tanque de zona de raíces para un condominio residencial horizontal del municipio de Caçador, del estado de Santa Catarina. Con la perspectiva de demostrar los procesos alternativos de tratamientos eficientes y ecológicos para el tratamiento de aguas residuales rurales y principalmente urbanas.

MATERIALES Y MÉTODO

LUGAR DEL ESTUDIO

El presente estudio fue realizado en el Condomínio Residencial Vale das Araucarias, ubicado en el municipio de Caçador, estado de Santa Catarina en la región del medio oeste catarinense a 400 km de la capital Florianópolis, con una población de 70.762 habitantes (IBGE, 2012).



Figura 1 - Distribución de las residencias en el condominio del estudio

El Condomínio Residencial Vale das Araucarias, es un emprendimiento residencial en forma horizontal que posee 66 unidades de viviendas unifamiliares y 02 quioscos, conforme Figura 1. El terreno del emprendimiento posee un total de 6.298,95 m² donde las 68 edificaciones utilizaron 1979,28 m², es decir, una ocupación del suelo del 31,42%.

El área común con césped/jardín es de aproximadamente 550,00 m² y el área común con calzadas y demás usos, fueron construidas con pavimentos impermeables y mide aproximadamente 1000,00m². Para adecuar el condominio a las condiciones ambientales específicas, establecidas por las legislaciones ambientales, se dimensionaron dos fosas sépticas y dos filtros biológicos: NBR 7229 (ABNT, 1993) y NBR 9648 (ABNT, 1986), donde para el volumen total del tanque séptico se procede así, calculado con la Ecuación 1.

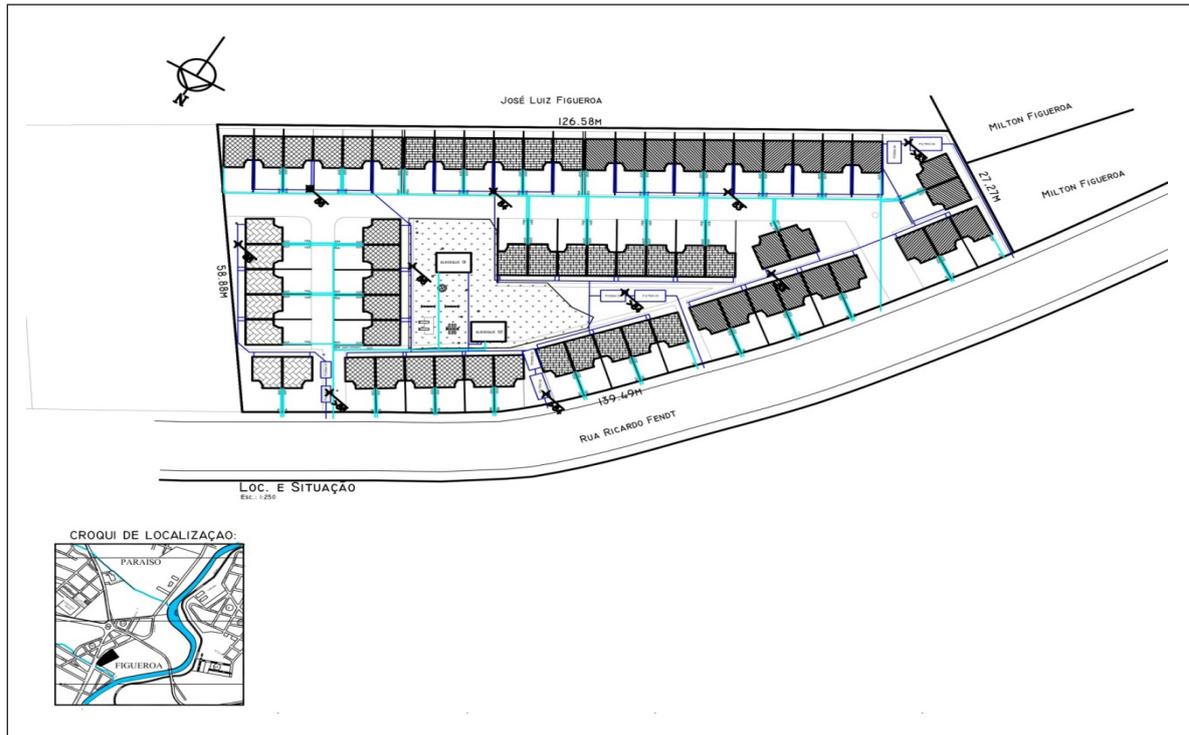


Figura 2. Distribución Hidrosanitaria de las residencias en el condominio del estudio

$$V = 1000 + N \times (CT + K Lf) \tag{1}$$

Donde:

V = volumen útil, en litros;

N = número de personas o unidades de contribución;

C = contribución de vertidos, en litro/persona x día o en litro unidad x día, recogido en la Tabla 21 (NBR 7229);

T = período de detención en días como se indica en la Tabla 22 (NBR 7229);

K = tasa de acumulación de lodo digerido en días, equivalente al tiempo de acumulación de lodo fresco según lo informado en la Tabla 23 (NBR 7229);

El tamaño del tanque séptico se calculará por la siguiente Ecuación 2.

$$V = L \times 2L \times h \tag{2}$$

Donde:

V = Volumen mínimo

L = Ancho;

H = Altura.

El volumen útil (Vu) mínimo del lecho filtrante debe ser de 1000 litros y es obtenido por la Ecuación 3.

$$Vu = 1,6 N \times C \times T \quad (3)$$

Donde:

N = número de contribuyentes;

C = Contribución de los despojos, en litrosxhabitantes/día, según lo informado en la Tabla 24 (NBR 13969);

T = Tiempo de detención hidráulica en días, según lo informado en la Tabla 24 (NBR 13969);

La altura total del filtro anaerobio, en metros, se obtiene por la Ecuación 4.

$$H = h + h1 + h2 \quad (4)$$

Donde:

H = altura total interna del filtro anaerobio;

h = altura total del lecho filtrante;

h1 = altura del canal colector;

h2 = altura de repuesto (variable).

Con el objetivo de presentar un sistema sostenible para el condominio, buscando disponer un sistema alternativo para la sociedad, se seleccionó el sistema el sistema de zona de raíces para el tratamiento posterior de la fosa séptica y filtro biológico. Por lo tanto, después del paso por las fosas sépticas y filtros biológicos el efluente será encaminado a un post-tratamiento de alcantarillado sanitario, donde el método establecido es con zona de raíces, la cual será dimensionada de acuerdo con las recomendaciones del Instituto Casa Viva - ICV (ICV, 2014). Resultando la contribución diaria de vertidos y de carga orgánica por tipo de edificio y de ocupantes para fines decálculo, donde tendremos en el condominio 100 (índice de la tabla) $\times 256$ personas = $25600l/día = 25,6m^3/día$. El volumen del sistema de zona de raíces (fitorremediación) fue obtenido por la Ecuación 5, a través de un sistema compuesto por tierra, arena, grava y grava y especies acuáticas de la región.

$$V = (C.L.H)/1000 \quad (5)$$

Donde:

V = Volumen útil en litros;

C = Longitud;

L = Ancho;

H = Altura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra los valores obtenidos en los cálculos de dimensionamiento para fosa séptica, filtro y zona de raíces (Sistema de Fitorremediación).

Tabla 1 - Dimensionamiento de la fosa séptica y filtro biológico;

TANQUE	TAMAÑO	VOLUMEN (L)
TS - 01	2,60m x 5,20m x 2,00m	25800
TS - 02	2,10m x 4,20m x 2,00m	17120
TOTAL		42920
FILTRO	TAMAÑO	VOLUMEN (L)
FB - 01	2,30m x 4,60m x 1,70m	12480
FB - 02	1,90m x 3,80m x 1,70m	8000
TOTAL		20480
SISTEMA DE RAÍCES	TAMAÑO	VOLUMEN (L)
SR - 01	8,5m x 4m x 0,80m	26400

Debido a la inclinación natural del terreno y la disposición de los edificios, el tanque TS-01, recibirá los efluentes domésticos/alcantarillados de las viviendas 1 a 12, 14, 33 a 58, es decir, 39 viviendas y el tanque TS-02 recibirá los residuos de las viviendas 13, 15 a 32, 59 a 64, siendo, por lo tanto, 25 unidades. En este punto, ya no tomamos en consideración las viviendas 67 y 68, pues el área donde están ubicadas las mismas sería necesaria la implantación del proyecto.

La Figura 3. muestra la vista en planta y la sección del tanque séptico TS-01.

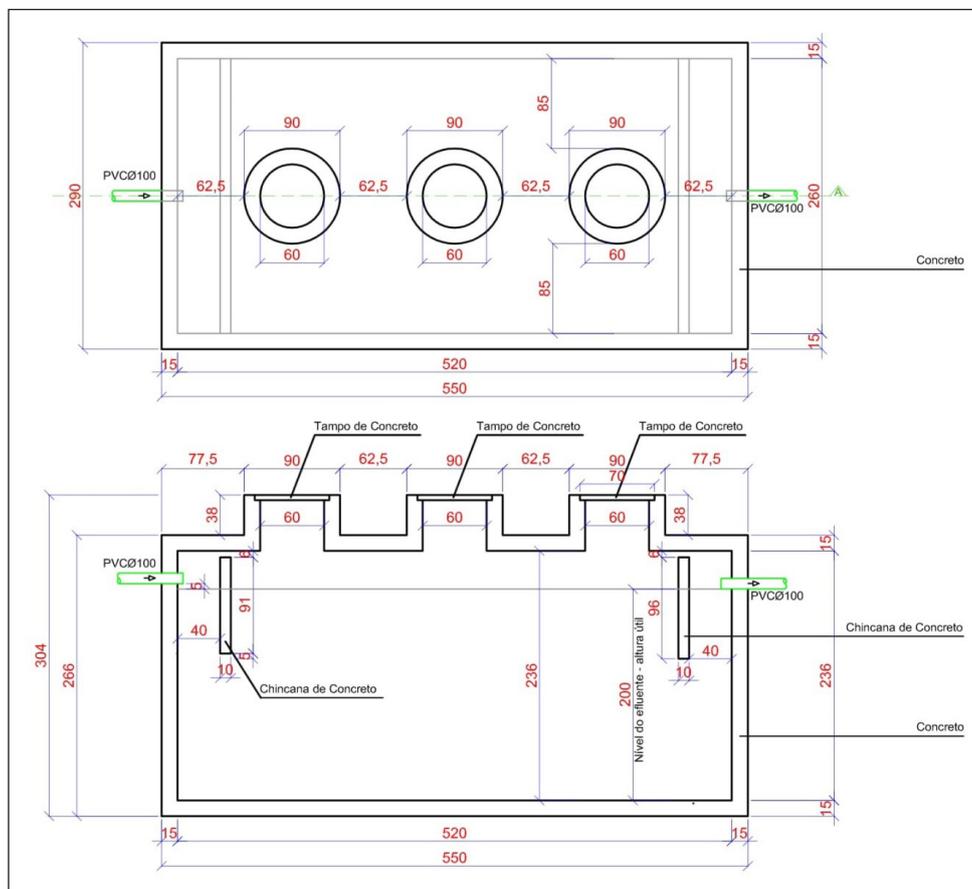


Figura 3 - Vista en planta y sección del Tanque Séptico TS-01 (medidas en cm)

formado por aceites, grasas y otros materiales mezclados como: gases emergentes que se conservan en la superficie libre del líquido, denominados escamas.

La Figura 5. muestra la vista en planta y en corte del filtro biológico FB-01.

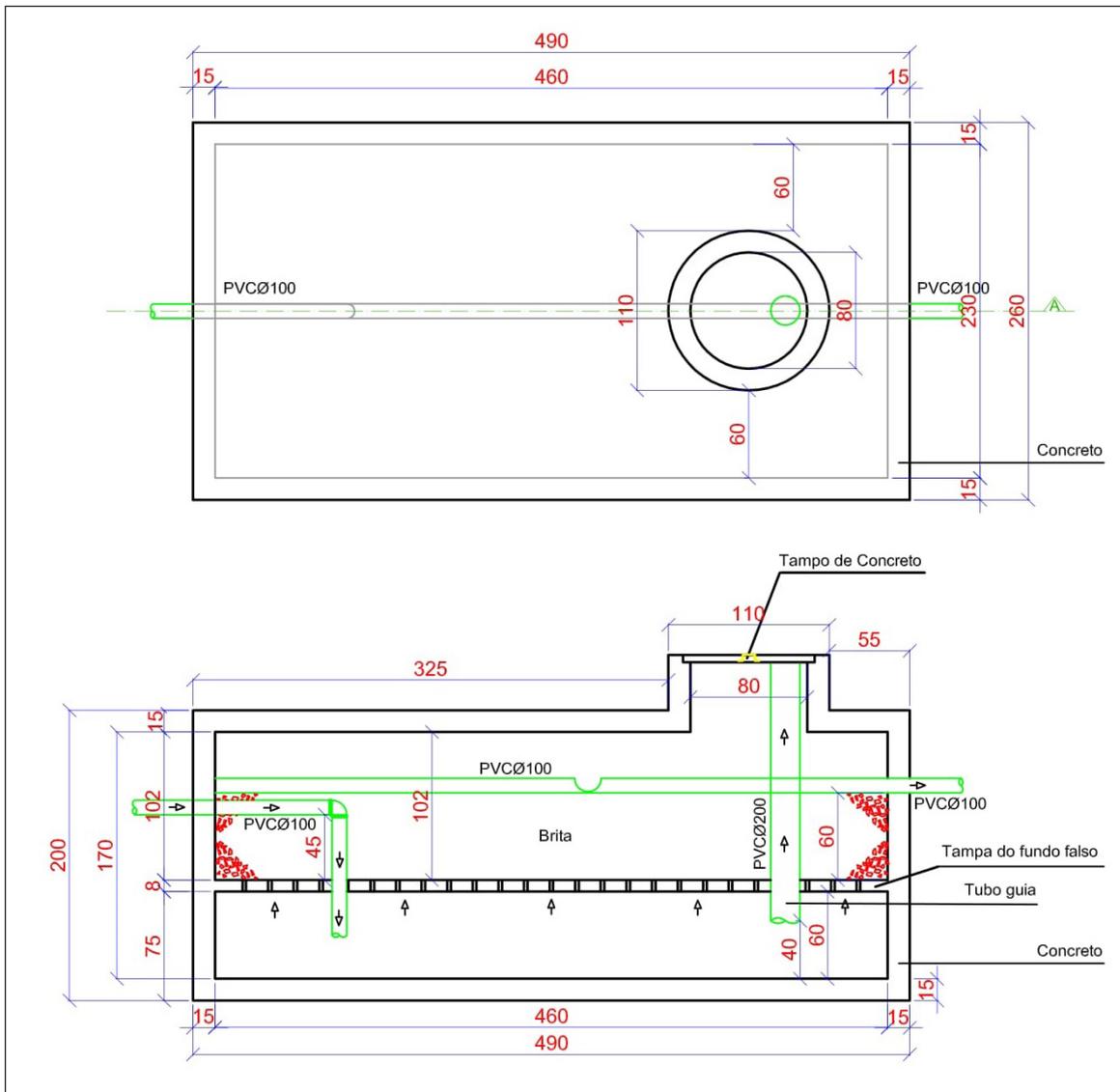


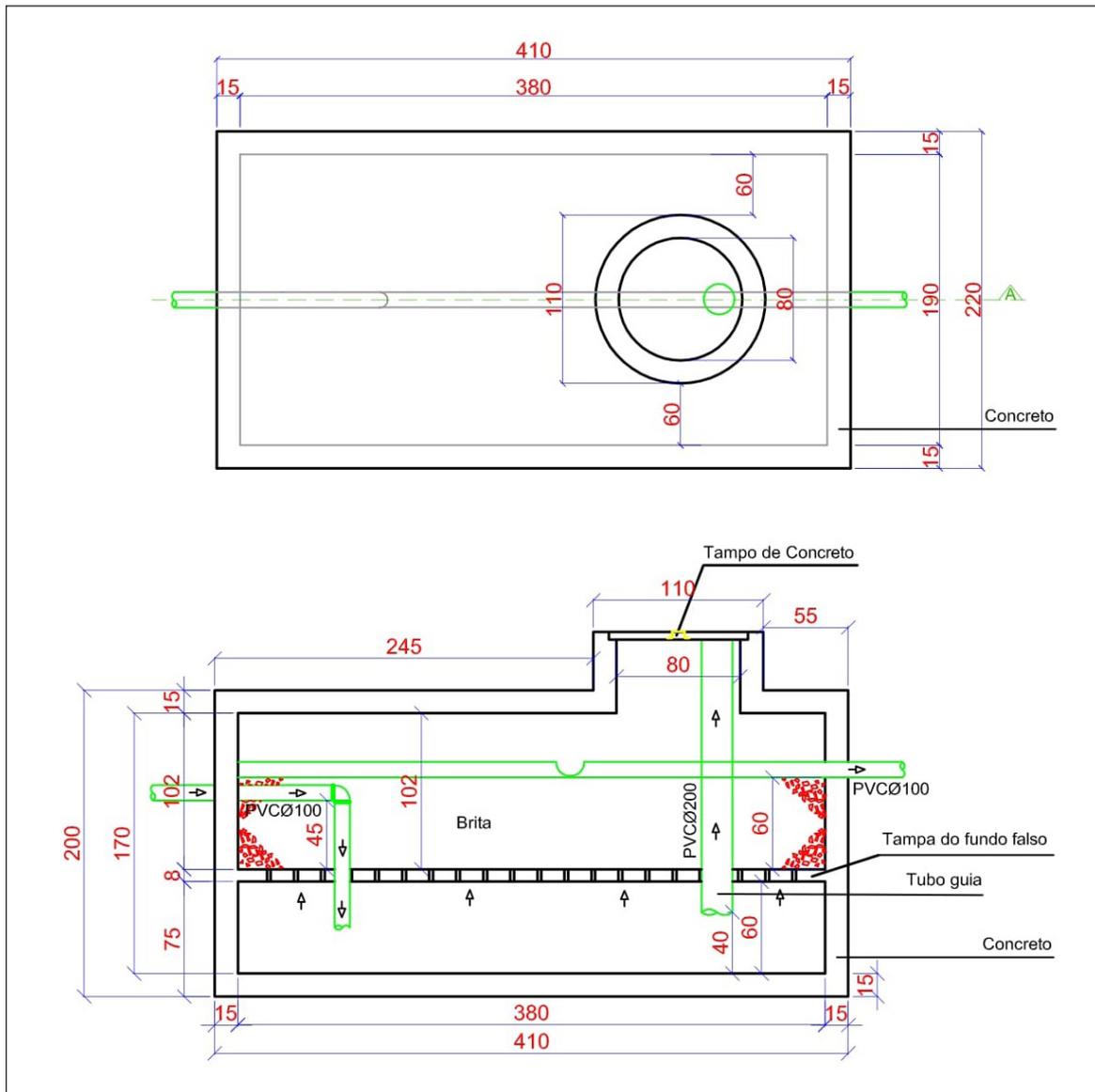
Figura 5 - Vista en planta y corte del filtro biológico FB-01 (medidas en cm)

En Brasil, el reactor más utilizado en el post-tratamiento de tanque séptico es el filtro anaerobio. Todo proceso anaeróbico, está muy afectado por la variación de temperatura del desagüe; su aplicación debe ser hecha de manera minuciosa. El proceso es eficiente en la reducción de cargas orgánicas elevadas, siempre que las otras condiciones sean satisfechas. Los efluentes del filtro anaeróbico pueden exhalar olores y tener color oscuro.

Según Panceri (1997), el desagüe doméstico se diferencia del industrial, animal y hospitalario por exigir menos cantidad de oxígeno para degradar la materia orgánica y animal, pero todos los tipos de aguas residuales necesitan un tratamiento adecuado, evitando así la contaminación del medio ambiente.

En cuanto a los residuos líquidos (alcantarillado), producidos por el condominio, se optó por el tratamiento por fitorremediación utilizando un sistema construido, pero que, con el flujo natural

de uso de plantas, permiten que el efluente y sus componentes químico físicos y biológicos sean pro-



cesados naturalmente, siendo devueltos a la naturaleza con un grado de purificación que no agrede a los ecosistemas.

La Figura 7 muestra la vista en planta y en corte del tratamiento por raíces, denominado sistema de fitorremediación.

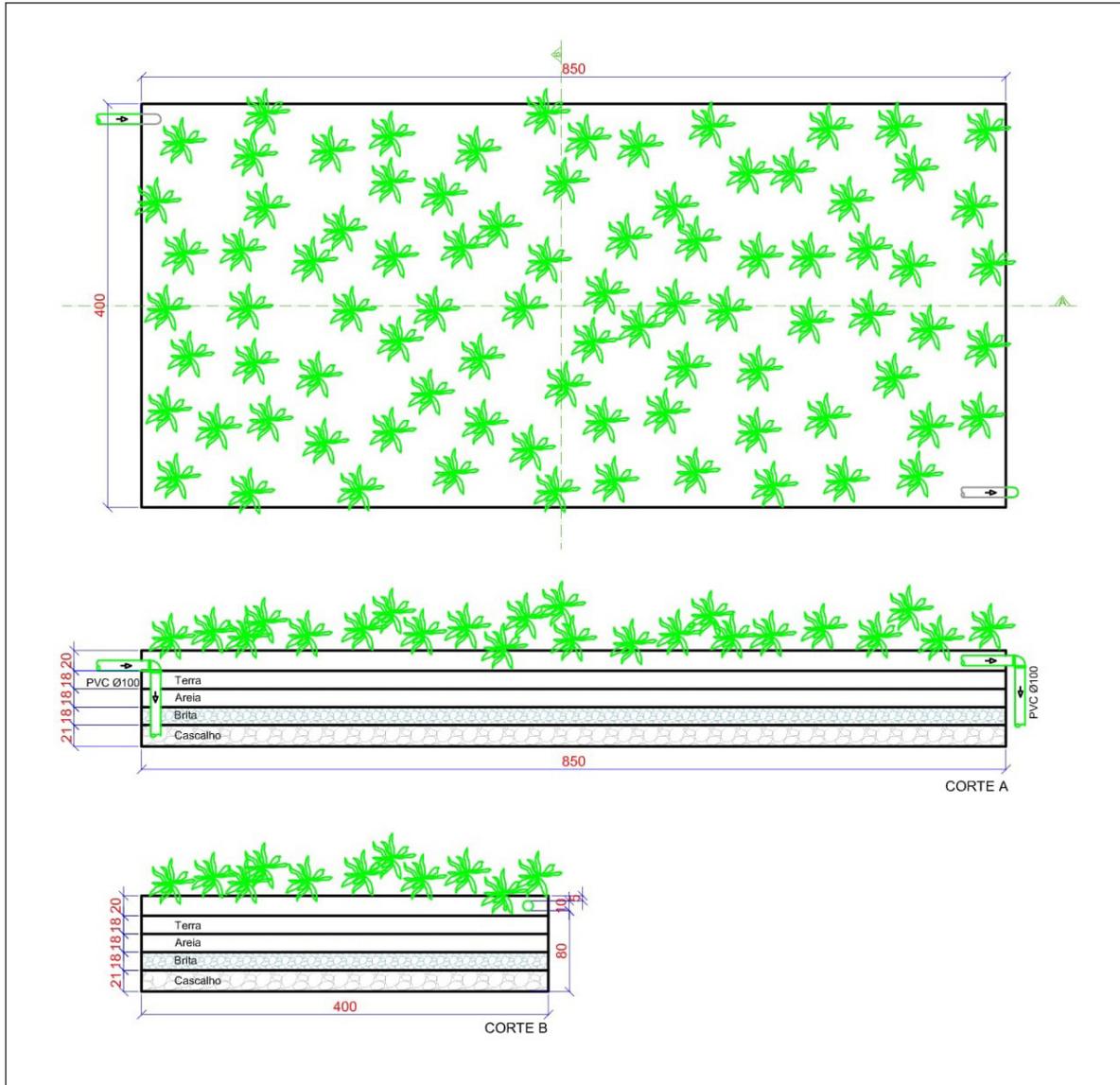
La Figura 6. muestra la vista en planta y en corte del filtro biológico FB-02.

Figura 6 - Vista en planta y corte del filtro biológico FB-02 (medidas en cm)

El área para el tratamiento de aguas residuales por zona de raíces varía entre 1 y 6 m² por habitante. Las condiciones climatológicas brasileñas permiten la utilización de áreas reducidas, principalmente si hay un tratamiento previo del alcantarillado (PHILIPPI; SEZERINO, 2004).

Según Nava y Lima (2012), que estudiaron el tratamiento de aguas residuales por zona de raíces en una vivienda en el municipio de Caçador/SC, presentan que el sistema se trata de una solución relevante y de bajo costo para el tratamiento del alcantarillado doméstico. También evita que el desagüe doméstico sea lanzado in natura en los suelos, contaminando estos y los manantiales de agua, trayendo serios problemas de salud. Los resultados obtenidos a través del análisis en laboratorio de DBO y turbidez del sistema de tratamiento por zona de raíces, precedida por caja de grasa, fosa séptica

y filtro biológico, presenta una eficiencia en estos parámetros. El sistema que también se utilizará en esta propuesta demuestra ser una tecnología eficiente en el tratamiento del alcantarillado doméstico en las condiciones climatológicas de Caçador-SC, atendiendo a los requisitos legales.



De esta forma, la propuesta consiste en utilizar la misma planta, así como la disposición mencionada por los autores arriba, o sea, la planta que será utilizada como macrófita será el junco, en la disposición de 4 plantas por m^2 del tanque. Nava y lima (2012) citan como ventajas del proceso de tratamiento de aguas residuales por enraizadas: bajo costo, fácil operatividad y alta eficiencia en la reducción de nitrógeno, fósforo y sólidos suspendidos, y destaca como desventajas la necesidad de áreas para implantación de lagunas y la necesidad de sustratos no susceptibles a obstrucciones.

Figura 7 - Vista en planta y cortes del sistema de tratamiento por raíces (medidas en cm)



Cada desagüe producido en las residencias del condominio será conducido a dos tanques sépticos, cada uno con su filtro anaerobio, sin ninguna separación, ya que después de los filtros, el efluente será conducido a la zona de raíces, por gravedad, conforme Figura 8.

La Figura 8. presenta la planta con el sistema sostenible propuesto para el condominio residencial del estudio.

Figura 8 - Vista en planta del sistema propuesto para el condominio

CONCLUSIONES

Se cree que por la preocupación cada vez mayor en preservar el medio ambiente, existe una perspectiva favorable al crecimiento de la demanda para el uso de tecnologías de fitorremediación ambiental (zona de raíces), entre ellas la fitorremediación, en virtud de la viabilidad técnica y económica.

El dimensionamiento del sistema de fitorremediación son elementos necesarios para sistemas complementarios del sistema convencional de fosa y filtro, debido a que presenta menos impacto ambiental. En zonas residenciales, este concepto todavía es poco utilizado por descrédito a la calidad de las aguas residuales, poca divulgación de los sistemas existentes al construirse las edificaciones y por la falta de incentivos con relación al manejo sostenible del agua, además de la falta de legislaciones específicas del asunto e incluso de su supervisión.

Los sistemas de tratamiento por raíces o fitorremediación aún no están contemplados en las normas técnicas brasileñas, lo que dificulta la homogeneidad de los parámetros y criterios para su dimensionamiento. En la literatura internacional existen diversos modelos y criterios para proyectarlos, donde una gran parte de estos están orientados a la reducción de la carga orgánica.

Sin embargo, aunque las técnicas utilizadas en este trabajo son de costos relativamente bajos, con la implementación de los sistemas propuestos, el condominio obtendrá retorno financiero sólo a largo plazo, pero inmediatos beneficios ambientales, pues aunque la calidad final del agua en los dos tratamientos propuestos no son parte del alcance del mismo, toda investigación apunta a la conclusión de que el tratamiento por fitorremediación tiene altos índices de purificación del agua, principalmente cuando es complementario a sistemas primarios y secundarios de tratamiento, así como el uso de las aguas de la lluvia con igual importancia que el sistema ecológico.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A.R.; FELCHAK, I.M. A poluição urbana e o impacto na qualidade da água do rio das antes – Irati/PR. Geoambiente on-line, Goiânia, v. 2, n.12, p.108-132, jan-jun, 2009.
- ALMEIDA, R.A.; PITALUGA, D.P.S.; REIS, R.P.A. Tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes precedida de tanque séptico, Revista Biociências, v.16, n.1, p.73-81, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 2929: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; MIERZWA, J.C.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. Introdução à engenharia ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2005.
- CORNELLI, R.; AMARAL, F.G.; DANILEVICZ, Â.M.F.; GUIMARÃES, L.B.M.G. Métodos de tratamento de esgotos doméstico: Uma revisão sistemática. REA – Revista de estudos ambientais (Online),v.16, n. 2, p.20-36, jul-dez. 2014.
- FRAGA, I.J.; TERUYA, P.E.T.; JUNIOR, A.S.V.J. Os impactos ambientais urbanos no desenvolvimento a cidade de Lagarto, Revista Eletrônica da FJAV,Ed. especial, v.6, n.2, p.225-241, 2013.
- FRANCISCO, P.D. Danos socioambientais urbanos em Curitiba: uma abordagem geográfica. Raega - O Espaço Geográfico em Análise, Curitiba, n.9, p.47-58, 2005.
- HELLER, L.; NASCIMENTO, N.O. Pesquisa e desenvolvimento na área de saneamento no Brasil: necessidades e tendências. Eng. Sanit. Ambient, Rio de Janeiro,v.10, n.1, p.24-35, jan-mar, 2005.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD, 2012. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2012/default_sintese.shtm. Acesso em: 19 set. 2015.
- JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C.A. Tratamento de Esgotos Domésticos, Rio de Janeiro; ABES, 1995.
- LISBOA, S.S.; HELLER, L. SILVEIRA, R.T. Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percepção dos gestores. Eng. Sanit. Ambient, v.18, n.4, p.341-348, out-dez, 2013.
- MANO, E.B.; PACHECO, E.B.A.V.; BONELLI, C.M.C. Meio ambiente, poluição e reciclagem. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010.
- NAVA, L.; LIMA, C. Avaliação da eficiência da estação de tratamento de esgoto por zona de raízes (ETEZR) instalada no horto florestal de Caçador/SC. Ignis: Periódico Científico de Arquitetura e Urbanismo, Engenha-

rias e Tecnologia da Informação, v.1, n.1, p.17-33, jan-jun, 2012.

NOVICKI, C.; CAMPOS, R.F.F. Análise da potabilidade das águas de fontes naturais, junto ao município de Fraiburgo/SC. Revista Monografias Ambientais – REMOA. v.15, n.1, p.323-336, 2016.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Relatório Mundial da Saúde 2010. Disponível em: <<http://www.who.int/eportuguese/publications/WHR2010.pdf>>. Acesso em 15 fev. 2016.

PANCERI, B. O Campo do Saneamento Ambiental Rural. Florianópolis: UFSC, 1997.

PHILIPPI, L.S.; SEZERINO, P.H. Aplicação de sistemas tipo wetlands no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas. Florianópolis, Ed. do autor, 2004.

SANTOS, R.F.; IRAZUSTRA, S.P.; TEIXEIRA, E.P.; DEGASPERI, F.T. Abordagem descentralizada para concepção de sistemas de tratamento de esgoto doméstico, RETC - Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura, v.1, n.16, p.35-44, abril, 2015.

SCOTTÁ, J. Avaliação e otimização de uma estação de tratamento de esgoto com sistema de fossa e filtro de um município da Serra Gaúcha. [monografia], Centro Universitário Univates: Curso de Engenharia Ambiental. 2015.

XAVIER, P.C.D.S.; CAMPOS, H.L. Efeito do crescimento urbano na qualidade das águas do Riacho Piauí, Arapiraca/AL. Revista de Geografia, Recife, v.24, n.3, p.167-177, set-dez, 2007.

WHITMAN, B.E.; MICHELICIC, J.R.; MAYER, A.R. Fornecimento e distribuição de água e coleta de esgoto. In: MICHELICIC, J.R.; ZIMMERMAN, J.B. Engenharia Ambiental: Fundamentos, sustentabilidade e projeto. Rio de Janeiro: LTC, 2015.