

# Disminución de la carga contaminante orgánica del efluente de las cámaras sépticas utilizadas en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra

Rossio Rios Montes

Ingeniero Civil, Master en Medio Ambiente.  
IIT - Docente - Investigador

## RESUMEN

En la ciudad de Santa Cruz de la Sierra las viviendas que no cuentan con el servicio de alcantarillado sanitario para eliminar sus aguas residuales utilizan los Sistemas de Tratamiento in Situ, conformados por dos sistemas: uno para las aguas negras y otro para las aguas grises. El sistema de tratamiento para las aguas negras denominado "cámara séptica" (CS) consiste en: 1) un tanque donde se produce la sedimentación y eliminación de sólidos flotantes y la digestión anaeróbica del material sedimentado y 2) un pozo de absorción o zanjas de infiltración para la disposición final del efluente en el suelo. La presencia numerosa y una implementación incorrecta de este sistema contribuyen a la contaminación orgánica de las aguas subterráneas. Para disminuir esta carga contaminante orgánica es necesario implementar una unidad de tratamiento complementaria, objetivo del presente trabajo.

Al determinar la eficiencia de la cámara séptica, se verifica que: el caudal que ingresa es el 44.7% de la dotación de agua potable; su afluente (aguas residuales de inodoros, lavamanos, urinarios) presenta una concentración fuerte a muy fuerte; la eficiencia de remoción alcanzada para SST (68.6%) es satisfactoria y para DBO<sub>5</sub> (24.1 %) es menor a la esperada, esto se debe a que el proceso de digestión anaerobia no se realiza de manera adecuada como consecuencia de las variaciones y sobrecargas de materia orgánica y valores altos del pH del afluente,

propiciando un aumento de las grasas y aceites en el efluente. Como unidad complementaria a la CS se implementó el Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA) previo al pozo de absorción, verificándose que el sistema CS + FAFA mejora la eficiencia del sistema CS.

Alcanzando eficiencias de remoción para DBO<sub>5</sub> (72.4%), SST (91.9%), con remoción de grasas y aceites. Los fosfatos y el nitrógeno amoniacal, incrementan su concentración en el efluente final, comportamiento normal en este tipo de procesos biológicos. Para la remoción de estos contaminantes se recomienda el filtro anaerobio de contacto o zanjas de infiltración. Para mejorar la eficiencia de la CS es necesario incrementar su tiempo de retención.

**Palabras clave:** aguas negras, cámara séptica, filtro anaerobio de flujo ascendente.

## 1. ANTECEDENTES

En zonas donde la eliminación de las aguas residuales domésticas no se realiza mediante sistemas de alcantarillado sanitario, se utilizan Sistemas de Tratamiento in Situ, de estos sistemas el más común es el denominado "fosa séptica" ó "cámara séptica".

Si bien, las cámaras sépticas prestan un servicio adecuado para la eliminación de las aguas residuales domésticas, la presencia numerosa de estas unidades y una

implementación incorrecta de las mismas puede disminuir la capacidad de purificación del suelo que actúa como cuerpo receptor, hecho que convierte a estos sistemas de tratamiento en contribuyentes a la contaminación de las aguas subterráneas, que en muchos casos son la fuente de agua potable de la zona, motivo por el cual surge la necesidad de mejorar la eficiencia de estos sistemas y así disminuir la carga contaminante de sus efluentes, mediante la aplicación de alguna alternativa tecnológica que este acorde con el desarrollo de la región para que pueda ser fácilmente introducida en el medio, en sistemas nuevos como en sistemas existentes.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Disminuir la carga contaminante orgánica del efluente de las cámaras sépticas utilizadas en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra mediante la implementación de una unidad de tratamiento complementaria que sea adecuada al medio.

### 2.2. Objetivos específicos

- Determinar la eficiencia de remoción de la materia orgánica de la cámara séptica utilizada para el tratamiento del agua residual doméstica.
- Seleccionar una unidad de tratamiento complementaria para el efluente de la cámara séptica que sea adecuada al medio.
- Verificar la eficiencia de remoción de la materia orgánica que alcanza la cámara séptica y la unidad de tratamiento complementaria seleccionada.

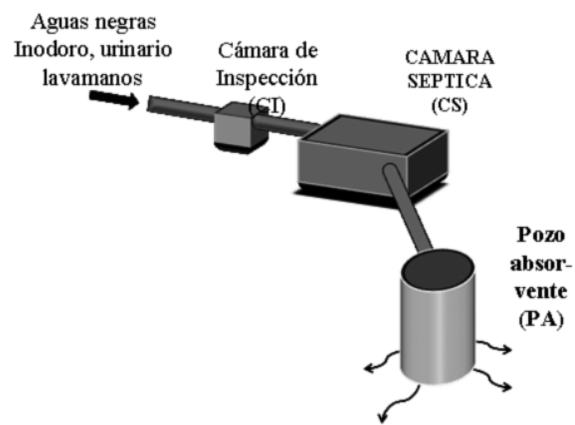
## 3. CÁMARAS SÉPTICAS UTILIZADAS EN LA CIUDAD DE SANTA CRUZ DE LA SIERRA

En Santa Cruz de la Sierra la cobertura del sistema de alcantarillado sanitario es alrededor del 50 %, el resto de la población para la recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales domésticas utiliza otros sistemas, entre estos esta el sistema denominado “cámara séptica” (CS).

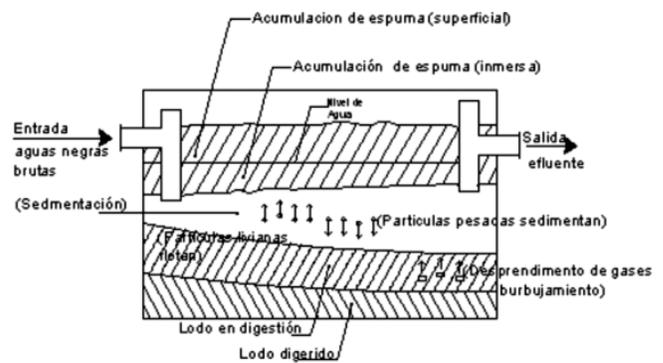
El sistema “cámara séptica” utiliza dos sub-sistemas: Uno para las aguas negras (procedente de inodoros, lavamanos, urinarios) y otro para las aguas grises (procedente de duchas, lavanderías y fregaderos de cocina).

El tratamiento de las aguas negras consiste en un tratamiento primario que se realiza en una cámara séptica y el tratamiento final o disposición del efluente mediante la infiltración (pozo de absorción o zanjas de infiltración), Gráf. 1

La cámara séptica o fosa séptica es una “unidad de tratamiento primario consistente en un tanque donde se produce la sedimentación y eliminación de sólidos flotantes y la digestión anaeróbica del material sedimentado”, Graf. 2



Graf. 1 Sistema de tratamiento in situ (cámara séptica) para las aguas negras utilizadas en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra



Graf. 2 Funcionamiento del tanque séptico

Para determinar la eficiencia de la cámara séptica se han realizado observaciones, toma de muestras y análisis de

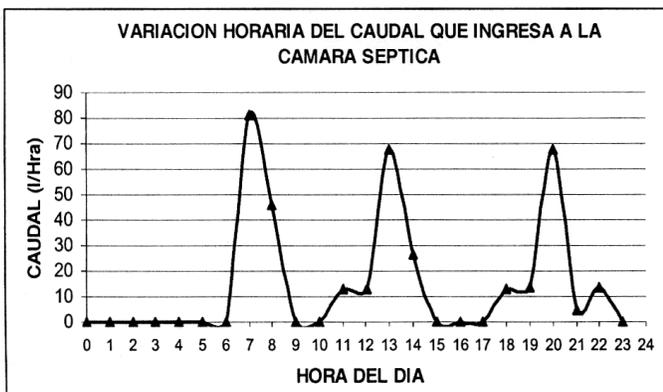
laboratorio en una unidad a escala real: la cámara séptica de una vivienda ubicada entre el 4º y 5º anillo de la ciudad.

### 3.1. Afluente de la cámara séptica

Los procedimientos de diseño para la cámara séptica, según distintos autores, adoptan el caudal de diseño como un porcentaje de la dotación de agua potable (coeficiente de retorno o aporte C), que varía entre el 60% al 80%.

El procedimiento utilizado para obtener el caudal real ha sido el registro del uso de los artefactos cuyos caudales ingresan a la cámara séptica (inodoro, urinario, lavamanos), durante una semana, con la previa determinación de los caudales de aporte. El coeficiente de retorno o aporte obtenido es de 44.7% de la dotación de agua potable.

A partir de los datos registrados se ha construido un gráfico sobre la variación del caudal que ingresa a la cámara séptica, Graf. 3



Graf. 3 Variación horaria del caudal que ingresa a la cámara séptica.

La composición difiere de las presentadas en los distintos estudios, esto se debe al tipo de aguas residuales que ingresan a la cámara séptica, en nuestro estudio solo ingresan aguas negras (inodoro, urinario, lavamanos), en los diferentes estudios consultados ingresan aguas negras y grises.

El afluente se puede considerar de concentración fuerte a muy fuerte.

La carga contaminante de la DBO<sub>5</sub> varía desde 22.5 (gr/hab\*día) a 69.2 (gr/hab\*día) con un promedio de 44.3

(gr/hab\*día) y para SS de 19.9 (gr/hab\*día) a 168.6 (gr/hab\*día) con un promedio de 65.7 (gr/hab\*día).

### 3.2. Efluente de la cámara séptica

La cámara séptica en estudio tiene un volumen de 1.56 m<sup>3</sup> con un tiempo de retención calculado de 0.75 días.

El efluente de la cámara séptica se puede considerar de concentración media.

Se confirma que el proceso anaerobio de tratamiento no presenta capacidad de remoción de fósforo y nitrógeno, y en algunos casos, pueden propiciar un aumento de concentraciones en el efluente anaerobio del P.

La remoción de la materia orgánica de la cámara séptica, expresada como Sólidos en Suspensión (68.6%) se encuentra dentro los rangos mencionados por diversos autores.

La remoción de la materia orgánica de la cámara séptica, expresada como DBO<sub>5</sub> (24.1 %) es menor a la mencionada por diversos autores, esto se debe a que el proceso de digestión anaerobia no se realiza de manera adecuada dentro de la cámara, debido a las variaciones y sobrecargas de materia orgánica y valores altos del pH del afluente, presentando también un aumento de las grasas y aceites en el efluente. Lo anterior demuestra que la disposición final actual del efluente contribuye a la contaminación de las aguas subterráneas. Con el objetivo de disminuir esta contribución a la contaminación se han realizado investigaciones sobre unidades complementarias que mejoren la calidad de estos efluentes y que puedan ser factibles técnica y socialmente.

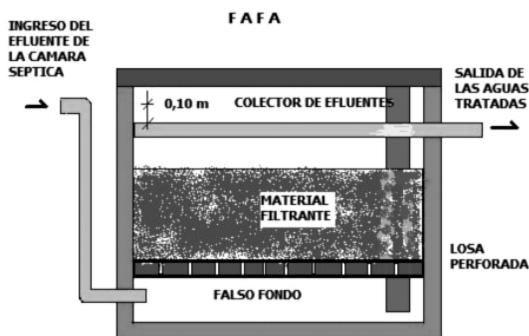
## 4. SELECCIÓN DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO COMPLEMENTARIA A LA CÁMARA SÉPTICA

Existen dos grandes grupos de sistemas biológicos para el tratamiento de las aguas residuales con carga orgánica baja, como son las domésticas, el primer grupo, los sistemas aerobios, han tenido progresos continuos todo el tiempo, con sistemas muy variados para aplicar a muchos casos de aguas y que alcanzan grandes eficiencias y que es usado prolíficamente en los países más avanzados. Estos

sistemas además de costosos, requieren de una tecnología electromecánica desde la más sencilla hasta la computarizada, el segundo grupo lo forman los sistemas anaerobios que prácticamente sólo se usaban para el tratamiento de lodos provenientes de los sistemas aerobios. Los progresos en esta rama habían sido muy pobres ya que todos se fundamentaban en los escasos conocimientos que se tenían del fenómeno anaerobio; fue a partir de 1950 que este grupo de sistemas recibió un gran impulso lo cual aumentó los conocimientos y cambió los fundamentos de diseño de los digestores, que dieron lugar nuevos sistemas: filtro anaerobio de flujo ascendente (1960), manto de lodo de flujo ascendente (1978), Reactor de bio película inmovilizada (1985), reactor de lecho fluidizado (1985).

Analizados los nuevos sistemas y tomando en cuenta las facilidades de construcción, operación, experiencias similares y su adecuación a las cámaras sépticas que ya están funcionando, se ha seleccionado como unidad complementaria a la cámara séptica al Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA).

El FAFA es un reactor biológico de aguas residuales de flujo ascendente, compuesto de una cámara inferior vacía y una cámara superior con un relleno de material filtrante sumergido donde actúan microorganismos facultativos y anaerobios, responsables por la estabilización de la materia orgánica, Graf. 4.



Graf. 4 Filtro anaeróbico de flujo ascendente

Puede tener varias formas, configuraciones y dimensiones, siempre que se garantice una perfecta distribución del flujo a través del lecho, el líquido penetra por la base y es distribuido por un fondo falso o tubos perforados, fluye a través del material de relleno, que, en este caso es

TABLA Nº 1 ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DEL FAFA RECTANGULAR	
PARAMETRO	RECOMENDACIONES
VOLUMEN DEL LECHO FILTRANTE	<b><math>V_u = 1.6 NCT</math></b> Vu = volumen del lecho filtrante (litros); N = número de contribuyentes; C= contribución del agua residual (en litros x habitante/ día) T= periodo de detención hidráulica, en días
ALTURA TOTAL DEL FILTRO ANAEROBIO	<b><math>H = h+h_1+h_2</math></b> H = altura total interna del filtro anaerobio (m) h = altura total del lecho filtrante/ h1= altura del espacio para colectar el efluente/ h2 = altura sobresaliente
LECHO FILTRANTE	Altura (h) Máx. 1.20 m
FONDO FALSO	Altura (h1) Máx 0.60 m, incluyendo el espesor de la losa.
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DEL AFLUENTE	Tubos perforados de PVC o concreto, instalados sobre el fondo inclinado del filtro. Orificios de Diám. 1 cm (+5%). Fondo falso: diámetro de los orificios 2.5 cm, la sumatoria de las áreas mínimo al 5% del área del fondo falso.
COLECTA DE EFLUENTES	Canaletas o tubos perforados
	Una canaleta o tubo por cada tubería de distribución, dispuestos en la misma dirección del lado mayor.
	En filtros cuya distribución es hecha por tubos perforadas en el fondo, deben ser dispuestos paralelamente al fondo, distancia entre canaletas max 1.50 m. Los vertedores de las canaletas o de los tubos colectores del efluente deben ser dispuestos horizontalmente.
SISTEMA DE DRENAJE	Filtros con fondo falso: un tubo guía (Diám. 150 mm de PVC) para cada 3 m <sup>2</sup> de fondo. Filtros con tubos perforados en el fondo, este debe tener una pendiente de 1% en dirección a pozo de drenaje.
MATERIAL FILTRANTE	Materiales resistentes a medios agresivos (ripio) Ripio nº 4 o nº 5, con dimensiones lo mas uniformes posibles.
COBERTURA	Losa de concreto con una tapa de inspección sobre los tubos guías para drenaje

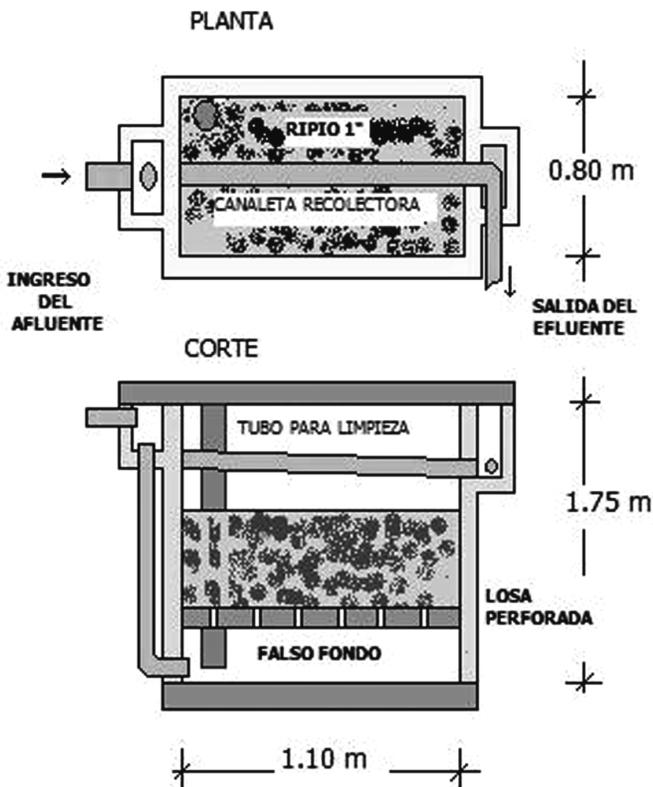
necesariamente ahogado, y es descargado por la parte superior, siendo colectado en canaletas o tubos perforados. Generalmente son cubiertos, pero pueden ser implantados sin cobertura, cuando no hay preocupación por los malos olores. Resisten bien las variaciones del afluente y propician buena estabilidad en el efluente, con baja pérdida de sólidos biológicos, no necesitan de inoculo para la partida.

En la Tabla 1, se presenta un resumen de las especificaciones para el diseño del FAFA.

## 5. IMPLEMENTACIÓN DEL FAFA

### 5.1. Diseño

Se ha diseñado la unidad en base a las especificaciones de la Tabla 1, a algunos aspectos de las investigaciones realizadas y a los caudales de aporte determinados para la cámara séptica, Graf. 5, Tabla N° 2.



Graf. 5 FAFA diseñado

**TABLA N° 2**  
**DIMENSIONES DEL FAFA**

PARAMETRO	DIMENSIONES ADOPTADAS
ALTURAS	H(total) = 1.75 (m) h(lecho) = 0.79 (m) h (fondo)= 0.32 (m) Altura de la losa: 0.07 m
SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DEL AFLUENTE	Espacio para ingreso del afluente: 0.25 m Losa de concreto con perforaciones de diámetro 1.87 cm, con un area > al 5 %.
COLECTA DE EFLUENTES	1 canaleta de PVC, Diám 150 mm
SISTEMA DE DRENAJE	Un tubo guía (Diám. 150 mm de PVC)
MATERIA FILTRANTE	Ripio Lavado de 1 _"
COBERTURA	Losa de concreto, Espesor 10 cm.



Foto 1 Filtro y cámaras de entrada y salida

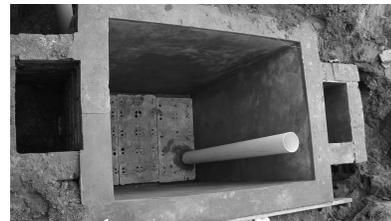


Foto 2 Instalación del falso fondo y tubo para extracción de lodos

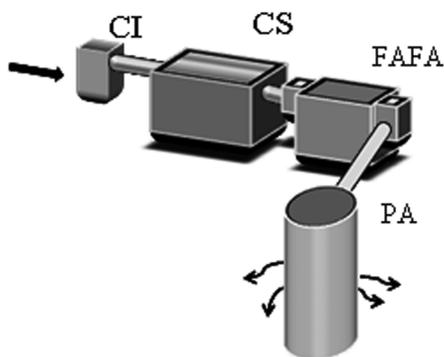


Foto 3 Instalación del tubo para extracción de lodos y tapa



Foto 4 Material de relleno y canaleta colectora  
Costo total: 350 \$us.

## 5.2. Ubicación



Graf. 6 Ubicación del FAFa en el sistema de tratamiento de aguas negras en estudio

## 5.3. Construcción

Materiales: Paredes: Ladrillo adobito revestido con mortero de cemento 4:1/ Base: Losa de concreto de 0.12 m de espesor/ Fondo falso: Losa de concreto de 0.07 m de espesor, con perforaciones de 2" de diámetro/Tapa: Losa de concreto de 0.10 m de espesor /Medio filtrante: Ripio lavado grueso 1" / Tiempo: 15 días.

## 5.4. Operación del FAFa

Solo se pudo observar hasta la etapa de aparición de agua sobre el filtro del relleno, pues al mantener abierta la unidad se interrumpía el proceso biológico y además se advirtió la proliferación de vectores.

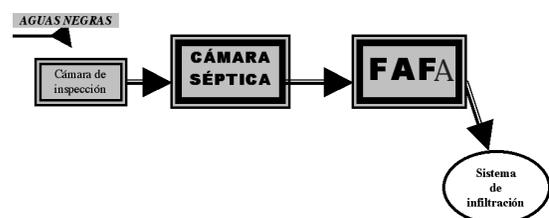
El tiempo de llenado del filtro desde el ingreso del efluente de la cámara séptica hasta el ingreso del agua a la canaleta fue de alrededor de 30 días.

La toma de la primera muestra fue a los 75 días desde el ingreso del afluente y 45 días (1.5 m) desde el ingreso del agua a la canaleta de salida. Se estimó este tiempo para la toma de muestras en base a la bibliografía consultada.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Eficiencia total del sistema (cámara séptica – FAFa)

En la Graf. 7 se presentan las eficiencias alcanzadas en la remoción de los contaminantes de las aguas negras en la cámara séptica y en el sistema CS-FAFA.



Graf. 7 Eficiencias de remoción de los contaminantes presentes en las aguas negras alcanzadas por la CS y CS-FAFA.

La remoción de la materia orgánica por el sistema CS-FAFA alcanzada fue:

- DBO (72%)
- DQO (82%)
- SST (92%)

Valores que están dentro de los rangos especificados por diversos estudios.

La remoción de P y N Amoniacal no ha existido, presentándose un aumento en la concentración de estos parámetros, situación normal en este tipo de procesos anaerobios.

### 6.2. Eficiencia del FAFa

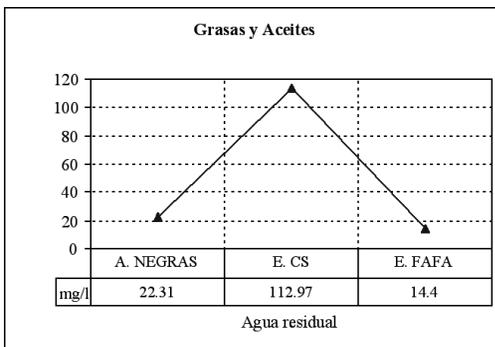
La eficiencia real de remoción orgánica alcanzado por el FAFa para DBO5 63.6 %, DQO 62.27 % y SST 74.26 %, valores que se encuentran dentro de los rangos presentados en la bibliografía.

No se realizó la remoción de fosfatos ni del nitrógeno Amoniacal, la concentración de ambos nutrientes aumento en el efluente final, comportamiento normal en los procesos biológicos anaerobios.

### 6.3. Parámetros que presentaron irregularidades en el FAFA

#### Grasas y Aceite

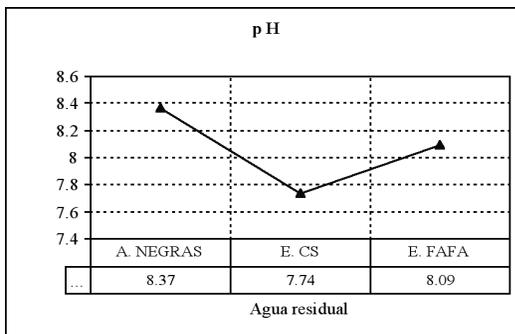
El incremento de la concentración de este parámetro debido a la inestabilidad del proceso de la digestión anaerobia de la cámara séptica, no tuvo influencia negativa en el FAFA, disminuyendo la concentración a un valor menor al del afluente del sistema. Gráf.8



Graf. 8 Variación del pH en el sistema CS-FAFA

#### pH

En la CS, durante el proceso la fermentación ácida tiende a bajar el pH, debido a la producción de ácidos grasos volátiles (AGVs) y otros productos intermediarios. El aumento de la alcalinidad es debido a la fase metanogénica de degradación anaerobia, justificando el aumento de alcalinidad en el FAFA. Gráf. 9.



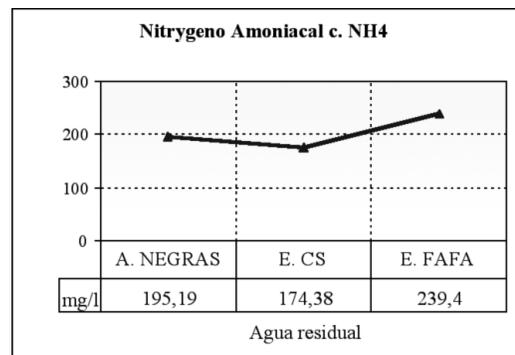
Graf. 9 Variación del pH en el sistema CS-FAFA

#### Fósforo:

Si bien se observó un incremento de la concentración en el efluente de la cámara séptica, en el FAFA disminuyó esta concentración pero continuó mayor a la inicial (aguas negras).

#### Nitrógeno Amoniacal c. NH4:

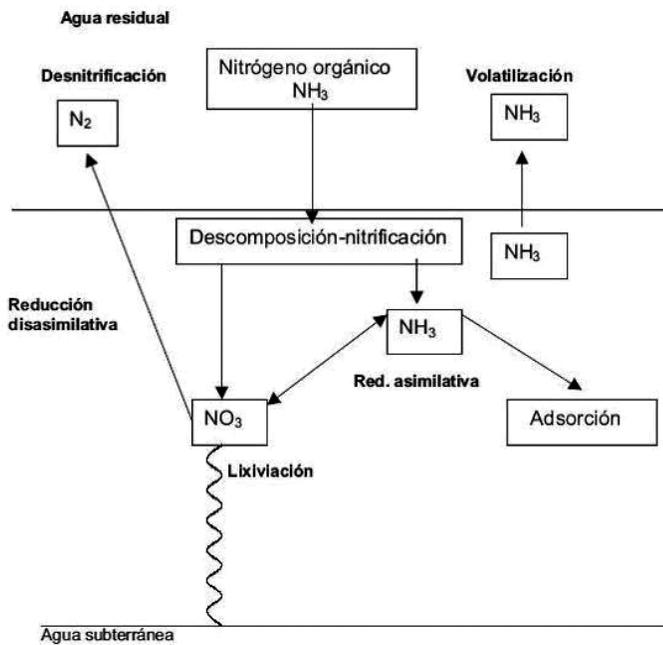
Se ha producido un incremento en la concentración de este parámetro en el FAFA debido a que gran parte del nitrógeno orgánico del afluente a la CS se ha transformado a N-amoniaco y para la oxidación de este se requiere una fuente de oxígeno, que es mínima o no existe en el agua residual que se está tratando en el FAFA.



Graf. 10 Variación del Nitrógeno Amoniacal en el sistema CS-FAFA

Una vez implementado el FAFA en el Sistema de Cámara Séptica, la disposición final del efluente se mantendrá como se realiza actualmente, es decir mediante sistemas de infiltración que pueden ser Pozo absorbente ó Zanjas de infiltración.

Respecto al Nitrógeno que constituye un contaminante de gran importancia para las aguas residuales, durante las transformaciones sufridas por los compuestos nitrogenados derivados de la urea, en los sistemas de tratamiento con pozos absorbentes, si la napa freática se encuentra cercana al nivel del terreno, no habrá tiempo suficiente para la desnitrificación y los nitratos se solubilizarán e incorporarán al agua subterránea contaminando la misma. Graf. 11.



Graf. 11 Transformaciones sufridas por el nitrógeno orgánico proveniente de un efluente cloacal urbano – pozo absorbente

Las **Zanjas de infiltración** son canales excavados que llevan en su interior tuberías perforadas de 100 mm de diámetro a tope sin material de unión, recubiertos con material granular seleccionado, para infiltrar los efluentes de la cámara séptica en terrenos permeables. El material granular, permite además la depuración anaeróbica parcial del efluente antes de que se infiltre en el terreno. Para iniciar la remoción del nitrógeno es necesario aplicar un proceso aeróbico, hecho que no se presenta en este sistema de disposición final.

Para la remoción del nitrógeno los investigadores recomiendan los siguientes sistemas:

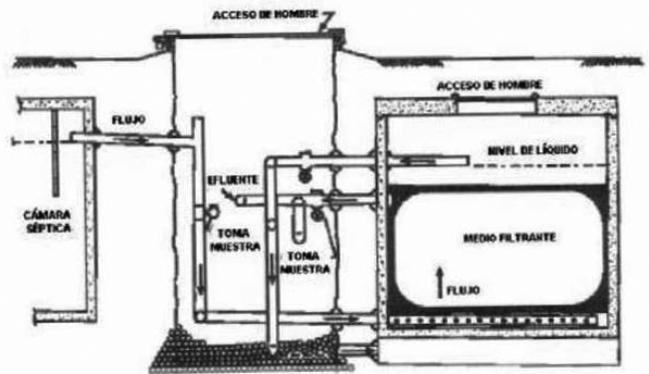
**Previos al tratamiento:**

- æ **Segregación:** es decir la separación de aguas negras y grises, tomando en cuenta que la mayor cantidad de N se encuentra en las aguas negras.

**Post tratamientos:**

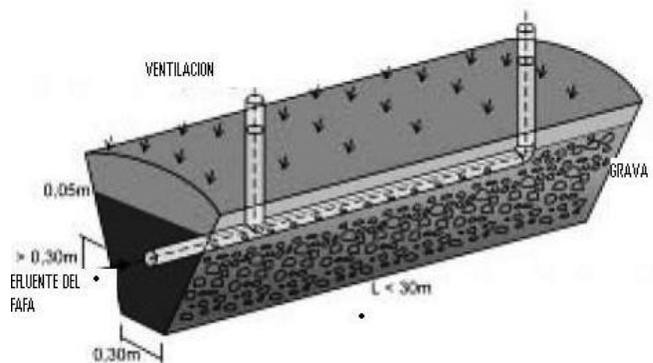
- æ **Filtro de contacto anaeróbico ascendente:** De los distintos métodos biológicos que plantea el autor, el

de mejor adaptación a nuestro sistema es el denominado Filtro de contacto anaeróbico ascendente.



Graf. 12 Filtro de contacto anaeróbico ascendente

- æ **Vallas de Infiltración** equivalentes a las zanjas de infiltración ya mencionadas solo que en este caso se introduce oxígeno mediante respiraderos para propiciar el proceso de remoción de las distintas formas de presentación del nitrógeno. El proceso consiste en la percolación de las aguas residuales en el suelo, donde se realizaran los procesos físicos (retención de sólidos), químicos (Adsorción) y bioquímicos (oxidación). El estudio realizado por UNICAMP (2002)<sup>49</sup> concluye que el sistema de postratamiento, en una fase inicial demostró eficiencias de remoción de materia orgánica, nitrógeno y fósforo. Gráf. 13.



Graf. 13 Modelo de valla de infiltración

**7. CONCLUSIONES**

Los sistemas de Saneamiento in Situ utilizados en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra emplean sistemas separados para el tratamiento de las aguas negras y de las aguas

grises generadas en la vivienda. Las aguas negras reciben un tratamiento primario en una cámara séptica y su disposición final se realiza mediante infiltración al subsuelo (pozo de absorción o zanjas de infiltración).

### 7.1. Sobre las aguas negras que ingresan a la CS

- El aporte de aguas negras a la CS por habitante es el 44.70% de la dotación de agua potable.
- Las aguas negras presentan una concentración fuerte a muy fuerte.
- En las aguas negras el promedio de aporte de carga contaminante obtenida para la DBO es de 44 (gr/hab\*día) y para los SST 65.77(gr/hab\*día) .

### 7.2. Sobre la eficiencia de la CS

- La eficiencia de remoción de la materia orgánica de la CS expresada como Sólidos en Suspensión fue de 68.65%, valor que se encuentra dentro de los rangos mencionados por diversos autores. En lo que respecta a la remoción de DBO, la eficiencia alcanzada fue 24.12 %, menor a la mencionada por diversos autores, esto se debe a que el proceso de digestión anaerobia no se realiza de manera adecuada, debido fundamentalmente a las variaciones y sobrecargas de materia orgánica y valores altos del pH del afluente, presentando también un aumento de las grasas y aceites en el efluente. La remoción de fósforo y nitrógeno fue nula.

### 7.3. Sobre el FAFA

- La unidad de tratamiento complementaria seleccionada fue el FAFA, su construcción se realizó con materiales (ladrillo adobito, cemento, grava y PVC) y mano de obra de la zona, la operación y arranque se inició en los plazos previstos.
- La eficiencia real de remoción orgánica alcanzada por el FAFA para DBO5 63.64 %, DQO 62.27 % y SST 74.26 % . , valores que se encuentran dentro de los rangos presentados en la bibliografía.

No se realizó la remoción de fosfatos ni del nitrógeno amoniacal, la concentración de ambos nutrientes aumentó en el efluente final, comportamiento normal en los procesos biológico anaerobios.

### 7.4. Sobre la disposición final

La disposición final utilizada actualmente (pozos de infiltración o zanjas de infiltración) no realiza remoción del N y P. Para la remoción de estos contaminantes se puede utilizar Filtro Anaerobio de Contacto ó Vallas de infiltración.

La implementación del FAFA, complementario a la CS disminuye la carga contaminante de tipo orgánico expresada como DBO y SST, mejorando la eficiencia de remoción de la DBO de 24.12 % alcanzado por la cámara séptica a 72.41 % alcanzado por el sistema CS + FAFA, para SST de 68.65% alcanzado por la CS a 91.93 % alcanzado por el sistema CS + FAFA.

## 8. RECOMENDACIONES

Para mejorar la eficiencia de la Cámara Séptica, como no es posible modificar las concentraciones del afluente que es la causa de que la digestión

- anaerobia no se realice adecuadamente, es posible mejorar este proceso incrementando el tiempo de detención hidráulica de la cámara séptica, que se lograra aumentando las dimensiones de la misma.
- Realizar investigaciones experimentales sobre la remoción de N y P en los sistemas planteados: Filtro Anaerobio de Contacto ó Vallas de infiltración.
- Verificar el proceso que se realiza en los pozos de absorción que cuentan con respiraderos (introducción de oxígeno) en nuestro medio, en relación a la remoción de N y P.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- ABNT (1993). Proyecto, construcción y operación de sistemas de tanques sépticos. NBR 7229 (93). Norma Técnica del Brasil.
- ABNT (1997). Tanques sépticos-unidades de tratamiento complementario y disposición final de los efluentes líquidos – proyecto, construcción y operación. NBR 13969 (97). Norma Técnica. Brasil
- Alem y Pacheco (2001). Post Tratamiento De Efluente De Reactores Anaerobios - Un Análisis Crítico.

- Busato Rosilete(2004). Desempeño de un filtro anaerobio de flujo ascendente como tratamiento de efluente de reactor UASB: estudio de caso de la Eta de Imbituva.: Tesis De Maestría. Brasil: Universidad Federal De Parana.
- Cario Paz, Sergio Armando (1991) Filtro anaeróbico de pequeña altura con flujo ascendente. Presentada a: Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería.
- Carlos Augusto de Lemos Chernicharo, (coordinador). 2001, Pós-tratamiento de efluentes de reatores anaeróbicos : colección de trabajos técnicos, Proyecto PROSAB, Belo Horizonte: [s.n.], 2001.
- DINASBA - Dirección Nacional De Saneamiento Básico (1994). Reglamento Nacional De Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. Bolivia: Ministerio De Desarrollo Humano.
- Giraldo Gomez (1993). Tratamientos Anaerobios De Las Aguas Residuales Domesticas – Limitaciones Y Potencialidades. Universidad De Los Andes: Revista De Ingeniería.
- Guimarães (1999). Sistema compacto decanto digestor y filtros anaerobios ascendente y descendente. : 20o congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental.
- INE (2001) (2005)
- Jenny Alexandra Rodríguez V. (2002) Ing. Sanitaria Msc., Tratamiento Anaerobio De Aguas Residuales, Universidad el Valle. Cali – Colombia.
- Jordão, de Ávila, de Azevedo (2004). Desempeño de filtros anaeróbicos segundo diferentes meios suporte e alturas de percolação. : 23º Congresso Brasileiro De Engenharia Sanitária E Ambiental.
- Maida Vargas y Hernandez Suárez (2003) Estimación del volumen residual del fango. Revista tecnociencia universitaria Bolivia nº 1 IIT. UAGRM. Santa Cruz: Bolivia.
- Medina Hoyos, Richard Ivan (2000), Pequeñas plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas (aplicación en países andinos) basadas en el reactor anaerobio a pistón RAP-100(CH), experiencia a escala real , Universidad Autónoma Juan Misael Caracho, PROMADE/FONAMA-EIA VIII Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Cochabamba
- Metcalf & Eddy (1995). Ingeniería De Aguas Residuales –(Vol. I , II, III). España: Mc Graw-Hill.
- NB 688 (2001). Reglamentos Técnicos De Diseño Para Sistemas De Alcantarillado. Bolivia: VSB
- Oliveira De Avila (2005). Evaluación Del Desempeño De Sistemas Tanque Séptico-Filtro Anaerobio Con Diferentes Tipos De Medio De Soporte. Tesis De Maestría. Brasil: Universidad Federal De Rio De Janeiro.
- Ricardo Franci Gonçalves, Carlos Augusto De Lemos Chernicharo, Cícero Onofre De Andrade Neto, Pedro Além Sobrinho, Mario Takayuki Kato, Rejane Helena Ribeiro Da Costa, Miguelmansur Aisse, (2001). Pós-tratamiento de efluentes de reatores anaeróbicos por reatores com biofilme. Red cooperativa de investigación: PROSAB.
- Rodríguez, Jenny A. (2002) Arranque y operación de reactores anaerobios, Universidad el Valle . Cali / Tratamiento anaerobio de aguas residuales, Universidad el Valle . Cali – Colombia  
<http://www.ingenieroambiental.com/4014/tratamiento545.pdf>
- RT (1996). Reglamento Técnico De Diseño Para Unidades De Tratamiento No Mecanizadas Para Sistemas De Agua Potable Y Aguas Residuales. Bolivia: Ministerio De Desarrollo Humano.
- SAGUAPAC ALC32 (1996) Plan Maestro sistema de alcantarillado sanitario al año 2010 (1996). / Plan Maestro Red de Agua Potable al año 2010 (1996). Hídrica Consultores. Santa Cruz de la Sierra Bolivia.
- Tchobanoglous (2000). Sistemas De Manejo De Aguas Residuales Para Núcleos Pequeños y descentralizados. Colombia: Mc Graw-Hill.
- Thais Cardinali Rebouças, (2008), Caracterización de diversos tipos de aguas residuales residenciales con la contaminación fecal. Departamento de Engenharia Ambiental - Universidade Federal do Espírito Santo – Brasil.
- Ulises D. Pepe, Marcelo Oscar Lombardi,, 2002 Tratamientos Alternativo de efluentes Cloacales individuales, 13º Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente.