

# **DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL PARA EL MUNICIPIO DE SAN MARCOS-DEPARTAMENTO DE SUCRE.**

**DAVID HERNÁNDEZ, SEBASTIÁN SÁNCHEZ.**

Programa de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Colombia  
Bogotá D.C., Colombia

En este artículo se muestra la realización del diseño de un sistema de tratamiento de agua residual para el municipio de San Marcos, en el departamento de Sucre, el cual busca tratar las aguas emanadas por el centro de sacrificio animal del municipio. Se diseñó un sistema anaerobio de flujo ascendente elegido a raíz de las condiciones demográficas de la zona. El diseño se inicia con el cálculo de las rejillas en el que se eliminan sólidos de mayor tamaño, seguido de la trampa de grasas en el que se remueven las grasas que pueden taponar el sistema, luego un desarenador y posteriormente el reactor anaerobio con el que finaliza el tratamiento.

**Palabras clave:**

**Sistema de Tratamiento, agua residual, caudal, filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA),**

## ***I. INTRODUCCIÓN***

En los últimos años ha tomado importancia en nuestro país el desarrollo de mecanismos que mitiguen el problema ambiental en distintos escenarios. Uno de los mayores causantes de contaminación en las fuentes hídricas son las industrias dedicadas al sacrificio animal, también llamados mataderos, que por el inadecuado manejo y disposición de los subproductos (rumen, estiércol y sangre, los cuales en su mayoría son enterrados o dirigidos directamente a las fuentes hídricas), provocan una alta carga contaminante, perjudicando así poblaciones que residen aguas abajo.

El presente documento refleja los aspectos y resultados más importantes que se presentaron en el diseño realizado para tratar los vertimientos líquidos del centro de sacrificio animal del municipio de San Marcos.

## ***II. MARCO TEÓRICO.***

### **Proceso anaerobio:**

Se define como la descomposición u oxidación de compuestos orgánicos en ausencia de O<sub>2</sub> libre, realizado por un grupo complejo de bacterias facultativas unas y otras estrictamente anaeróbicas, hasta convertirlos básicamente en CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>.

### **Sistemas de tratamiento anaerobios:**

Se realizan desde hace más de 100 años y son procesos que se efectúan mediante reactores que se encargan de biodegradar la materia orgánica, ofreciendo una serie de ventajas, que los posicionan como unos de los tratamientos más viables por sus ventajas fundamentales: bajos costos de construcción y operación, generación y aprovechamiento de biogás como fuente de energía limpia.

### **Reactor anaerobio de flujo ascendente:**

En este tipo de reactor el agua es introducida por el fondo del reactor a través de unas boquillas uniformemente distribuidas, pasa a través de un manto de lodos y posee una estructura de sedimentación integrada al mismo tanque que permite el retorno de los lodos de manera natural al espacio de reacción inferior. El tratamiento se produce al entrar en contacto el agua residual y las partículas.

Los reactores tipo UASB son los sistemas de tratamiento anaerobio más difundidos en América Latina y han sido utilizados a partir de 1988 para el tratamiento directo de las aguas residuales. Los UASB pueden actuar como tratamiento primario y secundario, pero no llegan a eficiencias de remoción superiores al 82 %. Para lograrlo deben ser complementados por sistemas aerobios tradicionales (lodos activados, lagunas, filtros percoladores, etc.)

Existen dos tipos de reactores UASB, según el tipo de biomasa. El primer tipo de reactor se denomina de lodo granular. Como su nombre lo indica, se genera el lodo granular, que por sus buenas características de sedimentación y actividad metanogénica permite altas cargas orgánicas específicas; el segundo se denomina de lodo floculento, que soporta cargas menores tanto orgánicas como hidráulicas.

## ***III. MATERIALES Y MÉTODOS***

### **Características de las aguas residuales:**

En un centro de sacrificio animal, durante las actividades diarias se dan sustancias y elementos tales como sangre, grasas y estiércol que en conjunto le dan a las aguas de desecho las siguientes características:

- Elevado contenido de materia orgánica (DBO – DQO) en todos los subproductos y agua de lavado.
- Alto contenido de grasas.
- Presencia de sólidos que se generan durante el lavado.

### **Características del tratamiento a residuos líquidos:**

En general los mataderos, incluyendo el del municipio de San Marcos, presentan elevados contenidos de DBO y sólidos suspendidos, por lo tanto, en su proceso de depuración es indispensable la combinación de sistemas de pretratamiento, tratamiento primario y secundario. A continuación es presentado de manera conceptual el método utilizado en el municipio de San Marcos, definiendo el tratamiento primario diseñado con cada uno sus elementos en orden de procedimiento:

- **Rejilla:** Las rejillas separan fácilmente cargas voluminosas que son transportadas por el agua residual luego del uso en el centro de sacrificio animal.
- **Trampa de grasas:** La trampa de grasas se incluye en sistemas de tratamiento de aguas residuales para establecimientos con producción apreciable de grasas, con el objeto de prevenir el taponamiento de las tuberías y daños en unidades posteriores. Es el sistema más sencillo para remoción de grasas y aceites, no emulsificadas.

Los métodos estándar definen grasas y aceites como grupos de sustancias con características físicas similares. El término grasas y aceites incluye materiales de origen vegetal, materiales de tejido

animal, petróleo o componentes del petróleo y otros materiales extraídos por el solvente.

- **Sedimentador:** Su objetivo es la remoción de los sólidos suspendidos y DBO en las aguas residuales, mediante el proceso físico de asentamiento, en la cual el agua residual es sometida a condiciones de reposo para garantizar su sedimentación. Estos tanques pueden ser rectangulares o circulares. Las partículas que aquí se sedimentan son de tipo orgánico y el proceso de este es floculento.

## **IV. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO**

### **Caudal de diseño**

El cálculo del caudal de diseño se obtuvo a partir del consumo promedio de un animal sacrificado [1] y el número de animales sacrificados en matadero de San Marcos diariamente que fueron suministrados por personal que labora en el matadero;

A partir de este planteamiento inicialmente se encuentra un caudal de diseño  $22 \text{ m}^3/\text{d}$  que equivale a  $0.25 \text{ L/s}$ , al momento de determinar las dimensiones finales de los elementos que conformaría el sistema de tratamiento como son: trampa de grasas, sedimentador y filtro anaeróbico de flujo ascendente FAFA, estas son muy pequeñas y para efectos constructivos no son las indicadas. Ibe

Como consecuencia del primer planteamiento y tomando como referencia el sistema de tratamiento de aguas residuales para el matadero de tambo Colombia [2], se rediseño teniendo presente el incremento de animales sacrificados en un futuro y se obtuvo

dimensiones que son viables para su construcción.

La cantidad de agua que se consume al momento de sacrificar un animal es de 1 m<sup>3</sup> y el número de animales sacrificados es de 35 reses, que constituyen un caudal 0.35 L/s que a su vez será mayorado por los coeficientes descritos en el “Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000, Título B [3], K1 y k2, para definir el caudal máximo diario y el caudal máximo horario para el diseño del sistema: 0.54 L/s y 0.81 L/s respectivamente.

En la siguiente tabla se describen las cargas contaminantes del matadero de San Marcos; fueron comparados con datos de sistema de tratamiento del matadero de tambo Colombia [2].

**Tabla 1. Resumen cargas contaminantes**

Agua Residual	Caudal (m <sup>3</sup> /d)	DBO <sub>5</sub> (kg/d)	DQO (kg/d)	SST(kg/d)
Sacrificio Bovinos	35	89.6	56	72.8
Sacrificio Porcinos	3.75	2.4	1.5	1.95
<b>TOTAL</b>	<b>38.75</b>	<b>92</b>	<b>57.6</b>	<b>74.75</b>

Fuente: autores 2015

A continuación se muestran las dimensiones finales de los elementos que conforman el sistema de tratamiento de aguas residuales del matadero de San Marcos.

### Trampa de grasas

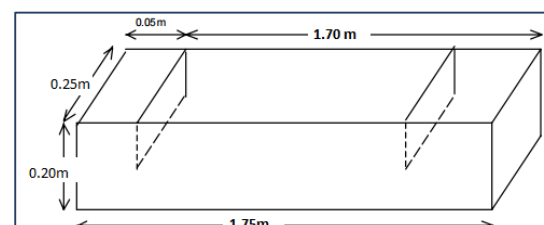
Las dimensiones finales de diseño se describen en la siguiente tabla y figura:

**Tabla 2. Características de la trampa de grasas**

Parámetro	Sigla	Valor	Unidad
Volumen	V	0.15	m <sup>3</sup>
Tiempo de retención	Tr	3	min
Área superficial	As	0.20	m <sup>2</sup>
Altura	h	0.20	m
Borde libre	BL	0.25	m
Base	b	0.25	m
Longitud	L	1.75	m
Distancia baffles – tanque	-	0.10	m
Altura baffles	-	0.23	m

Fuente: autores 2015.

**Figura 1. trampa de grasas**



Fuente: autores 2015.

### Sedimentador

Teniendo en cuenta que no se conoce el sitio estratégico donde se construirá el sedimentador y asumiendo que el espacio para ello será pequeño se ha concluido que la opción más adecuada que suplirá cualquier imprevisto para su ejecución Sera el diseño de un sedimentador de forma circular:

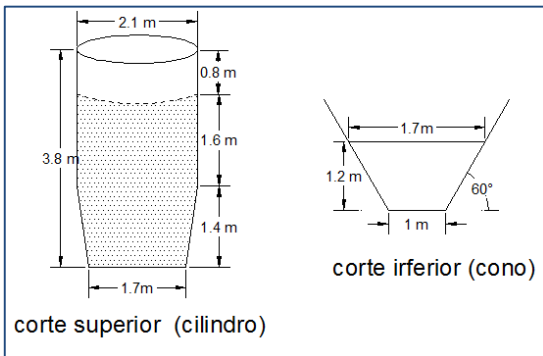
**Tabla 3. características del sedimentador**

Parámetro	Sigla	Valor	unidades
Área mayor	As	3.6	m <sup>2</sup>
Tasa superior 1	Ts1	0.8	m/h
Diámetro superior	∅	2.1	m
Área menor	Am	2.3	m <sup>2</sup>

Tasa superficial 2	Ts2	0.125	m/h
Diámetro inferior	$\emptyset m$	1.7	m
Volumen total sed	V	11.6	m <sup>3</sup>
Tiempo de retención	tr	4	h
Altura cilindro	hc	1.6	m
Borde libre	BL	0.67	m
Volumen cilindro	Vc	5.9	m <sup>3</sup>
Altura cono	h	1.4	m
Volumen cono	Vef	5.7	m <sup>3</sup>

Fuente: autores 2015.

figura 2. sedimentador



Fuente: autores 2015.

### Filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA)

Las dimensiones finales de diseño se describen en la siguiente tabla y figura:

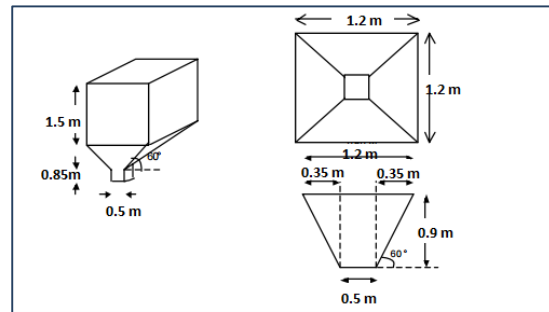
Tabla 4. Características reactor RAFA

Parámetro	Sigla	Valor	Unidades
Carga DQO	C	139,68	kg/Ddgo
Tiempo de retención	tr	1	h
Área	A	1,2	m <sup>2</sup>
Diámetro mayor	$\emptyset$	1,2	m
Altura del cono	x	0,9	m
Volumen del cono	Vct	0,7	m <sup>3</sup>
Altura del cilindro	H	1,5	m
Volumen del cilindro	Vcil	1,7	m <sup>3</sup>
Carga orgánica volumétrica	COV	58,2	kgDQO/m <sup>3</sup> -d

Carga orgánica superficial	Chsup	1,9	m/h
Velocidad ascensional	Vasc	1,9	m/h

Fuente: autores 2015.

Figura 3. Reactor FAFA



Fuente: autores 2015.

## V. CONCLUSIONES

Se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales para el centro de sacrificio de San Marcos- sucre, que consiste en un reactor anaeróbico de flujo ascendente.

Teóricamente la remoción producida por esta planta es superior al 80%, por lo que cumple con los parámetros de vertimientos en Colombia.

Debido a la lejanía del municipio de San Marcos, fue imposible tomar mediciones en sitio, por lo que nos apoyamos en datos tomados de sistemas informáticos generales de la región y comunicaciones con la alcaldía del municipio.

El caudal de diseño con el caudal real no permite obtener las dimensiones reales de un sistema de tratamiento acorde al proceso efectuado en el matadero, por lo que se realiza un rediseño aumentando la cantidad de animales sacrificados y así el caudal para incrementar las dimensiones de la planta de tratamiento.

El reactor genera biogás, el cual puede ser utilizado como energía sostenible por los habitantes del pueblo.

Es importante recolectar la sangre en su totalidad, ya que es el residuo más contaminante. Para ello se deben tomar medidas en el momento de sacrificar el animal y verter la sangre en las tuberías. El rumen que se recolecta puede ser utilizado en la producción de humus y compost.

Debido a que cada animal gasta 1 m<sup>3</sup> en el proceso de sacrificio, genera altos costos en el tratamiento. En este sentido es necesario fomentar procesos educativos para reducir el consumo innecesario de agua.

## **VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

•Alcaldía de San Marcos – Sucre. San Marcos, Colombia. [2001]. [en línea]. [Citado 26 Febrero, 2015] Disponible en Internet: [http://sanmarcos-sucre.gov.co/mapas\\_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=2684421](http://sanmarcos-sucre.gov.co/mapas_municipio.shtml?apc=bcxx-1-&x=2684421).

•Aguas del Mare Nostrum. Pretratamiento. [2014]. [en línea]. [Citado 20 abril, 2015]. Disponible en Internet: <http://www.tratamientosdelaguaydepuracion.es/tamiz-estatico-pretratamientos.html>.

•Asagua, Asociación Española de Empresas de Tecnologías del Agua. Glosarios de términos. [En línea]. [Citado el 20 de enero, 2015]. Disponible en Internet: <http://www.asagua.es/View/page/glosario-de-terminos>.

•Benavides, Lilia. Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la central de sacrificio de túquerres (Nariño). [2006]. [En línea]. [Citado 22 marzo, 2015]

Disponible en Internet:

<http://www.bdigital.unal.edu.co/1081/1/lilianadelpilarbenavidesbenavides.2006.pdf>.

•Chaux, Guillermo, et al. Producción más limpia y viabilidad de tratamiento biológico para efluentes de mataderos en pequeñas localidades caso: municipio del tambo (Colombia). [2009]. [En línea]. [Citado 22 marzo, 2015] Disponible en Internet: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612009000100012](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612009000100012).

•Corpomojana. Corporación para el Desarrollo Sostenible de la Mojana y el San Jorge Plan de acción. [2012-2015], [en línea]. [Citado 18 abril, 2015]. Disponible en Internet: [http://www.planesmojana.com/documentos/normatividad/614\\_PLAN\\_DE\\_ACCION\\_2012-2015\\_CORPOMOJANA.pdf](http://www.planesmojana.com/documentos/normatividad/614_PLAN_DE_ACCION_2012-2015_CORPOMOJANA.pdf).

•Decreto 2278 DE 1982. Ministerio de Salud. Artículo 107. [En línea]. [Citado el 28 de abril, 2015]. Disponible en Internet: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=24295>.

•Departamento Nacional de Planeación. Plan Básico De Ordenamiento Territorial San Marcos Sucre Cap.2. [2012]. [en línea]. [Citado el 13 de enero, 2015]. Disponible en Internet: [http://www.revistaescala.com/attachments/134\\_Pot%20San%20Marcos%20CAP%20%200Diagnostico%20Urbano.pdf](http://www.revistaescala.com/attachments/134_Pot%20San%20Marcos%20CAP%20%200Diagnostico%20Urbano.pdf).

•González, Mauricio. Aspectos Técnicos para el Aprovechamiento de Residuos Orgánicos Generados en Mataderos. [2001]. [en línea]. [Citado 20 mayo, 2015]. Disponible en Internet: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/peru/colres001.pdf>.

- MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000. Bogotá: Mindesarrollo, 2000. p. 54. [Citado 20 abril, 2015]. Disponible en Internet: [http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/2.\\_resolucion\\_1096\\_de\\_2000.pdf](http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/2._resolucion_1096_de_2000.pdf).
- Ministerio de salud. Decreto 1449 de 1977. [En línea]. [Citado 23 marzo, 2015] Disponible en Internet: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1503>.
- Ministerio de salud. Decreto Nacional 1541 de 1978 Aguas no marítimas Reglamentación General sobre conservación y protección. Decreto 1541 de 1978, Art. 211. [En línea]. [Citado 23 marzo, 2015] Disponible en Internet: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1250>.
- Ministerio de salud. Decreto 1549 de 1984, Art. 72. [En línea]. [Citado 23 marzo, 2015] Disponible en Internet: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>.
- Municipio de San Marcos, Sucre. Plan Municipal de Desarrollo [2012 – 2015]. [En línea]. [Citado 26 Febrero, 2015] Disponible en Internet: <http://www.sanmarcos-sucre.gov.co/apc-aa-files/64643464396364333335313262343936/plan-de-desarrollo-municipal-2012-2015.pdf>.
- Muñoz, Deyanira. Sistema de tratamiento de aguas residuales de matadero: para una población menor 2000 habitantes. [2005]. [En línea]. [Citado 18 marzo, 2015] Disponible en Internet: [http://www.academia.edu/6822584/SISTEMA\\_DE\\_TRATAMIENTO\\_DE\\_AGUAS\\_RESIDUALES\\_DE\\_MATADERO\\_PARA\\_UNA\\_POBLACION\\_MENOR\\_2000\\_HABITANTES\\_SYSTEM\\_OF\\_RESIDUAL\\_WATER\\_TREATMENT\\_OF\\_SLAUGHTER\\_HOUSE\\_FOR\\_A\\_SMALLER\\_POPULATION\\_2000\\_INHABITANTS](http://www.academia.edu/6822584/SISTEMA_DE_TRATAMIENTO_DE_AGUAS_RESIDUALES_DE_MATADERO_PARA_UNA_POBLACION_MENOR_2000_HABITANTES_SYSTEM_OF_RESIDUAL_WATER_TREATMENT_OF_SLAUGHTER_HOUSE_FOR_A_SMALLER_POPULATION_2000_INHABITANTS).
- Ortiz, Mario. Tratabilidad de aguas residuales de matadero con filtros. [1992]. [En línea]. [Citado 21 marzo, 2015] Disponible en Internet: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/24694>.
- Oviedo, Jesús. Plan de Acción corpomojana. [2012 – 2015]. [En línea]. [Citado 10 marzo, 2015] Disponible en Internet: <http://www.corpomojana.gov.co/web/index.php/ct-menu-item-92/ct-menu-item-94>.
- Prada, Samuel, et al. Rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de la planta de sacrificio de bovinos y porcinos en el municipio de Lebrija – Santander. [2006]. [En línea]. [Citado 22 marzo, 2015] Disponible en Internet: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7586/2/121706.pdf>.
- Quiroz, Jesús. Plan de Acción. [2012 – 2015]. Pag 16. [En línea]. [Citado 10 marzo, 2015] Disponible en Internet: <http://www.corpomojana.gov.co/web/index.php/ct-menu-item-92/ct-menu-item-94>.
- Ramón, Alexander y Maldonado, Julio. Sistema de tratamiento para aguas residuales Industriales en mataderos. Revista ambiental agua aire y suelo. [2006]. [En línea]. [Citado 21 marzo, 2015] Disponible en Internet: <https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A>

%2F%2Fvistas.unipamplona.edu.co%2Ffojs\_viceinves%2Findex.php%2FRA%2Farticle%2Fdownload%2F112%2F109&ei=-ndEVbiDOIG6ggSh84GQDA&usg=AFQjCNHZwgQEkm1XHeXIUm-TaIO80nnsJA.

- ROMERO, Jairo. Tratamiento de Aguas Residuales Teoría y Principios de Diseño. 2001, Pág 706.

- SINIA. Tecnologías de flotación por aire disuelto-DAF. [2003]. [en línea]. [Citado 20 abril, 2015]. Disponible en Internet: [http://www.sinia.cl/1292/articles-49990\\_03.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-49990_03.pdf).