

# “ESTRUCTURA, IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO AMBATO”

Mario Danilo Villacrés Pérez y José Ramiro Velasteguí Sánchez, PhD  
Universidad Técnica de Ambato  
Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos  
Carrera de Ingeniería Bioquímica  
Av. Los Shyris. Campus Huachi, Ambato-Ecuador Casilla 18-01-334.  
emails: m.danvil11@gmail.com / rvelasteguis@yahoo.com

**Palabras clave:** Anaerobia, Aerobia, reactor UASB, Biofiltro percolador, clarificación, DBO, DQO

## RESUMEN

El presente trabajo muestra los resultados alcanzados en los niveles de descontaminación del lixiviado producido en el Relleno Sanitario de la ciudad de Ambato (RSA), a través del proceso de implementación y puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Lixiviados (PTL). La planta consta de 4 etapas de tratamiento: Descomposición anaerobia en un reactor tipo UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanquet), Descomposición aerobia en Biofiltro percolador (BFP), Clarificación y Cloración. La investigación abarcó los 3 primeros, en un tiempo aproximado de 120 días.

Diariamente se tomaron los datos de temperatura y pH del lixiviado crudo, lixiviado interior del UASB y lixiviado a la salida del clarificador (descarga). Además se tomó en cuenta el caudal del lixiviado crudo y el volumen de biogás producido en el reactor UASB. El caudal varió entre 0.06 lt/seg a 2.4 lt/seg. El volumen de biogás entre 0 y 35 lt diarios. El pH se mantenía entre 7.5 a 8.5.

El porcentaje total de disminución de la contaminación, al comparar los resultados del lixiviado crudo y el de la descarga, alcanzo valores superiores al 80% en parámetros como plomo (Pb) y cadmio (Cd), mientras que para los parámetros de medición de la contaminación más utilizados, como es el DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno), se alcanzaron porcentajes del 58% y 49% respectivamente (Tabla 2).

Un análisis de regresión lineal realizado con los datos diarios de Temperatura y volumen de biogás (reactor UASB) indica que la temperatura del UASB influencia en un 75% la producción de biogás ( $r^2=0.75$ ) lo que ratifica la importancia de mantener temperaturas superiores a los 25°C en el UASB.

## ABSTRACT

The present research describes the results of the levels of decontamination of the leachates produced at the Landfill Ambato city (RSA), through the process of implementation and operation of the Leachate Treatment Plant (TPL). The plant consists of 4 treatment steps: anaerobic decomposition reactor UASB (Upflow

Anaerobic Sludge Blanquet), brewer Biofilter aerobic decomposition (BFP), clarification and chlorination. The research work has been done in aprox. 120 days studying mainly the three first steps mentioned.

Data were taken daily such as temperature and pH of raw leachate, leachate inside the UASB and leachate getting out from the clarifier (download). In addition, it was measured the flow of raw leachate and the volume of biogas produced in UASB reactor.

The flow ranged between 0.06 and 2.4 lt/seg. The volume of biogas between 0 and 35 lt per day. The pH was maintained between 7.5 and 8.5.

The total percentage of pollution reduction, when comparing the results of the raw leachate and the one getting out from the system reached values above 80% in parameters such as lead (Pb) and cadmium (Cd) whereas for those parameters commonly used to determine pollution levels such as BOD (Biochemical Oxygen Demand) and COD (Chemical Oxygen Demand) there were rates of 58% and 49% respectively (Table 2).

A linear regression analysis performed with the daily data of temperature and volume of biogas (UASB reactor) indicates that the temperature of UASB influences by a 75% the production of biogas ( $r^2 = 0.75$ ) which confirms the importance of maintaining temperatures above 25 °C in the UASB.

## INTRODUCCIÓN

La abreviación U. A. S. B. se define como Upflow Anaerobic Sludge Blanquet o Reactor Anaerobio de Manto de Lodos de Flujo Ascendente. Esta tecnología proveniente de Bélgica y Holanda, es aplicada especialmente al tratamiento de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica (Caicedo, 2006).

Según el estudio “Tratamiento anaerobio de lixiviados en reactores UASB” (Torres et al, 2005) realizado en Colombia, donde evaluaron la aplicación de Tecnología Anaerobia en un reactor UASB a escala de laboratorio, para la degradación biológica de los lixiviados provenientes de un sector del vertedero en que se disponen los residuos sólidos urbanos de una ciudad de 2.4 millones de habitantes, se concluyó que la aplicación de la tecnología de tratamiento anaerobio para la degradación biológica de lixiviados, es una alternativa viable; sin embargo, es necesario ajustar dos variables

en la composición de los mismos: el pH, el cual debe mantenerse en valores cercanos a 5.75 y el fósforo (P), el cual debe complementarse para garantizar los requerimientos nutricionales de los microorganismos anaerobios.

En una investigación realizada en Bolivia y que se titula “Proceso Anaerobio Aplicado al Tratamiento de Lixiviados (Relleno Sanitario de Mollasa)” (Arratia, 2009), se señaló que las temperaturas del recinto donde se instaló el reactor UASB fueron: máxima de 25.8 °C y mínima de 6.0 °C y del reactor UASB fueron: máxima de 24.0 °C y mínima de 6.8 °C, favorables para el arranque y desarrollo del proceso.

El arranque de reactores anaerobios está influenciado por diversos factores como son: la composición química del agua residual, la calidad del inóculo que incluye la actividad específica, IVL (Índice Volumétrico de Lodo), granulación, contenido de SSV (Sólidos suspendidos Volátiles) etc., así como de factores como son el pH, la temperatura, los nutrientes (N, P, Co, Ni, Fe) entre otros. Los parámetros de operación, como el tiempo de retención hidráulica y el diseño del reactor juegan también un papel muy importante en el arranque y estabilización del proceso (Fajardo, 1997).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales

#### 1. Medición de Temperatura y pHs del lixiviado

- Equipo de protección personal (Investigador) (Mandil, mascarilla de 2 cartuchos contra vapores orgánicos y ácidos marca 3M, gafas marca 3M, guantes de caucho)
- Jarra plástica para muestreo de 500 ml
- Envase plástico de 1 galón.
- Agua destilada
- Alcohol al 70% para desinfección.
- Papel indicador de pH Macherey-Nagel
- Termómetro de Mercurio de -10°C a 110°C.

#### 2. Arranque reactor UASB

- 400 Kg de rumen fresco de ganado del camal municipal Ambato.
- 300 lt de efluente del camal municipal Ambato.
- Tanques contenedores de 200lt
- Fundas plásticas
- Equipo de protección personal (Investigador)

#### 3. Arranque Biofiltro Percolador (BFP)

- 150 lt de efluente del camal municipal Ambato.
- Tanque contenedor de 200 lt
- Compresor de aire
- Manguera de 3 m
- Balde de 12 lt.
- Tubería PVC agujereada de 110 mm

#### 4. Clarificación

##### A. Prueba de jarras EMAPA

- Equipo de jarras PHIPPS&BIRD TM

- Turbidímetro Hach 2100 N
- pH-metro Hach
- Lixiviado del reactor UASB
- Cloruro férrico (FeCl<sub>3</sub>)
- Sulfato de aluminio (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>)

##### B. Etapa de Clarificación

- Sulfato de aluminio (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>)
- Agua
- Bomba dosificadora de membranas marca GRUNDFOS, X DME series, cap. Max: 7.5 l/h.
- Motor agitador General Electric

### Metodología

Para el arranque del reactor UASB (reactor manto de lodos de flujo ascendente), se colocaron aproximadamente 400 Kg de rumen fresco de ganado, por la gran cantidad de bacterias metanogénicas que contiene. También se colocaron 300 lt de efluente de camal para dotar de diversidad microbiana y nutrientes.

En el biofiltro percolador (descomposición aerobia) se utilizó 150 lt de efluente del camal municipal, previamente oxigenado por varios días, para promover la formación de la película microbiana en el mismo.

En la etapa de clarificación se probaron 2 tipos de coagulantes (sulfato de aluminio y cloruro férrico), dando mejores resultados con sulfato de aluminio con una dosificación a partir de 600 ppm, previa prueba de jarras realizada en los laboratorios de EMAPA (Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato) (planta Casigana), utilizando el equipo de jarras respectivo.

En la PTL, la cantidad requerida del coagulante se colocó en el tanque respectivo, se mezcló con agua y la bomba dosificadora realizó la dosificación previamente programada.

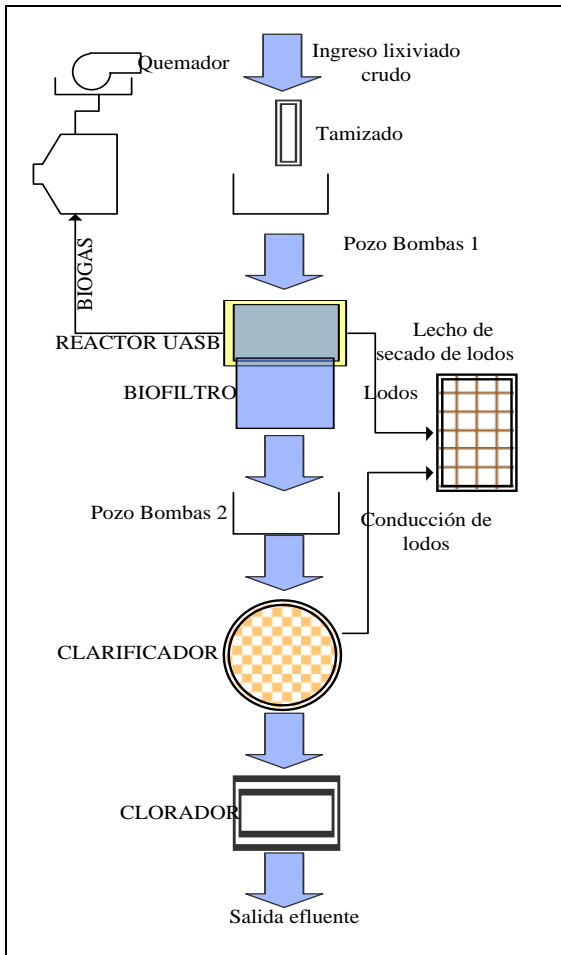
Con sulfato de aluminio, en el tanque clarificador se obtuvo formación de lodos, pero no se consiguió mayor clarificación del lixiviado, por lo que se decidió probar también con cloruro férrico, pero existió problemas de corrosión en el tanque metálico que contenía la solución del coagulante, razón por la cual se suspendió su uso.

Luego del arranque de cada etapa, se recolectó una muestra de lixiviado y fue enviado hacia los laboratorios CICAM (Centro de Investigación y Control Ambiental) de la Escuela Politécnica Nacional (EPN), de la ciudad de Quito, para los análisis físico – químicos correspondientes, los mismos que permitieron determinar los niveles de descontaminación del lixiviado crudo. Las muestras se recolectaron de cada etapa del proceso depurativo: Lixiviado crudo, lixiviado del reactor UASB, Lixiviado a la salida del Biofiltro percolador y lixiviado a la salida del clarificador (descarga).

La medición de pH del lixiviado se lo realizó diariamente, utilizando tiras de papel indicador de pH.

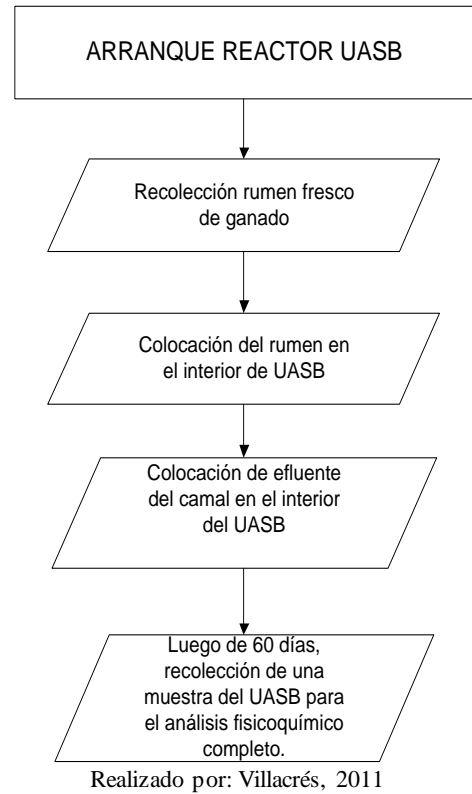
Las muestras se recolectaron en cada etapa del proceso depurativo y utilizando equipo de protección personal. La temperatura se tomó mediante un termómetro de mercurio de -10°C a 110°C. También se registraron los datos correspondientes a caudal de lixiviado crudo (Medidor de caudal) y volumen de biogás producido en el reactor UASB (medidor de volumen de biogás).

**Diagrama 1: Proceso depurativo del lixiviado en la PTL.**

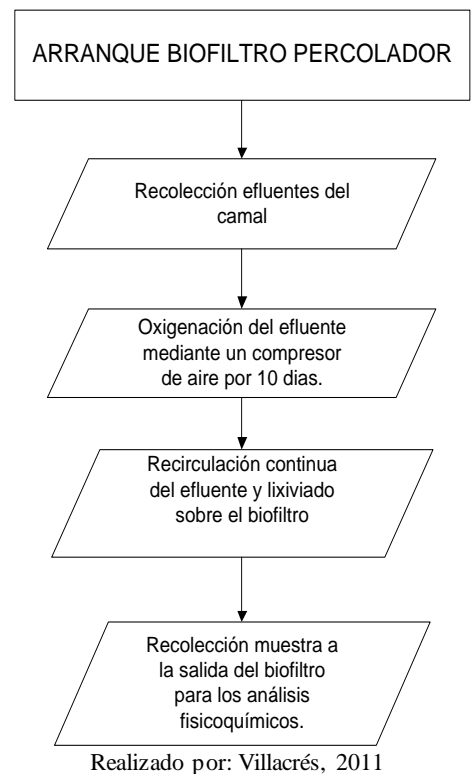


Realizado por: Villacrés, M. 2011

**Diagrama 2: Proceso de Arranque del reactor UASB**



**Diagrama 3: Proceso de Arranque Biofiltro Percolador (BFP)**



## DATOS OBTENIDOS

**Tabla 1: Resultados de los parámetros más representativos analizados.**

PARÁMETRO	LIXIVIADO CRUDO (INGRESO) (ppm)	CLARIFICADOR (DES CARGA) (ppm)
DBO <sub>5</sub>	2840	1173,6
DQO	10810	5510
Cadmio, Cd	256	45
Nitrógeno (Kjeldahl)	720	3144
Plomo, Pb	572	50

Fuente: CICAM – EPN 2010

Realizado por: Villacrés, 2011

**Tabla 2: Porcentajes totales de disminución de la carga contaminante en los principales parámetros.**

PARÁMETRO	* PORCENTAJE DE DISMINUCIÓN TOTAL (%)
DBO <sub>5</sub>	58,7
DQO	49,0
Aceites y grasas	65,4
Cadmio, Cd	82,4
Plomo, Pb	91,3

Realizado por: Villacrés, 2011.

**\*Realizado por Comparación entre los resultados (CICAM – EPN 2010) del lixiviado crudo y a la salida del clarificador (Descarga).**

## CONCLUSIONES

- Una vez concluida la presente investigación, se determinó la estructura completa de la PTL, dimensiones y materiales:
  - a) Estructura de ingreso con un desarenador; rejilla y pozo de bombeo
  - b) Bypass
  - c) Digestor UASB<sup>1</sup>: construido en hormigón, tiene una profundidad de 4,5 m, un volumen de 36 m<sup>3</sup>, con un tiempo de retención hidráulica de aproximadamente 12 horas, a una temperatura interior promedio de 20°C.
  - d) Biofiltro: tanque de hormigón armado con una base útil de 2x3 m; y una altura de 3,1 m desde la tina donde se recoge el

<sup>1</sup>Upflow anearobic sludge blanket

lixiviado, hasta el borde del medio filtrante.

- e) Pozo de bombeo hacia clarificador:
- f) Tanque de clarificación con su pozo de bombeo para succión de lodos: tanque circular construido en hormigón, con un diámetro de 5.5 m y una profundidad de 4.00 m.
- g) Unidad de mezcla de floculante: tanque metálico de 1000 litros de capacidad.
- h) Unidad de cloración: tanque de hormigón armado de 1,8 m de largo 0,90 m de altura.
- i) Lecho de secado de lodos: estructura a base de ladrillo y un fondo de tubería de drenaje cubierto con geotextil para la recolección del lixiviado que contiene los lodos.
- j) Sistema de bombeo para recirculación
- k) Quemador de biogás

- Aunque existió formación de lodos en el tanque clarificador, no se consiguió mayor clarificación del lixiviado con sulfato de aluminio, por lo que es necesario seguir probando otras alternativas, como por ejemplo la utilización de un polímero, ya que al realizar pruebas manuales en la PTL con Policloruro de aluminio se observó que a partir de 35 ml/lit de lixiviado se consigue buenos resultados de clarificación pero el problema en su uso está obstaculizado por sus altos costos.
- En lo que respecta a la temperatura del lixiviado en el UASB en relación con la producción de biogás, mediante un análisis de regresión lineal se obtuvo que la variable temperatura influye en un 75% sobre la producción de biogás.
- Con el cumplimiento de los objetivos se concluye que se logró satisfactoriamente la puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Lixiviados del Relleno Sanitario Ambato, lo que se reflejó en la disminución de la carga contaminante de los lixiviados, comprobado a través de las gráficas respectivas, y mediante el análisis estadístico T Student el cual dio, entre otros, para los parámetros más importantes DBO y DQO, diferencia significativa, es decir que existe una importante disminución de la carga contaminante del lixiviado. Otros parámetros que presentaron diferencia significativa en su disminución fueron Aluminio, Cadmio y Plomo.
- En porcentajes, se alcanzó valores de disminución de la carga contaminante superiores al 80% en parámetros como plomo y cadmio.
- Para los parámetros más importantes, DBO y DQO, se alcanzaron porcentajes del 58% y 49%, respectivamente.

## REFERENCIAS

- Arratía, Olivia, 2009, “Proceso anaerobio aplicado al tratamiento de lixiviados (relleno sanitario de Mallasa)”, Bolivia, <http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/arratia.pdf>
- Caicedo, Francisco, 2006, “Diseño, Construcción y arranque de un reactor U.A.S.B. piloto para el tratamiento de lixiviados”, Universidad Nacional de Colombia sede Manizales especialización en ingeniería ambiental – área sanitaria, Colombia. <http://digital.unal.edu.co/dspace/bitstream/10245/427/1/franciscojaviercaicedomessa.pdf>
- Fajardo, María del Carmen, 1997, "Producción de inóculos para Reactores Anaerobios", Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México D.F – México. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/unam7/arranque.pdf>
- Torres Patricia, Rodríguez Alexandra, Barba Luz, Morán Adriana y Narváez Jorge. 2005. “Tratamiento anaerobio de lixiviados en reactores UASB”, Ingeniería & Desarrollo, Universidad del Norte 2005, [http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/ingenieria\\_desarrollo/TratamientAnaerobio.pdf](http://ciruelo.uninorte.edu.co/pdf/ingenieria_desarrollo/TratamientAnaerobio.pdf)
- Moncayo, Gabriel. 2009. “Manual de operación y mantenimiento Planta de Tratamiento de Lixiviados Relleno Sanitario Ambato”.