



Revista Politécnica

ISSN: 1390-0129

ISSN: 2477-8990

Escuela Politécnica Nacional

Cabrera, Marcelo; Montenegro, Lucía; Jiménez, Andrea
Análisis de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de una Industria de Embutidos
Revista Politécnica, vol. 49, núm. 2, 2022, Mayo-Julio, pp. 47-54
Escuela Politécnica Nacional

DOI: <https://doi.org/10.33333/rp.vol49n2.05>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=688772211005>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org



Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Análisis de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de una Industria de Embutidos

Cabrera, Marcelo¹ ; Montenegro, Lucía² ; Jiménez Andrea² 

¹Universidad Internacional del Ecuador, Escuela de Gestión Ambiental, Quito, Ecuador
²Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Quito, Ecuador

Resumen: Con esta investigación, se pretende desarrollar un proceso de tratamiento de aguas residuales de una industria de embutidos, el cual se basa en un interceptor de grasas y aceites, un sistema de flotación por aire y un biofiltro o lombrifiltro, a fin de que estas descargas cumplan con la normativa para descargas líquidas al alcantarillado de la ciudad de Quito, la Resolución N002-SA-2014. En la caracterización de las aguas residuales crudas de la industria de embutidos se identificó que se incumplen los límites de DBO_5 , DQO, sólidos suspendidos, aceites y grasas, con valores de 2314 mg/L; 3046 mg/L; 3131 mg/L y 2159 mg/L, respectivamente. Para el diseño del sistema de tratamiento se tomaron en cuenta las mejores condiciones operativas que son: un tiempo de residencia de 5,2 min en la trampa de grasas, para una eficiencia de remoción del 97 %, 14 horas de retención en el lombrifiltro para una eficiencia del 87 % y 20 minutos en el sistema de flotación por aireación con un porcentaje de eficiencia del 89 %. Las dimensiones de la trampa de grasa fueron 0,3 metros de longitud y 1,4 metros de altura con una bomba rotodinámica de 0,06 kW de potencia; 2,7 metros de altura total entre los tres lombrifiltros; un lecho de 1,5 metros de alto; 5,5 metros de ancho y 6,5 metros de longitud; un tanque de almacenamiento de 2,1 metros de altura y 2,1 metros de radio circular con una bomba de 0,18 kW. Se contempla también una celda de forma cuadrada para el sistema de flotación por aire, con medidas de 0,7 metros de largo; 1,4 metros de alto y un agitador mecánico de cuchillas inclinadas con una potencia de 0,19 kW.

Palabras clave: Lombrifiltro, DBO_5 , DQO, aceites y grasas, sólidos suspendidos.

Analysis of a Wastewater Treatment System from a Sausage Factory

Abstract: This research aims to develop a wastewater treatment process for a sausage industry, which is based on a grease and oil interceptor, an air flotation system and a biofilter or worm filter, so that these discharges comply with the regulations for liquid discharges to the sewage system of the city of Quito, Resolution N002-SA-2014. In the characterization of raw wastewater from the sausage industry, it was identified that the limits for BOD_5 , COD, suspended solids, oils, and fats are not met, with values of 2314 mg/L; 3046 mg/L; 3131 mg/L and 2159 mg/L, respectively. For the design of the treatment system, the best operating conditions were considered, which are: a residence time of 5,2 min in the grease trap, for a removal efficiency of 97 %, 14 hours of retention in the worm filter for an efficiency of 86 % and 20 minutes in the aeration flotation system with an efficiency of 89 %. The dimensions of the grease trap were 0,3 meters long and 1.4 meters high with a 0.06 kW centrifugal pump; 2,7 meters of total height among the three worm filters; a bed 1,5 meters high; 5,5 meters wide and 6,5 meters long; a storage tank 2,1 meters high and 2,1 meters circular radius with a 0.18 kW pump. There is also a square-shaped cell for the air flotation system, measuring 0,7 meters long; 1,4 meters high and a mechanical agitator with inclined blades with a power of 0,19 kW.

Key words: Worm filter, BOD_5 , COD, oils and fats, suspended solids

1. INTRODUCCIÓN

La preocupación actual por temas ambientales como una problemática de carácter global, incluye una serie de acciones en función de la minimización de generación de residuos, su reutilización o aprovechamiento y la protección del medio

ambiente (González, 2018, p.1). El impacto ambiental más importante de las industrias cárnica es la descarga de efluentes, pues este vertido contiene una alta concentración de sólidos, mezcla de sangre y grasas que lo convierten en un contaminante peligroso. Los parámetros que se emplean para caracterizar los efluentes son: la demanda biológica y química

*marcelo.cabrera@epn.edu.ec

Recibido: 02/07/2021

Aceptado: 22/02/2022

Publicado en línea: 23/03/2022

10.33333/rp.vol49n2.05

CC 4.0

de oxígeno o DBO_5 y DQO, aceites, grasas y sólidos suspendidos. El valor de estas variables indicará la necesidad de tratamiento o la factibilidad de disposición directa en el alcantarillado (Kusanovic, 2009, p. 1; Ramos, 2018, p.3).

En el Distrito Metropolitano de Quito, todos los vertidos líquidos procedentes de industrias, comercios o servicios que son descargados en el alcantarillado público, deben cumplir con la Resolución N002-SA-2014.

Al evaluar los parámetros de calidad de los efluentes resultantes de la elaboración de embutidos, se determina que contienen en promedio una concentración de 2159 mg/L de aceites y grasas; 3055 mg/L de DQO; 2314,2 mg/L de DBO_5 y, 3130,5 mg/L de sólidos suspendidos. Estos valores sobrepasan lo establecido en la Resolución N002-SA-2014. La alta concentración de DBO_5 indica la necesidad de un tratamiento biológico, dado que la materia orgánica se descompone a mayor velocidad cuando la relación entre DBO_5 y DQO es igual o mayor a 0,5 (Fresenius et al., 2013, p. 126).

El lombrifiltro es un sistema de tratamiento biológico y dinámico que contiene un filtro aeróbico que emplea a la especie *Eisenia foetida* (lombriz roja), para consumir la materia orgánica (MO) presente en los efluentes y transformarla en humus. El empleo de esta metodología no genera riesgos residuales significativos, pues no genera olores ni lodos, y puede alcanzar una eficiencia del 95 % de remoción de DBO_5 . Este sistema es una alternativa financieramente económica y de bajo impacto ambiental, en comparación con otras metodologías como lagunas de estabilización o lodos activos (Hernández, 2005, p. 45; Cano y Palacios, 2013, p. 21).

Para mejorar el rendimiento del lombrifiltro, es menester remover la materia grasa del efluente, pues los lípidos dificultan la propagación del oxígeno en el agua o la degradación del material orgánico, minimizando su efectividad. Consecuentemente, posterior a este sistema biológico, es necesario disponer de un sistema de flotación por aireación que remueva los sólidos procedentes de la acción del sistema biológico (Romero, 2001, p. 426).

El análisis de esta planta de tratamiento permitirá mejorar la calidad del efluente, para que cumpla con la normativa ecuatoriana aplicable, minimizar el impacto ambiental y evitar pérdidas económicas por sanciones.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

La descarga líquida contaminada proviene de una industria de embutidos localizada en la parroquia de Carcelén, Quito-Ecuador.

Para realizar los ensayos de sedimentación a nivel de laboratorio, se emplearon embudos de separación de un volumen de 1000 mL y, un cronómetro para cuantificar el tiempo de separación entre el agua residual y los lípidos.

En la Figura 1, se muestra el lombrifiltro empleado para el desarrollo de la planta de tratamiento de aguas residuales. Su estructura está compuesta por un recipiente de plástico, que cuenta con una capa de piedras de diámetros entre 2,5 y 10 centímetros, una capa de grava, una de aserrín y viruta, y finamente una capa de lombrices rojas, adquiridas en Lombriart.



Figura 1. Prototipo de lombrifiltro

A través de una celda de flotación estilo Denver, facilitada por el DEMEX (Departamento de Metalurgia Extractiva), se adecuó un sistema de flotación por aireación.

2.2 Métodos

Los ensayos experimentales se ejecutaron por triplicado y el análisis de datos se realizó estadísticamente.

2.2.1 Caracterización de los efluentes de una industria de embutidos

La caracterización del agua residual se realizó en base a la metodología estandarizada para el análisis de agua y de aguas residuales para DQO, DBO_5 , sólidos suspendidos, aceites y grasas. Los análisis de DBO_5 y DQO se realizaron en un laboratorio calificado, mientras que el análisis de los otros parámetros se realizó en un laboratorio de la academia.

2.2.2 Determinación de la efectividad de la trampa de grasa a nivel de laboratorio

a. Separación por gravedad

Las muestras tomadas del agua residual se colocaron en embudos de separación y se aforaron hasta los 1000 mL. Se tomó el tiempo de separación de las grasas y aceites de la fase acuosa.

b. Determinación de grasas y aceites

Los efluentes muestreados de la industria en mención se colocaron en un balde de 8 litros de capacidad con una bomba acoplada electro sumergible con una manguera para el traslado del agua entre el balde y la trampa de grasa. Tras accionar el sistema y considerando el área superficial y el tiempo de separación, se muestreó el agua residual para un caudal de 14,8 mL/s. El análisis de grasas y aceites se realizó a través del procedimiento APHA 5520 B (APHA, 2012).

2.2.3 Valoración de un lombrifiltro a escala de laboratorio

a. Estimación del área específica de aserrín

Se muestraron caudales aleatorios de 1000, 710 y 1000 mL/d con alturas de 8 cm, 5 cm y 4 cm respectivamente, considerando exista una adecuada distribución del agua. Bajo observación, se estableció el tiempo de filtrado de cada prueba. Con estos parámetros se determinó el área específica de aserrín (Metcalf y Eddy, 2003).

b. Cuantificación de la eficiencia del lombrifiltro

El porcentaje de eficiencia del lombrifiltro fue determinado con la media del DBO₅ resultante de la caracterización del agua residual libre de materia grasa (Metcalf y Eddy, 2003).

Se efectuaron 3 ensayos con los caudales de 3,5 L/d y 1,5 L/d; los cuales se determinaron en base a las cargas hidráulicas 44,7 m/d y 19,2 m/d, respectivamente, a distintos tiempos de retención: 24, 21, 17, 14, 8 y 4 horas, siendo el primer valor, el tiempo máximo de degradación de materia orgánica presente en los efluentes (Metcalf y Eddy, 2003). Posterior a cada tiempo de retención, se efectuaron pruebas de sólidos suspendidos, DQO y DBO₅.

La eficiencia del lombrifiltro fue determinada una vez alcanzada una concentración de DBO₅ igual al límite permitido en la Resolución N°2-SA-2014 de la Secretaría del Ambiente.

2.2.4 Valoración del sistema de flotación por aireación

La evaluación del sistema se realizó a través de una celda Denver. Para el análisis se utilizó el agua residual del lombrifiltro, considerando la presencia de partículas de aserrín.

Se realizaron 3 pruebas por cada velocidad: 1400 rpm y 1200 rpm, en un tiempo de flotación de 20 minutos. Cada 5 minutos se muestreó y analizaron los parámetros de DQO, DBO₅ y sólidos suspendidos (Metcalf y Eddy, 2003, p. 130).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Descripción del agua residual de la industria de embutidos

Se determinó un valor de $2159 \pm 242,8$ mg/L para el parámetro de grasas y aceites. El valor resultante en esta investigación supera en un 2984,3 %, al límite permitido en la Resolución N°2-SA-2014 cuyo valor es 70,0 mg/L.

Para los indicadores de demanda biológica y química de oxígeno (DBO₅ y DQO), se obtuvieron una cantidad de 2314,2 \pm 122,7 mg/L y 3054,5 \pm 161,9 mg/L, respectivamente. Los valores obtenidos sobrepasan los límites determinados en la normativa nacional, que establecen 170,0 mg/L para DBO₅ y 350,0 mg/L DQO. Los elevados valores de estos parámetros se atribuyen al uso de carne en el proceso de fabricación de

embutidos, la cual es rica en materia orgánica (Behling et al., 2008).

Finalmente, tras el análisis del parámetro de sólidos suspendidos se obtuvo una media de $3130,5 \pm 14,5$ mg/L, excediendo en un 3030,5 % el valor establecido en la Resolución N°2-SA-2014 cuyo límite es equivalente a 100 mg/L.

3.2 Análisis del uso de la trampa de grasa

3.2.1 Cuantificación del tiempo de segregación de grasas y aceites del agua residual

Se realizaron 3 ensayos para evaluar el tiempo de separación gravitacional, obteniéndose los siguientes resultados: 5,4 min; 5,2 min; 5 min. El tiempo medio de separación de las grasas y aceites es de $5,2 \pm 0,2$ min, es decir, el rango de separación es de 5 a 5,4 minutos. Este valor concuerda con lo señalado en la Norma CPE INEN 5, en la cual se menciona que un rango adecuado de separación entre las fases toma entre 3 y 5 minutos. La velocidad de separación se atribuye a la existencia de grasas con una gravedad específica menor, que les permite ascender a la superficie del agua de manera más rápida que aquellas que no (Mendoza et al., 2004, p.68).

3.2.2 Valoración de los aceites y grasas en la trampa de grasa

Se realizaron tres ensayos con el fin de cuantificar las grasas y aceites a un tiempo de separación gravitatoria igual a 5,2 minutos. La concentración de grasas y aceites en el efluente fue inicialmente de 2159 mg/L. Tras la primera prueba se redujo a 65 mg/L, lo cual corresponde a un porcentaje de remoción del 97 %. En la segunda y tercera prueba se alcanzaron valores de 60 y 59 mg/L de contenido de grasas y aceites, equivalentes al 97 % y 97 % de remoción.

La desviación estándar de los datos presentados es igual a 3,2, un valor que indica una baja dispersión con respecto a la media, por lo cual se puede considerar confiable el valor obtenido. El valor promedio obtenido de 61,3 mg/L cumple con lo estipulado en la normativa aplicable.

3.2.3 Diseño de la trampa de grasa

El diseño y escalado de la trampa de grasa contempló la metodología de diseño descrita por Calderón (2014) y los lineamientos establecidos en la Norma CPE INEN 5 (Calderón, 2014, p.31; INEN, 2014, p.229).

Las dimensiones establecidas para el diseño de la trampa de grasa fueron: 1,4 m (alto); 0,30 m (largo) y 0,30 m (ancho).

3.3 Análisis del biofiltro

3.3.1 Determinación de la superficie de aserrín

La determinación del área de aserrín, tomó en cuenta parámetros como el caudal, la altura y el tiempo de retención. El detalle de los resultados se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Área específica del aserrín

| Altura (cm) | Caudal (L/día) | Tiempo de retención (h) | Área específica de aserrín (m ² /g) |
|----------------|-------------------|----------------------------|---|
| 4 | 1 | 4 | 3,4 |
| 5 | 0,71 | 6 | 3,7 |
| 8 | 1 | 8 | 3,6 |
| Media | | | $3,56 \pm 0,15$ |

Utilizando el valor medio obtenido del área superficial del aserrín, $3,56 \text{ m}^2/\text{g}$, se determinó el tiempo de permanencia en el cual la concentración de DBO_5 alcanza lo establecido en la Resolución N°2-SA-2014.

El resultado obtenido permite establecer que el polvo tratado tiene las siguientes características: estructura fina, irregular, resistente al flujo y tendencia a la acumulación del contaminante en la superficie por su porosidad, un aspecto favorable para facilitar la alimentación de las lombrices rojas con la materia orgánica que se retiene (Portero, 2014, pp. 39-40).

3.3.2 Evaluación de la eficiencia del lombrifiltro

En la Figura 2, se presenta el esquema con las medias de DBO_5 obtenidas de cada muestra tomada de los ensayos de caudal vs tiempo de retención. Se puede observar cómo la tendencia tiende a la baja conforme incrementa el tiempo de retención.

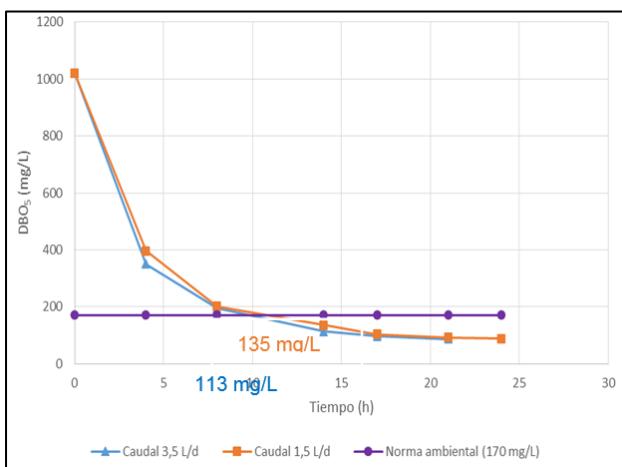


Figura 2. Resultados de DBO_5 de las muestras de caudales de 3,5 y 1,5 L/día

De lo observado, se puede definir que el estudio del tratamiento previo al diseño y desarrollo del lombrifiltro, permitió determinar el tiempo óptimo de retención en el cual la especie *Eisenia foetida* remueve una mayor proporción de materia orgánica. El tiempo determinado de retención es 14 horas. Bajo estas condiciones, los valores de los parámetros de calidad del agua cumplen los requisitos establecidos en la Resolución N°2-SA-2014 del Municipio de Quito. Así mismo, se evaluó la eficiencia de remoción de MO para los caudales de 1,5 L/día y 3,5 L/día, cuyos porcentajes son igual a 89 % y 87 % respectivamente.

3.3.3 Diseño del lombrifiltro

Considerando un caudal de $25 \text{ m}^3/\text{día}$, se vio imposibilitada la edificación de la planta de tratamiento en el espacio dispuesto por la fábrica de embutidos, por lo cual se dispuso a dividir el

caudal en tres unidades ($8,3 \text{ m}^3/\text{día}$), de modo que se tengan 3 lombrifiltros de menores dimensiones y acoplados de forma paralela.

Las dimensiones del lombrifiltro fueron: 272 cm de altura total, 150 cm de altura del lecho, 50 cm de profundidad y 550 cm de ancho.

3.4 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento

Las dimensiones del tanque consideraron parámetros como el volumen ocupado por el agua residual procedente de los biofiltros, y la necesidad de evacuar el agua al sistema de flotación por aireación.

El tanque fue diseñado en acero inoxidable AISI 304, con una base circular, capacidad de almacenamiento igual a 25 m^3 , diámetro de 2,1 m y una altura de 1,0 m, bajo una presión de 0,71 atm, y una temperatura de 20°C (temperatura media de la ciudad de Quito) (Megyesy, 2001, p.182).

3.5 Valoración del sistema de flotación por aireación

3.5.1 Flotación por aireación a distintas velocidades de agitación

La Tabla 2 contiene la información de la variación de la concentración, expresado en g/L, de los sólidos suspendidos a diferentes tiempos de flotación y una velocidad de agitación de 1400 revoluciones por minuto.

Tabla 2. Cuantificación de los sólidos suspendidos de aguas residuales a 1400 rpm

| Tiempo de flotación (min) | Concentración de sólidos suspendidos (g/L) | | | |
|---------------------------|--|----------|----------|-------------------|
| | Prueba 1 | Prueba 2 | Prueba 3 | Media |
| 0 | 0,852 | 0,852 | 0,852 | 0,852 |
| 5 | 0,677 | 0,664 | 0,684 | $0,675 \pm 0,010$ |
| 10 | 0,333 | 0,318 | 0,313 | $0,321 \pm 0,010$ |
| 15 | 0,160 | 0,155 | 0,133 | $0,149 \pm 0,014$ |
| 20 | 0,092 | 0,095 | 0,090 | $0,092 \pm 0,003$ |

Como se puede evidenciar, a un tiempo de flotación de 20 minutos y una velocidad de 1400 revoluciones por minuto (rpm), la cuantificación de sólidos suspendidos disminuye a un valor de $92 \pm 3 \text{ g/L}$ (89,2% de remoción), un valor que se encuentra dentro de los límites permitidos por la Resolución N°2-SA-2014.

Los resultados del análisis de sólidos suspendidos a 1200 revoluciones por minuto, se indican en la Tabla 3.

Tabla 3. Cuantificación de los sólidos suspendidos de aguas residuales a una velocidad de agitación de 1200 rpm

| Tiempo de flotación (min) | Sólidos suspendidos (g/L) | | | |
|---------------------------|---------------------------|----------|----------|-------------------|
| | Prueba 1 | Prueba 2 | Prueba 3 | Media |
| 0 | 0,852 | 0,852 | 0,852 | 0,852 |
| 5 | 0,701 | 0,689 | 0,698 | $0,696 \pm 0,006$ |
| 10 | 0,413 | 0,407 | 0,383 | $0,401 \pm 0,016$ |
| 15 | 0,137 | 0,177 | 0,153 | $0,156 \pm 0,019$ |
| 20 | 0,098 | 0,096 | 0,091 | $0,095 \pm 0,004$ |

Se puede observar que así mismo, bajo una velocidad de 1200 rpm del agitador, a los 20 minutos de permanencia los sólidos

suspendidos alcanzan valores de $0,095 \pm 0,004$ g/L (88,8% remoción), valor acorde a la norma asociada.

De los resultados se concluye, que el sistema de flotación por aireación en una celda Denver, reduce la cantidad de sólidos suspendidos en el efluente cuando el tiempo de estancia es igual a 20 minutos.

3.5.2 Diseño de la celda de flotación

Los resultados de la determinación de las dimensiones de la celda de flotación a escala industrial se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4. Dimensiones de la celda de flotación a escala industrial

| Parámetro | Valor | Unidad |
|-----------------------|-------|----------------|
| Volumen | 0,7 | m ³ |
| Alto | 140 | Cm |
| Longitud | 70 | Cm |
| Ancho | 70 | Cm |
| Tiempo de flotación | 40 | Min |
| Potencia del agitador | 0,19 | kW |

Considerando la existencia de sólidos suspendidos en el efluente, se seleccionó una turbina abierta axial de seis cuchillas (Ludwig, 2001, p. 290).

3.6 Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales

3.6.1 Diagramas del proceso para el diseño de la planta

Los diagramas en el diseño de planta permiten visualizar o determinar información importante de los procesos químicos. El esquema del funcionamiento interno del sistema se presenta en la Figura 3 a través del diagrama de bloques (BFD).

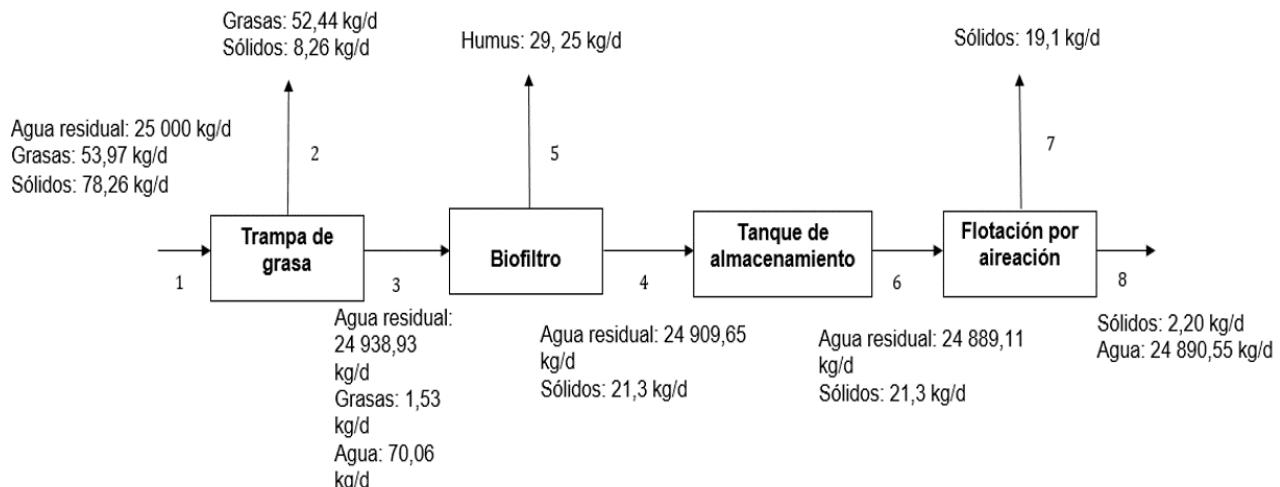


Figura 3. Diagrama de bloques (BFD) de la planta de tratamiento

Las operaciones unitarias del diagrama de flujo del proceso (PFD) se connotan con números y letras para su identificación. El diagrama indica secuencialmente las actividades realizadas y los procesos involucrados en el sistema de tratamiento de

aguas residuales. Los procesos en el diagrama de flujo del proceso se nombran en función de la nomenclatura de los equipos, tal como se presenta en la Figura 4.

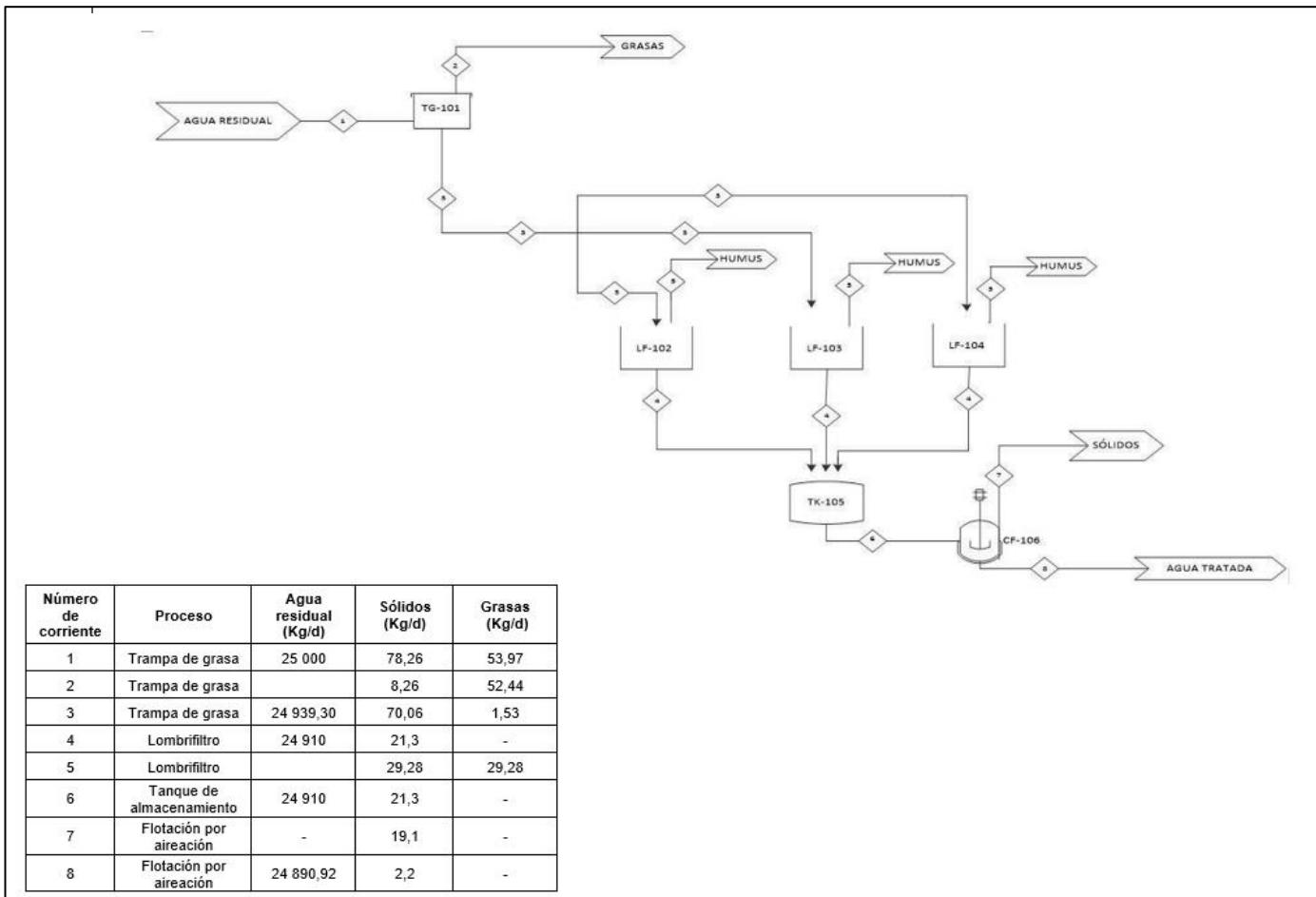


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso (PFD) del sistema de tratamiento (Jiménez, 2016)

En la Figura 5 se presenta el diagrama de tuberías e instrumentación (PID) de la planta de tratamiento de aguas residuales de la industria de embutidos. En el diseño se

implementó un control automático con el fin de controlar el comportamiento y mejorar el desempeño del sistema.

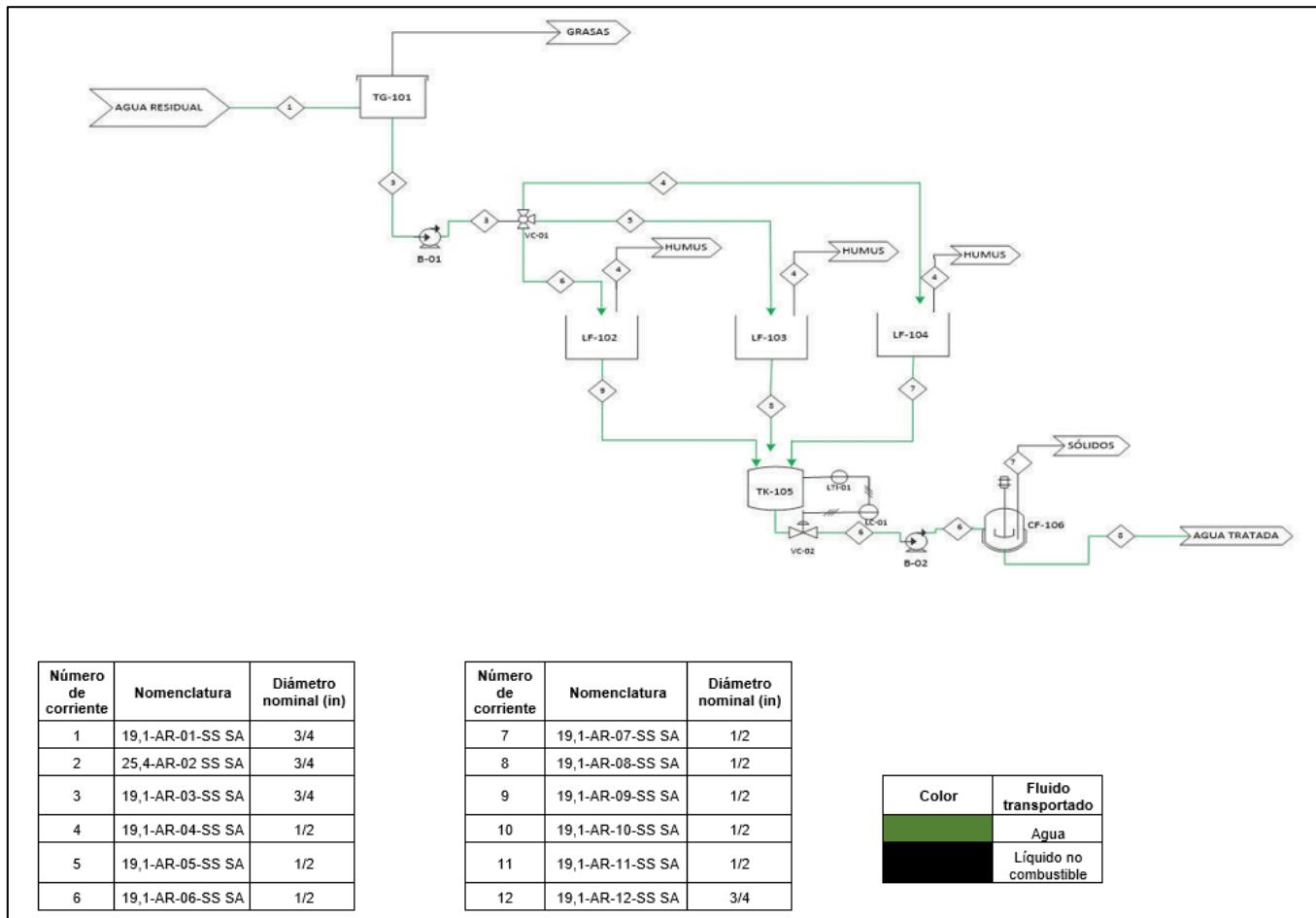


Figura 5. Diagrama de tubería e instrumentación (PID) del sistema de tratamiento de aguas residuales
(Jiménez, 2016)

4. CONCLUSIONES

El agua residual procedente de las operaciones de la industria de embutidos presenta: 2159 mg/L de grasas y aceites, 2314 mg/L de DBO₅, 3056 mg/L de DQO y 3136 mg/L de sólidos suspendidos, sobrepasando lo estipulado en la ley en un 2984,3 %; 1261,3 %; 772,7 %; y 3030,5 %, respectivamente. Estos valores, exceden los límites establecidos en la Resolución N°2-SA-2014 de la ciudad de Quito.

A través de la separación por gravedad se determinó que el tiempo que tarda en separarse el agua residual de las grasas y aceites es de 5,2 min. En ese lapso, se eliminó el 97,3 % de las grasas y aceites presentes, logrando alcanzar los valores legales permitidos y aplicables para este parámetro. Las dimensiones de la trampa de grasa industrial son: 0,3 metros de ancho; 0,3 metros de largo y 1.4 de altura.

Utilizando como base los parámetros de diseño de laboratorio, se construyeron 3 lombrifiltros de 6,5 metros de longitud, 5,5 metros de ancho, 1,5 metros de altura sustrato-soporte y una altura total de 2,7 metros cada uno, con un 86,9 % de eficiencia de remoción de DBO₅.

Para alcanzar los límites máximos permitidos por la Resolución N°2-SA-2014 en cuanto al parámetro de sólidos

suspendidos, resulta efectiva la aplicación del sistema de flotación por aireación en la celda Denver que permite una remoción del 89,2 % de sólidos suspendidos y un tiempo de flotación de 20 minutos. A nivel industrial, las dimensiones de las celdas de flotación son: 0,7 metros de largo, 1,4 metros de altura, y 0,7 metros de ancho, con un tiempo de flotación de 40 minutos. El agitador más apropiado para este sistema es uno con una turbina de seis cuchillas curvadas y una potencia de 0,19 kW.

REFERENCIAS

- American Public Health Association (APHA). (2012). *Standard Methods for the Examination of Water*. (20va. ed.). New York, EE UU: Centennial Edition
- Behling, E., Colina, G., Díaz, A., Marín, J., Rincón, N., y Fernández, N. (2008). Tratamiento Biológico de Aguas Residuales Industriales: Efluente Camaronero en Reactores RBC. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 42(2), 243-255
- Calderón Y. (2014). Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la Parroquia Dayuma del Cantón Francisco de Orellana. (Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniería en Biotecnología Ambiental). Escuela Superior de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Cano, L., y Palacios, R. (2013). Desarrollo de biofiltro con soporte de plástico para el tratamiento de aguas residuales domésticas de la ESPAMMFL. (Proyecto de titulación previo a la obtención del

título de Ingeniero Ambiental). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador

Fresenius, W., Schneider, W., Böhnke, B., y Pöppinghaus, K. (2013). *Waste water technology: origin, collection, treatment and analysis of waste water*. Nueva York, EEUU: Springer-Verlag.

Hernández, Y. (2005). Anteproyecto de construcción para aplicación de lombricultura al tratamiento de planta Llau-Llao de Salmonera Invertec S.A. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Construcción). Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2014). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua, Calidad del agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras. Recuperado de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2169.pdf> (agosto, 2019).

Jiménez, A. (2016). Estudio de un sistema de tratamiento de aguas residuales de una fábrica de embutidos (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Química). EPN. Quito, Ecuador

Kusanovic, M. (2009). Planta de tratamiento de Riles. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero de Ejecución Agropecuaria). Universidad de Magallanes. Punta Arenas, Chile.

Ludwig E. (2001) *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants: Emphasizes how to apply techniques or process design and interpret results into mechanical equipment details*. (4ta.ed.). United States of America: Butterworth-Heinemann

Megyesy, E. (2001). Manual de recipientes a presión. (7ma.ed.). Guanajuato, México: LIMUSA.

Mendoza, E., Pacheco, O., y Quiroz, M. (2004). Tecnología de productos cárnicos. (2da. ed.). Distrito Federal, México: LIMUSA.

Metcalf, L., y Eddy, H. (2003). *Tratamiento y depuración de las aguas residuales*. (4ta ed.). New York, Estados Unidos: McGraw-Hill.

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito MDMQ. (2014). Normas Técnicas para el control de descargas líquidas. Resolución N°2-SA-2014. Recuperado de: http://www.quitoambiente.gob.ec/images/M_images/documentos/resol_002_2014.PDF (abril, 2019).

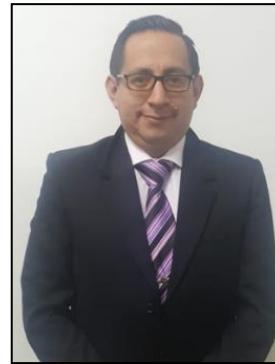
Portero, A. (2014). Análisis Térmico del proceso de peletizado del aserrín de madera de Eucalipto. (Proyecto de titulación previo a la obtención del título de ingeniero mecánico). Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.

Ramos, A. (2018). Origen y composición de las aguas residuales en mataderos. Recuperado de: <http://aguasindustriales.es/origen-y-composicion-de-las-aguas-residuales-en-mataderos/> (julio, 2019).

Romero, J. (2001). *Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño*. (1era. Ed). Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Zamora, M. (2011). Caracterización de los parámetros de calidad del agua desalojada por la empresa de productos lácteos Marco's con el fin de disminuir su contaminación en el Cantón Pillaro, Provincia de Tungurahua. (Proyecto de titulación previo a la obtención del Grado Académico de Magister en Producción más limpia). Universidad Técnica de Ambato, Tungurahua, Ecuador

BIOGRAFÍAS



Marcelo F. Cabrera J., Nacido el 05 de marzo de 1986 en Quito-Ecuador, estudios completos de pregrado en la Escuela Politécnica Nacional, obteniendo el título de Ingeniero Químico Aprobado Cum Laude. Título de posgrado en la Universidad Internacional SEK como Magíster en Gestión Ambiental. Ha trabajado en Incinerox, Chemeng, Unidad Educativa Jean Jacques Rousseau, Escuela Politécnica Nacional y Universidad Internacional del Ecuador donde hasta la actualidad labora como docente en la Escuela de Gestión Ambiental en la UIDE y Coordinador del Laboratorio de Análisis Instrumental de la EPN. Ha realizado varias publicaciones en revistas LatinIndex y realizado varias conferencias sobre contaminación ambiental y cursos de perfeccionamiento docente.



Lucía Margarita Montenegro Aguas, Ingeniera Química, Magíster en Ingeniería Ambiental ha sido docente por 24 años en la EPN de las cátedras de Transferencia de Calor, Control de la Contaminación del Aire, entre otras. Es miembro de Green Woman Internacional y cuenta con la Certificación de Evaluador de la Norma ISO 17025 para

laboratorios. En referencia a las publicaciones las ha realizado en la “Revista Politécnica” y en la “1st International Conference on Water and Sustainability” con temas relacionados al Tratamiento de aguas y Remediación de Suelos. Ha dictado más de 20 seminarios y conferencias de Monitoreo Ambiental; y dirigido más de 40 proyectos de titulación en temas de Transferencia de Calor, Refinación del Petróleo y Contaminación Ambiental.



Andrea Jiménez, profesional en Ingeniería Química de la Escuela Politécnica Nacional con una Maestría en Administración de Empresa con Mención en Gerencia de la Calidad y Productividad de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, básicamente mi desarrollo profesional lo he desarrollado en el área de control de calidad y producción en empresas de consumo masivo, actualmente me desenvuelvo en la industria farmacéutica en donde he tenido la oportunidad de aportar con mi criterio en varios procesos dentro del amplio espectro industrial en el cual tiene participación la Ingeniería Química.