

# Propuesta de un sistema de tratamiento para aguas residuales, producto de actividades ganaderas

## Proposal for a wastewater treatment system for livestock activities

JOJANA CAROLINA LUQUE LÓPEZ<sup>1</sup> - JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS<sup>2</sup>

1. Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Recursos Hidráulicos y Medioambiente de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

2. Ingeniero civil. MEEE. Profesor titular de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

jojana.luque@mail.escuelaing.edu.co - jairo.romero@escuelaing.edu.co

Recibido: 12/04/2020 Aceptado: 24/04/2020

Disponible en [http://www.escuelaing.edu.co/es/publicaciones\\_revista](http://www.escuelaing.edu.co/es/publicaciones_revista)  
<http://revistas.escuelaing.edu.co/index.php/reci>

### Resumen

En este artículo se presenta el diseño de un sistema de tratamiento de las aguas residuales de una finca dedicada a la producción lechera en el municipio de Une (Cundinamarca)<sup>(1)</sup>.

**Palabras claves:** aguas residuales, producción lechera, actividades ganaderas, tratamiento.

### Abstract

This article presents the design of a wastewater treatment system resulting from milk production of a farm in the municipality of Une (Cundinamarca).

**Keywords:** wastewater, milk production, livestock activities, treatment.

## INTRODUCCIÓN

Se analizan los parámetros físicos de las aguas residuales, resultado de la actividad lechera en una finca situada en Une (Cundinamarca), que se ha dedicado a la producción de ganado por más de 70 años. Se realiza además la caracterización del agua residual de la finca lechera mediante ensayos físico-químicos en relación con el pH, la demanda química de oxígeno, la demanda bioquímica de oxígeno, sólidos totales, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, grasas y aceites, y se presenta también una solución factible para el tratamiento y la disposición del agua residual.

## ANTECEDENTES

El sistema ganadero contribuye por medio de dos vías a la contaminación de los recursos hídricos: como fuentes puntuales, aguas de los establos, y como fuentes no puntuales o difusas por el arrastre de estiércol dejado en los campos, lo que trae consigo malos olores, proliferación de moscas, efectos estéticos y la alteración de las propiedades del agua<sup>(2)</sup>. El agua residual generada en la ganadería se caracteriza por contener altas concentraciones de materia orgánica, sólidos suspendidos, nitrógeno y fósforo; de igual manera, presenta una demanda química de oxígeno (DQO) considerable<sup>(3)</sup>.

En varios estudios se ha demostrado que los volúmenes promedio de estiércol fresco generados cada día son 22 kg/bovino de engorde, 38 kg/vaca seca y 68 kg/vaca lactante<sup>(4)</sup>, produciendo un impacto ambiental en el aire con la generación de gases de efecto invernadero, en el agua con la eutrofización de los cuerpos de agua y en el suelo con una sobrecarga de nutrientes variable, según la especie pecuaria, el sistema de alimentación y el manejo del estiércol en las fincas.

**Tabla 1**  
Cargas contaminantes de aguas residuales de la zona de ordeño<sup>(3)</sup>

Parámetros	Colombia	Cuba
pH	7,59	8
DQO (mg/L)	3368	4825
P total (mg/L)	24	27
NTK (mg/L)	99	316
SST (mg/L)	2686	2219
DBO (mg/L)	1022	.....

La caracterización de aguas residuales de fincas ganaderas bovinas, resultantes del proceso productivo en la zona de ordeño, se relaciona a continuación (tabla 1).

## METODOLOGÍA

Se desarrollaron actividades de campo orientadas a identificar las condiciones de la zona y a la toma de muestras para caracterizar mediante ensayos de laboratorio. Paralelamente, se hizo una revisión bibliográfica que permitió formular la propuesta del diseño conceptual del sistema de tratamiento de aguas residuales, en cumplimiento de la normativa vigente.

## RESULTADOS

El lugar de estudio es un predio rural, ubicado dentro del municipio de Une (Cundinamarca), en la vereda denominada La Combura. Lleva como nombre Finca Trinidad y Santa Elena, con una extensión de 42 hectáreas para trabajo agrícola y pecuario. La producción de leche cuenta con un hato lechero de 22 vacas de ordeño promedio durante el año.

El proceso de preordeño, ordeño y posordeño produce 1,09 m<sup>3</sup>/d de agua residual (figura 1), los cuales son vertidos por un sifón que desemboca zanja abajo por un potrero donde se cultivan papa, cilantro, zanahoria o maíz, sin ningún tipo de tratamiento.

### Caracterización del agua residual

Se tomaron cinco muestras para análisis, como se muestra a renglón seguido (tabla 2).

Como se observa, los valores de pH varían en un rango de 6,5 a 9 unidades; el promedio del pH tiene un valor de 7,24, que se encuentra dentro del rango de la Resolución 1207 de 2014 para el uso de aguas residuales tratadas.

La DQO promedio es de 1897 mg O<sub>2</sub>/L, superando el límite admisible de la Resolución 0631 de 2015 para vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales.

La DBO<sub>5</sub> promedio es de 2415 mg/L, que refleja concentraciones considerables y alejadas del límite admisible de la Resolución 0631 de 2015.

Los valores indican agua residual biodegradable, con valores de DBO superiores a los de la DQO.

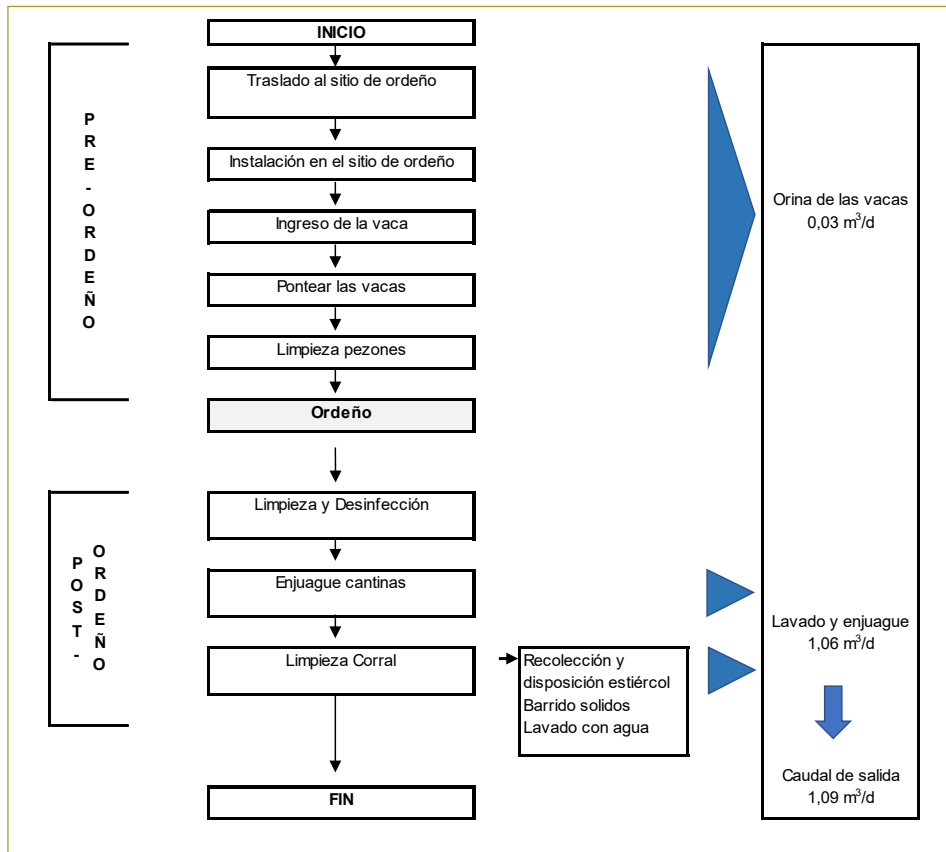


Figura 1. Balance de caudales del proceso de ordeño<sup>(1)</sup>.

Tabla 2  
Caracterización del agua residual<sup>(1)</sup>

Parámetro	Unidades	M1	M2	M3	M4	M5	Promedio
pH	Unidades de pH	7,36	8,52	7,05	6,8	6,62	7,27
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	3521	1864	1408	1450	1243	1897
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4906	1509	1132	2642	1887	2415
ST	mg/L	7326	5982	3248	2042	3200	4360
STV	mg/L	3700	3608	1574	1554	2582	2604
STF	mg/L	3626	2374	1674	488	618	1756
SSED	mL/L	100	52	15	8	34	42
SST	mg/L	1794	3111	1740	315	664	1525
SSV	mg/L	1044	2044	1370	46	482	997
SSF	mg/L	750	1067	370	269	182	528
Grasas y aceites	mg/L	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
Alcalinidad	mg/L – CaCO <sub>3</sub>	290	360	300	120	290	272

El valor promedio de ST es de 4360 mg/L, el de STV es de 2604 mg/L y el de STF es de 1746 mg/L; la normativa no registra un valor límite permisible de estos parámetros. Los valores de los STV son superiores a los de los STF, lo que demuestra la alta concentración orgánica del agua residual.

Los valores de SSED varían en un rango de 8 a 100 mL/L, con promedio de 42 mL/L; esto sobrepasa la Resolución 0631 de 2015, ya que el límite admisible es de 5 mL/L. Es una variación representativa posiblemente del inadecuado proceso de limpieza del corral antes del lavado.

Los valores de SST varían en un rango de 315 a 3111 mg/L, con promedio de 1525 mg/L; esto sobrepasa la Resolución 0631 de 2015, ya que el límite admisible es de 150 mg/L e indica una cantidad elevada de materia suspendida.

Como se puede observar, los valores de grasas y aceites son en promedio de 1,01 mg/L, límite admisible en la Resolución 0631 de 2015, que es de 20 mg/L.

Los resultados de la muestra 1 presentan una mayor variación con respecto a las demás muestras, lo cual se puede generar por el número de vacas en el hato de ordeño, puesto que el día de la muestra 1 había 25 vacas y el resto de los días se encontraban 22 vacas en promedio.

Los parámetros de referencia para el diseño del tratamiento de las aguas residuales son la DQO, la DBO<sub>5</sub>, los SST y los SSED que superan la norma para vertimiento. Por tanto, la PTAR debe proveer remociones del 90 % en promedio en DBO<sub>5</sub>, SST y SSED.

### Sistema de tratamiento

Teniendo en cuenta que no existe alcantarillado sanitario y que el caudal diario es de solamente 1,09 m<sup>3</sup>/d, se considera como opción de tratamiento un sistema integrado por tanque séptico y disposición final sobre el suelo, mediante un lecho de percolación (figuras 2 y 3).

- Se adopta un tanque séptico de 3,0 m de longitud, 1,0 m de ancho y 2 m de profundidad, con un volumen de 6 m<sup>3</sup>.
- El tiempo de retención será de seis días y el periodo de desenlode de un año.
- En razón de que se requiere eficiencia de remoción del 90 %, se acompaña el tanque séptico de un filtro anaerobio, al final del tanque séptico.
- El lecho filtrante estará constituido por un lecho de grava, con un volumen de 0,4 m<sup>3</sup> por cada 1 m<sup>3</sup>/d de aguas residuales que va a tratar.
- El filtro anaerobio cuenta con una eficiencia de remoción del 80 % en DQO y DBO<sub>5</sub> y del 70 % en SST.

Se hace un ensayo de permeabilidad para determinar la tasa de percolación del suelo, la cual es del tipo de marga limosa, marga arcillosa limosa, arena fina y arena margosa. Se adopta una tasa de aplicación de 32 L/d m<sup>2</sup>, por ser una zona con pendiente menor del 10 % y con mayor permeabilidad<sup>(5)</sup>.

Se requiere un área de aplicación de 34,06 m<sup>2</sup>, adoptando tres líneas de tubería de 0,10 m de diámetro, en un lecho de percolación de 5 m de ancho y 7 m de longitud, con pendiente de 0,5 % (figura 3).

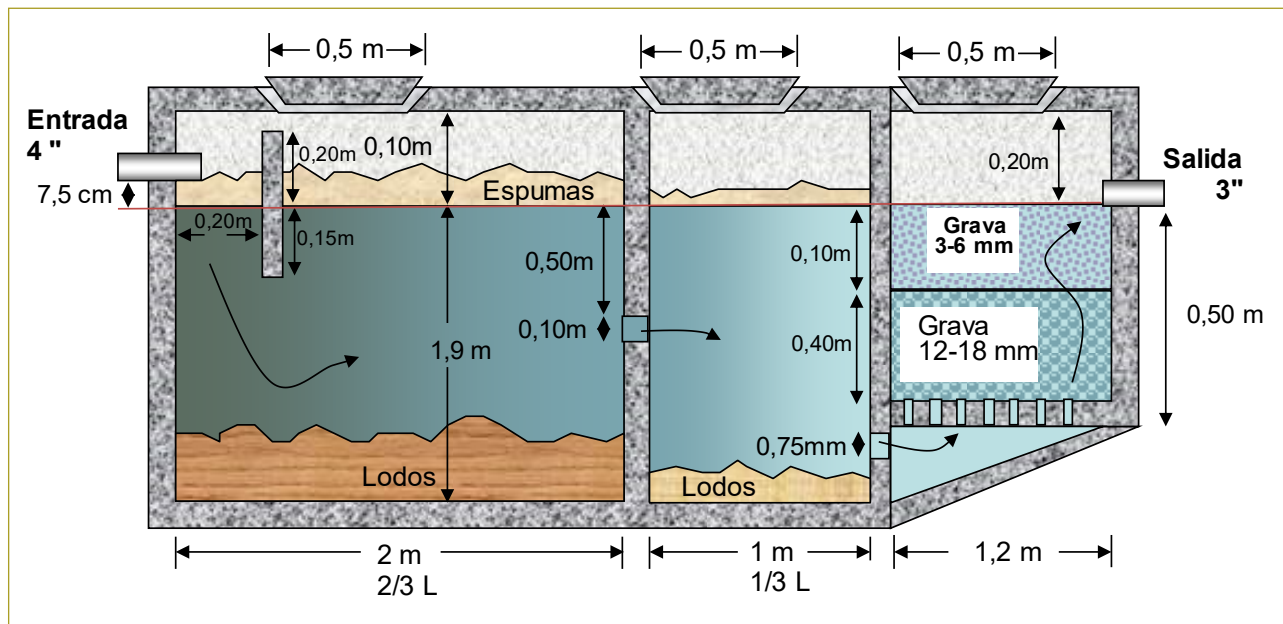


Figura 2. Esquema de un tanque séptico.

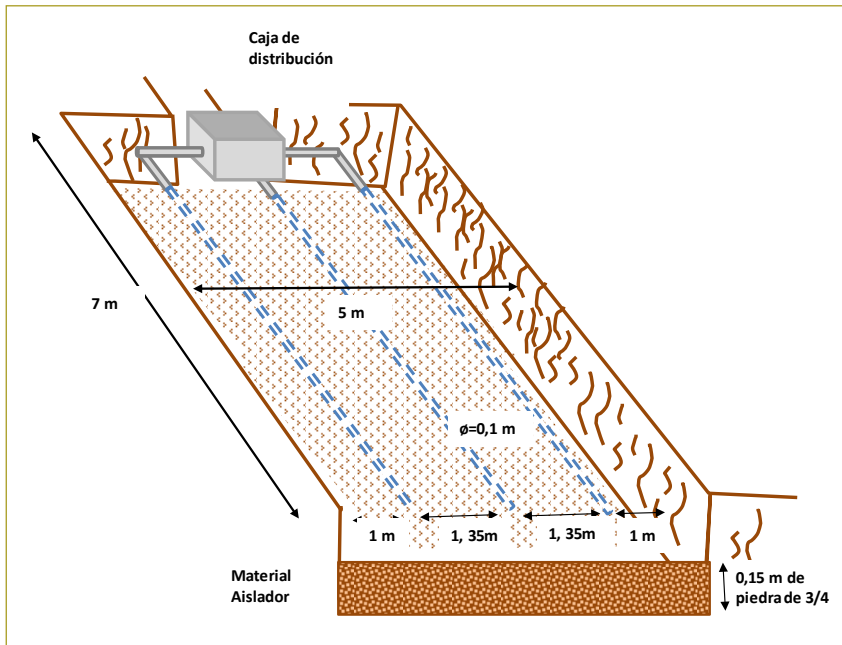


Figura 3. Esquema de un lecho de infiltración.

## CONCLUSIONES

- La caracterización del agua indica los siguientes valores promedio: pH de 7,2, DQO de 1892 mg O<sub>2</sub>/L, DBO<sub>5</sub> de 2415 mg/L, ST de 4360 mg/L, SSED de 42 mL/L, SST de 1525 mg/L y grasas y aceites de 1,01 mg/L.
- Los parámetros de referencia para el diseño del tratamiento de las aguas residuales son la DQO, la DBO<sub>5</sub>, los SST y los SSED que superan la norma para vertimiento. Por tanto, la PTAR debe proveer remociones del 90 % en promedio en DBO<sub>5</sub>, SST y SSED.
- La PTAR propuesta: tanque séptico con filtro anaerobio, seguido de un lecho de infiltración como medio de aplicación al suelo del agua residual tratada. Cumple la normativa de la Resolución 1207 de 2014 y de la Resolución 0631 de 2015.

## REFERENCIAS

- Luque, J. (2019). *Propuesta de un sistema de tratamiento para aguas residuales, producto de actividades ganaderas* (trabajo de grado para la maestría en Ingeniería Civil, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá).
- Escobar, J. (2002). *Recursos naturales e infraestructura: la contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. Santiago de Chile: Naciones Unidas-Cepal-Eclac.
- Loaiza, Y. A., & Osorio, A. L. (2009). *Gestión del agua en el sector de la ganadería bovina en la cuenca río La Vieja, departamentos de Quindío y Risaralda* (tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Pereira).
- Pinos R., J., García L., J., Peña A., L. et al. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia*, 46, 4, 359-370.
- Romero, J. (1999). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. Bogotá, D.C.: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.