

Planta de tratamiento de aguas residuales para una población de 2000 habitantes

Wastewater treatment plant for a population of 2000 inhabitants

OLGA LORENA PIEDRA¹ - JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS²

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.

olga.piedra@mail.escuelaing.edu.co - jairo.romero@escuelaing.edu.co

Recibido: 28/03/2020 Aceptado: 10/04/2020

Disponible en http://www.escuelaing.edu.co/es/publicaciones_revista
<http://revistas.escuelaing.edu.co/index.php/reci>

Resumen

En este artículo se presenta el diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales para poblaciones inferiores o iguales a 2000 habitantes que cumple con la normativa aplicable para vertimiento, así como con la posibilidad de reúso del efluente para fines agrícolas⁽¹⁾.

Palabras claves: tratamiento, aguas residuales, pequeñas PTAR.

Abstract

This article presents the design of a wastewater treatment plant for a population of 2000 inhabitants for complying with the requirements for disposal or reuse of the effluent⁽¹⁾.

Keywords: treatment, wastewater, small WWTP.

INTRODUCCIÓN

El departamento de Cundinamarca tiene 116 municipios en total. En 98 de ellos se han registrado 580 vertimientos, de los cuales 458 se encuentran sin tratamiento alguno. En los 18 municipios faltantes no existe información reportada (CAR, 2017). El 79 % de los vertimientos registrados no se ha atendido (figura 1).

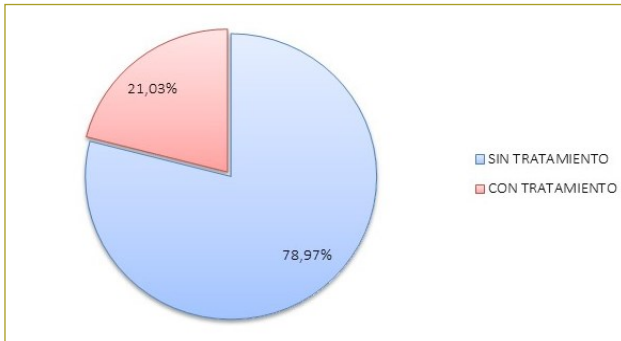


Figura 1. Vertimientos con tratamiento y sin él en Cundinamarca.

Fuente: Consolidado de sistemas de tratamiento de aguas residuales en jurisdicción de la CAR (CAR, 2017).

Además, se encontraron 122 vertimientos que tienen algún tipo de tratamiento, pero solamente el 53 % de ellos se encuentran en operación (figura 2).

La necesidad de destinar recursos al tratamiento de aguas residuales es una prioridad, por lo que se justifica proponer una solución para poblaciones de hasta 2000 habitantes con parámetros de diseño convencionales.

RESULTADOS

La norma aplicable a vertimientos cuya descarga se entrega al río Bogotá, clasificación VI, cuenca media de la CAR, se resume a renglón seguido (tabla 1).

Tabla 1

Parámetros para control de vertimientos en Cundinamarca

Parámetro	Expresado como	Valor más restrictivo
DBO	mg/L	50
Coliformes totales	NMP/100 mL	20.000
Nitritos	mg/L	10
Sólidos suspendidos	mg/L	40

Fuente: Acuerdo CAR 043 de 2006.

Los parámetros de diseño para una población inferior o igual a 2000 habitantes se presentan a continuación (tabla 2), mientras que las eficiencias requeridas se pueden observar más adelante (tabla 3).

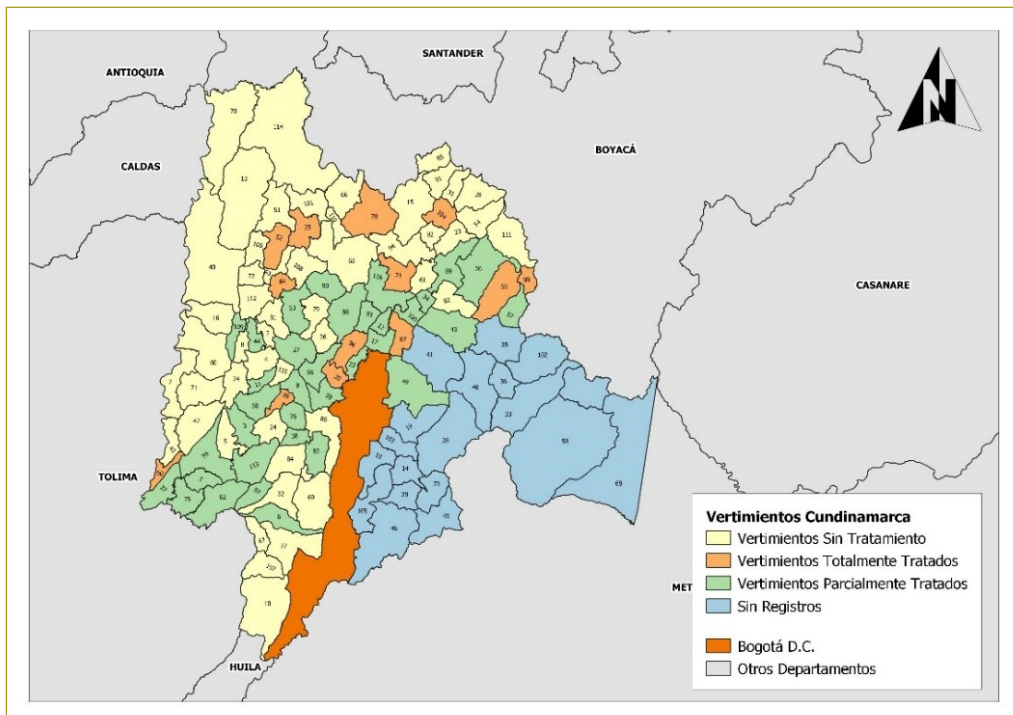


Figura 2. Estado del tratamiento de vertimientos en Cundinamarca.

Fuente: Consolidado de sistemas de tratamiento de aguas residuales en jurisdicción de la CAR (CAR, 2017).

Tabla 2
Parámetros de diseño para una población inferior o igual a 2000 habitantes

Parámetro	Valor	Unidad	Referencia
Población	2000	Hab.	Diseño
Carga de DBO	50	g/hab./d	RAS 2017
Carga de SST	50	g/hab./d	RAS 2017
NH ₃ -N	8,4	g/hab./d	RAS 2017
NTK	12	g/hab./d	RAS 2017
Coliformes totales	200.000.000.000	Nº /hab./d	RAS 2017
Temperatura	18	°C	Diseño
Q (m ³ /d)	238	m ³ /d	RAS 2017
Q diseño	2,75	L/s	RAS 2017
Carga orgánica	100	kg DBO/d	Diseño
DBO	420	mg/L	DBO afluente
SST	420	mg/L	SST afluente
NH ₃ -N	70	mg/L	Diseño
NTK	100	mg/L	Diseño
Coliformes totales	168.067.226	NMP/100mL	RAS 2017
Dotación	140	L/hab./d	RAS 2017
Factor de retorno	0,85	-	RAS 2017

Tabla 3
Eficiencias requeridas

Parámetro	Agua cruda	Resolución 043 (CAR, 2015)	Eficiencia requerida
DBO	420 mg/L	50 mg/L	88 %
SS	420 mg/L	40 mg/L	91 %
Nitritos (NO ₂ ⁻)	N/R	10 mg/L	N/A
NTK	100,84 mg/L	N/R	N/A
Coliformes fecales	1,68 × 10 ⁸ NMP/100 mL	20.000 NMP/100 mL	99,99 %

ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Alternativa 1. Incluye una laguna primaria facultativa, seguida de una de maduración. La primaria para remoción de DBO y SST, y la de maduración para remoción de coliformes residuales del tratamiento primario.

Rejilla				
A.R. Cruda	Canaleta Parshall	Laguna Facultativa	Laguna de Maduración	Disposición
AGUA RESIDUAL CRUDA AFLUENTE Q = 238 m ³ /d Co = 100 kgDBO/d DBO = 420 mg/L SST = 420 mg/L CF = 1,68x10 ⁸ NMP/100mL	AFLUENTE Q = 238 m ³ /d Co = 100 kgDBO/d DBO = 420 mg/L SST = 420 mg/L CF = 1,68x10 ⁸ NMP/100mL	TRATAMIENTO PRIMARIO Q = 238 m ³ /d Co = 25 kgDBO/d DBO = 105 mg/L SST = 105 mg/L CF = 2,3x10 ⁸ NMP/100mL	TRATAMIENTO SECUNDARIO Q = 238 m ³ /d Co = 5,5 kgDBO/d DBO = 23 mg/L SST = 11 mg/L CF = 19.240 NMP/100mL	

Alternativa 2. Incluye una laguna anaerobia, seguida de una laguna facultativa y de una laguna de maduración.

Rejilla					
A.R. Cruda	Canaleta Parshall	Laguna Anaerobia	Laguna Facultativa	Laguna de Maduración	Disposición
AGUA RESIDUAL CRUDA AFLUENTE Q = 238 m ³ /d Co = 100 kgDBO/d DBO = 420 mg/L SST = 420 mg/L CF = 1,68x10 ⁸ NMP/100mL		TRATAMIENTO PRIMARIO Q = 238 m ³ /d Co = 40 kgDBO/d DBO = 168 mg/L SST = 189 mg/L CF = 1,2x10 ⁷ NMP/100mL	TRATAMIENTO SECUNDARIO Q = 238 m ³ /d Co = 6 kgDBO/d DBO = 25 mg/L SST = 57 mg/L CF = 4,4x10 ⁵ NMP/100mL	TRATAMIENTO TERCIARIO Q = 238 m ³ /d Co = 1,4 kgDBO/d DBO = 6 mg/L SST = 6 mg/L CF = 1,8 x10 ⁴ NMP/100mL	

Alternativa 3. Incluye un tanque Imhoff, seguido de una laguna facultativa y de una laguna de maduración para el tratamiento de los coliformes residuales.

Rejilla					
A.R. Cruda	Canaleta Parshall	Tanque Imhoff	Laguna Facultativa	Laguna de Maduración	Disposición
AGUA RESIDUAL CRUDA AFLUENTE Q = 238 m ³ /d Co = 100 kgDBO/d DBO = 420 mg/L SST = 420 mg/L CF = 1,68x10 ⁸ NMP/100mL		TRATAMIENTO PRIMARIO Q = 238 m ³ /d Co = 60 kgDBO/d DBO = 252 mg/L SST = 168 mg/L CF = 8,4x10 ⁷ NMP/100mL	TRATAMIENTO SECUNDARIO Q = 238 m ³ /d Co = 6 kgDBO/d DBO = 25 mg/L SST = 42 mg/L CF = 1,2x10 ⁵ NMP/100mL	TRATAMIENTO TERCIARIO Q = 238 m ³ /d Co = 2 kgDBO/d DBO = 8 mg/L SST = 4 mg/L CF = 19,291 NMP/100mL	

Lechos de secado

A renglón seguido se muestran el comparativo de dimensiones de las tres alternativas (tabla 4) y el de sus eficiencias (tabla 5).

Dimensión	UN	Alternativa		
		1	2	3
Tratamiento		L. facultativa	L. anaerobia	T. Imhoff
Alto efectivo	m	2,5	3	5,1
Borde libre	m	0,8	0,5	0,3
Unidades	#	1	1	1
Ancho	m	35	10	4,3
Largo	m	75	24	5
Tratamiento		L. maduración	L. facultativa	L. facultativa
Alto efectivo	m	2	2	2
Borde libre	m	0,5	0,8	0,1
Unidades	#	1	1	1
Ancho	m	50	20	35
Largo	m	110	60	85
Tratamiento			L. maduración	L. maduración
Alto efectivo	m		1,5	1,5
Borde libre	m		0,8	0,8
Unidades	#		1	1
Ancho	m		20	35
Largo	m		75	115
Área total	m ²	8.125	2.940	7.022
Volumen total	m ³	17.563	5.370	12.098

Tabla 4. Comparativo de dimensiones

Tabla 5
Comparativo de eficiencias

Parámetro	Unidad	Afluente	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
			Eficiencia	Efluente	Eficiencia	Efluente	Eficiencia	Efluente
CO	kgDBO/d	100	95 %	6	99 %	1	99 %	2
DBO	mg/L	420	95 %	23	99 %	6	99 %	8
SST	mg/L	420	97 %	11	99 %	6	99 %	4
CT	NMP/100 mL	168.067.227	100 %	19.240	100 %	17.388	100 %	19.291

En la tabla siguiente (tabla 6) se incluye la matriz de selección de la alternativa de diseño, con base en la factibilidad, aplicabilidad, confiabilidad, costo, características del efluente, procesamiento y producción de lodos, así como la sostenibilidad social de cada una de ellas. Como se observa en la matriz de selección, la alternativa 2 es la más recomendable.

CONCLUSIONES

La alternativa recomendada genera una solución óptima para el cumplimiento de la norma colombiana para

vertimiento de las aguas residuales de una población inferior o igual a 2000 habitantes, con una carga de 100 kg DBO/d y un caudal de 238 m³/d.

Esta alternativa consiste en una serie de lagunas: laguna primaria anaerobia, laguna secundaria facultativa y laguna terciaria de maduración. El sistema de tratamiento seleccionado permite:

- Menor costo constructivo y de operación.
- Extracción de lodos con mínimo esfuerzo operativo y con plazos extensos.
- Mínima área de terreno por utilizar.

Tabla 6
Matriz de selección de alternativa de diseño

Variable	Peso	Alternativa 1			Alternativa 2			Alternativa 3		
		Laguna facultativa + Laguna de maduración			Laguna anaerobia + laguna facultativa + laguna de maduración			Tanque Imhoff + laguna facultativa + laguna de maduración		
		Descripción	Calificación	Ponderación	Descripción	Calificación	Ponderación	Descripción	Calificación	Ponderación
Factibilidad	10%	Ejecutable	100	10	Ejecutable	100	10	Ejecutable	100	10
Aplicabilidad	10%	Restricciones parciales de grandes áreas requeridas.	0	0	Restricciones parciales de clima, área y olores.	100	10	Restricciones sobre olores y manejo de lodos.	100	10
Confiabilidad	15 %	Tolerancia a altas cargas orgánicas. Cumple todos los requisitos técnicos.	100	15	Tolerancia a altas cargas orgánicas. Cumple todos los requisitos técnicos.	100	15	No soporta caudales extremos, pero cumple con los requisitos técnicos.	50	7,5
Costo	30 %	Mayor costo.	0	0	Menor costo.	100	30	Mayor costo.	0	0
Características del efluente	15 %	Cumple.	100	15	Cumple.	100	15	Cumple.	100	15
Procesamiento y producción de lodos	10%	Periodo de desenlode mayor de diez años	100	10	Periodo de desenlode de seis años	50	5	Requiere postratamiento y manejo semestral de extracción de lodos.	0	0
Sostenibilidad social	10 %	No tienen percepción favorable	0	0	No tienen percepción favorable	0	0	Percepción medianamente favorable	50	5
Totales	100%			50			85			47,5

- No requerir personal especializado para su operación y mantenimiento.
- Construcción sencilla, que no reviste complejidad alguna.
- Posibilidad de reúso del efluente para riego agrícola.
- Tiempos cortos de ejecución.
- Cumplir con la norma exigida.
- Tener la capacidad de soportar cargas extremas.