



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Magister en Sistemas de Gestión Ambiental

DISEÑO DE TRATAMIENTO AEROBIO E INSTALACIÓN DE PLANTA PILOTO PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PARA USO AGRÍCOLA EN EL BARRIO FORASTERO, LATACUNGA

Autor: Villacís Heredia, Carla Betsabé

Director: Ph. D. Carrera Villacrés, David Vinicio

SEPTIEMBRE 2022



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. METODOLOGÍA
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



1. INTRODUCCIÓN



Contaminación
Hídrica



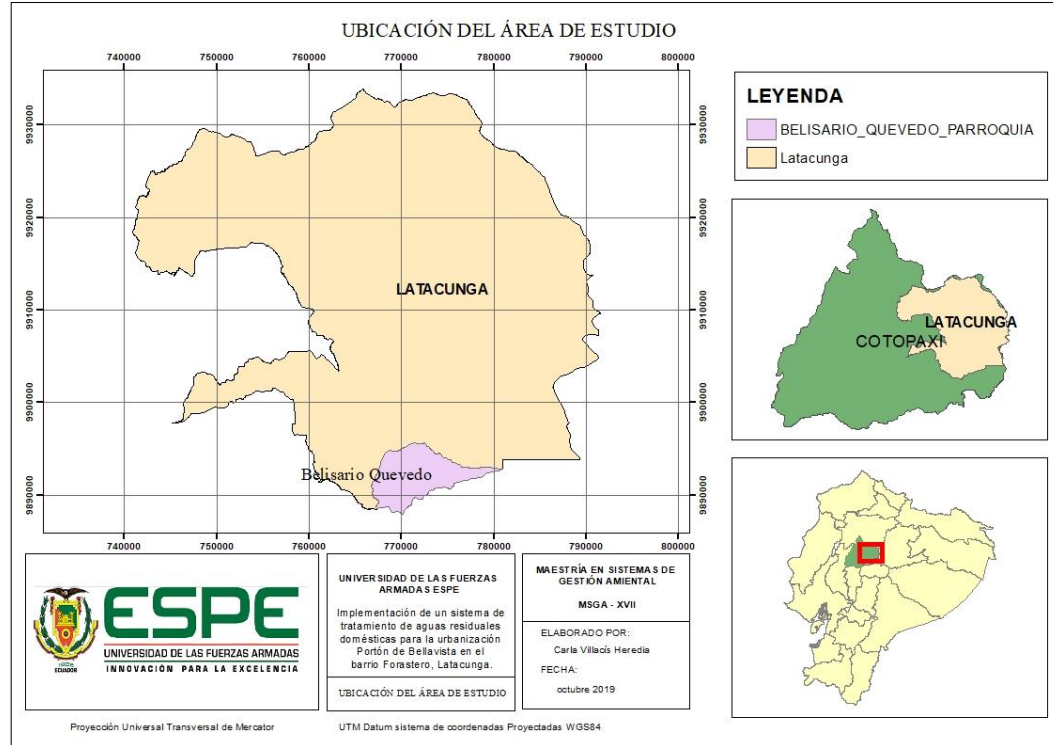
Importancia del agua
para la vida



Reutilización del agua
en la agricultura

1. INTRODUCCIÓN.

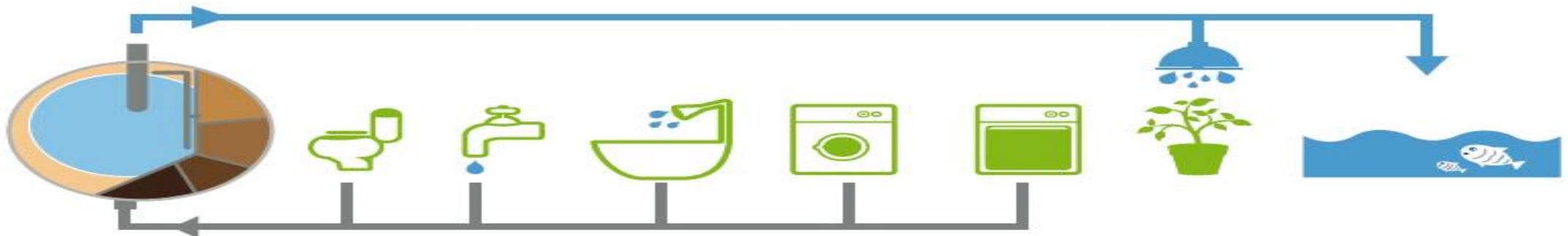
UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de tratamiento aerobio/anaerobio e instalar una planta piloto para realizar la gestión ambiental de las aguas residuales domésticas producidas en la urbanización Portón de Bellavista ubicada en el barrio Forastero parroquia Belisario Quevedo de Latacunga y utilizarla para riego del área verde.



2. OBJETIVOS

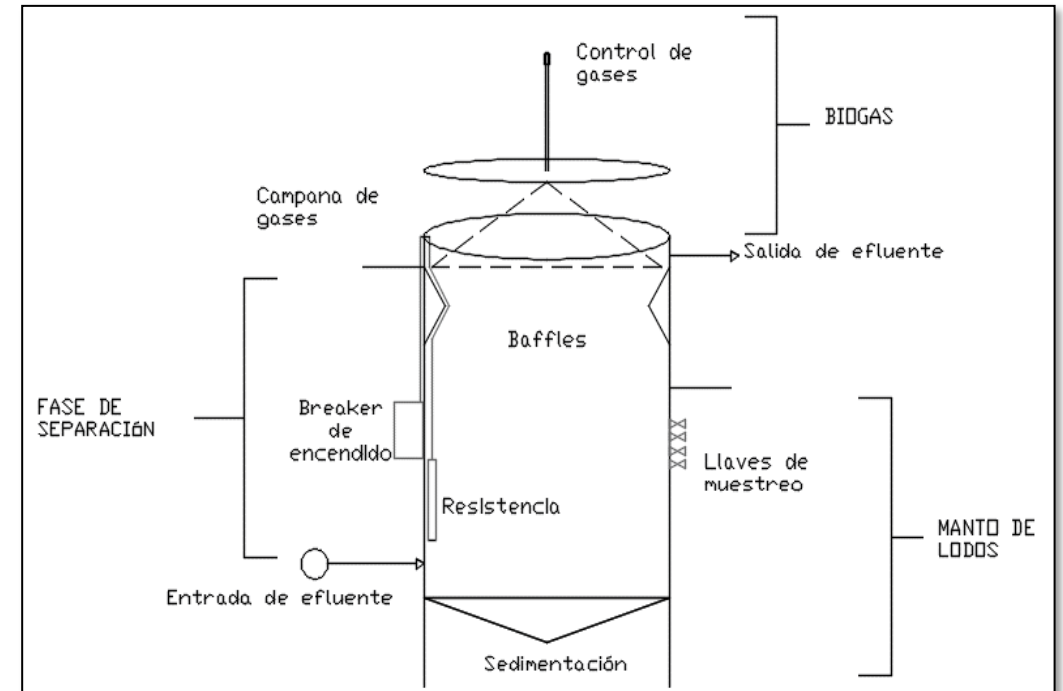
OBJETIVO ESPECÍFICO



- Realizar el levantamiento topográfico para identificar el terreno donde se implementará el proyecto.
- Efectuar un censo sanitario que permita medir el consumo de agua en la urbanización, el uso que se le da y el caudal de aguas residuales domésticas.
- Realizar la caracterización de las aguas residuales domésticas de la urbanización Portón de Bellavista.
- Diseñar un sistema de tratamiento aerobio o anaerobio identificando el tratamiento que obtenga mejores resultados.
- Implementar una planta piloto para verificar la viabilidad técnica y constructiva en la urbanización.
- Desarrollar el estudio definitivo del mejor tratamiento de las aguas residuales domésticas la urbanización.

TRATAMIENTO AEROBIO VS TRATAMIENTO ANAEROBIO

Eficiencia de tratamiento	Sistema aerobio	Sistema anaerobio
Eliminación materia orgánica	Alto	Alto
Calidad del efluente	Excelente	Moderado/ Bajo
Carga orgánica	Moderada	Alta
Producción de lodos	Alta	Baja
Requerimiento de nutrientes	Alta	Baja
Necesidad de alcalinidad	Baja	Alta (algunas aguas)
Necesidad energética	Alta	Moderada / Baja
Sensibilidad a la temperatura	Baja	Alta
Puesta en marcha	2-4 semanas	2-5 meses
Recuperación de energía y nutrientes	No	Si
Tratamiento	Total	Pre tratamiento



3. METODOLOGÍA

Levantamiento Topográfico

- Equipos de precisión
- Cotas
- Extensión
- Ubicación de alcantarillado



Censo Sanitario

- Encuestas
- Cartas de pago 2019, 2020, 2021
- Aforos.- Método Volumétrico

ANEXO B
ENCUESTA
Comunidad de las Fuerzas Armadas (CFA)

OBJETIVO:
La presente encuesta tiene el objetivo de recoger información para el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la comunidad FFA de Baños.

JUSTIFICACIÓN:
La encuesta consta de 10 ítems, responde cada uno de ellos en función a su situación diaria.

Nombre:

Dirección:

1. Marque con una X el tipo de vivienda que posee

En una particular	
En un alquiler	
En construcción	

2. En el cuadro registre el número de personas que habitan en su domicilio.

Permanentes	
Eventuales	

3. En el cuadro registre el número de personas que habitan en su domicilio.

Permanentes	
Eventuales	

4. Clasifique a los habitantes eventuales de su domicilio:

Estudiantes	
Trabajadores	

5. Marque con una X los días que pertenecen a su vivienda las personas que son eventuales.

1 - 3	
4 - 10	
11 - 15	
16 - 30	

3. METODOLOGÍA

Caracterización de las aguas residuales domésticas

- Para cada descarga importante, en cinco campañas de medición en días diferentes
- Caudal y temperatura, sólidos totales disueltos (TDS), conductividad eléctrica (CE) y pH con la ayuda de un medidor portátil de marca Hanna.
- Muestreo mediante muestras compuestas en un horario entre 07:00 hasta las 19:00
- Grado de tratamiento necesario.



Parámetros	Unidad
Aceites y Grasas	mg/L
Alcalinidad de Bicarbonatos (naranja de metilo)	mg/L
Boro	mg/L
Calcio	mg/L
Cloruros	mg/L
DBO ₅	mg/L
DQO	mg/L
Magnesio	mg/L
Nitratos	mg/L
Sodio	mg/L
Coliformes	NMP/100 mL
Huevos de Parásitos	Huevos/mL

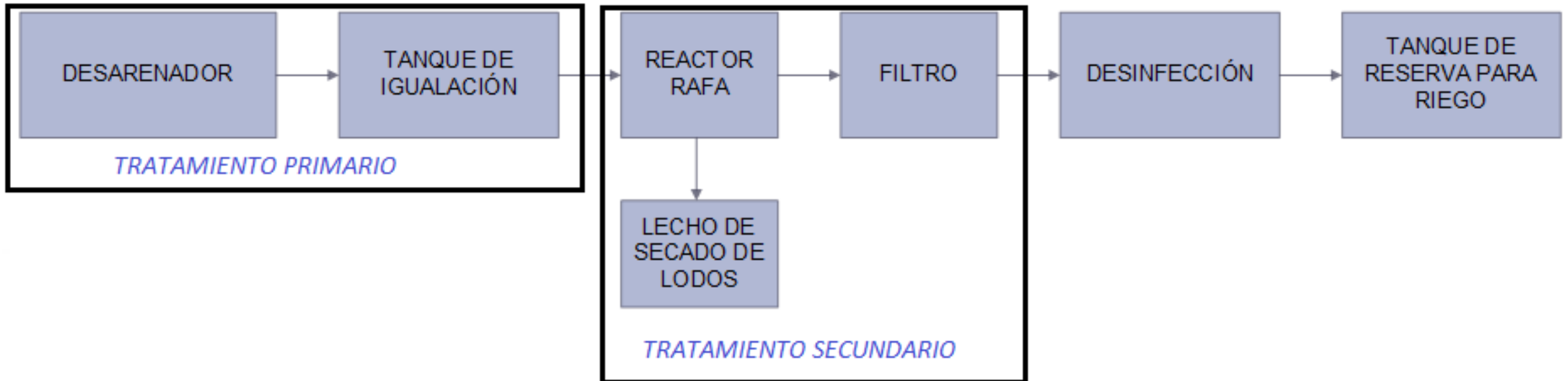
Uso	Tratamiento	Calidad requerida
Riego en áreas verdes no restringidas al público	Secundario Filtración Desinfección	pH = 6-9 DBO ₅ < 10 mg/L Turbiedad < 2 NTU Coliformes fecales = no detectable Cloro residual = 1 mg/L
Riego en áreas verdes restringidas al público	Secundario Desinfección	pH = 6-9 DBO ₅ < 30 mg/L SST < 30 mg/L Coliformes fecales = < 200/100mL Cloro residual = 1 mg/L



3. METODOLOGÍA

Diseños definitivos

- El diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para un tiempo de vida útil de 20 años, con la implementación de una planta piloto para la verificación del sistema planteado.
- Diseño del sistema de riego para el área verde de la urbanización.



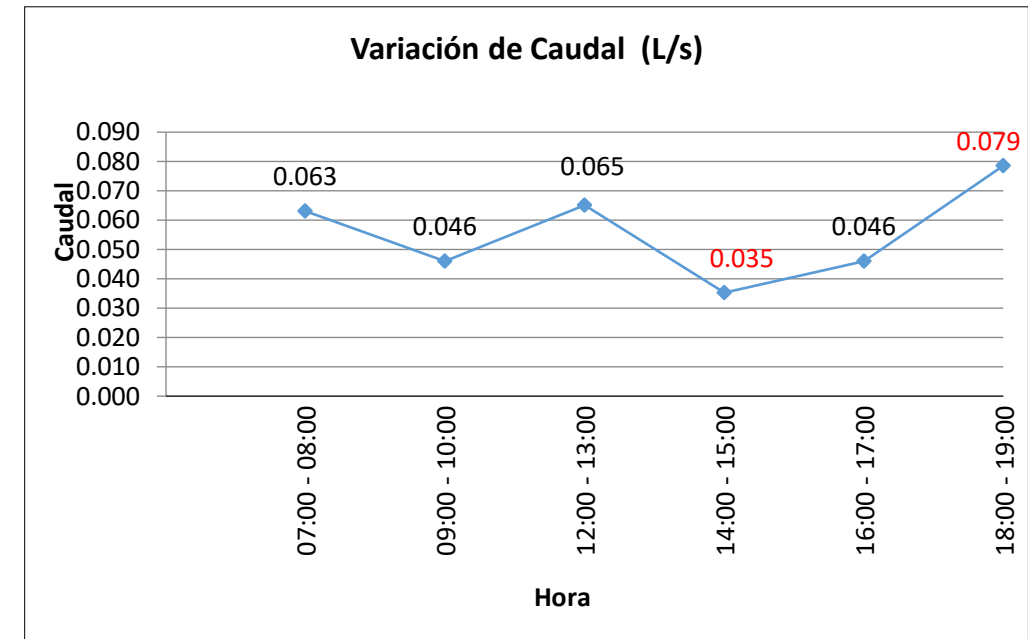
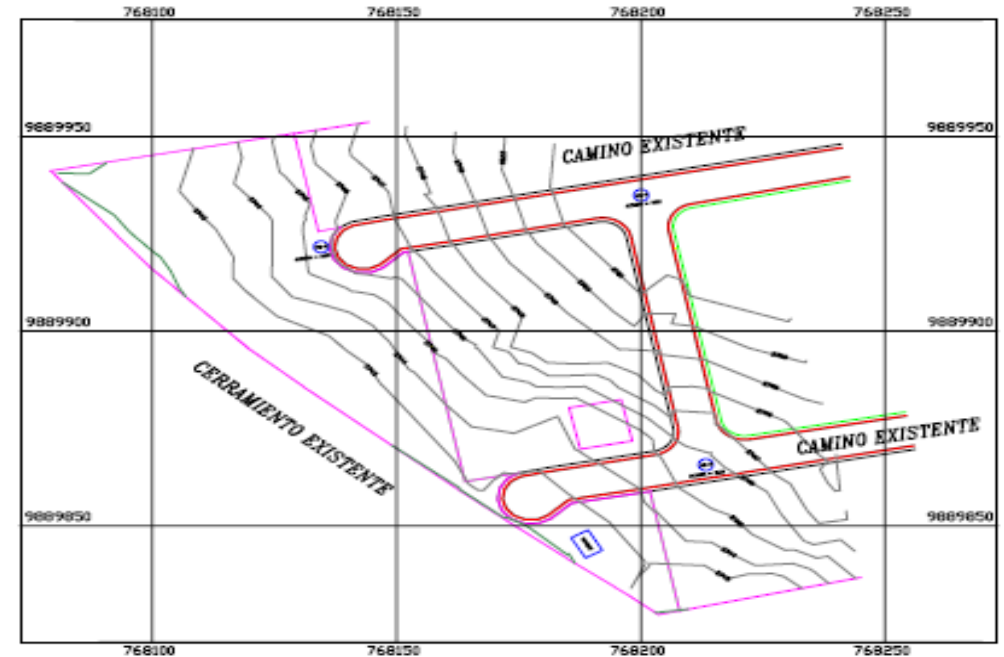
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Levantamiento Topográfico

- Superficie de área verde 3624m²
- La altura varía entre 2742msnm – 2746msnm

Censo Sanitario

- Urbanización ocupada 40% por estudiantes de Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
- Caudal aforado promedio 0.056L/s (23-27 de noviembre de 2020)
- Caudal de agua potable se obtuvo de las cartas de pago del servicio 0.078 L/s



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL

Resultado de Análisis Físico Químico de Aguas Residuales antes de iniciar el tratamiento

Parámetros	Unidad	Resultado
Aceites y Grasas	mg/L	12.00
Alcalinidad de Bicarbonatos	mg/L	323.00
Boro	mg/L	<0.30
Calcio	mg/L	11.42
Cloruros	mg/L	89.33
DBO ₅	mg/L	189.36
DQO	mg/L	359.00
Magnesio	mg/L	4.62
Nitratos	mg/L	0.29
Sodio	mg/L	64.35

Resultado de Análisis Físico Bacteriológico antes de iniciar el tratamiento

Parámetros	Unidad	Resultado
Coliformes totales	NMP/100 mL	15000
Huevos de parásitos	Huevos/mL	<1



Resultado de Análisis en el Sitio

Temperatura (°C)		Parámetros	
	pH	Conductividad eléctrica CE (mS/cm)	Sólidos disueltos totales TDS (ppm)
15,6	7,7	0,86	616
16,1	7,8	0,90	684
15,8	8	0,71	510
16	7,7	0,82	604
15,8	7,8	0,88	653

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ESTUDIOS DEFINITIVOS

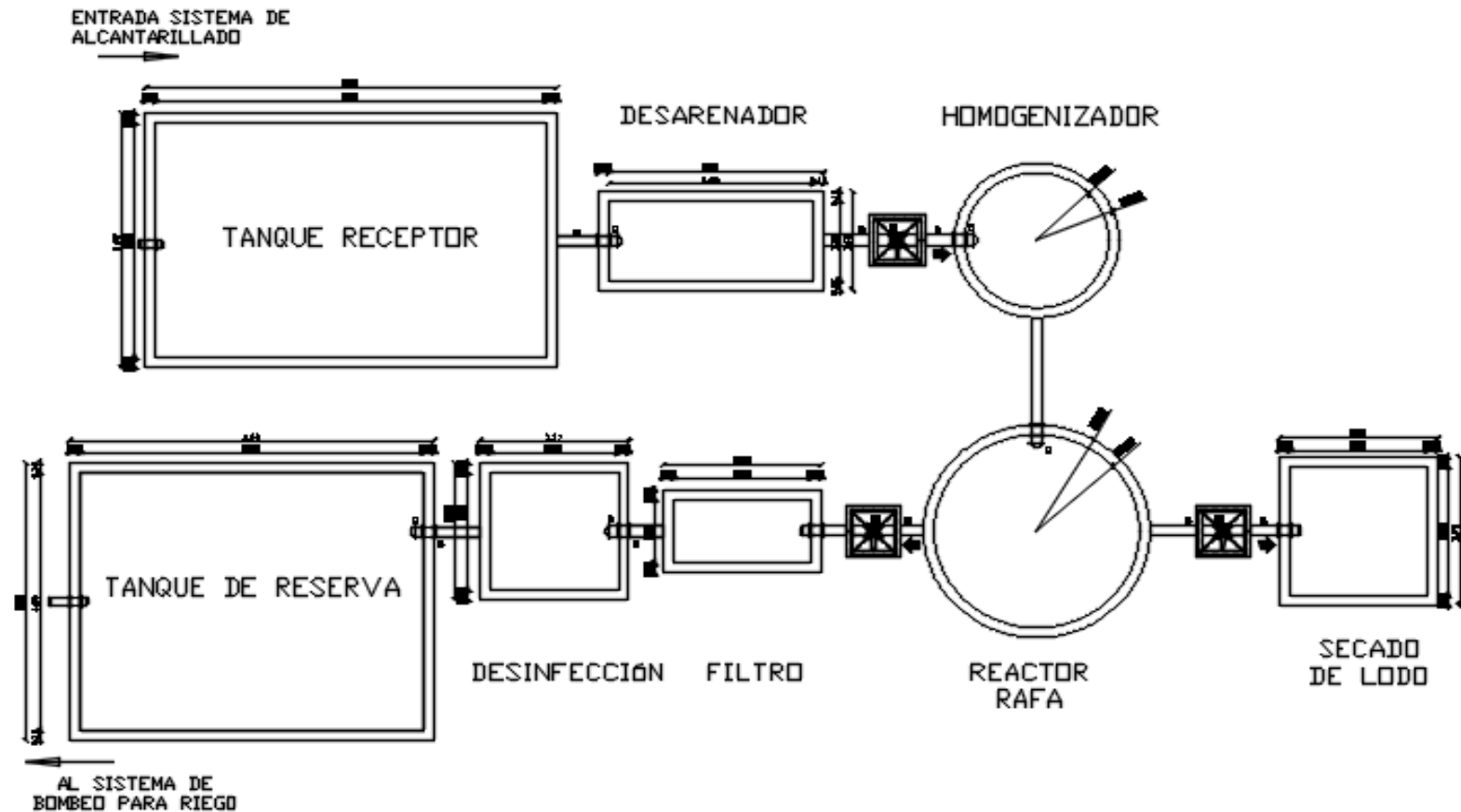
Parámetros de diseño

Población de saturación
 $Pd = 340$ habitantes

Dotación (cartas de pago) $D = 200.94$ L/hab-día

Coefficiente de Retorno
 $Cr = 0.72$

Caudal de Diseño
 $Qd = 2.4$ L/s



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarenador	
Material	H°A° 210 kg/cm ²
Ancho b (m)	0.5
Profundidad h (m)	1
Longitud L (m)	3
Tiempo de retención Tr(s)	60
Borde libre	0.25

Homogenizador	
Material	H°A° 210 kg/cm ²
Profundidad h (m)	2.55
Diámetro d (m)	3.20
Volumen Vhomogenizador (m ³)	20.26
Borde Libre (m)	0.10

Reactor RAFA	
Material	H°A° 210 kg/cm ²
Profundidad h (m)	4.00
Diámetro d (m)	3.00
Volumen VRAFA (m ³)	28.57
Tiempo de retención Tr(h)	14

Filtro	
Largo (m)	2.05
Ancho (m)	1.00
Relación l – a	1:2
Profundidad (m)	3.50
Profundidad columna de agua (m)	2.00

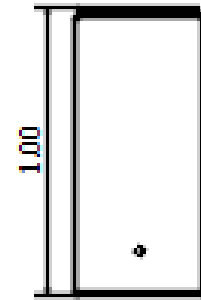
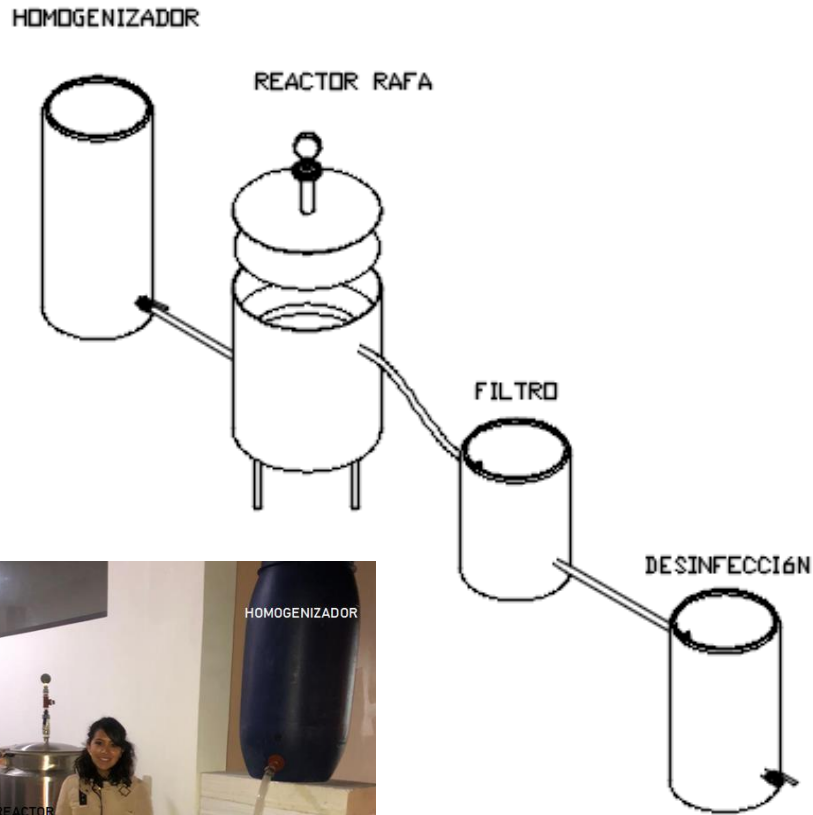
Desinfección	
Tiempo de retención (min)	40.00
Volumen (m ³)	6.80
Profundidad (m)	2.00
Ancho (m)	1.85
Largo (m)	1.85
Método de desinfección	hipoclorito de calcio en tabletas
Material	H°A° 210 kg/cm ²



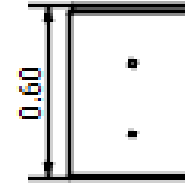
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



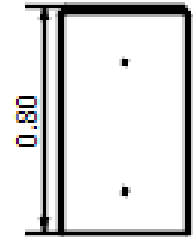
PLANTA PILOTO



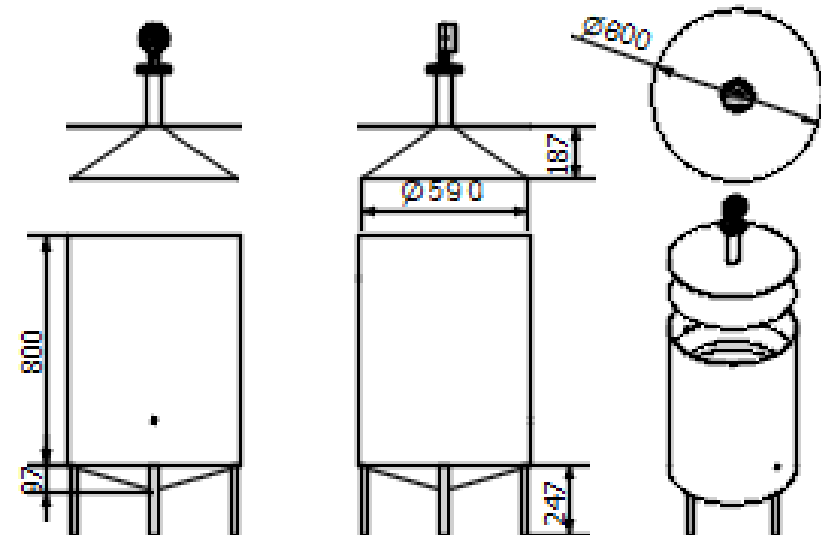
HOMOGENIZADOR



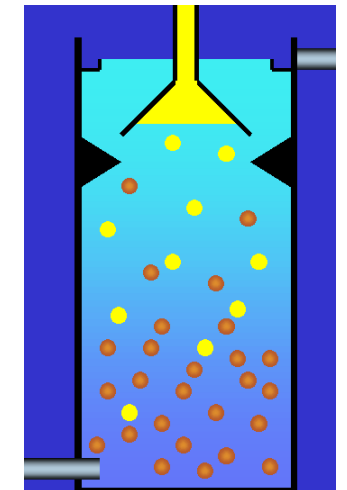
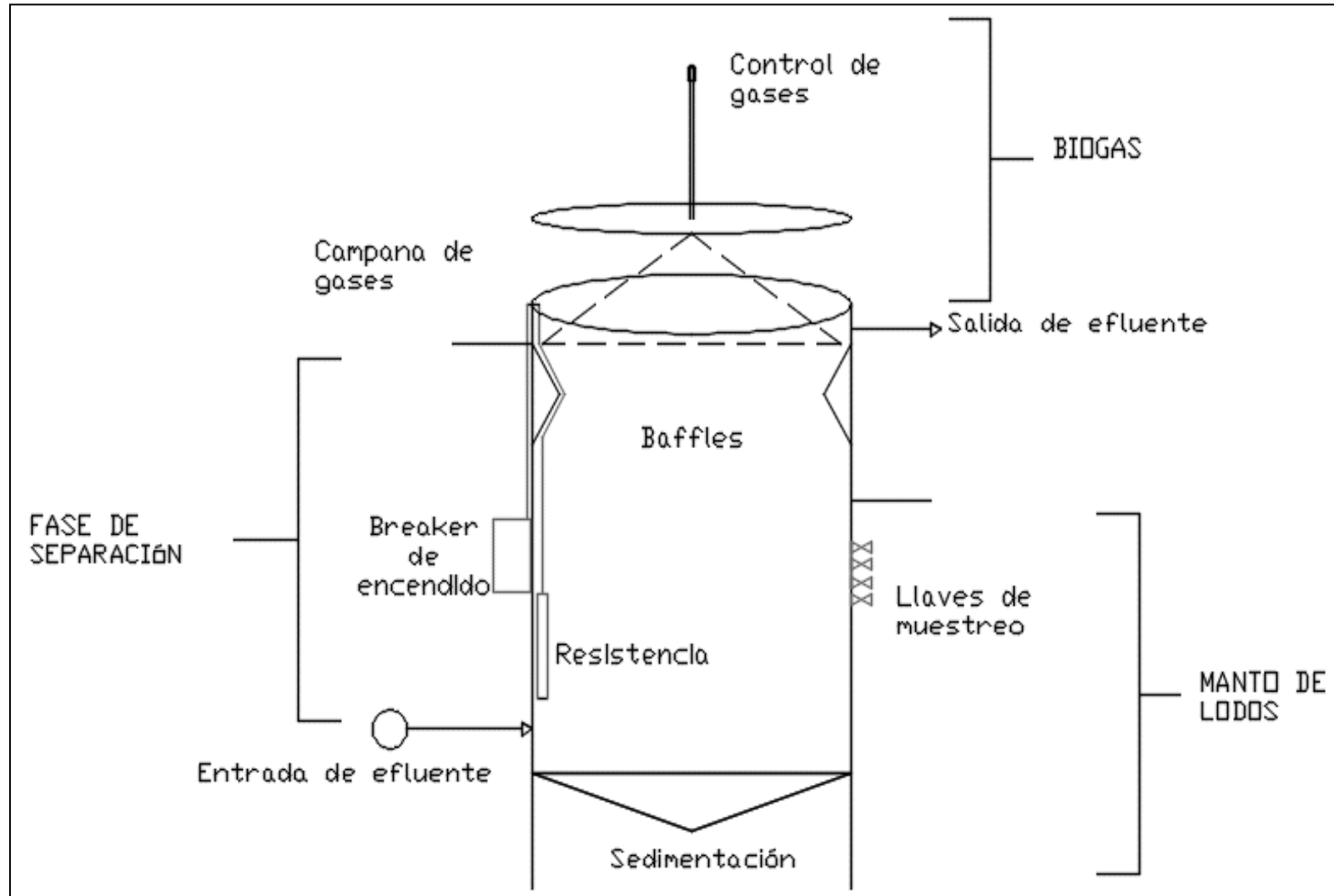
FILTRO



DESINFECCIÓN



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CALIDAD DEL AGUA

Parámetros	Unidad	Resultado antes del inicio	Resultado 15 días	Resultado 30 días	% de remoción
Aceites y Grasas	mg/L	12.00	3.00	0.20	98.33
Alcalinidad de Bicarbonatos (naranja de metilo)	mg/L	323.00	152.00	103.00	68.11
Boro	mg/L	<0.30	<0.40	<0.30	0
Conductividad eléctrica CE	mS/cm	0.83	0.81	0.78	6.02
Cloruros	mg/L	89.33	90.59	89.05	0.31
DBO ₅	mg/L	189.36	158.27	60.91	67.83
DQO	mg/L	359	290	127	64.62
pH		7.1	7.0	6.9	2.82
Nitratos	mg/L	0.29	0.21	0.23	20.69
Sodio	mg/L	64.35	60.77	54.48	15.34
Sólidos disueltos totales (TDS)	mg/L	684	420	408	40.35

Parámetros	Unidad	Resultado antes del inicio	Resultado 15 días	Resultado 30 días	% de remoción
Coliformes totales	NMP/100 mL	15000	<1.8	< 0	100
Huevos de parásitos	Huevos/mL	<1	0	0	100

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CALIDAD DEL AGUA

Parámetros	Unidad	Resultado	Límite máximo permitido
Aceites y Grasas	mg/L	0.20	0.3
Alcalinidad de Bicarbonatos (naranja de metilo)	mg/L	103.00	518.00
Boro	mg/L	<0.30	1
Conductividad eléctrica CE	mS/cm	0.78	0.70
Cloruros	mg/L	89.05	106.5
DBO ₅	mg/L	60.91	100
DQO	mg/L	127	250
pH		6.9	6.5-8.4
Nitratos	mg/L	0.23	5
Sodio	mg/L	54.48	68.94
Sólidos disueltos totales (TDS)	mg/L	408	450

Parámetros	Unidad	Resultado	Límite máximo permisible
Coliformes totales	NMP/100 mL	0	1000
Huevos de parásitos	Huevos/mL	0	0

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



SISTEMA DE RIEGO

Aspersores

- Aspersores: 12
- Caudal: 0.46m³/h
- Diámetro: 18.43m

Plantas

- Kikuyo
- Necesidad hídrica: 7.83 m³/día

Caudal

- caudal de 5.52 m³/h
- Funcionamiento o 1 hora 25 minutos

Bombeo

Bomba centrífuga de acero inoxidable de 1HP



5. CONCLUSIONES

- El levantamiento topográfico realizado en el área verde de la urbanización Portón de Bellavista se ha verificado que cuenta con una extensión 3624m^2 y la diferencia de nivel es de 4m. razón por la que se ha determinado que las condiciones son óptimas para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales e implementación de sistema de riego.
- El censo sanitario ha permitido identificar que el uso que se le da al agua de consumo humano, se generan un caudal de aguas residuales promedio de 0.056 L/s
- Por medio de la caracterización del agua residual cruda y tratada se ha obtenido porcentajes de reducción de los parámetros analizados, así, disminución de aceites y grasas 98.33%, reducción de bicarbonatos 68.11%, conductividad eléctrica 6.02%, cloruros 0.31%, nitratos 20.69%, sodio 15.34%, sólidos disueltos totales 40.35%, DBO_5 67.83% y DQO 64.62%.
- En el presente proyecto se determinó que una planta de tratamiento anaerobia cumple con la depuración de las aguas residuales domesticas producidas por la urbanización, es un método eficiente, energética y económicamente viable para el saneamiento de la misma y su reutilización en el riego de jardines.

5. CONCLUSIONES

- La planta piloto implantada para la urbanización cuenta de una homogenizador, reactor RAFA, filtro descendente y un tanque de desinfección, es una opción viable por su desempeño, además, no necesita grandes extensiones de terreno para su construcción lo que le hace factible para el tratamiento de las aguas residuales. El reactor RAFA necesita la inoculación de bacterias, razón por la cual, los resultados finales de la depuración del agua empiezan a obtenerse de 30 a 60 días.
- Se ha realizado el diseño definitivo del proyecto escogiendo como alternativa óptima una planta de tratamiento de aguas residuales anaerobia, ya que, mediante la planta piloto se ha obtenido resultados favorables, observando la depuración del agua residual, el espacio con el que cuentan en la urbanización es óptimo y el presupuesto ha sido aceptado para su construcción. Es de gran interés que el agua se pueda utilizar para el riego de jardines ya que la urbanización no puede conectarse a una red de alcantarillado por la topografía

5. RECOMENDACIONES

- Priorizar la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales ya que las mismas se encuentran contaminado el medio: el aire, el suelo, las aguas subterráneas al ser infiltradas por medio de pozos sépticos por la falta de atención permanente de la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado de Latacunga que en los últimos meses ya no envían el hidrosuccionador para vaciar el tanque de llegada de las aguas residuales.
- Construir un sistema de alcantarillado pluvial para evitar el colapso de la planta de tratamiento en días lluviosos.
- Realizar análisis de suelos antes de la construcción de la planta de tratamiento.
- Realizar el movimiento de tierras del área verde de la urbanización para unificar el terreno y facilitar la construcción de la planta de tratamiento
- Se debe realizar un plan de operación y mantenimiento para la planta de tratamiento, ya que, su eficiencia depende de cómo es manejada y se dé un periódico y adecuado mantenimiento.