



**Selección de sistemas individuales (monografía) de tratamiento de aguas residuales
domesticas para la laguna de Ubaque**

Denis Elian Mora Prieto

Código

10481711732

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería Civil

Bogotá, Colombia

2022

**Selección de sistemas individuales (monografía) de tratamiento de aguas residuales
domesticas para la laguna de Ubaque**

Denis Elian Mora Prieto

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero civil

TUTOR

Ing. Juan Pablo Rodríguez

Línea de Investigación:
Tratamiento de aguas residuales domesticas

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería civil

Facultad de Ingeniería civil

Bogotá, Colombia

2022

1 Contenido

2	Resumen	6
3	Abstract.....	7
4	Introducción.....	8
5	Planteamiento del problema	10
6	Objetivos.....	17
6.1	General.....	17
6.2	Específicos.....	17
7	Marco conceptual	18
7.1	Pequeñas instalaciones de recuperación de recursos hídricos	18
7.2	Aguas residuales	19
7.2.1	Tipos y características	19
7.2.2	Índice de calidad del agua.....	21
7.2.3	Contaminación por filtración	24
7.3	Eutrofización	24
7.4	Reglamentos de diseño.....	25
7.5	Sistemas de reutilización de agua no potable en el sitio	26
7.5.1	Consideraciones de diseño:	26
7.6	Generalidades de la tecnología de tratamiento de aguas residuales domésticas.....	28
8	Instalaciones	30
8.1	Sistemas centralizados.....	30
8.2	sistemas descentralizados.	30
8.3	Sistemas de tratamiento de aguas residuales preliminar (PTAR).....	30
9	Estado del conocimiento.....	40
9.1	Introducción a sistemas descentralizados	40
9.2	Sistemas centralizados.....	46
10	Metodología.....	31
10.1	Descripción zona de estudio	31
10.1.1	Población, importancia y economía.....	31
10.2	Contaminación de la laguna.....	32
10.3	Fuentes hídricas de la zona.....	32
10.4	Índices de precipitación	35
11	Caracterización física de la zona	36

11.1	Mapa número de viviendas	36
11.2	Calidad del agua de la laguna.....	37
11.3	Identificación de sistema de tratamiento de agua residual	49
12	Análisis y resultados.....	52
12.1	sistema de tratamiento más recomendable.....	52
12.2	Planta de tratamiento para agua residual domestica.....	¡Error! Marcador no definido.
12.2.1	Calculo trampa de grasas.....	52
12.2.2	Dimensionamiento tanque séptico.....	53
12.2.3	calculo diseño volumen filtro.....	56
12.3	Análisis costo construcción tanque séptico.....	59
12.4	Impacto y recuperación de la laguna esperado.....	60
13	Conclusiones y Recomendaciones	62
14	Referencias.....	63

LISTA DE FIGURAS

figura 1:	ubicación laguna de Ubaque.....	11
figura 2	características topográficas de la laguna tomada de Google earth	12
figura 3	puntos toma de muestras.....	13
figura 4:	evidencia de la calidad del agua en 2011	14
figura 5:	dimensión del impacto ambiental.....	14
figura 6:	evidencia de la calidad del agua en 2020	15
figura 7	Índices de calidad del agua en la laguna de ubaque en temporada de invierno.....	16
figura 8	Índices de calidad del agua en la laguna de ubaque en temporada de verano	17
figura 9	Tipos de aguas residuales	20
figura 10	Características de aguas residuales	20
figura 11	Variables de medición	22
figura 12	Tabla nivel de índice de calidad del agua	22
figura 13	Ubicación tanques para almacenamiento de agua no potable para reúso.....	27
figura 15	Sistema para la reutilización de aguas residuales domesticas	47
figura 16	fuentes hídricas del municipio de Ubaque	33
figura 17	microcuencas hidrográficas de la zona.....	34
figura 18	microcuencas de la subcuenca del rio palmar.....	35
figura 19	precipitación mensual anual de Ubaque.....	36
figura 20	Número de viviendas construidas alrededor de la laguna de Ubaque	37
figura 21	Mapa ubicación toma de muestras	38
figura 24	ecoguardian	¡Error! Marcador no definido.
figura 25	sistema electrónico automatizado de ecoguardian	¡Error! Marcador no definido.

figura 26 plano trampa de grasas	53
figura 27 Contribución de aguas residuales por persona	54
figura 28 tiempo de retención	55
figura 29 valores de tasa de acumulación de lodos digeridos	55
figura 30 valores de profundidad útil	56
figura 31 diseño tanque séptico con medidas	57
figura 32 plano tanque séptico	58
figura 33 plano tanque séptico	59
figura 34 laguna de ubaque	61
figura 35 toma muestra agua numero 1	69
figura 36 toma muestra agua numero 3	70
figura 37 proceso toma de muestra de agua laguna	70
figura 38 resultado pH muestra 1	71
figura 39 resultado muestra turbiedad muestra 1	71
figura 40 resultado conductividad muestra 1	72
figura 41 resultado color de agua muestra 1	72
figura 42 Resultado DQO muestra 1	73

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 procesos para tratamiento de aguas residuales	29
Tabla 2 Sistemas para la reutilización de agua gris.....	44
Tabla 3 resultados análisis calidad del agua laguna de Ubaque	39
Tabla 4 Análisis parámetros evaluados.....	39
Tabla 5 APU tanque séptico	60

2 Resumen

La investigación consiste en una problemática que se presenta la laguna de Ubaque por la contaminación producto de aguas residuales domesticas de las viviendas más cercanas a esta, por lo que fue necesario realizar una investigación de sistemas centralizados para el tratamiento de aguas residuales domesticas que se pueda adaptar a la zona de estudio y así poder reducir la carga contaminante que esta produce en la laguna. En relación con esta problemática se consultó diferentes sistemas de recuperación de aguas que existen en el mercado y se evaluó su proceso de tratamiento, sus características, ventajas y desventajas. Y de acuerdo con el reconocimiento de la zona de estudio se determinó la elaboración de un tanque séptico anaeróbico con proceso de separación de grasas, degradación de lodos sedimentables, sedimentación de partículas más finas y una filtración ascendente. Como también el costo de la elaboración de este sistema.

Palabras claves: tratamiento aguas, residuales domésticas, sistemas centralizados, sistemas descentralizados.

3 Abstract

The investigation consists of a problem that the Ubaque lagoon presents due to the contamination produced by domestic wastewater from the houses closest to it, for which it was necessary to carry out an investigation of centralized systems for the treatment of domestic wastewater that can be adapt to the study area and thus be able to reduce the contaminant load that it produces in the lagoon. In relation to this problem, different water recovery systems that exist in the market were consulted and their treatment process, characteristics, advantages, and disadvantages were evaluated. And according to the recognition of the study area, the development of an anaerobic septic tank with a process of fat separation, sedimental sludge degradation, sedimentation of finer particles and ascending filtration was determined. As well as the cost of developing this system.

Keywords: domestic wastewater treatment, centralized systems, decentralized systems.

4 Introducción

La deficiencia de saneamiento adecuado para los seres humanos es un problema asombroso. Al menos 4500 millones de personas viven sin una opción de saneamiento inadecuado (Organización Mundial de la Salud, 2015) incluso en países con una alta cobertura de instalaciones de saneamiento modernas, el diseño deficiente y la falta de compromiso para mantener la infraestructura conducen a una contaminación masiva a través de la descarga en aguas superficiales y subterráneas (Wear et al., 2021). En efecto los desechos humanos son tan generalizados e intensos ingresando a las vías fluviales, que no sorprende que los modelos globales de contaminación por aguas residuales predigan una contaminación generalizada de las aguas superficiales. Sin embargo, la contaminación de aguas superficiales por virus fecales es solo un indicador y una dimensión del problema de contaminación. Las heces y los virus fecales que acompañan a la descarga de aguas residuales traen una gran variedad de contaminantes, incluidos disruptores endocrinos, metales pesados, productos farmacéuticos y patógenos (Thurber, 2015). Es por esto por lo que se reconoce ampliamente que la contaminación de fuentes hídricas resulta en una amenaza global para la salud pública. Afectando de igual forma la vida silvestre y los hábitats naturales porque a menudo también se acumulan las toxinas y patógenos en las plantas y animales acuáticos.

La falta de un buen manejo de aguas residuales para su posterior disposición en lugares cercanos a humedales o cuerpos de aguas lentos de vivienda rurales, hacen que estos se infiltren y combinen con el agua cerca, y debido a que estas cargas contaminantes traen varios componentes que alteran las características tanto físicas, químicas y biológicas producen un problema denominado eutrofización, que es la pérdida de oxígeno en el agua por parte de la vegetación cercana de la zona. Debido a la complejidad topográfica del sector la construcción de

una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) tendría un costo de construcción demasiado elevado, por lo que se trata de implementar métodos más económicos en los cuales los tratamientos sean centralizados o individuales para cada vivienda. Este trabajo se realiza para generar una solución de bajar la contaminación a la laguna de Ubaque.

Los principales impactos del cambio climático son las inundaciones y sequías, pero hay que añadir a estos que la calidad del agua superficial también se ve afectada, aunque sea obvio, por ejemplo, el afluente de agua que no tenga ingreso de aguas residuales si se ve perjudicada por la calidad de esta debido al aumento de concentración en sus componentes físicos por consecuencia de aumento de temperatura ambiente, el aumento de eventos hidrológicos extremos y aumento de radiación solar. Es por esto que existe una tendencia a la degradación de la calidad del agua potable que conlleva a un incremento de situaciones de riesgo para la salud principalmente durante periodos extremos de eventos meteorológicos en países de clima templado (Delpla et al., 2009).

Desde una perspectiva más general el concepto de cambio global, la evolución del uso de la tierra, la deforestación, la expansión urbana y la impermeabilización de áreas también pueden contribuir en la degradación de la calidad del agua. Pero más a menudo, la contaminación del agua está directamente relacionada con las actividades humanas de origen urbano, industrial o agrícola, y el cambio climático podría conducir a la baja calidad del agua superficial como consecuencia indirecta de estas actividades. Por lo tanto, los ciclos de sequía y Re-humectación pueden alterar la calidad del agua, debido a que aumenta la descomposición y el lavado de materia orgánica en los arroyos (Evans et al, 2005).

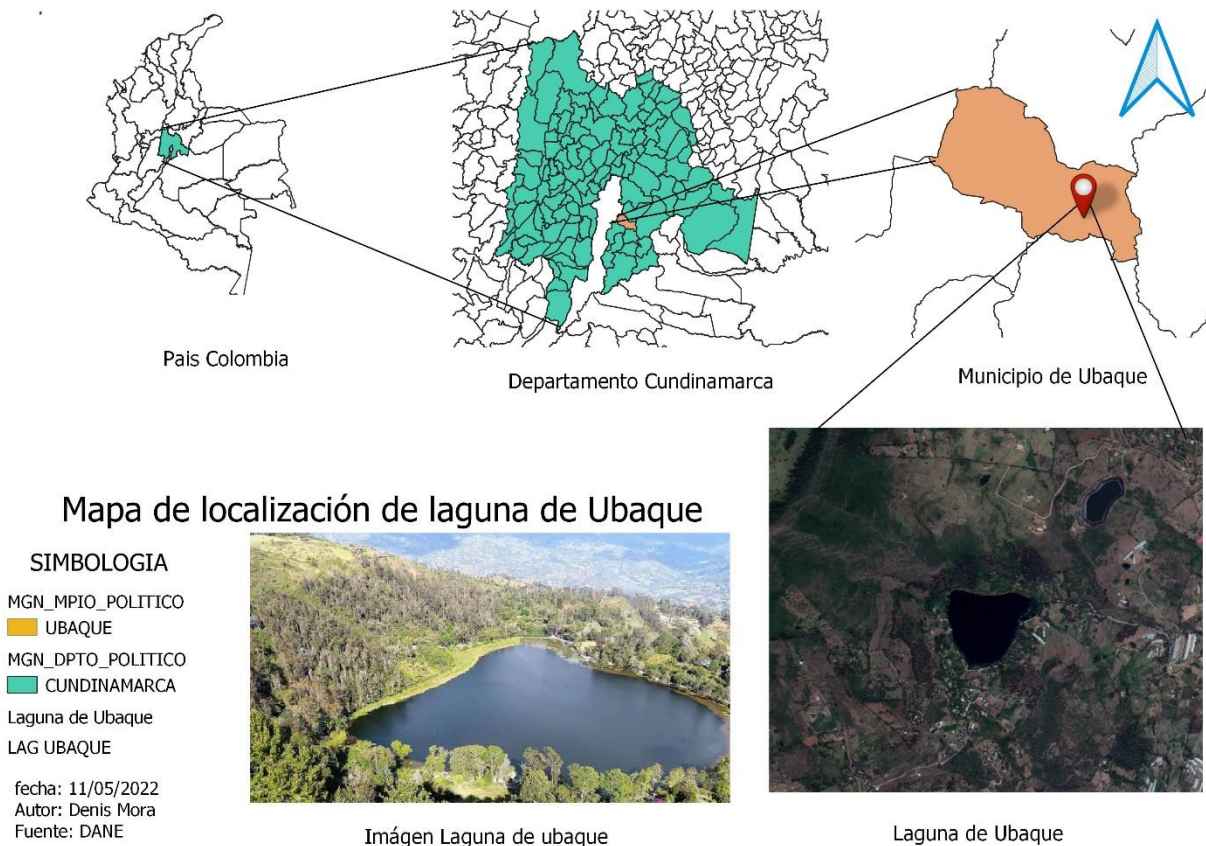
Este trabajo es un esfuerzo por describir alternativas para el tratamiento de aguas residuales en zonas de poblaciones con muy poca densidad de viviendas y que no cuentan con un

sistema alcantarillado debido a su topografía o condición económica pero que a la vez surge como una forma de alcanzar objetivos de desarrollo sostenible en el cual se garantiza mejorar la calidad del agua reduciendo su contaminación permitiendo su reutilización.

5 Planteamiento del problema

En el departamento de Cundinamarca, en el municipio de Ubaque, en la vereda cacique a 1867 msnm se encuentre ubicada la laguna de Ubaque. Un sitio turístico en la que un cuerpo de agua lenticó posee un problema de contaminación por entrada de aguas residuales domésticas por infiltración de los tanques sépticos de los habitantes que viven en alrededor. Esto causa graves alteraciones de manera física como por ejemplo la pérdida del espejo de agua, la temperatura y la turbiedad por mencionar algunos. Como también altera la calidad del agua química y bacteriológicamente (Maria Charry, 2016). Y afectando así a la fauna y flora existente en la laguna y de igual manera a la economía del municipio. En la figura 1 se presenta un mapa de ubicación de la laguna de Ubaque y en la figura 2 se observa las características topográficas de la zona de estudio.

figura 1: ubicación laguna de Ubaque

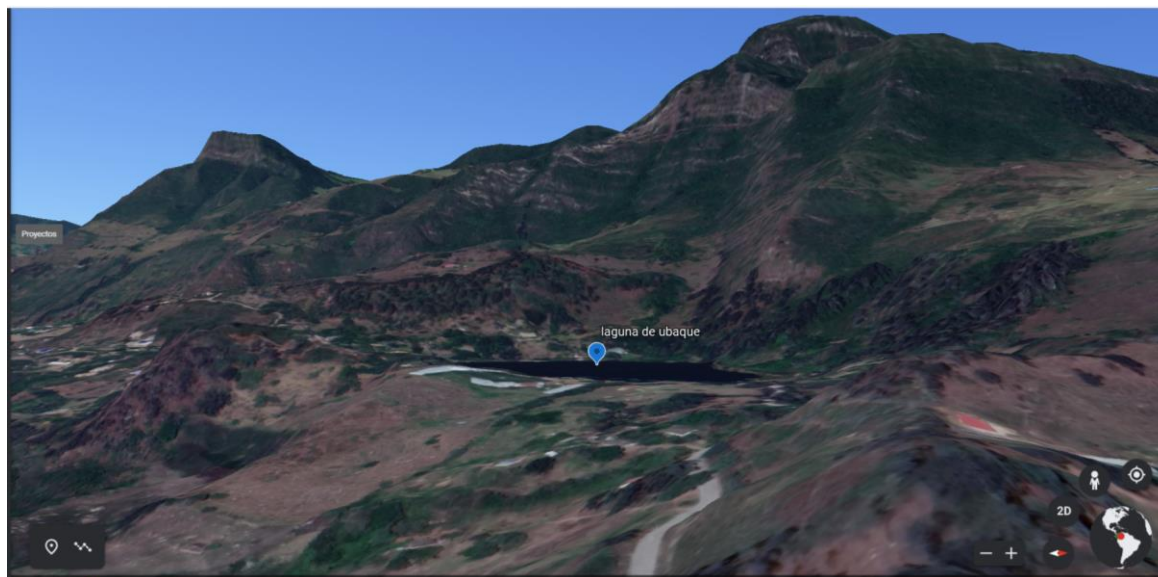


Nota: elaboración propia

El municipio de Ubaque se encuentra en una zona de pendiente promedio del 40%, es decir con gran diversidad de alturas: principalmente la zona de manejo especial denominada vereda cacique, allí se forma la Laguna de Ubaque. Hidrográficamente a la laguna ingresan aguas por escorrentía de la zona, nacederos y de acuerdo con los habitantes del sector también ingresa agua sobrante del tanque de almacenamiento del acueducto de asocasique, se desconoce la información exacta del caudal de entrada de agua a la laguna ya que no se encuentra información verídica. Esta zona de estudio hace parte de la cuenca del río Negro, que es afluente del río Guatiquia. La cuenca principal es el Río Blanco-Negro-Guayuriba, que se encuentra en la

zona sur del departamento de Cundinamarca, al borde del piedemonte llanero por la parte sur y oriental, páramo de Sumapaz al occidente, y el flanco oriental de la cordillera Oriental al norte.

figura 2 características topográficas de la laguna tomada de Google earth



NOTA: En la figura 2 se muestra el relieve de la laguna de Ubaque: (earth, 2020) Coordenadas 4°30`03” N 73°55`54” W

Resulta evidente una mínima participación de la alcaldía en sensibilizar a la comunidad para adquirir buenas prácticas ambientales que ayuden en mantener un entorno limpio como hacer un uso adecuado de canecas para la disposición de residuos sólidos y evitar hacer una mala disposición de vertimiento de aguas residuales en la laguna, aumentando la contaminación de esta y disminuyendo la calidad del ecosistema.

Según estudios realizados por la universidad libre de Colombia en el año 2016 por la facultad de ingeniería ambiental en el que se evaluó las características físico- químicas y biológicas de la laguna, como actualización del manejo ambiental de este recurso hídrico. Cabe mencionar que se registraron 6 muestras de agua en diferentes puntos la laguna del cual obtuvieron unos valores de

la evaluación en los que los puntos más críticos fueron el 1, 5 y 6. Como se puede observar en la figura 3 se muestran los puntos de muestreo para la recolección de datos de la calidad del agua en temporada de invierno y verano.

figura 3 puntos toma de muestras



Nota: fuente (Maria Charry, 2016)

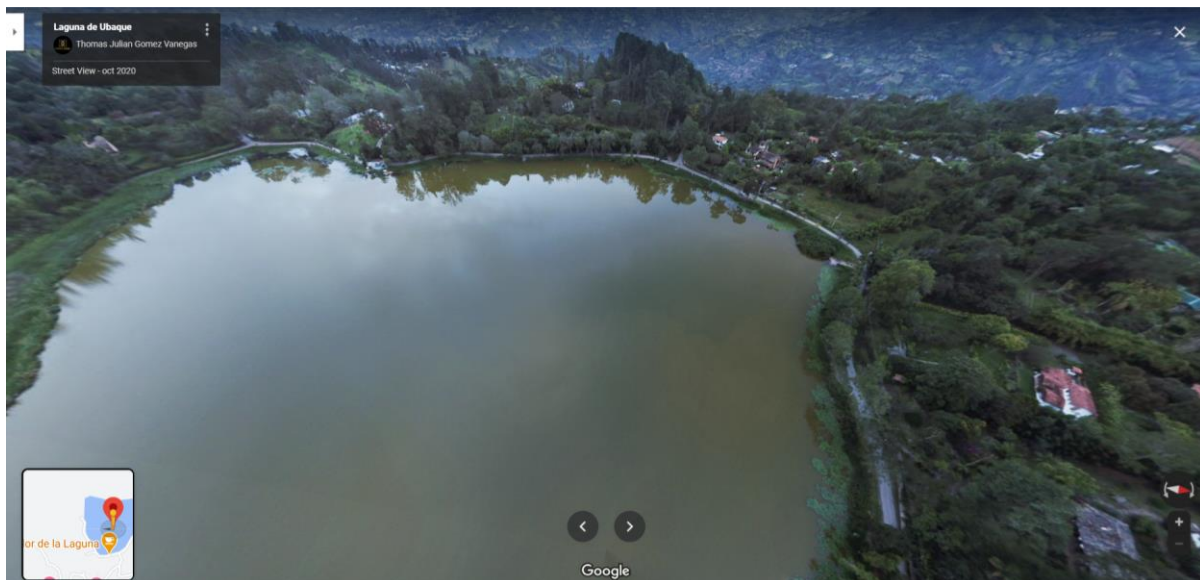
De acuerdo con los puntos donde se tomaron las muestras se encontró tuberías de vertimiento de agua residual proveniente de las casas de recreo más cercanas que incrementaba la colmatación por microfitos ocasionando la eutrofización (Maria Charry, 2016). Dando como resultado la perdida de claridad del espejo de agua debido al ingreso de aguas negras. En la figura 4, 5 y 6 se observa las evidencias fotográficas del cambio de calidad de agua a través del tiempo.

figura 4: evidencia de la calidad del agua en 2011



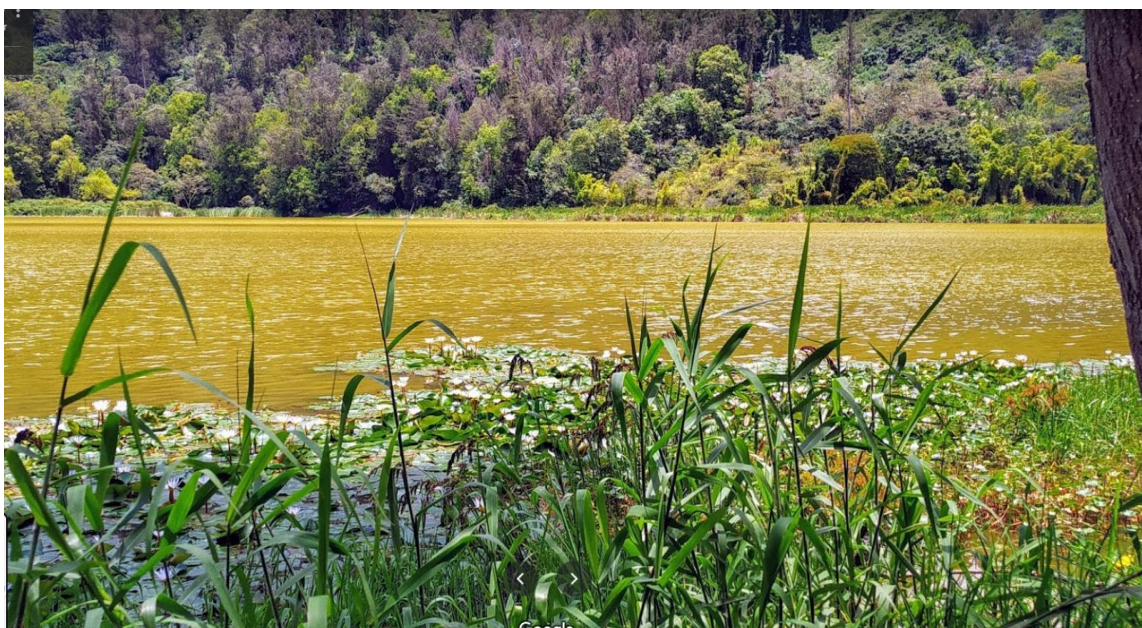
Nota: fuente propia (Denis Mora) 22/Mayo/2011

figura 5: dimensión del impacto ambiental



Nota: fuente (Thomas Gómez) octubre 2020

figura 6: evidencia de la calidad del agua en 2020



- Nota: fuente nelson Salazar (septiembre 2020)

Se puede determinar que hay algo de contaminación debido a que simple vista el grado de turbidez es alto, y según el informe de la universidad libre la laguna presenta problemas de eutrofización. Se debe mencionar que por parte de la alcaldía realizó una jornada de trabajo el día 29 de enero del 2021 con el objetivo de limpiar el espejo de agua de la laguna, retirando el material orgánico (plantas acuáticas) que flotan al borde del cuerpo de agua. De acuerdo con datos del ministerio de ambiente Colombia tiene 1124 municipios de los cuales cuenta con 1094 humedales debido a que es un país con mucha biodiversidad y tener diferentes zonas geográficas. Es decir, que aproximadamente el 87 % de los habitantes del país está conviviendo con los humedales, lo que significa un aproximado de 29 millones de personas (Ministerio de ambiente, 2015).

A continuación, se presentan los resultados del análisis de calidad de agua por parte de la universidad libre de Colombia, en la figura 7 se contemplan los datos tomados en temporada de

invierno de los 6 puntos de muestra. Índices de calidad del agua en la laguna de ubaque en temporada de invierno

figura 7 Índices de calidad del agua en la laguna de ubaque en temporada de invierno

Parámetros	1	2	3	4	5	6
Temperatura (°C)	19,86	20,89	20,61	20,73	20,60	20,94
Color (UPT)	17,77	15,37	18,85	13,65	17,90	18,98
Turbiedad (UNT)	62,40	9,77	15,57	8,60	16,50	16,70
Sólidos (SDT) (mg/l)	270,00	57,00	63,67	54,00	65,00	53,00
Conductividad (µS/cm)	238,13	109,67	81,80	64,03	95,50	72,83
pH	5,33	7,02	5,65	6,91	5,47	6,48
Alcalinidad (mg/l)	43,33	36,67	63,33	46,67	36,67	33,33
Acidez (mg/l)	0,00	0,00	4,00	2,67	4,00	0,00
Dureza (mg/l)	31,80	33,70	34,90	30,40	33,60	34,70
Fosfatos (mg/l)	<0.111	<0.111	<0.111	<0.112	<0.113	<0.114
Carbono Orgánico Total (mg/l)	7,00	8,00	8,00	6,00	7,00	8,00
Nitritos (mg/l)	0,17	0,26	0,12	0,09	0,21	0,23
Nitratos (mg/l)	0,53	0,29	<0.05	0,27	0,46	0,32
Oxígeno Disuelto (mg/l)	6,92	6,95	6,68	6,59	6,94	6,73
DBO (mg/l)	11,00	8,00	6,00	3,00	9,00	7,00
DQO (mg/l)	67,00	40,00	54,00	37,00	58,00	65,00
Coliformes Totales (NMPCT)	2419,60	2419,60	2419,60	>1589,4	>1400,7	>2419,6
Coliformes Fecales (NMPCF)	6,30	4,10	81,60	2,40	12,70	69,30

Nota: fuente: (Maria Charry, 2016)

De igual forma en la figura 8 se observan los resultados de los mismo 6 puntos de muestra, pero en temporada de verano con los mismos parámetros de medición de la figura 7.

figura 8 Índices de calidad del agua en la laguna de ubaque en temporada de verano

PARÁMETROS	PUNTOS					
	1	2	3	4	5	6
Temperatura	19,70	19,77	19,93	19,02	19,10	19,40
Color	17,56	14,83	18,00	12,57	17,94	18,65
pH	6,30	7,15	6,70	5,89	6,48	6,80
Oxígeno Disuelto (mg/l)	8,00	7,20	7,20	6,30	6,70	7,00
Conductividad (µS/cm)	108,00	102,30	101,30	102,00	108,00	102,30
Turbiedad UNT	6,49	4,07	9,73	1,33	8966,00	8,17
Sólidos (SDT) (mg/l)	70,60	69,60	65,50	66,00	70,30	66,00
Alcalinidad (mg CaCO ₃ /l)	80	90	60	60	50	40
Acidez	0	2	4,66	3,33	3,33	0
Dureza (mg CaCO ₃ /l)	170,21	154,26	106,38	159,57	90,43	101,06
Fosforo Total	0,42	0,49	0,81	1,45	0,94	1,18
Fosfatos	0,21	0,44	0,07	0,35	0,27	0,36
Carbono Orgánico Total	7	8	8	5	7	7
Nitritos (mg NO ₂ /l)	0,15	0,27	0,18	0,05	0,19	0,2
Nitratos (mg NO ₃ /l)	0,48	0,23	0,09	0,19	0,40	0,28
DBO (mg/l)	9,00	7,00	7,00	1,00	8,00	8,00
DQO (mg/l)	38,97	12,32	19,71	10,05	29,18	34,72
Coliformes Fecales (UCF)	5,40	3,50	2,09	1,90	6,00	58,30
Coliformes Totales (UFC)	1660	1826	1494	830	644	2314

Nota: fuente (Maria Charry, 2016)

De acuerdo con los resultados de los índices de calidad de agua de la laguna de ubaque como podrían los habitantes de esta zona tratar sus aguas residuales para reducir su contaminación.

6 Objetivos

6.1 General

Realizar una investigación de sistemas centralizados para el tratamiento de aguas residuales domesticas que se pueda adaptar a la zona de estudio.

6.2 Específicos

- Realizar una revisión del estado del arte de sistemas centralizados para el tratamiento de aguas residuales domésticas.
- Verificar cuál de los sistemas se pueden aplicar a la zona de estudio.

7 Marco conceptual

7.1 Pequeñas instalaciones de recuperación de recursos hídricos

Las necesidades de agua, energía y alimentos son elementos claves e importantes para la población de una zona, un país o a nivel mundial y que por lo cual está en una creciente demanda a medida con el tiempo y que incrementa la población, pero los recursos explotables cada vez son más escasos (Jeque Mohammad Fakhrul Islam y Zahurul Karim, 2019). La agricultura es la principal usuaria de consumo de agua por que representa hasta el 80% de la extracción de agua dulce, siendo el riego de cultivos alimentarios el uso dominante de esta (Juan F. Velasco-Muñoz 1 ID, José A. Aznar-Sánchez 1 et al., 2018).

El uso de aguas residuales regeneradas puede representar una opción de recuperación de recursos para áreas agrícolas pequeñas y medianas, ya que no solo satisface las necesidades de riego, sino que también el agua regenerada puede proporcionar una fuente potencial de nutrientes para los cultivos (Poustie et al, 2020).

En este sentido se comprende que las alternativas de tratamiento de aguas residuales, los sistemas centralizados tienen un alto consumo de energía y una extensa infraestructura de alcantarillado, aunque no se puede ignorar el desarrollo tecnológico que esta posee. Sin embargo, cuando se trata de reutilizar el agua regenerada de los sistemas centralizados de tratamiento de aguas residuales, la distancia entre las instalaciones y las zonas agrícolas es un gran inconveniente, ya que se debe habilitar una red de distribución de aguas regeneradas que duplica la infraestructura.

Por otro lado, la necesidad de agua agrícola puede ser estacional lo que implica el almacenamiento de grandes volúmenes de agua regenerada, en función de lo planteado las plantas descentralizadas de aguas residuales alivian la presión de las plantas centrales y reducen

los costos de bombeo para aguas residuales, además las plantas descentralizadas puede abordar los desafíos de la reutilización de agua regenerada y biofertilizantes al considerar su aplicación en áreas verdes y tierras agrícolas en los alrededores de la instalación. En lo esencial los sistemas descentralizados se basa en la segregación de los tres flujos de residuos: aguas negras generadas en los inodoros, aguas grises de lavandería, duchas o lavavajillas y residuos de cocina. La segregación de aguas negras evita su dilución y mejora el rendimiento de recuperación de recursos en forma de biogás y nutrientes. Por ejemplo, algunas opciones para el manejo de lodos son: el manto de lodos anaeróbico de flujo ascendente, los biorreactores de membrana y la digestión anaeróbica termófila. Mientras que las aguas grises después del tratamiento permiten su reutilización para recargar inodoros y agua de riego (Estévez et al, 2022).

7.2 Aguas residuales

Son aguas que contienen impurezas con orígenes de distintos lugares de vertimiento como lo podría ser de viviendas o conjuntos residenciales o de procedencia de plantas industriales, principalmente. De esta forma, tenemos que las aguas residuales pueden contener elementos contaminantes originarios de desechos urbanos o industriales, que se caracterizan por su composición física, química y bacteriológica.

7.2.1 Tipos y características

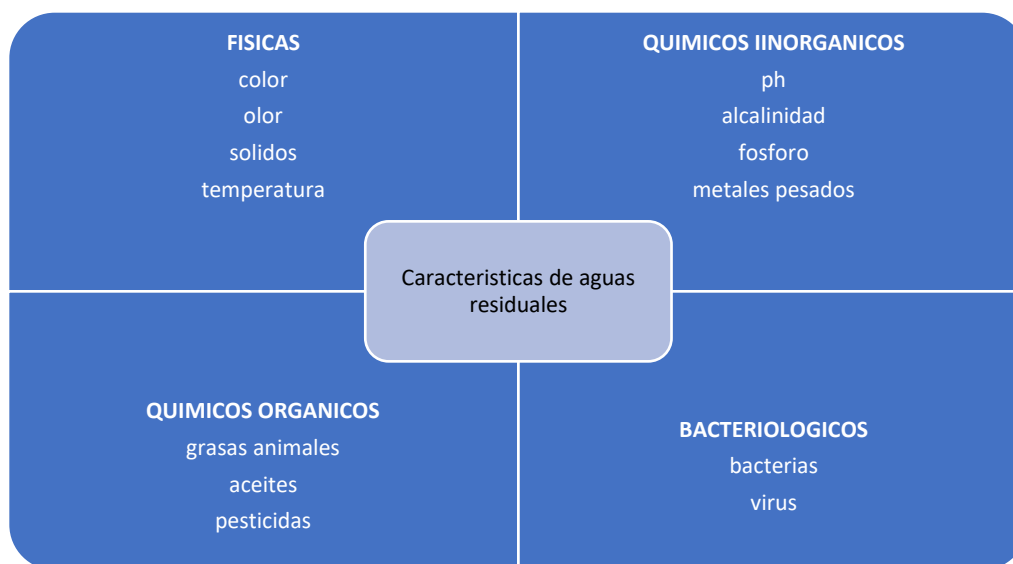
En las figuras 9 y 10 se pueden determinar los tipos y características de las aguas residuales puesto que estas tienen diferente origen.

figura 9 Tipos de aguas residuales

Tipos de aguas residuales		
Agrícolas	Industrial	Domestica
Son producto de las diferentes actividades de este, pero sus características de contaminantes varían según la actividad realizada, por ejemplo (ganaderia, piscicultura entre otros)	Su composición tiene un mayor impacto en los causes donde estos son depositados debido a que este tipo de aguas contienen todos los tipos de contaminantes (minerales y orgánicos).	Estas se derivan en aguas negras y aguas grises, la aguas grises son en si las aguas provenientes de la cocina y el baño (lavamanos y ducha), mientras que las aguas negras son producto del sanitario.

Nota: elaboración propia

figura 10 Características de aguas residuales



Nota: elaboración propia

Reusar agua: es el uso de aguas residuales para el aprovechamiento del agua previamente empleada, en una actividad distinta a la que genero este tipo de agua y realizar otras actividades donde estas no requieran agua de calidad.

7.2.2 Índice de calidad del agua

El índice de calidad de agua (ICA) es una guía que permite reconocer el grado de contaminación de una fuente hídrica superficial o subterránea según el tiempo determinado. Los datos de ICA que se pueden obtener de carácter físicos, químicos y biológicos de los cuales estos mediante orden matemática se puede evaluar el estado del agua (Yogendra, 2008).

Esta herramienta da la posibilidad para evaluar y hacer seguimiento a los cuerpos hídricos y hacer una formulación de políticas públicas en pro de un impacto ambiental más eficaz, en la actualidad han variado los métodos de evaluación de ICA; la diferencia entre estos radica en la forma como se calcula, puesto que se pueden emplear diferentes parámetros de evaluación. En cuerpos de aguas lenticos la aplicación de los índices de calidad ha sido relativamente nuevo (Pinilla, 2010). El desarrolló de un índice de limnología para un número determinado de humedales en Bogotá utilizando los parámetros y límites ordenados por la legislación colombiana para el agua potable; esto quiere decir que para los diferentes cuerpos de aguas se implementan diferentes procedimientos de evaluación de ICA. Cabe considerar que el método para la evaluación de cuerpos de aguas lenticos a utilizar seria la empleada por el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM, este a su vez adopto el método UWQI (universal wáter quality index). En el que se aceptaron seis variables elementales para la determinación del ICA en los cuerpos de agua como se muestra en la figura 11.

figura 11 Variables de medición

VARIABLES	SIMBOLO
demanda quimica de oxigeno	DQO
conductividad electrica	CE
solidos supendidos totales	SST
PH	PH
nitrogeno/fosforo (total)	N/P
oxigeno disuelto	OD

Nota: tomado de (Instituto de Hidrologia, Metereologia y Estudios Ambientales (IDEAM), 2011)

Con base en los resultados del ICA, el IDEAM comprende una escala de cero a uno, en cinco categorías representadas en la figura 12.

figura 12 Tabla nivel de índice de calidad del agua

CATEGORIA	INDICE	COLOR
Muy mala	0.00-0.25	Red
mala	0.26-0.50	Orange
Regular	0.51-0.70	Yellow
Aceptable	0.71-0.90	Green
Buena	0.91-100	Blue

Nota: tomado de (Instituto de Hidrologia, Metereologia y Estudios Ambientales (IDEAM), 2011)

7.2.2.1 Demanda química de oxígeno

Es un proceso para medir la cantidad de contaminantes en aguas naturales y residuales mediante la oxidación de materia orgánica presente en la muestra de agua con un oxidante fuerte, en donde la cantidad de oxidante que se consume se interpreta como oxígeno equivalente, sus valores dependen de las condiciones de temperatura del agua y tiempo desde que se recolecto la muestra. (Instituto de hidrologia, meteorologia y estudios ambientales IDEAM, 2007). Entre más elevado sea el valor de DQO mayor será el grado de contaminación que posee el agua

7.2.2.2 PH

Es el término químico utilizado para cuantificar cual es la concentración de iones hidrógeno en un líquido. La letra "p" simboliza el logaritmo negativo de la concentración de iones, y la letra "H" simboliza el ion de hidrógeno, designado químicamente [H +], en términos de moles por litro. Por lo tanto, el término pH mide el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia de acuerdo con el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrógeno en moles por litro (Roberts, 2007).

7.2.2.3 Turbiedad

Se debe entender que la turbiedad del agua es el contenido de sólidos disueltos en el agua o la falta de claridad de esta. debido a materia suspendida como limo, arcilla materia orgánica compuestos orgánicos o inorgánicos disueltos. La turbidez se caracteriza por la cualidad óptica que hace que la luz se disperse, absorba o refleje en lugar de transmitirse en línea recta a través de un líquido (Roberts, 2007).

7.2.2.4 Conductividad

Es una medida de la propiedad que tienen las soluciones acuosas para transportar corriente eléctrica. Debido a que esta propiedad varía dependiendo de la presencia de iones concentrados en esta y de la temperatura del agua. Sus unidades son de micromho por centímetro, y su intervalo es de 10 a 10000 $\mu\text{mho/cm}$, el método es aplicable a aguas residuales domésticas e industriales, superficiales, salinas, potable y lluvia ácida (suarez Doris, 2006).

7.2.2.5 Color de agua

Es otro parámetro de indicador de calidad que indican la presencia de materia orgánica natural que esta disuelta en el agua como sustancias húmicas y algunos metales como hierro, manganeso o cobre que se encuentra disuelto o en suspensión.

7.2.3 Contaminación por filtración

La afectación de aguas residuales al medio ambiente por medio de filtración o forma directa, generadas por las actividades domésticas producidas de pequeños poblados que no disponen con un sistema de alcantarillado y de la mala construcción de las antiguas fosas sépticas que se construyeron cerca de una reserva natural como por ejemplo un lago. Varía en proporción a el tipo de suelo que se encuentran en la zona, como también de la topografía del sector y las variables como el clima. Estos contaminantes causan pérdidas de oxígeno en los cuerpos de agua alterando la vida acuática y el ecosistema.

Según Doménech (2014), en el agua “Los contaminantes pueden moverse a niveles más profundos del lago por los movimientos de agua o por la inclinación que este tenga no obstante de ser eliminado por biodegradación, este puede mezclarse a organismos vivos por bioacumulación o bien regresar a la atmósfera por evaporación”. En este escenario, se percibe que los animales son los más afectados debido a que estos manifiestan malestares, sintomatología o comportamientos atípicos.

7.3 Eutrofización

Es el proceso de contaminación más general en lagos, balsas, ríos y embalses donde haya actividad del ser humano cerca. Debido a un gran aumento de nutrientes en el agua, que principalmente estén compuestos por nitrógeno y fosforo. Un ejemplo claro de este tipo de actividades son aguas residuales domesticas donde están tienen una gran cantidad de materia orgánica producto de detergentes con fosfatos, o de aguas sanitarias. Otro agente contaminante que ayuda en el proceso de eutrofización es la agricultura puesto que se emplean fertilizantes para aumentar la producción de sus cultivos, pero que a la vez cuando estos cultivos están cerca de fuentes hídricas, estos fertilizantes se filtran o escurren hasta llegar las fuentes de agua.

Otro causante de la eutrofización en el sector rural es la ganadería, pues los excrementos de los animales tienen alto contenido de nutrientes y nitrógeno, este último es muy abundante en las heces de los animales y una mala disposición de estos puede afectar en gran medida toda fuente de agua. Así como también cuando hay una actividad forestal cerca y quedan residuos de los cuales estos degradan en nutrientes que al entrar en contacto con el agua estos serán aprovechados por las plantas acuáticas, y estas se desarrollen más rápido y originaria el fango.

7.4 Reglamentos de diseño

Como requisito para el cumplimiento de estándares mínimos de calidad de la red hidráulica de una vivienda se entiende como base la utilización de la norma técnica colombiana (NTC1500) del cual se hace referencia a la última actualización (2020), numeral 8 desagüe sanitario.

Cuando no se disponga de un alcantarillado público las tuberías y sistemas de desagüe sanitario se deben conectar a un sistema privado de eliminación de aguas residuales que cumpla con los requisitos nacionales o locales. Cuando no existan requisitos nacionales o locales para los sistemas privados de eliminación de aguas residuales, las tuberías y los sistemas de desagüe sanitario se deben conectar a un mismo sistema de eliminación de aguas residuales privado aprobado, que esté de acuerdo con el internacional private Sewage Disposal Code. (Norma técnica Colombiana (NTC1500), 2020). Teniendo en cuenta la norma técnica colombiana 1500 en el título 13 se establece los requisitos a cumplir de los materiales, diseño, construcción y la instalación de sistemas de recolección y almacenamiento, para el tratamiento y distribución del agua no potable en sitio.

7.5 Sistemas de reutilización de agua no potable en el sitio

Los sistemas de reutilización de agua no potable en el sitio solo deben recoger los desechos procedentes de: bañeras, duchas, lavadoras de ropa y bandejas de lavandería, pero también es permitirle para el tratamiento de estas aguas residuales las provenientes de agua de lluvia según el grado de contaminación y su posterior tratamiento para la actividad a realizar.

7.5.1 Consideraciones de diseño:

Para la construcción o instalación de tanques de almacenamiento de aguas residuales estos deben cumplir con los siguientes requisitos, cualquier tanque de almacenamiento debe estar protegido de la exposición solar, se debe tener en cuenta que los materiales con los que se construya o esté construido el tanque deben ser de materiales duraderos, no absorbentes y resistentes a la corrosión estos pueden ser en concreto, metal revestido, fibra de vidrio o plástico muy teñido. Ya que deben ser compatibles con cualquier sistema de desinfección (Norma Técnica Colombiana-NTC1500, 2020). Cabe considerar que cuando se instalen debajo del nivel el sistema de almacenamiento debe estar diseñado para resistir cargas estructurales de tierra y deformaciones o asentamientos del suelo.

Sifones de instalación: el sifón de un aparato debe tener un sello líquido de 51mm(2pulgadas) y máximo de 102mm (4 pulgadas), o mayor profundidad para diseños especiales relacionados con aparatos accesibles.

Tubos de recolección: se deben utilizar tuberías de desagüe aprobadas para su uso de sistemas de desagüe de instalaciones hidráulicas para recoger y transportar agua no tratada según recomendaciones de la NTC 1087.

Instalación: la pendiente de la tubería debe ser tal que garantice su capacidad para evacuar el caudal de diseño, con una velocidad entre 0,60m/s y 5m/s en condiciones de tubo

lleno por lo cual se debe instalar en alineación y pendientes uniformes. Por ejemplo, para un tubo entre 3 y 6 pulgadas debe tener una pendiente de 10 mm/m las juntas para instalación del sistema dependerán del tipo de material a utilizar en el sistema.

Dimensiones del sistema según carga unitaria: debe ser la máxima por aparato, y el máximo número de unidades de desagüe conectados al sistema de alcantarillado.

Filtración: el agua no tratada que se recoge para su reutilización se debe filtrar, según sea necesario para el uso previsto. Esos filtros deben ser de fácil acceso para inspección y mantenimiento. Estos filtros deben tener un método de indicación, cuando un filtro requiere servicio o remplazo. Cabe resaltar que en los filtros hay que colocar válvulas de cierre inmediatamente aguas arriba y abajo realizar el mantenimiento. Se debe considerar la norma NSF350 tanques de almacenamiento

Ubicación: en la siguiente figura número 14 se determina la ubicación de tanques para almacenamiento de agua no potable para su reusó.

figura 13 Ubicación tanques para almacenamiento de agua no potable para reúso.

Elemento	Distancia horizontal mínima del tanque de almacenamiento m (pies)
Zona de raíz crítica (CRZ) de árboles protegidos	0,6 (2)
Línea de lote contigua a lotes privados	1,5 (5)
Pozos de filtración	1,5 (5)
Tanques sépticos	1,5 (5)
Pozos de agua	15,2 (50)
Arroyos y lagos	15,2 (50)
Servicio de agua	1,5 (5)
Red pública de agua	3,0 (10)
Para SI: 304,8 mm = 1 pie	

Nota: tomado de (Icontec-NTC 1500, 2020)

7.6 Generalidades de la tecnología de tratamiento de aguas residuales domésticas

Los métodos de procesamiento de aguas residuales domésticas se adoptan y mejoran principalmente en función del tratamiento de aguas residuales domésticas municipales. Debido a la forma de generación de las aguas residuales, las características de desechos residenciales, es decir no complejas es fácil de tratar y alcanzar el estándar de descarga utilizando un solo método en el tiempo y el espacio límite. El uso colaborativo de múltiples métodos mejora el proceso, además el desarrollo de tecnologías y dispositivos de procesamiento son importantes para una mejora continua. Hasta ahora, en muchos Principalmente se pueden encontrar tres tipos de tratamientos: tratamiento físico, químico y biológico, (Behera et al., 2021).

Tabla 1 procesos para tratamiento de aguas residuales

	Tecnología de tratamiento	Ventaja	Desventaja	Tipo de equipo
Proceso físico	Floculación-precipitación	Operación simple; cuota conveniente	Precipitación por gravedad y calidad de efluentes	Serie ATLAS (Dinamarca)
	separación de membrana	Buenos efectos de eliminación de TSS, <i>E. coli</i> .	ensuciamiento de membranas; Alto costo	Aquatex 360
	Alta temperatura y presión	Amigable con el medio ambiente	Alto riesgo en operación	
Proceso químico	Desinfección química	Alta tasa de eliminación de DQO	Causando contaminación secundaria; tratamiento incompleto	Serie ORCA II (EE. UU.)
	Tratamiento electroquímico	Altamente eficaz en la eliminación de una amplia gama de contaminantes orgánicos.	Alto consumo de energía; Alto costo	Omnipure (Estados Unidos)
	Procesos de oxidación avanzada	Alta eficiencia de tratamiento, menos contaminación.	Alto costo	Sistema Poseidón Naval™
Proceso bioquímico	Proceso de oxidación por contacto biológico	Alta eficiencia de purificación; fuerte resistencia a la carga de impacto	Operación profesional	SBT (Japón); CSWA (China)
	Proceso de lodos activados	Alta tasa de eliminación de DQO, N, P y TSS, etc.	Largo período de puesta en marcha; los lodos necesitan una eliminación adicional	BioCompact (Alemania); ST (Reino Unido); WCB (China)
	Tecnología de biorreactores de membrana	Alto nivel de automatización; buena calidad de efluentes	Malas propiedades mecánicas de la membrana.	SWCM, TST, WHMBR
	Tratamiento ecológico integrado	Eliminación eficiente de contaminantes, gestión de operación simple y minimización considerable de lodos	Largo período de procesamiento	

Nota: elaboración propia

8 Instalaciones

8.1 Sistemas centralizados.

Estos sistemas son generalmente conocidos por enviar las aguas grises producto de duchas, lavamanos y lavadoras por una red aparte de tuberías hacia un depósito centralizado donde por lo general es el sótano o fuera de la residencia, puede ser a nivel o enterrado según sean las condiciones diseñadas. En estos depósitos se realiza un proceso de tratamiento, almacenamiento para su reutilización posteriormente en otra actividad.

8.2 sistemas descentralizados.

El sistema descentralizado consiste en colocar aparatos de reutilización, en donde se ubican las duchas, lavamanos y lavaderos de ropa en el cual se almacenan pequeñas cantidades de estas aguas residuales en las que el mismo modulo da un tratamiento general del agua para su posterior reutilización ya sea para la descarga del sanitario, regadío de plantas, lavado del auto u cualquier otra actividad en la que no se requiera agua de calidad. Cabe resaltar que estos módulos son sistemas de bajo mantenimiento y adecuados para instalar en construcciones existentes y edificaciones nuevas.

8.3 Sistemas de tratamiento de aguas residuales preliminar (PTAR)

Tratamiento primario: se divide en dos partes, la primera sección es la cámara de trampa de grasas que recibe aguas grises provenientes de la cocina, lavandería o cuartos húmedos. En la segunda sección se reciben aguas negras proveniente del sanitario donde se acumularán y por diferencia de densidades los sólidos se sedimentarán separando la materia solididad del agua residual.

Tratamiento secundario: es el tratamiento en el cual se transforma la materia orgánica en biodegradable por acción biológica en materia estable, este paso esta principalmente diseñado para la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos, en algunos casos se incluye desinfección en esta etapa.

Tratamiento terciario: son tratamientos adicionales consecuentes al tratamiento secundario para eliminar nutrientes, compuestos tóxicos y excesos de materia orgánica o sólidos en suspensión. El resultado final del proceso del tratamiento de agua residual se puede utilizar para regadío de plantas en el caso de aguas grises ya tratadas. Y de igual manera para el resultado final de aguas negras se disponen en una zona alejada de la vivienda los lodos sedimentables al cual se le agrega cal para controlar olores y se deja secar para reutilizar como abono, mientras el agua tratada es guiada para riego de jardín.

9 Metodología

9.1 Descripción zona de estudio

9.1.1 Población, importancia y economía

La población de la laguna de Ubaque específicamente los “dueños de las viviendas que están más cerca de la laguna “son casas campestres de descanso en el que no tienen una estadia continua. Pero cabe resaltar que las viviendas que están más retiradas de este maravilloso lugar son personas trabajadoras que tienen un afecto por su laguna.

En lo esencial la laguna de Ubaque tiene una gran importancia tanto para el municipio como para los habitantes que viven cerca de ella pues esta se encuentra en la vereda cacique. Debido al atractivo turístico de su fauna y flora que se puede encontrar a su alrededor, sin olvidar que este lugar hacia parte de un recorrido muisca en el que se hacían ceremonias para la adoración al agua. También cabe mencionar que muchos campesinos utilizan el agua de la laguna para el regadío de sus cultivos.

De hecho, la economía de la población Ubaquense está apuntando al ecoturismo, por su cercanía con la ciudad de Bogotá y su hermoso paisaje y tranquilidad que ofrece el municipio, no se puede olvidar las diferentes actividades recreativas que se realizan como por ejemplo

caminatas alrededor de la laguna o caminos antiguos (camino de herradura) entre el municipio de Choachí y Ubaque donde se atraviesa la zona montañosa que separa a estos dos municipios, practica de ciclo paseos y su estadía en diferentes hoteles, cabañas o zonas camping que encuentras cerca de este maravilloso lugar. Aunque no se puede dejar de lado los pequeños productores agrícolas y avicultores que encontraras en las caminatas de la laguna al municipio.

9.2 Contaminación de la laguna

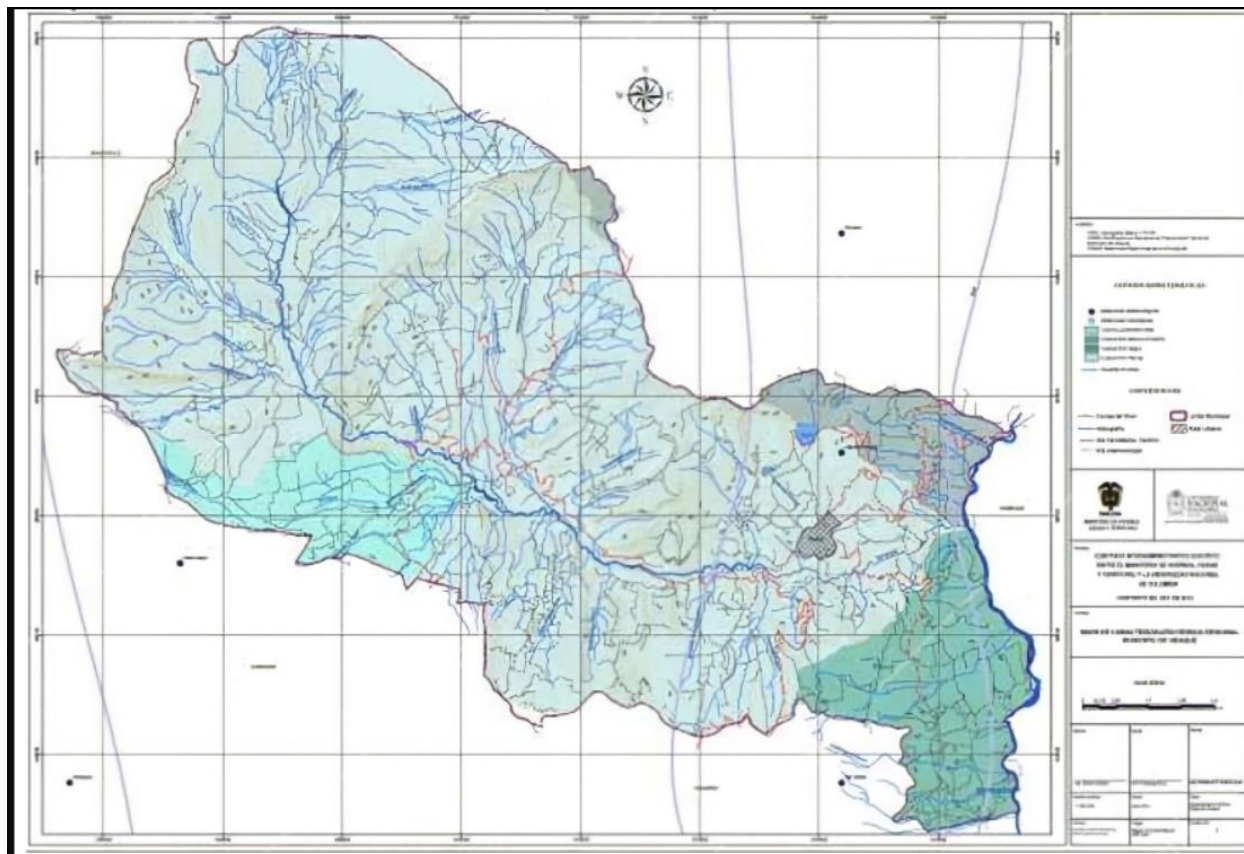
La laguna de ubaque cuenta con un área de 12.3 hectáreas del cual gran parte de esta zona ha perdido su espejo de agua por problemas ambientales por ejemplo la eutrofización producto de: Un mal plan de manejo ambiental del año 2000 donde los predios ubicados alrededor de la laguna están vertiendo sus aguas servidas directamente a la laguna sin ningún tipo de tratamiento. Debido a que en las viviendas que se encuentra más cerca de la laguna de ubaque no cuentan con un sistema de alcantarillado para la evacuación de sus aguas residuales. En relación con el problema expuesto cabe añadir que el proceso de apropiación de particulares que se adelantaron en los predios ubicados alrededor de la laguna, ya que complica realizar tomar medidas correctivas y de conservación, impidiendo una pronta recuperación de manera satisfactoria que le municipio tenga completa autonomía de la laguna (Nuestro compromiso es Ubaque, 2008-2011)

9.3 Fuentes hídricas de la zona

Las fuentes hídricas que abastece a la zona rural y del municipio son principalmente todos los afluentes que conforman al río palmar del cual el acueducto utiliza para llevar el agua tanto al municipio como a laguna, cabe aclarar que el nacimiento del río palmar comienza en el alto de los tunjos a una altura de cota de 3500 m.s.n.m donde posteriormente entrega sus aguas

al río negro en la cota 1460 m.s.n.m como se puede observar en la figura número 16 (Esquema de Ordenamiento para el Municipio de Ubaque, Cundinamarca, 2011).

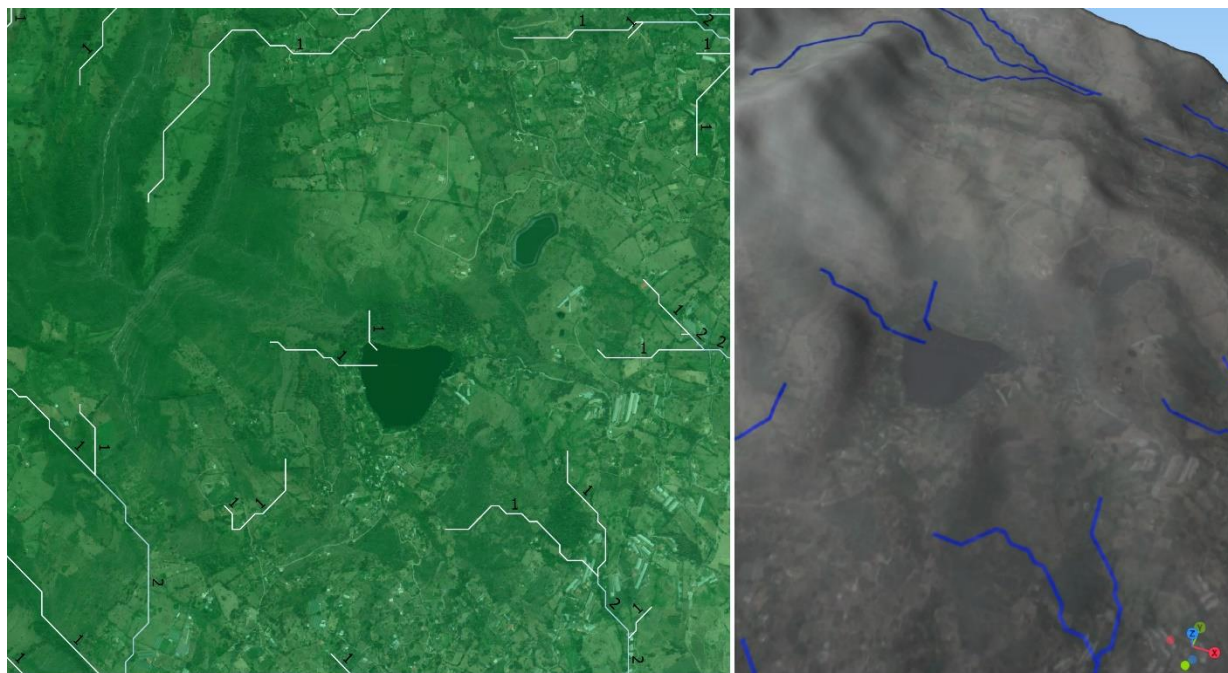
figura 14 fuentes hídricas del municipio de Ubaque



Nota: tomado de (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013)

Como se puede observar en el mapa de la figura numero 17 estos son las cuencas hídricas que rodean a la laguna de ubaque donde nacen las microcuencas que conforman el río palmar este a su vez tiene un acueducto que surte de agua al municipio de Ubaque y las veredas que no tienen acceso al agua como por ejemplo las viviendas cercanas a la laguna de ubaque.

figura 15 microcuencas hidrográficas de la zona



Nota: elaboración propia con herramienta de QGIS

Según la figura 17 se observa las microcuencas que ingresan por escurrimiento de aguas lluvias a la laguna de ubaque. Como se puede ver en la imagen solo dos microcuencas de agua ingresan directamente pero su caudal es de solo primera categoría. En la figura 18 se encuentra con el numero 56 la laguna, junto con su área, perímetro y longitud de cada una de las microcuencas.

figura 16 microcuencas de la subcuenca del rio palmar

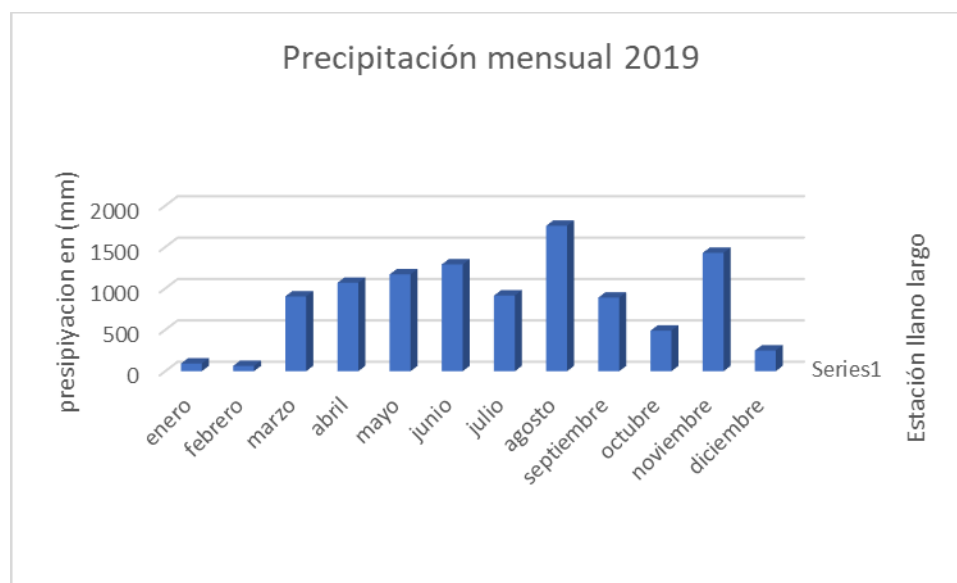
AREA (m ²)	PERIMETRO (m)	SUB-CUEN-ID	LONGITUD (m)	NOMBRE
8633296.16	23650.1132	1	218.236	Río El Palmar
5538461.17	11628.9354	2	506.071	Q. Chamizal
2507035.57	10285.9992	3	125.108	Q. Colorada
4702564.88	13740.6135	4	1377.238	Q. Santa Barbara
2251364.61	10589.8698	5	1023.037	Q. La Buitrera
1580625	12550	7	2369.695	Q. La Chorrera
1944532.28	8113.96365	8	417.906	Q. El Cerezo
3940625	11350	9	990.418	Q. Blanca
6955794.28	25291.1943	11		Río Palmar
3264143.46	14456.0957	14	2.236	Q. Puente de Piedra del Saltador
1368125	7350	15	922.389	Q. Pringamosa
6929436.95	26022.9922	17	2708.561	Q. La Idaza
1636972.42	7038.3636	18		Río Palmar
7384277.58	19888.3636	19	1139.575	Q. Los Guayabos
457500	6950	20	1067.181	Q. El Cacique
3443807.36	11654.8669	30	1012.992	Río Negro
2053724.61	9511.65769	44	1488.442	Q. Nichiga
3041552.41	13249.1827	51	1007.311	Q. El Soche
696795.964	4074.94452	54		Microcuenca drena a Choachi
3448965.54	10000.5783	55	1012.992	Río Negro
1298678.79	6572.5823	56	1067.181	Laguna de Ubaque
1895625	9000	58	2774.662	Q. El Cacique
2720093.33	9449.28348	59	1012.992	Río Negro
1176873.27	8899.86165	60	481.951	Q. De Ganco
1137259.89	8881.88098	61	877.873	Q. De Ponta
841424.449	5334.63382	63	2708.063	Q. De Guananco
6310602.74	27369.263	6	797.265	Q. San Pedro
15985910	55885.227	13	21.28	Río El Palmar
3475635.81	10463.0509	16	757.793	Q. El Salitre
10880729.4	36550.6362	57		Río el Palmar
4218994.81	21392.5572	31	248.685	Q. Santa Rosa
532500	5250	35	1849.788	Q. Colorada
1113750	6700	39	1162.144	Q. El Perro
3074375	10600	41	2586.126	Q. Los Chochos

Tomado de: (Universidad Nacional de Colombia y alcaldía de Ubaque, 2000)

9.4 Índices de precipitación

Los índices de precipitación según la figura 19 muestra un incremento de lluvias de acuerdo con la tabla de precipitación mensual anual con base en la estación de información llano largo según el informe de datos descargados de la página del ideam (consulta y descargas de datos hidrometeorológicos) del 2015 hasta el 2020.

figura 17 precipitación mensual anual de Ubaque



Tomado de: elaboración propia de la base de datos de Ideam

Teniendo en cuenta la figura número 19 se puede detallar que tiene altas precipitaciones en los meses de marzo a junio está en el periodo de invierno o fenómeno de la niña y un periodo medio de precipitaciones entre julio a noviembre lo que resalta que ubaque tiene dos periodos de invierno y el periodo de diciembre a febrero son los meses más secos.

10 Caracterización física de la zona

10.1 Mapa número de viviendas

En la siguiente figura número 20 se puede identificar las viviendas que esta construidas cerca de la laguna de Ubaque y que no cuentan con un sistema de alcantarillado para la evacuación de aguas residuales.

figura 18 Número de viviendas construidas alrededor de la laguna de Ubaque



Nota: elaboración propia

En la figura 20 se pueden observar 13 viviendas que están construidas alrededor de la laguna y que en su mayoría cada vivienda tiene más de 20 años de haber sido construidas, con base en los testimonios de los habitantes de la zona encargados de las viviendas, los dueños solo tienen estadía en el hogar muy pocas veces.

10.2 Calidad del agua de la laguna

Para poder analizar índice de calidad de agua en la laguna de Ubaque fue necesario hacer una visita al lugar de estudio para tomar tres muestras de agua de diferentes ubicaciones de la laguna donde se tomó las coordenadas de cada punto de extracción y se elaboró una superposición de

imagen con las coordenadas de los datos tomados por la universidad libre de Colombia, como se identificar en la figura 21.

figura 19 Mapa ubicación toma de muestras



observaciones

Se hizo una superposición del mapa de los puntos de toma muestra por parte de la universidad libre de Colombia con los puntos donde se obtubieron las muestras para el analisis de calidad de agua por parte de la universidad Antonio Nariño, para hacer una comparación en los resultados de calidad de agua.

Simbología	
	Puntos muestra UAN T1. T2. T3
	Puntos muestra ULC P1, P2, P3, P4, P5, P6

MUESTRAS	COORDENADAS	
T1	4°30'1" N	73°56'2.35" W
T2	4°29'54.17" N	73°56'6.87" W
T3	4°29'54.66" N	73°56'9.73" W

fecha: 10/05/2022
 autor: DENIS MORA
 Fuente: edición google earth

Nota: elaboración propia

En la siguiente figura 24 se presentan los resultados de los parámetros básicos que se evaluaron de la calidad del agua de la laguna en comparación con los resultados del estudio previo por la universidad libre de Colombia. Este trabajo se realizó para verificar el estado de la laguna con ayuda del laboratorio de la facultad de Ingeniería Ambiental y Civil.

Tabla 2 resultados análisis calidad del agua laguna de Ubaque

		invierno	verano	
fecha	1/04/2022	sf/04/2016	sf/08/2015	
Parametros	Resultados			Rango limite para agua potable
Ph	6.97	5.47	6.48	6,5-9
Turbiedad (UNT)	82	16.5	8.17	2
Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	107	95	107	1000
Color del agua (UPC)	319	17.9	17.94	15
DQO (mg/l)	44	58	29.18	200

NOTA: elaboración propia

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la siguiente figura número 25 se expresa el análisis de la comparación de los resultados obtenidos en el laboratorio de ingeniera ambiental con los rangos límites para agua potable.

Tabla 3 Análisis parámetros evaluados

Parámetros	observaciones
PH	El pH de no presenta valores muy distantes a los comparados con las ultimas mediciones comparadas y permanece dentro de los limites de rango para agua potable de la norma de calidad de gua 2115.
Turbiedad (UNT)	El valor de turbiedad presenta un elevado valor en comparación con el registro de la medición de la universidad libre de Colombia y esta en 80 puntos mas alto que el rango limite para agua potable.
Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	La conductividad no presenta datos gran variedad de datos y no tiene valores muy altos al rango limite.
Color del agua (UPC)	El color del agua tiene un valor muy alto a comparación de los ya registrados anteriormente y esta muy por encima del rango limite de calidad de agua potable.
DQO (mg/l)	La demanda química de oxigeno no presenta valores muy altos en comparación con los datos registrados y no supera el limite máximo de disposición de aguas residuales domesticas.

Nota: elaboración propia

Teniendo en cuenta la tabla 4 se puede determinar que el agua de la laguna no está en óptimas condiciones para consumo humano ya que hay varios valores que están por encima de los rangos límites de calidad de agua potable.

11 Estado del conocimiento

11.1 Introducción a sistemas descentralizados

Los sistemas de gestión descentralizada de aguas residuales se utilizan generalmente en áreas semiurbanas, rurales y remotas, gracias a su fácil instalación ya que regularmente un sistema de alcantarillado centralizado no es recomendable debido a sus precios. Cabe aclarar que estos sistemas se utilizan para limitar el desarrollo de un área determinada, sin embargo, los sistemas descentralizados son un desafío significativo para el ingeniero ya que se requiere que este posea un rendimiento confiable de alta calidad lo que conlleva a limitaciones como lo que son largos periodos de tiempo entre las actividades de mantenimiento, pocos sistemas redundantes, alta variabilidad del caudal componente, concentraciones y condiciones del suelo. (Metcalf & Eddy, 2007)

La aplicación de sistemas descentralizados de aguas residuales permite el uso de procesos de tratamientos personalizados, los cuales fueron diseñados específicamente para tratar aguas residuales domésticas, por lo tanto, estos sistemas no pueden soportar aguas residuales industriales por sus componentes problemáticos como metales, sales o compuestos orgánicos peligrosos.

La gestión descentralizada de aguas residuales ahora recibe cada vez más atención, por su fácil acceso y mantenimiento desde el punto de aprovechamiento rural los sistemas centralizados

desperdician agua,(nitrógeno y fosforo) que simplemente se transportan a un curso de agua cercano, por lo que en el descentralizado el agua y los nutrientes se devuelven al suelo de una manera más organizada para su aprovechamiento como por ejemplo: para riego o jardinería, como un rio contiguo, para recarga de aguas subterráneas y otros propósitos de reutilización como agricultura, horticultura y acuicultura. Se contemplan algunas opciones que pueden usarse para implementar nuevos proyectos de alcantarillado descentralizado.

Examinar

- Estudiar cada zona o grupo de propiedades que dispongan de un potencial para el tratamiento y reutilización de aguas residuales ya sea en el sitio o lo más cerca posible.
- Priorice la reutilización, la recarga, la recuperación de recursos y la conservación de agua y nutrientes mientras elabora un plan de alcantarillado para el área. Suponiendo que haya tierra disponible, existen las siguientes posibilidades de reutilización.
- Reutilización en paisajismo y agricultura: esto incluye viveros comerciales, parques, franjas medianas de carreteras, campos de golf, cinturones verdes y riego de cultivos.
- Usos recreativos/ambientales: Estos incluyen el desarrollo de pesquerías, estanques, lagos, marismas y humedales, y la reposición de lagos.
- Usos urbanos no potables: Estos son descarga de inodoros, lavado de autos, protección contra incendios y agua de reposición para edificios con aire acondicionado central.
- Usos industriales no potables: Estos incluyen refrigeración, alimentación de calderas y agua de proceso.

Las siguientes son las ventajas de la descentralización:

1. Promueve automáticamente la conservación del agua utilizada y los nutrientes.
2. Hace que el saneamiento sea rentable al reducir el costo de la recolección.
3. A menudo ayuda en la adopción de un sistema de tratamiento natural que puede, de hecho, ser el sistema de tratamiento más apropiado bajo las circunstancias, teniendo en cuenta el principio de "asequibilidad, aceptabilidad y manejabilidad". del sistema de tratamiento por parte de la comunidad'.
4. Es mejor hacerlo cuando se propone desarrollar una nueva área (virgen) para garantizar una planificación adecuada de todos los aspectos y la disponibilidad de terreno adecuado para optimizar las ventajas de la descentralización.
5. La colaboración con los planificadores urbanos es necesaria en todas las etapas para garantizar que haya espacio disponible donde se necesite y que se mantenga la densidad de población requerida.
6. La descentralización implica una especie de 'asociación público-privada'. El municipio no está obligado a construir y mantener plantas de tratamiento y estaciones de bombeo de gran tamaño. La autoridad local tiene que proporcionar menor desembolso de capital y personal de mantenimiento. Parte de la carga se transmite al público.

Los sistemas descentralizados también tienen las siguientes desventajas:




1. Los constructores privados/propietarios pueden proporcionar sistemas deficientes y mal diseñados si la supervisión municipal no es lo suficientemente estricta.
2. La falta de mantenimiento puede provocar molestias por mosquitos.

3. Las descargas aguas abajo en los ríos pueden reducirse y el consiguiente menor caudal puede tener graves consecuencias para los usuarios aguas abajo. La recarga de agua subterránea también puede afectar a los usuarios río abajo. En algunos casos, puede ser necesaria una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).

En la actualidad existen diferentes métodos para el tratamiento de aguas residuales más comunes como lo son los sistemas descentralizados, en la siguiente tabla se pueden encontrar diversos sistemas de tratamiento de aguas grises.

Tabla 4 Sistemas para la reutilización de agua gris

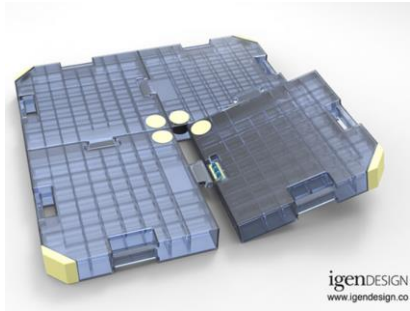
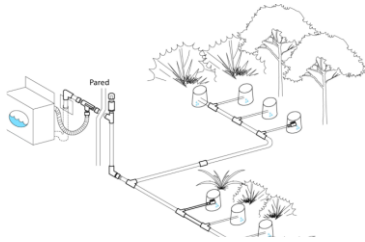
Sistemas para la reutilización del agua gris		
Nombre	Imagen	Descripción
Greyter home tm	 <p>https://greyter.com//residential/</p>	<p>Es un sistema de reciclaje de agua de bajo mantenimiento, compacto, automatizado y ayuda a reducir el consumo de agua interior hasta un 25% de una casa familiar. El sistema captura el agua de las duchas y bañeras, la trata a un nivel casi potable para satisfacer las demandas de descarga del inodoro. Utiliza una membrana auto limpiante no biológica y un prefiltros auto limpiante. El Greyter HOME TM es completamente autónomo: incorpora filtración, cloración, bombas, controles y almacenamiento de agua tratada, todo en una unidad que ahorra espacio (Greyter Water systems, 2022).</p>
GreyWaterNet (SISTEMA 2500)	 <p>https://www.greywater.net.com/sistemas-tratamiento-aguas.html</p>	<p>Es un sistema de tratamiento de aguas grises que a diferencia de otras empresas desarrollo un sistema de control inteligente que adapta los procesos de tratamiento al caudal del agua existente, optimizando el consumo de energía, sus dos métodos de eliminación de gérmenes son los rayos UVA Y la cloración, grey waternet ofrece modelos sencillos para uso domiciliario como para hospitales y hoteles. Se puede utilizar esta agua tratada para riego del jardín, limpiezas generales de espacios abiertos y agua de lavandería (Grey water net, s.f.).</p>
Ecohoe	 <p>http://ecohoe.com/img/news/aqus_</p>	<p>Ecohoe Solutions es una empresa española con sede en Barcelona, uno de sus productos más reconocidos es AQUUS, un sistema que recoge el agua usada del lavamanos y la reutiliza en el inodoro; para ello, el agua pasa por un filtro que retiene cualquier objeto sólido, luego pasa por un pequeño ducto el cual contiene una pastilla de cloro para darle tratamiento. El sistema se adecua de tal manera que cuando se descarga el inodoro, se activa una pequeña bomba que contiene el sistema y esta envía el agua gris hacia el inodoro (Ecohoe, 2011).</p>

<p>Ecohoe (ECOPLAY)</p>	 <p>The image shows the Ecohoe (ECOPLAY) water recycling system. It consists of a vertical metal frame with various components labeled with numbers 1 through 12. A red starburst graphic in the upper right corner of the image contains the text 'Novedad 2011' and 'Más pequeño, compacto, y económico'. The system is installed in a bathroom, with a toilet and a showerhead visible.</p>	<p>Ecoplay es un sistema innovador de la empresa ecohoe, ya que su propósito es reciclar el agua procedente de la ducha, por lo cual su sistema filtra el agua para retirar los objetos solidos ,después pasa el agua por un tanque de limpieza y decantador, luego de haber finalizado el tratamiento el agua pasa a un tanque de almacenamiento con capacidad de hasta 20 descargas del sanitario (Ecohoe, 2011).</p>
<p>Greyter water Systems (aqua2use)</p>	 <p>The image shows two cylindrical water filters for the Greyter water Systems (aqua2use). Each filter has a black outer shell and a central core with four vertical layers of different colored mesh: green, blue, yellow, and red. The filters are mounted on a grey base.</p>	<p>Grey Water Systems es un producto diseñado para la filtración con diferentes capas de estera, donde el agua de la ducha, de la ropa y bañera, para posteriormente enviarla al sistema de regadío por goteo del usuario (Remy sabiani, 2010).</p>
<p>Eco Guardian</p>	 <p>The image shows the Eco Guardian water recycling system installed in a shower. It features a blue plastic platform with four yellow mesh filters at the corners. A white pipe runs from the platform to a toilet. The system is mounted on a white wall.</p>	<p>Eco guardian es un producto colombiano con el propósito de reciclar el agua residual de la ducha. Esta compuesto por un a plataforma plástica que contiene cuatro rejillas (una en cada esquina) que permiten el paso del agua y la filtran de cualquier solido; la plataforma puede almacenar hasta 80 litros de agua y abastece el tanque del sanitario en el que después de cada descarga a través de una bomba hermética que esta ubicada en el interior de la plataforma. este producto permite un ahorro de 90 litro diarios de agua (gomez, s.f.).</p>

<https://www.ecohoe.com/>

<https://waterwisegroup.com/greywater-systems-sale/aqua2use-gwdd/>

<http://www.wikomm.com/item/sistema-reciclador-de-agua-de-la-ducha-para-el-sanitario--permite-un-ahorro-efectivo-de-hasta-100-litros-de-agua/1060>

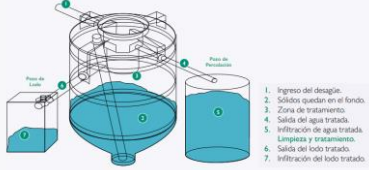
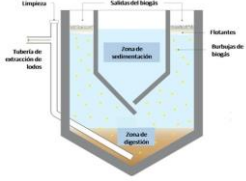
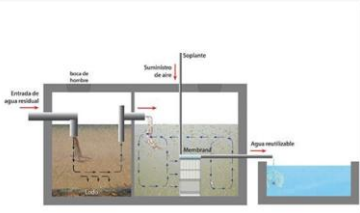

<p>Gris</p>	 <p>https://igen.design/gris-water-saving-system-for-the-real-world</p>	<p>Es un invento en el cual se reutiliza el agua residual de la ducha pero que en si como tal sirve mas como almacenamiento de esta misma agua para su posterior utilización en la descarga de la cisterna u otra actividad que o necesite agua de calidad, debido a que esta compuesto de cuatro módulos con capacidad para 10 litros cada uno. Estos módulos tienen un orificio en la parte superior por donde entra el agua (vasquez, s.f.).</p>
<p>Sistema lavadora al jardín</p>	 <p>https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8411.pdf</p>	<p>El sistema lavadora jardín es un solo una adecuación de tuberías para la distribución del agua residual hacia lugares del jardín donde se desee regadear según la cantidad de agua requerida por la planta, pero por lo general estos tienen pequeños contenedores para hacer el regadío de las plantas por goteo (Jhanet Hartin, 2018).</p>


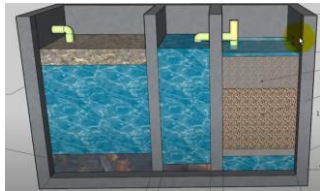
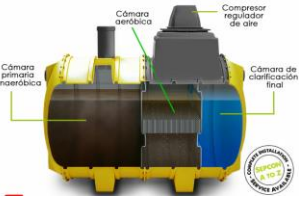
Nota: elaboración propia

11.2 Sistemas centralizados

Cabe resaltar que en los sistemas centralizados constan de un proceso de integración de más elementos para el tratamiento del agua residual en la siguiente figura 15 se pueden observar distintos sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas en el que varía en el tipo de material con el que está construido y la calidad de agua con la que se entrega.

figura 20 Sistema para la reutilización de aguas residuales domesticas

Sistemas para la reutilización de aguas residuales domesticas				
Nombre	Imagen y link	Descripción	Ventajas	desventajas
Sistema séptico autolimpiable	 <p>1. Ingreso del desague 2. Sólidos quedan en el fondo. 3. Zona de tratamiento. 4. Salida del agua tratada. 5. Infiltración de agua tratada. 6. Limpieza y tratamiento. 7. Salida del lodo tratado. 8. Infiltración del lodo tratado.</p> <p>https://www.acuaviva.com/siteassets/documentos/fichas-tecnicas/ft-acuaviva-tanque-septico.pdf?v=4aa132</p>	El sistema de tratamiento de agua residual domestico básico de la empresa de acuaviva, es en si un sistema primario de separación de aguas grises y negras en el cual por medio de biodegradación anaeróbica de la carga orgánica realiza un remoción de solidos de los líquidos para luego hacer su disposición en un campo de filtración (Acuaviva, 2022).	Facilidad de instalación, variedad en el numero de usuarios (5-15),tiene un diseño compacto, es autolimpiable y es de fácil mantenimiento	Requiere de amplias zonas de filtración, no es recomendable su instalación cerca de cuerpos de agua (mínimo 30 m). Requiere de tanques complementarios para su tratamiento, recomendable el uso de maquina para excavación.
Sistema Imhoff	 <p>https://www.ajover.co/wp-content/uploads/2016/08/FT-Sistemas-Septicos-Ajover.pdf</p>	En el sistema séptico ajover el tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario con la finalidad de remover solidos suspendidos, su distinción es que integra la sedimentación de solidos contenidos en el agua y la digestión de lodos sedimentados en una sola unidad. debido a su diseño interior el agua residual fluye a través de la pared inclinada de sedimentación para acelerar la precipitación de los solidos contenidos en la misma (Ajover, 2022).	Facilidad de instalación, variedad en el numero de usuarios (5-15),tiene un diseño compacto, es autolimpiable y es de fácil mantenimiento	Requiere de amplias zonas de filtración, no es recomendable su instalación cerca de cuerpos de agua (mínimo 30 m). Requiere de tanques complementarios para su tratamiento, recomendable el uso de maquina para excavación.
Biorreactor de membrana	 <p>https://www.bioazul.com/mbr-biorreactor-de-membrana/#:~:text=Los%20biorreactores%20de%20Membrana%20(MBR,calidad%20apta%20para%20su%20reutilizaci%C3%B3n</p>	Los biorreactores de membrana (MBR) son equipos compactos que utilizan filtración por membranas. Esto quiere decir que combina el tratamiento biológico del agua por fangos activos con un proceso de separación solido liquido mediante una membrana física, se utilizan membranas de micro o ultrafiltración de baja presión para dar una buena calidad de agua (Bioazul, 2022).	Tiene una gran estabilidad frente a variaciones de caudal, baja producción de fangos, dispone de control y monitoreo remoto, reducida zona de instalación, fácil adaptabilidad a plantas existentes.	Este sistema no esta disponible en Colombia, requiere membranas de micro o ultrafiltración lo que genera un alto costo de mantenimiento y alto consumo de energía, recomendable el uso de maquina para excavación.
Sistemas sépticos integrados	 <p>https://www.rotoplast.com.co/es/producto/septicointegrado</p>	El sistema séptico integrado de rotoplast son tanques cilíndricos horizontales con refuerzos internos en el que realiza una sedimentación en el primer compartimiento y en el segundo un filtro anaerobio de flujo ascendente (Rotoplast, 2022).	Facilidad de instalación, variedad en el numero de usuarios según la capacidad en litros.	No genera una buena calidad de agua tratada, requiere una zona amplia de instalación, requiere de un vehículo grande para su transporte, complejo mantenimiento, genera un impacto visual que afecta el paisajismo de la zona, recomendable el uso de maquina para excavación.

<p>Bio cube</p>	 <p>https://www.nyfdecolombia.com/plantas/plantas-para-tratamiento-de-aguas-residuales-unifamiliares</p>	<p>Bio cube es un sistema de tratamiento de agua residual en el esta integrado una cámara de decantación primaria, una segunda cámara de digestión aeróbica y una cámara final de clarificación. Incluye tanquilla de recibido o cribado primario, tanquilla para desengrasado y filtro ultravioleta (Synertech, 2022).</p>	<p>Alta calidad de agua tratada, tamaño compacto, facilidad de transporte,</p>	<p>Alto consumo de energía, altos costos de mantenimiento, no esta disponible en la empresa, reducido numero de usuarios, recomendable el uso de maquina para excavación.</p>
<p>tanque séptico diseño RAS 2000</p>	 <p>https://www.youtube.com/watch?v=TeISRpLoEeQ</p>	<p>El tanque séptico diseño de RAS 2000 es una construcción en concreto o ladrillo donde se realiza tres compartimientos específicos para almacenamiento de lodos sedimentarios donde ocurre un proceso de tratamiento anaerobio, el segundo compartimiento es para la sedimentación de partículas mas finas y en el ultimo compartimiento realiza un filtración ascendente (ingeniería, 2021).</p>	<p>Dispone de una alta durabilidad, fácil diseño y construcción, es susceptible a mejorar su tratamiento con implementación de accesorios o químicos, fácil mantenimiento, tiene un diseño compacto, no afecta el paisajismo de la zona y entrega una buena calidad de agua.</p>	<p>Requiere de una zona para filtración de lodos, requiere mano de obra calificada para su construcción, recomendable el uso de maquina para excavación.</p>
<p>ECOBALL</p>	 <p>https://www.synertech.com.co/aguas-residuales/tanques-septicos</p>	<p>ECOBALL es planta de tratamiento de agua residual compacta para distintos tipos de caudales en el que su proceso consta de una trampa de solidos, un sistema anaeróbico en la primera cámara, en la segunda cámara un sistema aeróbico que tiene un compresor regulador de aire en la parte superior y un panel lamelar para sedimentar los flóculos mas pequeños y por ultimo en la cámara tres un se realiza clarificación final de agua filtro ultravioleta y un sistema dosificador de cloro, esta agua es bombeada con una pequeña electrobomba a un sistema de regadío de jardín (Synertech Water Technologies, 2020).</p>	<p>Alta calidad de agua tratada, tamaño compacto, variedad en el numero de usuarios, facilidad de instalación.</p>	<p>Dificulta en el transporte de la planta, no se encuentra disponible en el departamento, alto consumo de energía y mantenimiento, recomendable el uso de maquina para excavación.</p>

Nota: elaboración propia

11.3 Identificación de sistema de tratamiento de agua residual

Sistemas	Construcción	Mantenimiento	Características	Observaciones
sistema séptico autolimpiable	Este sistema consta de dos tanques de polietileno de alta densidad, uno para trampa de grasas y el segundo para almacenamiento de aguas negras. además, se debe realizar una caja de inspección, un poso de absorción de lodos y un poso de absorción o percolación.	Se debe agregar un formador de biomasa en la instalación del sistema, este proceso se debe realizar cada 6 meses, se debe limpiar el tanque de lodos cada 12 a 18 meses por medio de la apertura de válvula de extracción y se recomienda aplicar cal sobre los lodos extraídos a los 15 días después.	Este sistema permite un número de usuarios para un tanque de 600L entre 5 a 6 personas y 1600 L para 13 a 15. Tiene una vida útil de 30 años	Este sistema no da un tratamiento adecuado al agua residual por lo que restringe la reutilización del agua tratada.
sistema Imhoff	El sistema Imhoff consta de tres tanques de polietileno de alta densidad, el primer tanque es una trampa de grasas, el segundo un tanque Imhoff y por último un tanque anaerobio. Se debe construir una caja de recolección y distribución, una caja de inspección y destinar una zona para campo de infiltración.	Se debe agregar un formador de biomasa en la instalación del sistema, este proceso se debe realizar cada 6 meses, se debe limpiar el tanque de lodos cada 12 a 18 meses por medio de la apertura de válvula de extracción y se recomienda aplicar cal sobre los lodos extraídos a los 15 días después.	Este sistema puede manejar un número de usuarios dependiendo de la contribución diaria. El valor mínimo es de 80 litro por habitante día.	Este sistema no da un tratamiento adecuado al agua residual por lo que restringe la reutilización del agua tratada.

biorreactor de membrana	El biorreactor de membrana consta de una construcción de una caja para separación de sólidos, un tanque en concreto con dos compartimientos, la primera cámara se realiza la sedimentación de lodos, la segunda cámara para instalación de membrana de ultrafiltración de baja presión, el segundo compartimiento debe tener un tubo suministrador de aire conectado a la membrana.	La fuente de información no muestra un informe técnico por lo que se desconoce su periodo de mantenimiento.	El biorreactor de membrana tiene un diseño simple de tratamiento, su principal elemento es la membrana de ultrafiltración.	Este sistema no está disponible en Colombia, y la información de este sistema no es muy clara, su mantenimiento es muy costoso debido a la compra de membranas de ultrafiltración.
sistema séptico integrado	Este sistema séptico integrado es un tanque hecho en polietileno de alta densidad que está dividido en tanque séptico y un filtro anaeróbico de flujo ascendente. Este sistema es de instalación semi enterrado.	Es recomendable hacer su mantenimiento cada 6 meses, por el propietario, debe contar con una zona de filtración.	Este sistema cuenta con un solo tanque hecho en polietileno lineal de alta resistencia al impacto, su capacidad varía por medida nominal.	Este sistema no entrega una buena calidad de agua para reutilización ni para zona cercanas a fuentes hídricas.
bio cube	Este es un sistema de tratamiento de agua residual compacto que está construido en polipropileno, se debe conectar todo el sistema de alcantarillado al bio cube, para su instalación se debe realizar una excavación de acuerdo con las medidas del bio cube	El mantenimiento de este sistema lo debe realizar el propietario, la extracción de lodos se realiza con una bomba eléctrica de baja potencia, se debe contar con una zona de filtración para los lodos, se debe aplicar pastillas de hipoclorito de calcio como	El bio cube es un sistema individual para un número de usuarios de 5 personas	Este sistema no se encuentra disponible en Colombia.

		desinfectante, se debe contar con una fuente de energía estable.		
tanque séptico	La construcción de este sistema se puede realizar en concreto o ladrillo a porticado con impermeabilizante, en este sistema se debe construir una trampa de grasas, el tanque principal debe constar de tres compartimientos los cuales pueden ser anaeróbicos todos. este sistema es subterráneo	Su mantenimiento se realiza cada dos años, se recomienda hacer mantenimiento a la trampa de grasas cada seis meses, se puede utilizar acelerantes biológicos o pastillas de formador de biomasa para degradar la cantidad de lodos sedimentables	Su construcción en concreto o ladrillo se realiza dependiendo del número de usuarios, el periodo de mantenimiento. su construcción debe considerar las condiciones del suelo y soportarlas presiones de este	La población tiene un fácil acceso a este sistema por su bajo costo, fácil mantenimiento, durabilidad, calidad de agua, además este sistema tiene la disponibilidad de mejorar su proceso de calidad con la instalación de otros equipos.
ecoball	ecoball es una planta de tratamiento prefabricada en poliéster reforzada en fibra de vidrio, para su instalación se debe realizar una excavación según las dimensiones de la planta, este debe estar conectado al sistema general de aguas residual de la vivienda.	Lo puede realizar el propietario de manera directa, su periodo de mantenimiento se realiza cada 6 meses, se debe colocar pastillas de hipoclorito de calcio como desinfectante de acuerdo con el	Las dimensiones de este producto varían de acuerdo con el número de usuarios, la planta puede estar instalada en superficie o bajo esta, debe contar con un RUT de registro.	Este producto no se encuentra en el departamento debido a que la única sede que tiene en Colombia se encuentra en barranquilla y su costo tiene un alto valor.

		consumo, debe contar con una fuente de energía estable.		
--	--	---	--	--

Teniendo en cuenta la tabla de comparaciones de sistemas centralizados individuales se pudo determinar que el tanque séptico es el más adaptable a la zona de estudio por su mayor accesibilidad de construcción para los habitantes de la zona.

12 Análisis y resultados

12.1 sistema de tratamiento más recomendable

El sistema de tratamiento de aguas residuales para la zona de estudio es el tanque séptico considerando el análisis del estado del arte,

12.1.1 Calculo trampa de grasas

Para viviendas rurales no es obligatorio el uso de una trampa de grasas y es solo decisión del propietario si se realiza este tanque, debido a que se desea tratar y reutilizar el agua en su totalidad se hace el cálculo para el diseño del tanque de trampa de grasas con base en el caudal de lavandería y cocina, cabe resaltar que el tanque puede ser construido en hormigón o con la compra de tanques de polipropileno de alta densidad (PVC) entre otros materiales resistentes a condiciones de intemperie.

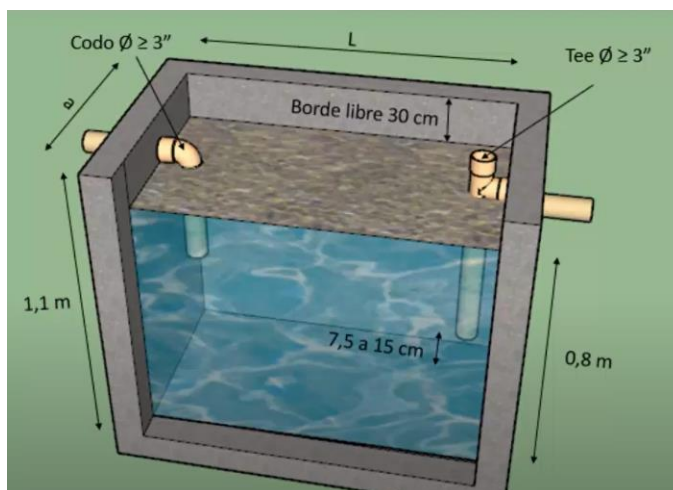
$$Q = 0.3 * \sqrt{\sum U}$$

Q = caudal máximo (l/s)

$\sqrt{\sum U}$ =suma de todas las unidades de gasto para todas las grasas.

Para el diseño del tanque de grasas se debe considerar que el volumen mínimo a construir es de 300 litros, su periodo de retención esta entre el rango de 2.5' a 3' minutos, su altura o profundidad mínima es de 0.8 metros y sus relaciones de construcción largo ancho son de 2:1 – 3:2.

figura 21 plano trampa de grasas



Nota: tomado de (ingenieria., 2019)

12.1.2 Dimensionamiento tanque séptico

Para el dimensionamiento de un sistema de tratamiento de agua residual doméstica en el sitio de origen (diseño de tanque séptico) se realiza de acuerdo con el RAS 2000 título e “tratamiento de aguas residuales” porque expresa de forma explícita como hacer el cálculo dimensionamiento del tanque séptico que en comparación con las ultimas actualizaciones no son tan específicas.

calculo diseño tanque séptico:

$$vu = 1000 + Nc((c * t) + (k * lf))$$

Vu = volumen en litros

N_c = número de personas

C = contribución de agua (L/día)

T = tiempo de retención

K = tasa de acumulación de lodos (día)

L_f = lodo fresco (L/día)

Teniendo en cuenta las variables a utilizar para el calculo de dimensionamiento del tanque séptico se es necesario utilizar tabla de la figura 24 (Contribución de aguas residuales por persona) para seleccionar el tipo de predio, contribución de aguas residuales (C) y lodo fresco por día (L_f)

figura 22 Contribución de aguas residuales por persona

TABLA E.7.1
Contribución de aguas residuales por persona

Predio	Unidades	Contribución de aguas residuales (C) y lodo fresco L_f (L / día)	
		C	L_f
Ocupantes permanentes			
Residencia			
Clase alta	persona	160	1
Clase media	persona	130	1
Clase baja	persona	100	1
Hotel (excepto lavandería y cocina)	persona	100	1
Alojamiento provisional	persona	80	1
Ocupantes temporales			
Fábrica en general	persona	70	0.30
Oficinas temporales	persona	50	0.20
Edificios públicos o comerciales	persona	50	0.20
Escuelas	persona	50	0.20
Bares	persona	6	0.10
Restaurantes	comida	25	0.01
Cines, teatros o locales de corta permanencia	local	2	0.02
Baños públicos	tasa sanitaria	480	4.0

Nota: tomado de (Ministerio de desarrollo economico, 2000)

Para este ejemplo se tuvo en cuenta que el predio está en la zona de clase media por lo que la contribución de aguas residuales tiene un valor de 130 l/día y lodos frescos igual a 1 l/día. En la figura 25 “tiempo de retención” se toma como valor mínimo de contribución diaria en litros hasta 1500 litros lo que su tiempo de retención en días es de 1.

figura 23 tiempo de retención

TABLA E.7.2
Tiempos de retención

Contribución diaria (L)	Tiempo de retención (T)	
	días	horas
Hasta 1,500	1.00	24
De 1,501 a 3,000	0.92	22
De 3,000 a 4,500	0.83	20
4,501 a 6,000	0.75	18
6,001 a 7,500	0.67	16
7,501 a 9,000	0.58	14
mas de 9,000	0.50	12

Nota: tomado de (Ministerio de desarrollo economico, 2000)

Para los valores de tasa de acumulación de lodos digeridos en el ejemplo se considera el intervalo de limpieza en (años) del cual a decisión del ingeniero o del propietario se seleccionó 2 años, se debe considerar que para K (tasa de acumulación de lodos (día)) se tiene en cuenta la temperatura ambiente de la zona, es por esto que para la zona de la laguna de ubaque su temperatura promedio esta entre el rango de $10 < t < 20$ grados Celsius por lo que su valor de K es igual a 105.

figura 24 valores de tasa de acumulación de lodos digeridos

TABLA E.7.3
Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos

Intervalo de limpieza (años)	Valores de K por intervalo temperatura ambiente (t) en °C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t \geq 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Nota: tomado de (Ministerio de desarrollo economico, 2000)

Una vez identificado los valores de los parámetros a evaluar se procede a realizar el procedimiento matemático para hallar el volumen total del tanque séptico.

Vu= volumen en litros

Nc= número de personas 6

C= contribución de agua (L/día) 130

T= tiempo de retención 1

K= tasa de acumulación de lodos (día) 105

Lf= lodo fresco (L/día) 1

$$Vu = 1000 + 6(130 * 1 + 105 * 1)$$

$$Vu = 2410 \text{ l} = 2.41 \text{ m}^3$$

Área superficial

figura 25 valores de profundidad útil

TABLA E.3.3
Valores de profundidad útil

Volumen útil (m ³)	Profundidad útil mínima (m)	Profundidad útil máxima (m)
Hasta 6	1.2	2.2
De 6 a 10	1.5	2.5
Más de 10	1.8	2.8

Nota: tomado de (Ministerio de desarrollo economico, 2000)

$$A = \frac{Vu}{1.8} m$$

$$A = \frac{2.41 \text{ m}^3}{1.8 \text{ m}} = 1.34 \text{ m}^2$$

$$L = A/a \quad L = \frac{\text{Area}}{\text{ancho}} = L = 1.34 \frac{\text{m}^2}{0.9 \text{ m}} = 1.48 \text{ m}$$

Se debe tener una relación 2:1 por lo que sus medidas de largo y ancho son de 0.90 m de ancho y 1.80 m de largo

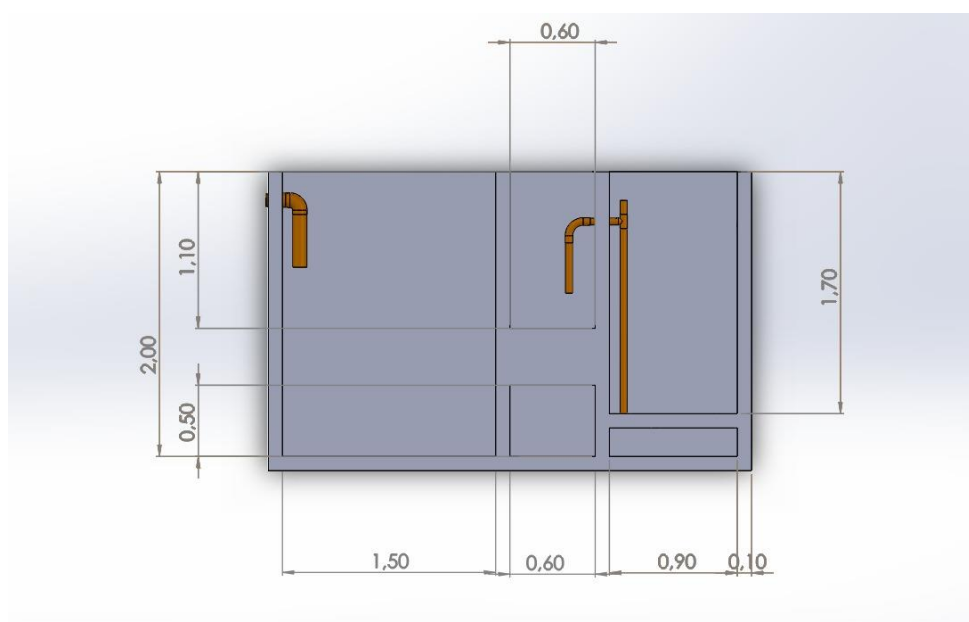
12.1.3 calculo diseño volumen filtro

$$Vf = \text{Volumen filtro} \quad Vf = 1.6 * N * C * T$$

$$Vf = 1.6 * 6 * 130 * 1 = 1248 \text{ L}$$

Como parte complementaria del tratamiento de aguas grises y negras de la vivienda se instala una planta de tratamiento pequeña del cual puede recibir el agua de cocina, lavandería y del sanitario puede ser para una sola familia o varias según sea lo necesario. Este tanque séptico está diseñado en concreto como se puede observar en la figura 30 donde en tanque se amplió las medidas calculadas en la metodología con el objetivo de almacenar más en el primer compartimiento.

figura 26 diseño tanque séptico con medidas

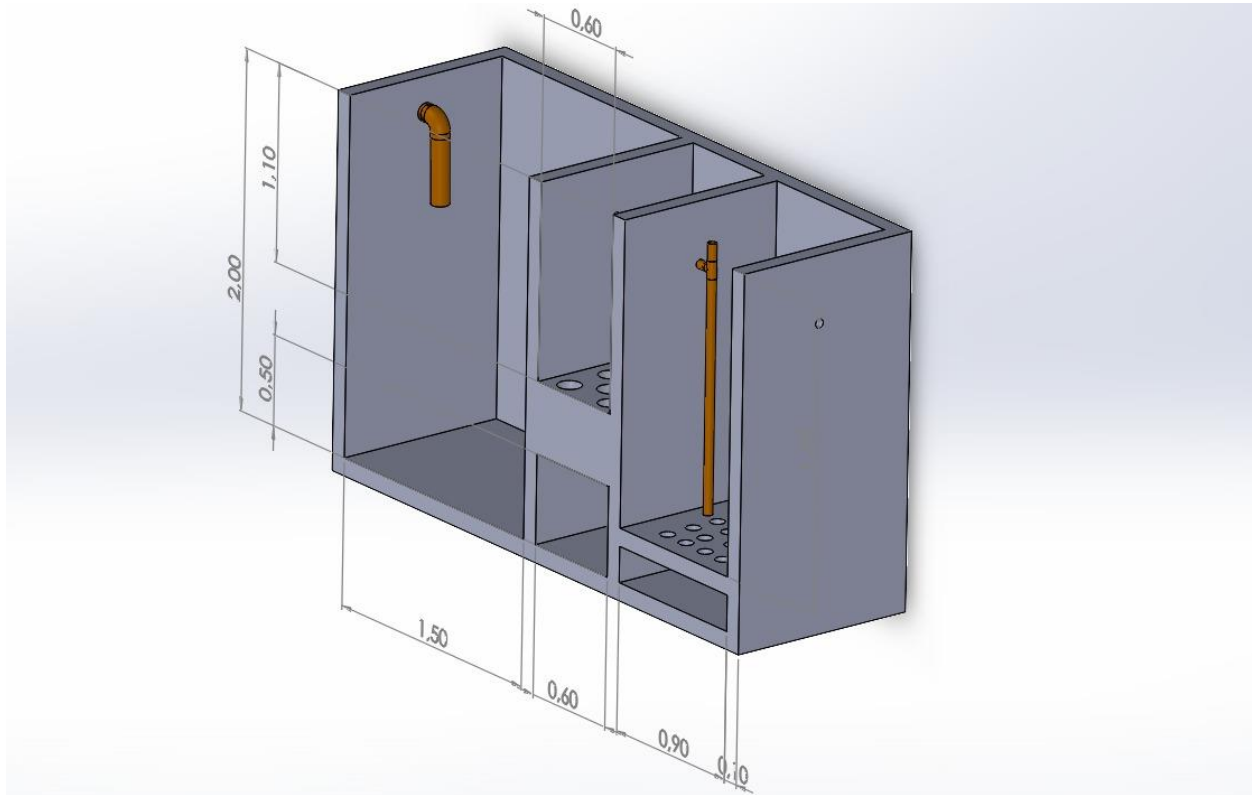


Nota: fuente elaboración propia

Como se puede observar en la imagen a este primer compartimiento llegan las aguas negras del sanitario de cual su tubería tiene un diámetro de 4 pulgadas, en este compartimiento se tratará el agua por medio de densidades el cual los lodos se sedimentan y de forma anaeróbica se descomponen mientras que el agua y partículas más finas pasan al siguiente compartimiento, en la figura número 31 se puede observar desde un ángulo más elevado que el compartimiento 2

tiene una representación de un panel lamelar para que los partículas más finos se sedimenten más rápido.

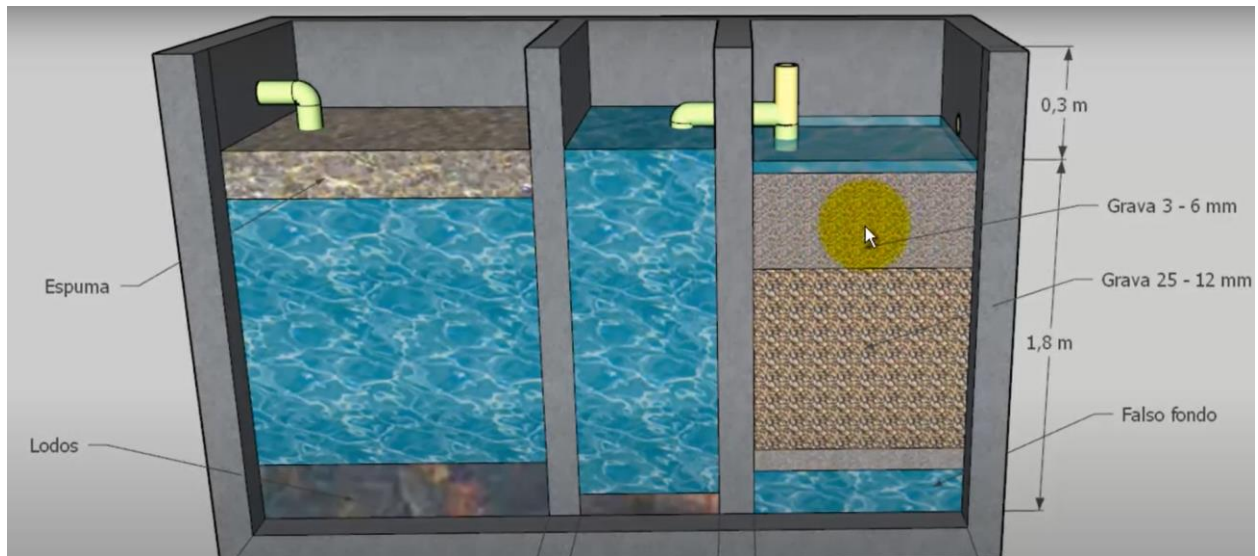
figura 27 plano tanque séptico



Nota: elaboración propia

De acuerdo con el tratamiento del agua residual domestica una vez las partículas más finas se sedimente en el segundo compartimiento el agua pasa al tercer compartimiento donde por medio de falso fondo el agua comienza a subir por medio de grava de distintos tamaños que conforman un filtro ascendente, de igual manera se podría complementar con el uso de un geotextil para que el agua tenga una mejor calidad de purificación.

figura 28 plano tanque séptico



Nota: (ingeniería, 2021)

Como resultado final del tratamiento del agua residual se puede almacenar en un tanque aparte para su disposición en uso de alguna actividad o simple disposición en el terreno. Se puede considerar el aprovechamiento de esta agua para la creación de un jardín de plantas acuáticas como (papiros, cartuchos y malangas).

12.2 Análisis costo construcción tanque séptico

De acuerdo con el diseño del tanque séptico seleccionado la construcción de este se ve reflejado en el análisis de precios unitarios (APU) para la zona, como se puede observar en la tabla número 5 en el que se incluye el equipo, materiales y mano de obra necesaria su elaboración.

Tabla 5 APU tanque séptico

EQUIPO		tipo	tarifa/hora	rendimiento	valor unidad	valor total
Descripción						
herramienta menor				5%	\$ 10,000	\$ 10,000
mezcladora de concreto					\$ 8,000	\$ 5,000
vibrador con motor electrico				1.5	\$ 8,000	\$ 11,000
Maquina retroexcavadora					\$ 113,000	\$ 113,000
TOTAL						\$ 139,000
Materiales		unidad	precio-unid	cantidad	valor unit	total
Descripción						
ACPM		gal	\$ 9,050	7	\$ 63,350	\$ 63,350
antisol blanco		kg	\$ 7,000	2	\$ 14,000	\$ 14,000
alambre negro cal 18		kg	\$ 8,000	0.5	\$ 4,000	\$ 4,000
formaletas en madera		m2	\$ 27,000	8	\$ 216,000	\$ 216,000
concreto de 21 Mpa impermeabilizado (3000psi) no incluye mano de obra		m3	\$ 374,000	2.5	\$ 935,000	\$ 935,000
barilla refuerzo concreto 1/2"		und	\$ 31,000	15	\$ 465,000	\$ 465,000
malla electrosoldada de 15*15 cm 4mm		und	\$ 117,000	1	\$ 117,000	\$ 117,000
tubo 4" sanitario PVC 6m		und	\$ 132,000	1	\$ 132,000	\$ 132,000
tubo 2" santiraio PVC 3m		und	\$ 33,000	1	\$ 33,000	\$ 33,000
TOTAL						\$ 1,979,350
Mano de obra			Unidad	valor	redimiento	valor unit
Descripción			día			
Cuadrilla (1OF+2AY)				\$ 225,000	0.9	\$ 202,500
			valor total de cuadrilla por el tiempo empleado			\$ 455,625
TOTAL						\$ 455,625
valor total sin imprevistos		\$		2,573,975		
imprevistos		\$		500,000		
VALOR TOTAL		\$		3,073,975		

Nota: elaboración propia

El valor de la construcción del tanque séptico tiene un menor precio en comparación con otros sistemas. Y está diseñado para soportar presiones altas del suelo debido a su estructura de concreto y acero.

12.3 Impacto y recuperación de la laguna esperado

Con la implementación de estos sistemas de ahorro y recuperación de aguas residuales domesticas se espera prevenir que la contaminación por aguas residuales domesticas por infiltración de los antiguos tanques siga contaminado la laguna de ubaque. De igual forma las personas podrán dar un mejor uso a estas aguas.

Desde otro punto de vista la implementación de estos sistemas de tratamiento de aguas residuales en otras zonas rurales a este sería un gran avance en el mejoramiento de calidad de

vida de las personas y en la sociedad por dar un gran paso en el cumplimiento del sexto objetivo de desarrollo sostenible (agua limpia y saneamiento).

figura 29 laguna de ubaque



Nota: fuente propia

13 Conclusiones y Recomendaciones

- El sistema seleccionado de tratamiento de aguas residuales domésticas tanque séptico resulta ser el sistema más apropiado para la zona de estudio debido a su costo de tres millones setenta y tres mil novecientos setenta y cinco pesos (\$3.073,975), con una buena calidad de agua tratada entregada.
- Desde un punto de vista más colectivo y social estos sistemas se pueden utilizar en lugares estratégicos para que el agua tratada pueda ser utilizada por comunidades más cercanas o lejanas donde no tienen agua para el regadío de sus cultivos, específicamente puesto que este tipo de agua no es apta para consumo humano o animal.
- Para que la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas tenga un buen rendimiento es recomendable no arrojar sólidos como toallas higiénicas, o elementos de difícil biodegradación o que obstruyan las tuberías del drenaje.
- Se debe realizar mantenimiento en la trampa de grasas una vez al mes para que no se acumulen estas y no taponen la tubería.
- Disponer de un área restringida para que cuando se haga mantenimiento de la trampa de grasas se puedan disponer en esa zona seguidamente de un tratamiento con cal o cenizas para reducción de olor y bacterias.
- Realizar obras de desvío de aguas lluvias que afecten la estructura del tanque séptico como también el ingreso de estas aguas al interno y produzcan un sobre nivel del tanque.

14 Referencias

- Acuaviva. (4 de 3 de 2022). *Sistema septico autolimpiable*. Obtenido de <https://www.acuaviva.com/es-co/productos/sistemas-septicos/industriales/>
- Ajover. (5 de 3 de 2022). *Tanque imhoff*. Obtenido de <https://www.ajover.co/wp-content/uploads/2016/08/FT-Sistemas-Septicos-Ajover>.
- Bioazul. (4 de 3 de 2022). *Biorreactor de membrana*. Obtenido de [https://www.bioazul.com/mbr-biorreactor-de-membrana/#:~:text=Los%20biorreactores%20de%20Membrana%20\(MBR,calidad%20apta%20para%20su%20reutilizaci%C3%B3n](https://www.bioazul.com/mbr-biorreactor-de-membrana/#:~:text=Los%20biorreactores%20de%20Membrana%20(MBR,calidad%20apta%20para%20su%20reutilizaci%C3%B3n)
- earth, G. (4 de mayo de 2020). *laguna de Ubaque* . Obtenido de <https://earth.google.com/web/@4.50103738,-73.93508852,2067.88310998a,661.70219777d,35y,-85.56235386h,80.96864658t,0r>
- Ecohoe. (26 de 04 de 2011). *Ecohoe reciclaje de agua*. Obtenido de <https://www.ecohoe.com/>
- gomez, S. (5 de 3 de 2022). *Wikomm*. Obtenido de Ecoguardian: <http://www.wikomm.com/item/sistema-reciclador-de-agua-de-la-ducha-para-el-sanitario--permite-un-ahorro-efectivo-de-hasta-100-litros-de-agua/1060>
- Grey water net. (3 de 3 de 2022). *Grey water net*. Obtenido de <https://www.greywaternet.com/otros-tratamientos.html>
- Greyter Water systems. (27 de 2 de 2022). *Hogares residenciales - Greyter Water Systems*. Obtenido de <https://greyter.com/residencial/>
- Incontec-NTC 1500. (25 de 11 de 2020). *Instalaciones hidraulicas y sanitarias*. Obtenido de <https://ezproxy.uan.edu.co:3105/pdfview/viewer.aspx?locale=es-ES&Q=08548750F9E7414EAC384AD73909C05D96DF3D9C2A164539&Req=>
- ingenieria, C. (8 de 02 de 2021). *Pozos septicos- diseños de tanques sépticos/septic tank*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=TeISRpLoEeQ&t=5s>
- ingenieria., C. (1 de 6 de 2019). *Cómo Hacer una Trampa de Grasas* . Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=06Y_GBK55F8
- Instituto de hidrologia, meteorologia y estudios ambientales IDEAM. (28 de 12 de 2007). *Demanda quimica de oxigeno por reflujo cerrado y volumetria*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb#:~:text=La%20Demanda%20Qu%C3%ADmica%20de%20Ox%C3%ADgeno,agente%20oxidante%2C%20temperatura%20y%20tiempo>.
- Instituto de Hidrologia, Metereologia y Estudios Ambientales (IDEAM). (2011). *Hoja metodologica del indicador del indice de calidad del agua*. Bogota: sistemas de indicadores ambietales en Colombia.

- Instituto de hidrologia, meteorología y estudios ambientales IDEAM. (2007). *Determinación de sólidos suspendidos totales en agua secados*. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.
- Jhanet Hartin, B. F. (15 de 5 de 2018). *Universidad de California agricultura y recursos naturales*. Obtenido de Consejos sobre la sequía: Usar agua residual en los jardines o paisajes urbanos: <https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8411.pdf>
- Maria Charry, N. C. (2016). *Evaluación de la acidez físico-química y biológica de la laguna de Ubaque para el diseño y actualización de las medidas de manejo ambiental*. Bogotá: universidad libre de colombia.
- Metcalf & Eddy, I. a. (2007). Onsite and Decentralized Systems for Water Reuse. En *Onsite and Decentralized Systems for Water Reuse* (pág. cap 13). New YorkChicagoSan FranciscoLisbonLondonMadridMexico CityMilanNew DelhiSan JuanSeoulSingaporeSydneyToronto:: McGRAW-HILL.
- Ministerio de ambiente. (6 de febrero de 2015). *Ministerio de ambiente*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/sala-de-prensa/2-noticias/1659-colombia-tienen-mas-de-30-mil-humedales>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). *Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas*. Bogotá.
- Ministerio de desarrollo económico. (11 de 2000). *REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE Agua Potable y saneamiento básico*. Obtenido de tratamiento de aguas residuales titulo E: https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/010710_ras_titulo_e_.pdf
- Norma técnica Colombiana (NTC1500). (2020). Desagüe sanitario. En *Instalaciones hidráulicas y sanitarias* (pág. 132). INCOTEC.
- Norma Técnica Colombiana-NTC1500. (2020). *Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias*. Bogotá: Incontec.
- Nuestro compromiso es Ubaque. (2008-2011). *Plan de desarrollo municipal*. Obtenido de <https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/12767/11159-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Organización Mundial de la Salud 2015. (2015). *Avances en Saneamiento y Agua Potable - Actualización 2015 y Evaluación de los ODM*. Organización Mundial de la Salud y UNICEF. Obtenido de https://www.unicef.org/publications/index_82419.html
- Pinilla, G. (2010). An index of limnological conditions for urban wetlands of Bogotá city, Colombia. *Ecological Indicators*, <https://asset-pdf.scinapse.io/prod/2121334036/2121334036.pdf>.
- Remy sabiani. (5 de 3 de 2010). *Water wise group*. Obtenido de <https://waterwisegroup.com/greywater-systems-sale/aqua2use-gwdd/>
- Roberts, C. E. (2007). Tratamiento químico. En *Manual de control de la calidad del agua* (pág. cap 9). Nueva YorkChicagoSan FranciscoLisboaLondresMadridCiudad de MéxicoMilánNueva DelhiSan JuanSeúlSingapurSydneyTorontoWater Environment Federation Alexandria, Virginia: WEF PRESS: McGraw-Hill Education.

- Rotoplast. (2 de 3 de 2022). *Sistema septico integrado*. Obtenido de <https://www.rotoplast.com.co/es/producto/septicointegrado>
- Synertech. (4 de 3 de 2022). *Bio-cube*. Obtenido de <https://www.nyfdecolombia.com/plantas/plantas-para-tratamiento-de-aguas-residuales-unifamiliares>
- Synertech Water Technologies. (9 de 4 de 2020). *Aguas residuales tanques sépticos*. Obtenido de <https://www.synertech.com.co/aguas-residuales/tanques-septicos#>
- Thurber, S. w. (8 de 5 de 2015). *Sewage pollution: mitigation is key for coral reef stewardship*. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/nyas.12785>
- Universidad Nacional de Colombia y alcaldia de Ubaque. (2000). *Esquema de ordenamiento territorial*. Ubaque, Cundinamarca.
- vasquez, A. (8 de 3 de 2022). *Igendesing*. Obtenido de <https://igen.design/gris-water-saving-system-for-the-real-world>
- Yogendra, K. P. (2008). Determination of water quality index sustainability of an urban waterbody in shimoga town. *The 12th world lake conference* (págs. 342-346). jairpur, India: Ministry of environment and forest, Government of India.
- Acuaviva. (2022, 3 4). *Sistema septico autolimpiable*. Retrieved from <https://www.acuaviva.com/es-co/productos/sistemas-septicos/industriales/>
- Ajover. (2022, 3 5). *Tanque imhoff*. Retrieved from <https://www.ajover.co/wp-content/uploads/2016/08/FT-Sistemas-Septicos-Ajover>.
- Bioazul. (2022, 3 4). *Biorreactor de membrana*. Retrieved from [https://www.bioazul.com/mbr-biorreactor-de-membrana/#:~:text=Los%20biorreactores%20de%20Membrana%20\(MBR,calidad%20apta%20para%20su%20reutilizaci%C3%B3n](https://www.bioazul.com/mbr-biorreactor-de-membrana/#:~:text=Los%20biorreactores%20de%20Membrana%20(MBR,calidad%20apta%20para%20su%20reutilizaci%C3%B3n)
- earth, G. (2020, mayo 4). *laguna de Ubaque*. Retrieved from <https://earth.google.com/web/@4.50103738,-73.93508852,2067.88310998a,661.70219777d,35y,-85.56235386h,80.96864658t,0r>
- Ecohoe. (2011, 04 26). *Ecohoe reciclaje de agua*. Retrieved from <https://www.ecohoe.com/>
- gomez, S. (2022, 3 5). *Wikomm*. Retrieved from Ecoguardian: <http://www.wikomm.com/item/sistema-reciclador-de-agua-de-la-ducha-para-el-sanitario--permite-un-ahorro-efectivo-de-hasta-100-litros-de-agua/1060>
- Grey water net. (2022, 3 3). *Grey water net*. Retrieved from <https://www.greywaternet.com/otros-tratamientos.html>
- Greyter Water systems. (2022, 2 27). *Hogares residenciales - Greyter Water Systems*. Retrieved from <https://greyter.com//residencial/>

- Incontec-NTC 1500. (2020, 11 25). *Instalaciones hidraulicas y sanitarias*. Retrieved from <https://ezproxy.uan.edu.co:3105/pdfview/viewer.aspx?locale=es-ES&Q=08548750F9E7414EAC384AD73909C05D96DF3D9C2A164539&Req=>
- ingenieria, C. (2021, 02 8). *Pozos septicos- diseños de tanques sépticos/septic tank*. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=TelSRpLoEeQ&t=5s>
- ingenieria., C. (2019, 6 1). *Cómo Hacer una Trampa de Grasas* . Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=06Y_GBK55F8
- Instituto de hidrologia, meteorologia y estudios ambientales IDEAM. (2007, 12 28). *Demanda quimica de oxigeno por reflujo cerrado y volumetria*. Retrieved from <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb#:~:text=La%20Demanda%20Qu%C3%ADmica%20de%20Ox%C3%ADgeno,agente%20oxidante%2C%20temperatura%20y%20tiempo.>
- Instituto de Hidrologia, Metereologia y Estudios Ambientales (IDEAM). (2011). *Hoja metodologica del indicador del indice de calidad del agua*. Bogota: sistemas de indicadores ambietales en Colombia.
- Instituto de hidrologia, metereologia y estudios ambientales IDEAM. (2007). *Determinacion de solidos suspendidos totales en agua secados*. Ministerio de ambiente,vivienda y desarrollo territorial.
- Jhanet Hartin, B. F. (2018, 5 15). *Universidad de california agricultura y recursos naturales*. Retrieved from Consejos sobre la sequía: Usar agua residual en los jardines o paisajes urbanos: <https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8411.pdf>
- Maria Charry, N. C. (2016). *Evaluacion del acalidad fisico-quimica y biologica de la laguna de Ubaque para el diseño y actualizacion de las medidas de manejo ambiental*. Bogota: universidad libre de colombia.
- Metcalf & Eddy, I. a. (2007). Onsite and Decentralized Systems for Water Reuse. In *Onsite and Decentralized Systems for Water Reuse* (p. cap 13). New YorkChicagoSan FranciscoLisbonLondonMadridMexico CityMilanNew DelhiSan JuanSeoulSingaporeSydneyToronto:: McGRAW-HILL.
- Ministerio de ambiente. (2015, febrero 6). *Ministerio de ambiente*. Retrieved from <https://www.minambiente.gov.co/index.php/sala-de-prensa/2-noticias/1659-colombia-tien-mas-de-30-mil-humedales>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). *Guia tecnica para la formulacion de los planes de ordenacion y manejo de cuencas hidrograficas* . Bogota.
- Ministerio de desarrollo economico. (2000, 11). *REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE Agua Potable y saneamiento basico*. Retrieved from tratamiento de aguas residuales titulo E: https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/010710_ras_titulo_e_.pdf
- Norma técnica Colombiana (NTC1500). (2020). Desagûe sanitario. In *Instalaciones hidraulicas y sanitarias* (p. 132). INCOTEC.

- Norma Tecnica Colombiana-NTC1500. (2020). *Instalaciones Hidraulicas y Sanitarias*. Bogota: Incontec.
- Nuestro compromiso es Ubaque. (2008-2011). *Plan de desarrollo municipal*. Retrieved from <https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/12767/11159-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Organización Mundial de la Salud 2015. (2015). *Avances en Saneamiento y Agua Potable - Actualización 2015 y Evaluación de los ODM*. Organización Mundial de la Salud y UNICEF. Retrieved from https://www.unicef.org/publications/index_82419.html
- Pinilla, G. (2010). An index of limnological conditions for urban wetlands of Bogotá city, Colombia. *Ecological Indicators*, <https://asset-pdf.scinapse.io/prod/2121334036/2121334036.pdf>.
- Remy sabiani. (2010, 3 5). *Water wise group*. Retrieved from <https://waterwisegroup.com/greywater-systems-sale/aqua2use-gwdd/>
- Roberts, C. E. (2007). Tratamiento químico. In *Manual de control de la calidad del agua* (p. cap 9). Nueva YorkChicagoSan FranciscoLisboaLondresMadridCiudad de MéxicoMilánNueva DelhiSan JuanSeúlSingapurSydneyTorontoWater Environment Federation Alexandria, Virginia: WEF PRESS: McGraw-Hill Education.
- Rotoplast. (2022, 3 2). *Sistema septico integrado*. Retrieved from <https://www.rotoplast.com.co/es/producto/septicointegrado>
- Synertech. (2022, 3 4). *Bio-cube*. Retrieved from <https://www.nyfdecolombia.com/plantas/plantas-para-tratamiento-de-aguas-residuales-unifamiliares>
- Synertech Water Technologies. (2020, 4 9). *Aguas residuales tanques sépticos*. Retrieved from <https://www.synertech.com.co/aguas-residuales/tanques-septicos#>
- Thurber, S. w. (2015, 5 8). *Sewage pollution: mitigation is key for coral reef stewardship*. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/nyas.12785>
- Universidad Nacional de Colombia y alcaldia de Ubaque. (2000). *Esquema de ordenamiento territorial*. Ubaque,Cundinamarca.
- vasquez, A. (2022, 3 8). *Igendesing*. Retrieved from <https://igen.design/gris-water-saving-system-for-the-real-world>
- Yogendra, K. P. (2008). Determination of water quality index sustainability of an urban waterbody in shimoga town. *The 12th world lake conference* (pp. 342-346). jairpur, India: Ministry of environment and forest, Government of India.
- Delpa, I., Jung, A. V., Baures, E., Clement, M., & Thomas, O. (2009). Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. *Environment International*, 35(8), 1225–1233. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2009.07.001>
- Estévez, S., González-García, S., Feijoo, G., & Moreira, M. T. (2022). How decentralized treatment can contribute to the symbiosis between environmental protection and resource recovery. *Science of*

- The Total Environment*, 812, 151485. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.151485>
- Jequé Mohammad Fakhrul Islam y Zahurul Karim. (2019, August 8). *World's Demand for Food and Water: The Consequences of Climate Change*. <https://acortar.link/J1FQPb>
- Juan F. Velasco-Muñoz 1 ID, José A. Aznar-Sánchez 1, *, ID, L. J. B.-U. 1 and, & Isabel M. Román-Sánchez 1, 2. (2018, April 5). *Sustainable Water Use in Agriculture: A Review of Worldwide Research*. <https://acortar.link/OHQmHI>
- Poustie, A., Yang, Y., Verburg, P., Pagilla, K., & Hanigan, D. (2020). Reclaimed wastewater as a viable water source for agricultural irrigation: A review of food crop growth inhibition and promotion in the context of environmental change. *Science of The Total Environment*, 739, 139756. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.139756>
- suarez Doris. (2006). CONDUCTIVIDAD ELECTRICA POR EL MÉTODO ELECTROMÉTRICO EN AGUAS. In *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Conductividad+Eléctrica.pdf/f25e2275-39b2-4381-8a35-97c23d7e8af4>
- Wear, S. L., Acuña, V., McDonald, R., & Font, C. (2021). Sewage pollution, declining ecosystem health, and cross-sector collaboration. In *Biological Conservation* (Vol. 255, p. 109010). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109010>
- Delpa, I., Jung, A. V., Baures, E., Clement, M., & Thomas, O. (2009). Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. *Environment International*, 35(8), 1225–1233. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2009.07.001>
- Estévez, S., González-García, S., Feijoo, G., & Moreira, M. T. (2022). How decentralized treatment can contribute to the symbiosis between environmental protection and resource recovery. *Science of The Total Environment*, 812, 151485. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.151485>
- Jequé Mohammad Fakhrul Islam y Zahurul Karim. (2019, August 8). *World's Demand for Food and Water: The Consequences of Climate Change*. <https://acortar.link/J1FQPb>
- Juan F. Velasco-Muñoz 1 ID, José A. Aznar-Sánchez 1, *, ID, L. J. B.-U. 1 and, & Isabel M. Román-Sánchez 1, 2. (2018, April 5). *Sustainable Water Use in Agriculture: A Review of Worldwide Research*. <https://acortar.link/OHQmHI>
- Poustie, A., Yang, Y., Verburg, P., Pagilla, K., & Hanigan, D. (2020). Reclaimed wastewater as a viable water source for agricultural irrigation: A review of food crop growth inhibition and promotion in the context of environmental change. *Science of The Total Environment*, 739, 139756. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.139756>
- suarez Doris. (2006). CONDUCTIVIDAD ELECTRICA POR EL MÉTODO ELECTROMÉTRICO EN AGUAS. In *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Conductividad+Eléctrica.pdf/f25e2275-39b2-4381-8a35-97c23d7e8af4>
- Wear, S. L., Acuña, V., McDonald, R., & Font, C. (2021). Sewage pollution, declining ecosystem health, and cross-sector collaboration. In *Biological Conservation* (Vol. 255, p. 109010). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109010>

Anexo

Registro fotográfico de visita laguna de ubaque toma de muestras para su evaluación calidad de agua.

figura 30 toma muestra agua numero 1



figura 31 toma muestra agua numero 3



figura 32 proceso toma de muestra de agua laguna



Registro fotográfico laboratorio ambiental

figura 33 resultado pH muestra 1



figura 34 resultado muestra turbiedad muestra 1



figura 35 resultado conductividad muestra 1



figura 36 resultado color de agua muestra 1



figura 37 Resultado DQO muestra 1

