

**ANALISIS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN
EL MUNICIPIO DE GIRARDOT – CUNDINAMARCA PARA LA URBANIZACIÓN LOS
PRADOS PRIMERA Y SEGUNDA ETAPA**

DILAN MATEO GARZON SUAREZ

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA INGENIERIA CIVIL**

2023

**ANALISIS Y DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN
EL MUNICIPIO DE GIRARDOT – CUNDINAMARCA PARA LA URBANIZACION LOS
PRADOS PRIMERA Y SEGUNDA ETAPA**

DILAN MATEO GARZON SUAREZ

Dilan-garzon@upc.edu.co

Trabajo de grado para optar el título de ingeniero civil

Director. Jesús Flaminio Ospitia

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL**

2023

Agradecimiento

Los agradecimientos del presente proyecto de grado van dirigidos primero que todo a Dios por darme salud, sabiduría y la fortaleza para culminar este proceso de formación e iniciar mi camino profesional.

A mis padres y mi tío Carlos agradezco de forma especial por todo el apoyo y aporte brindado durante este proceso.

A la universidad piloto de Colombia seccional del alto magdalena, a la facultad de ingeniería, al programa de Ingeniería Civil, a cada uno de los docentes y personas que me apoyaron con sus conocimientos a mi formación personal y profesional.

A mis compañeros con los que tuve la oportunidad de compartir los llevo en mi corazón, en mi mente quedaran los recuerdos de las aventuras y experiencias vividas en las salidas a los laboratorios, las horas, los días, meses y años que pasamos en la biblioteca esforzándonos para hacer de este sueño una realidad y las visitas a las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales que tuvimos la oportunidad de conocer a nivel nacional son recuerdos que quedaron grabados en mi para toda la vida.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	9
2. JUSTIFICACION	10
3. PROBLEMA DE INVESTIGACION	11
4. OBJETIVOS	12
4.1. Objetivo General	12
4.2. Objetivos específicos	12
5. MARCO DE REFERENCIA	13
5.1. Antecedentes	13
5.2. Marco Teórico	14
5.3. Marco Conceptual	20
5.4 Marco Geográfico	23
5.5 Marco legal	25
6. DISEÑO METODOLOGICO	26
6.1 Metodología	26
7. RECURSOS	28
7.1. Recurso Humano	28
7.2. Recurso Material	28
8. DESARROLLO DE LA PROPUESTA	29
8.1. Recolección de información	29
8.1.1. Toma muestra de agua contaminada	30
8.1.2. Cantidad total de viviendas	30
8.1.3. Tipo de ocupantes	31
8.2. Tratamiento preliminar	32
8.2.1. Trampa de grasas para una vivienda	32
8.2.1.1. Procedimiento para cálculo de trampa de grasa de una vivienda	33
7.2.2. Trampa de grasas para un bar	35
7.2.2.1. Procedimiento de cálculo para trampa de grasa de un bar	35
8.2. Tratamiento primario	37
7.3.1. Procedimientos para diseño de tanque séptico	37
7.3.2. Diseño tanque séptico	42
7.4. Tratamiento Secundario	46
7.4.1. Filtro anaeróbico de flujo ascendente.	46
7.4.2. Procedimiento para Diseño de Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente	46
7.5. Tratamiento terciario	49

7.5.1. Campo de infiltración aguas residuales	49
7.5.1.1. Zanjas de Infiltración	50
7.5.1.2. Lechos de infiltración	51
7.5.1.3. Pozos de infiltración	51
7.5.1.4. Humedal Artificial	52
7.5.1.4.1. Procedimiento	52
7.5.1.4.2. Mecanismo de trabajo	53
7.5.1.4.3. Tipos de humedales	53
7.5.1.4.4. Consideraciones para la construcción del humedal	53
7.5.1.4.5. Impermeabilización	53
7.5.1.4.6. Selección y colocación del medio granular	53
7.5.1.4.7. Colocación de la vegetación	54
7.5.1.4.8. Parámetros de Diseño	54
9. CONCLUSIONES	58
10. RECOMENDACIONES	58
11. ANEXOS	59
11.1. Resultado de laboratorio DBO	59
12. REFERENCIAS	59

Tablas

Tabla 1. Relación cantidad total de viviendas.....	30
Tabla 2. Clasificación de predios por tipo de ocupantes.....	31
Tabla 3. Tiempo de Retención Hidráulica	32
Tabla 4. Cantidad aparatos sanitarios por vivienda.	32
Tabla 5. Cálculo Diseño Trampa de Grasas.	34
Tabla 6. Cantidad de aparatos sanitarios por bar.	35
Tabla 7. Cálculo de diseño trampa de grasa para bar.	37
Tabla 8. Contribución de aguas residuales y lodo fresco para ocupantes permanentes y temporales.	40
Tabla 9. Tiempo de retención.	41
Tabla 10. Tasa de acumulación de lodos.	41
Tabla 11. Valores de profundidad útil	42
Tabla 12. Número de contribuyentes	42
Tabla 13. Cálculo de diseño del tanque séptico	45
Tabla 14. Cálculo de diseño del filtro anaerobio de flujo ascendente	48
Tabla 15. Dimensiones para campo de infiltración	49
Tabla 16. Tasas de aplicación de aguas residuales para sistemas de infiltración	50
Tabla 17. Cálculo campo de infiltración por zanjas	50
Tabla 18. Cálculo campo de infiltración por lechos.....	51
Tabla 19. Cálculos campo de infiltración por pozos.....	52
Tabla 20. Parámetros DBO aguas residuales.....	55
Tabla 21. Materia orgánica presente	56
Tabla 22. Características típicas de los medios para humedales	56

Ilustraciones

Ilustración 1. Mapa de Cundinamarca en Colombia	23
Ilustración 2. Mapa de Girardot en Cundinamarca	24
Ilustración 3. Zona de estudio.....	24
Ilustración 4. Recolección de Informacion Urbanización Los Prados I Etapa	29
Ilustración 5. Recolección de Informacion Urbanización Los Prados II Etapa	29
Ilustración 6. Trampa de grasas para vivienda	34
Ilustración 7. Trampa de grasa para bar.....	37
Ilustración 8.Censo Dane.....	38
Ilustración 9.Cantidad de hogares en Girardot según Dane	39
Ilustración 10. Diseño del Tanque Séptico y FAFA.....	48
Ilustración 11. Cálculos humedal artificial	57
Ilustración 12. Diseño del Humedal Artificial	57

Resumen

El recurso hídrico es un insumo fundamental para la existencia de la humanidad considerándola un elemento crucial para el correcto funcionamiento de la sociedad, debido a la contaminación presente en el agua se han evidenciado serias amenazas a sus consumidores ya que el recurso no cuenta con un buen tratamiento, provocando así enfermedades de origen hídrico que podrían llegar muchas veces a generar la muerte. Desde este punto de vista se considera que el agua potable es un derecho humano al cual todos los seres deberían tener acceso a ella.

por un lado, se tiene que el 70% de las aguas residuales de la región de Latinoamérica no son tratadas según el Banco mundial, por otro lado, en Colombia el porcentaje de las aguas residuales tratadas es de 52.02 % según datos oficiales de Radio Nacional. Es decir, aún el 47.98% de las aguas residuales son vertidas en aguas superficiales o directamente a fuentes hídricas sin ningún tratamiento.

Para mejorar las condiciones de salud es necesario implementar sistemas de saneamiento básico eficientes para el manejo de aguas residuales, es por ello que será necesario seleccionar la tecnología y el tren de tratamiento apropiado para transformar la calidad del agua mediante el uso de una PTAR para la urbanización los Prados en Girardot – Cundinamarca.

Para la selección correcta de la tecnología, es importante tener en cuenta la cantidad y la composición de la corriente de residuos, los parámetros técnicos para la captación del recurso contaminado y el tratamiento del mismo, garantizando el cumplimiento del costo – beneficio y entrega de un producto de calidad.

La metodología de investigación se puede catalogar de tipo descriptiva, puesto que incorpora las características del asunto de investigación, para lograr cumplir con los objetivos propuestos.

Con enfoque mixto, lo que quiere decir que será cualitativa y cuantitativa, donde se van a cualificar datos obtenidos mediante exploración de terreno y se van a cuantificar los cálculos para obtener las medidas apropiadas de los componentes del sistema de saneamiento básico garantizando que cumpla con la normativa, ofreciendo un servicio eficiente para que funcione durante el periodo de diseño propuesto.

Además, el proyecto apunta a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), establecidos por las Naciones Unidas, cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse, para el caso que compete, el objetivo 3: salud y bienestar, garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades, y el objetivo 6: agua limpia y saneamiento “Garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos”.

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación busca analizar y establecer el diseño para ofrecer una alternativa de solución viable a la problemática que sufre la población alrededor del territorio nacional, dadas las circunstancias en el municipio de Girardot en el departamento de Cundinamarca, específicamente en la urbanización Los Prados primera y segunda etapa donde no se cuenta con el tratamiento de aguas residuales, siendo este tratamiento una operación clave en la industria de procesos para evitar impactos negativos en los cuerpos de agua, una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) se construye con el objetivo de depurar la materia orgánica y reducir la carga contaminante.

El valor de las PTAR no tiene discusión, ya que estas plantas buscan eliminar la carga contaminante que desemboca en las fuentes hídricas, regularmente si no terminan estancadas, terminan en el río Bogotá o en río magdalena una de las bellezas naturales de Colombia, quien está siendo directamente afectado por la contaminación que generan los habitantes del sector agrícola, comercial y residencial.

Beltrán, Chaguaní, Girardot, Guaduas, Guataquí, Nariño, Puerto Salgar y San Juan de Río seco no cuentan con PTAR. Ricaurte, es el único municipio en Cundinamarca ubicado en la ribera del Magdalena que cuenta con planta. Estos municipios del departamento superan los 181.696 habitantes. Es decir, el 88.89 % de los municipios no tiene PTAR. (Grosso, 2021)

Lo que es una lástima ya que, en la actualidad, se cuenta con avances importantes de las tecnologías, lo que permite optimizar cada uno de los procesos, es decir para cada proceso podemos encontrar los tratamientos necesarios para garantizar una planta de tratamiento de aguas residuales de mayor innovación, eficacia y economía.

Es muy importante para un ingeniero conocer los fundamentos del tren de tratamiento de aguas residuales y las tecnologías existentes para alcanzar las metas de tratamiento establecidas.

2. JUSTIFICACION

Dentro del presente trabajo, se plantea una alternativa técnica para el desarrollo de una PTAR, puesto que el tratamiento de aguas residuales es muy importante por los problemas de salud y al medio ambiente que actualmente se presentan debido a la contaminación del agua.

De acuerdo a la base de datos virtual El Tiempo se constató que en américa latina existen 128 millones de personas sin una estructura de saneamiento básico, en Cundinamarca el porcentaje de los municipios que no tienen planta de tratamiento de aguas residuales es bastante considerable, es decir, la zona en estudio no cuenta con una planta de tratamiento y en la actualidad, los sistemas utilizados para el tratamiento de aguas residuales no resultan ser eficaz y son costosos.

Por consiguiente, se presenta la propuesta de la PTAR garantizando que cumpla con los parámetros de diseño y las especificaciones técnicas que se requieren para la ejecución de este proyecto.

Con esto se pretende beneficiar un porcentaje considerable de habitantes y el medio ambiente ya que el recurso será devuelto a la fuente hídrica con menor contaminación.

3. PROBLEMA DE INVESTIGACION

El problema de la investigación radica en las afectaciones de la salud generadas por la contaminación causada directa o indirectamente en el agua, vemos diferentes usos que pueden ocasionar este problema algunos como; comerciales, industriales, agrícola y doméstico. Pues los diferentes usos que se le dan al recurso provocan que este llegue a la fuente hídrica cargado de materia orgánica, metales pesados el agua muy contaminada.

La implementación de la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR), se presenta como una respuesta a la contaminación que sufren los cuerpos de agua.

La localidad tiene acceso a un alcantarillado eficiente gracias al trabajo de la empresa ACUAGYR. S.A. E.S.P. quien presta el servicio de acueducto y alcantarillado, pero no cuenta con una Planta de Tratamiento de Agua Residual, en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimiento. (Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, 2020)

Con esto se aspira dar respuesta a la problemática que se está generando al recurso hídrico, de tal manera que los residuos que se entreguen al cuerpo de agua no alteren sus condiciones naturales y pueda ser disfrutado por las comunidades beneficiarias del recurso, garantizando la sostenibilidad del medio ambiente y así evitando daños irreversibles al ecosistema. (CAR, 2019)

En consecuencia, de lo antes mencionado se expone la pregunta de investigación.

¿Cuál es el tren de tratamiento a implementar en la PTAR para la urbanización los prados primera y segunda etapa?

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

- Realizar el análisis y diseño de una planta de tratamiento de agua residual en el municipio de Girardot – Cundinamarca para la urbanización los Prados primera y Segunda etapa.

4.2. Objetivos específicos

- Realizar análisis de la población de estudio.
- Determinar el caudal de diseño.
- Analizar los parámetros técnicos para determinar el diseño propuesto para la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Determinar el tren de tratamiento de aguas residuales.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1. Antecedentes

En la actualidad, se han ido implementando Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en Colombia y el mundo entero, en algunos sitios no son de acuerdo a las necesidades y beneficios que se esperan obtener, además los sistemas utilizados para el tratamiento de aguas residuales no son eficaces y son costosos, dado que son utilizados sistemas equivocados, sobredimensionados o en su defecto áreas muy pequeñas que genera fallas y al corto plazo estas PTAR dejan de funcionar por falta de recursos para realizar el mantenimiento, por consiguiente, se presenta algunos antecedentes de soporte para este proyecto.

A nivel internacional, realizaron una investigación de la eficiencia de los FAFA en el tratamiento de efluentes de destilería de alcohol en Cuba, logrando una remoción de DQO superior al 65% para cargas orgánicas inferiores a 7,32 kg DQO/m³ d a temperaturas entre 20 y 25°C. Por su parte, a escala nacional se tiene que (Chavarro et al., 2006), elaboraron un estudio enfocado a evaluar la tratabilidad de los lixiviados en el relleno sanitario “La Glorita” de Pereira, alcanzando eficiencias de remoción de DQO entre el 60 y 90% para cargas con valores máximos de 10 kg DQO/m³ d, con un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 1,2 días. (Rivera, 2002)

Por otro lado, se puede observar como a través de la historia el ser humano a buscado formas de transportar el agua para el uso de sus necesidades básicas como también para el sector del comercio que utiliza el recurso para realizar diferentes actividades, en la industria también se puede observar el desperdicio y la contaminación del agua, de acuerdo a los altos niveles de contaminación se propone un diseño para la construcción se sistemas de tratamiento de aguas residuales, para entregar el recursos en mejores condiciones, debido a que.

en Colombia es una práctica reciente relativamente, este tipo de estructuras tiene sus inicios aproximadamente hace 30 a 40 años. Colombia trata el 10% de las aguas residuales a pesar de contar con una capacidad instalada que alcanzaría el 20%. Según un estudio de UNICEF del año 2016, una cuarta parte de los municipios de los 21 departamentos analizados cuentan con una planta de tratamiento de aguas residuales. (Acuatecnica S.A.S, 2017)

Por otro lado, se tiene que:

“solamente solo 48.2% del total de municipios cuentan con Plantad de Tratamiento de Aguas, de 1.122 municipios en el país, solo 541 cuentan con sistemas de saneamiento” (LaRepública , 2018)

Un ejemplo de planta de tratamiento de aguas residuales en Colombia es la planta de San Fernando, situada en el municipio de Itagüí. Esta planta recibe para su tratamiento las aguas industriales y residenciales de Envigado, Itagüí, Sabaneta, La Estrella y parte del sur de Medellín. San Fernando efectúa un tratamiento secundario y remueve entre el 80 y el 85% de la contaminación del agua antes de devolverla al río Medellín. (Acuatecnica , 2017)

Otra planta similar es:

La nueva planta de tratamiento de Bello, en el Norte del Valle de Aburrá, que recibirá las aguas residuales residenciales, industriales y comerciales de Medellín y Bello y ayudará también a sanear el río Medellín. En términos operativos, la planta de Bello triplicará a la de San Fernando. Ambas alcanzarán un cubrimiento global del 95 % de las aguas que se vierten al río. (Acuatecnica , 2017)

PTAR Bogotá el salitre fase II

La ampliación y optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales, PTAR salitre Fase II, hace parte del Plan de Saneamiento y Recuperación del Río Bogotá. Este Proyecto, liderado por la corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), es de gran importancia para la comunidad y el medio ambiente, ya que tratará un volumen de 7.0 m³ de agua por segundo e impedirá que un promedio de 450 toneladas mensuales de basuras llegue al río, será decisivo para lograr la descontaminación del Río Bogotá. (Corporación Autonoma Regional , 2020)

PTAR en Palmira

El municipio de Palmira es el más grande del Departamento de Valle del Cauca, con más de 300.000 habitantes, pero no cumplían con el Plan de Saneamiento Básico del Municipio, por lo anterior en el año 2016 se autorizó la construcción de la PTAR, incluyéndola en el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio, POT. Con el apoyo de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC, se fortalece importancia de la obra buscando mitigar la contaminación del río Palmira y otros afluentes, por vertimientos generados en la red de alcantarillado y aguas lluvias. El sitio asignado a través de una cesión del gobierno nacional, es un lote de ocho hectáreas ubicado en la actual sede del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. De esta forma, el Municipio cumple con los requisitos exigidos por la norma, entre los cuales se destaca el uso del lote para fines de preservación del patrimonio ambiental. (Carrillo, 2019)

5.2. Marco Teórico

Tratamiento preliminar

ARTÍCULO 172. Trampas de grasa. Dentro de los sistemas de tratamiento de aguas residuales descentralizados, cuando se prevean aportes de grasas y aceites, debe considerarse el empleo de sistemas de remoción de los mismos, con el fin de proteger los procesos de tratamiento subsiguientes, tales como: pozos sépticos, filtros anaeróbicos, campos de infiltración, humedales artificiales, entre otros.

Las trampas de grasa deben localizarse lo más cerca posible de la fuente de agua residual con grasas (generalmente la cocina), y aguas arriba del tanque séptico o de cualquier otra unidad que requiera este dispositivo para prevenir problemas de obstrucción, adherencias, acumulaciones en las unidades de tratamiento y malos olores. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio - Resolucion 0799, 2021)

Para el tratamiento preliminar se realizará el cálculo de la trampa de grasa, donde se tendrá en consideración las siguientes formulas.

$$- Q = 0,3 * \sqrt{\sum \mu}$$

Donde:

Q = Caudal

0.3 = Constante

$\sqrt{\sum \mu}$ = Sumatoria de aparatos sanitarios

$$- V = Q * T$$

Donde:

V= Volumen

Q = Caudal

T = Tiempo

- **Área (As)**

Donde:

As = Área superficial

$$- \text{Ancho} = \sqrt{\frac{As}{R}}$$

Donde:

As = Área superficial

R = Relación

- **Largo = Relación*Ancho**

- **Profundidad (H) = H = V/As**

Donde:

V = Volumen

As = Área superficial

Una vez se obtienen los datos de la trampa se grasa, se deberá proceder a realizar los cálculos de diseño.

Se debe tener en cuenta que se realizará el cálculo de trampa de grasas para las viviendas residenciales, para el caso donde se determine que en la zona hay actividades comerciales tales como: bares, restaurantes, hoteles. se deberá realizar el mismo calculo para cada uno de los establecimientos comerciales.

Como parámetros generales de diseño deberán tenerse en cuenta lo siguiente:

1. *El volumen de la trampa de grasa de calculará para un periodo de retención minino de 2,5 min*
2. *La relación largo-ancho del área superficial de la trampa de grasa deberá estar comprendida entre 1:1 a 3:1, dependiendo de su geometría*
3. *La profundidad útil deberá ser acorde con el volumen calculado partiendo de una altura útil mínima de 0.35 m. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio - Resolucion 0799, 2021)*

Tratamiento primario

El objetivo de esta etapa es eliminar una porción de los sólidos suspendidos. Para ello, el agua queda retenida durante 1 a 2 horas en decantadores para que la gravedad ayude a separar esas partículas. Otros beneficios de este proceso son la homogeneización de caudal y la eliminación de materia orgánica asociada a los sólidos suspendidos.

También es posible añadir sustancias químicas durante este proceso, como coagulantes y floculantes, para mejorar la sedimentación de los sólidos y eliminar fósforo. En determinados casos se suelen emplear sustancias básicas o ácidas para neutralizar el pH del agua. (Idrica , 2022)

Para el tratamiento primario se proyecta el tanque séptico que pueden ser prefabricados o contruidos in situ.

ARTÍCULO 173. Tanques sépticos. Los tanques sépticos se utilizan en los siguientes casos: para áreas desprovistas de redes públicas de alcantarillado, para vivienda rural dispersa con suficiente área de contorno para acomodar el tanque con sus procesos de pos tratamiento, para retención previa de los sólidos sedimentables y cuando hace parte de los alcantarillados sin arrastre de sólidos.

Como parámetros generales de diseño, deberán tenerse en cuenta los siguientes:

- 1. El tiempo de retención hidráulica debe estar entre 12 a 24 horas.*
- 2. La relación entre largo-ancho de tanque séptico será como mínimo de 2:1 y como máximo de 5:1.*
- 3. El pozo deberá constar como mínimo de dos cámaras; el volumen de la primera cámara deberá ser igual de a 2/3 del total del volumen.*
- 4. La profundidad útil debe estar entre los valores mínimos y máximos dados en la tabla 25 de acuerdo con el volumen útil obtenido.*
- 5. Se debe diseñar de tal manera que se facilite su inspección y mantenimiento*
- 6. Se debe contar con un dispositivo para la evacuación de gases.*
- 7. Debe ubicarse agua debajo de cualquier pozo o manantial destinado al abastecimiento de agua para el consumo humano. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio - Resolucion 0799, 2021)*

Para el diseño del tanque séptico se debe considerar las siguientes formulas:

$$N_c = \text{No. predios} * \text{Hab/vivienda}$$

N_c = Número de contribuyentes.

Para calcular la contribución de aguas residuales (L/Hab-día), se realiza ponderado, empleando la ecuación:

$$\bar{C} = \frac{C_1 * N_{C1} + C_2 * N_{C2} + C_3 * N_{C3} + \dots + C_i * N_{Ci}}{\sum N_c}$$

Con la contribución de aguas residuales de litro por habitante – día encontrado, se deberá proceder a calcular la contribución de aguas residuales en cantidad de litros por día, mediante la siguiente ecuación:

$$Ct = C * Nc$$

Donde:

Ct = Contribución total.

C = Contribución de aguas residuales.

Nc = Número de contribuyentes.

Posterior a ello se calcula la contribución de lodo fresco Ponderado ($\overline{L_f}$), empleando la siguiente ecuación:

$$\overline{L_f} = \frac{Lf1 * Nc1 + Lf2 * Nc2 + Lf3 * Nc3}{\sum Nc}$$

Seguidamente se calcula el volumen útil para el diseño del tanque séptico empleando la siguiente formula:

$$Vu = 1000 + Nc (C t + K Lf)$$

Donde:

Vu = Volumen útil

Nc = Número de contribuyentes (habitantes)

C = Contribución de aguas residuales por habitante. L/día

T = Tiempo de retención en días

K = Tasa de acumulación de lodo digerido, en días

Lf = Contribución de lodo fresco. L/hab-d⁻¹

Tratamiento secundario

Los filtros anaeróbicos de flujo ascendente (FAFA) se construyen como una cámara anexa al final del pozo séptico o como una cámara independiente. El lecho filtrante podrá estar construido por un lecho de grava, con un volumen de 0.02 a 0.04 m³ por cada 0.1 m³/día de aguas residuales que se van a tratar. También será posible emplear material filtrante, plástico utilizando la mitad del volumen anterior. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio - Resolución 0799, 2021)

Tratamiento terciario

El tratamiento terciario se realiza mediante campos de infiltración, empleando alguno de los siguientes tres tipos:

- Zanjas de infiltración
- Lechos de infiltración
- Pozos de infiltración

El campo de infiltración consiste en una serie de zanjas, con tuberías enterradas que tienen perforaciones en la parte inferior y que reparten en el suelo, de forma homogénea el agua residual parcialmente tratada y clarificada, para permitir su tratamiento y disposición en el terreno. (Hurtado, 2015)

Por otro lado, se logra observar el concepto teórico de campos de infiltración tomado de la Resolución 0799 del 2021.

ARTÍCULO 177. Campos de infiltración. *Deben localizarse aguas abajo del sistema de tanque séptico y ubicarse en suelos cuyas características permitan una absorción del agua residual que sale del mencionado sistema de tanque séptico. Los canales de infiltración deben ubicarse en un lecho de grava cuyo diámetro estará comprendido entre 10 a 60 mm. Se evitará la proximidad de árboles, para prevenir la entrada de raíces. En la tabla 26 aparecen las dimensiones correspondientes. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio - Resolución 0799, 2021)*

Zanjas de Infiltración

Para la implementación de las zanjas de infiltración se deben cumplir parámetros de referencia de diseño establecidos por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS).

Un concepto de zanja de infiltración se describe a continuación:

Es un elemento opcional utilizado para descargar el efluente proveniente del tanque séptico y la trampa de grasa. El efluente se dispone a través de las zanjas en el subsuelo, permitiendo su oxidación y disposición.

La profundidad de las zanjas se determina de acuerdo con la elevación del nivel freático y la tasa de infiltración. La profundidad máxima será de 0,60 metros, procurando mantener una separación mínima de 1,20 metros entre el fondo de la zanja y el nivel freático. La zanja de infiltración o campo de riego se recomienda cuando los valores de la tasa de infiltración oscilan entre 0,41 a 25 minutos por centímetro, según tabla 3 y cuando el nivel freático sea menor de 5 metros de profundidad. (Guía Tratamiento Aguas Negras y Grises , 2009)

Lechos de Infiltración

Un lecho de infiltración o de drenaje es una red de tuberías perforadas que yacen en zanjas subterráneas llenas de grava o arena, con el fin de disipar lentamente el efluente de una tecnología a base de agua con sistema de tratamiento de recolección y almacenamiento/tratamiento ya sean descentralizados o semicentralizados. El buen funcionamiento de esta tecnología depende del tipo de suelo y de su permeabilidad. (Tilley et al., 2018)

El lecho típico de infiltración se realiza inicialmente con una caja de distribución, en las paredes laterales de la zanja se debe colocar material aislante y en el fondo de la zanja se debe colocar una capa de 15 a 30 cm de piedra de $\frac{3}{4}$ " a $2\frac{1}{2}$ ".

Pozo de infiltración

Los pozos de infiltración son excavaciones profundas usadas para disposición subsuperficial de aguas residuales pretratadas. El agua residual entra al pozo y se filtra a través de las paredes laterales. Su uso se recomienda como alternativa cuando la disponibilidad de terreno es muy limitada y no existe suficiente área para un campo de infiltración, o donde el suelo permeable es muy profundo.

Se deberá tener en cuenta los parámetros y recomendaciones establecidos por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

ARTICULO 178. Pozo de Absorción o infiltración. *Para el dimensionamiento del pozo de absorción se debe tener en cuenta lo siguiente:*

1. *El pozo de absorción se utilizará como una alternativa si los campos de infiltración cuando no se cuente con el área suficiente para la construcción de estos últimos y se disponga de un suelo permeable.*
2. *El área efectiva de infiltración será el área lateral del cilindro, sin incluir el área de fondo.*
3. *La tasa de infiltración se determinará mediante ensayo de percolación y será expresada en min/cm.*
4. *El fondo del pozo de infiltración deberá quedar por lo menos 2 metros por encima del nivel freático de las aguas subterráneas.*
5. *El diámetro mínimo del pozo de absorción será 1,50 m y la profundidad útil no será mayor a 5 m.*
6. *Cuando las condiciones del terreno impidan la excavación vertical, las paredes estarán formadas por mampostería pegada en forma intercalada con espacio entre bloque y bloque. En este caso, deberá tenerse en cuenta la reducción del área efectiva de infiltración.*
7. *El fondo del pozo deberá cubrirse con una capa protectora de 0,15 m del espesor de grava.*
8. *La losa de techo del pozo de infiltración deberá tener una tapa de inspección de 0,60 m de diámetro.* (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio - Resolución 0799, 2021)

Para concluir con la elección del campo de infiltración se tendrá en cuenta el área superficial que se tenga. Sin embargo, el que menos área ocupa es el pozo de infiltración, y para caudales considerables es más apropiado emplear un humedal artificial.

Humedal Artificial

Los humedales son áreas que se encuentran saturados por aguas superficiales o subterráneas con una frecuencia y duración tales, que sean suficientes para mantener condiciones saturadas. Suelen tener aguas con profundidades inferiores a 60 cm con plantas emergentes como espadañas, carrizos y juncos.

ARTICULO. 180 humedales artificiales. Para el diseño de estos sistemas se deberán tener en cuentas los siguientes aspectos: caudal y características del afluente, tipo de vegetación que se va emplear y evapotranspiración.

El tiempo de retención hidráulica normalmente este alrededor de 5 días, la relación largo-ancho de 3:1 a 4:1, las profundidades para sistema de flujo superficial de 0,30 a 0,60 m y 0,1 a 0,45 para flujo sumergido. Se deberá contar con la impermeabilización del suelo mediante una capa de arcilla o empleando geomembranas. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio - Resolución 0799, 2021)

5.3. Marco Conceptual

Información General Municipio de Girardot

Girardot es uno de los 116 municipios del departamento de Cundinamarca, Colombia. Se encuentra ubicado en la provincia del alto magdalena a 124 km de Bogotá altitud 289 m.s.n.m. según estadísticas del DANE censo 2018 la población del municipio es de 150.178 habitantes, temperatura promedio anual 33.3° C, temperatura mínima 29.3° C, Temperatura máxima 38.3° C. limita al norte con el municipio de Nariño y Tocaima, al sur con el municipio de Flandes y el Río Magdalena, al oeste con el río Magdalena y el municipio de Coello y al este con el municipio de Ricaurte y el Río Bogotá. (Alcaldía Municipal de Girardot, 2020)

Densidad Poblacional

La densidad poblacional es una variable muy importante para el desarrollo de la implementación de la PTAR, dado a que indica la cantidad promedio de habitantes al cual se le debe brindar la conexión de este sistema unido a la extensión de la red de alcantarillado. Según las estadísticas del Dane.

Gestión de la Calidad

“Son procesos establecidos para asegurar que el proyecto cumpla con los objetivos por los cuales se implementó y se dio su viabilidad. Se compone de técnicas en dirección de proyectos Planificación y control, buscando el aseguramiento de Calidad”. (Carrillo, 2019)

Pretratamiento

Para realizar un tratamiento adecuado al agua residual se debe realizar un tratamiento preliminar, el cual tiene como finalidad retirar los residuos grandes o voluminosos que se encuentren en el agua residual; logrando así una mayor eficiencia en tratamientos primarios, secundarios, o terciarios que posteriormente se deben realizar. (Molina, 2015).

Según (Molina, 2015), para realizar un proceso de tratamiento de aguas residuales se deben tener en cuenta unos factores como:

- a)** Características del agua residual (DBO, material en suspensión, pH, productos tóxicos).
- b)** Calidad del efluente de salida requerido.
- c)** Costos y disponibilidad de espacio para la planta de tratamiento.

El pre tratamiento de agua residual implica directamente e inicialmente la reducción de sólidos en suspensión, para su descarga posterior en otros procesos, sin generar afectación por taponamiento o acumulación de residuos.

Aguas Residuales

Las aguas residuales constituyen al factor de mayor contaminación, debido al contenido de materia orgánica que tiene y a la presencia de organismos patógenos que son eliminados por las personas portadoras o por los animales y, por otro lado, la contaminación química que afecta la salud de la población en el corto, mediano y largo plazo. (Carreño, 2016)

Principales Contaminantes del Agua

Suele ser materia orgánica biodegradable, aunque también incluye ciertos compuestos inorgánicos. Principalmente se trata de aguas negras domésticas, desechos industriales, procesadoras de alimentos, industrias papeleras y residuos naturales, alguno de ellos puede ser: desechos humanos, residuos alimenticios materia vegetal muerta, restos y excrementos de animales. (Interconsulting Bureau, 2017, p. 14)

Agua Contaminada

El agua contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, otras diarreas, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. Si no hay servicios de agua y saneamiento, o si estos son insuficientes o están gestionados de forma inapropiada, la población estará expuesta a riesgos para su salud prevenibles. (Organización mundial de la Salud, 2022)

Tratamiento de Aguas Residuales

Las Plantas de Tratamiento son espacios destinados al desarrollo de procesos de índole físico-químico o biológico, o la combinación de ellos, en las cuales se les hace un tratamiento a las aguas residuales, con ello disminuir la cantidad de agentes orgánicos, químicos y físicos. (Calderon, 2020)

Causa de Formación de Malos Olores

La contaminación por olores es un tema de creciente preocupación como causa de molestias a la población, especialmente en actividades en las que se ha ido reduciendo progresivamente su impacto medioambiental más directo.

La causa de esta contaminación reside en la liberación a la atmósfera de ciertos compuestos (orgánicos volátiles, compuestos nitrogenados -aminas...-, compuestos de azufre -sulfhídrico, mercaptanos...-, entre otros) que aun en muy bajas concentraciones son capaces de provocar molestias olfativas, pudiendo ocasionarlas en puntos muy alejados de la zona potencial de emisión. Naturalmente, la atmósfera juega un papel fundamental en este tipo de impactos olfativos, al ser el vehículo de transmisión de las especies generadoras de los malos olores, así como potenciar o disminuir la incidencia de los mismos. Como ocurre con cualquier otra especie química liberada a la atmósfera (Interempresas, 2017)

Efectos Sobre la Salud

La contaminación por malos olores genera diversos malestares a la salud en las personas que están expuestas a ella. Entre los más comunes, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, se encuentran dolores de cabeza, insomnio, náuseas, Cuando esto sucede, se pueden generar problemáticas de salud más graves, como irritación en nariz, ojos y garganta hasta llegar a la intoxicación. vómito, problemas respiratorios y estado de ánimo negativo, entre otros. (Ciencia UNAM, 2021)

Aguas negras

“Aguas que transportan heces y orina, provenientes del inodoro”. (Luque, 2020)

Aguas Grises

“Aguas que contienen jabón y grasa, provienen de la ducha, tina, lavamanos, lavaplatos, lavadora, lavadero, etc.”. (Luque, 2020)

Según lo enunció (Lozano, 2012) para realizar un plan de tratamiento se debe tener en cuenta:

1. Caracterización

- *Origen y naturaleza de las aguas residuales.*
- *Estado de las redes de alcantarillado.*
- *Localización y características de los puntos de vertido.*
- *Dinámica de contaminación de los cauces fluviales receptores en los vertidos.*

2. Diagnóstico ambiental

- *Evaluación del impacto ambiental.*

3. Establecimiento de objetivos de calidad

- *Planteamiento de metas alcanzables y necesarias.*

4. Propuesta y estudio de soluciones técnicas

- *Comparación técnica y económica*
- *Costos de mantenimiento.*
- *Costos de operación.*

5. Selección de la mejor combinación de procesos

6. Aspectos institucionales

- *Sostenibilidad técnica.*
- *Sostenibilidad Financiera*

DBO Demanda Biológica de Oxígeno

La DBO es la demanda bioquímica de oxígeno que tiene un agua. Es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se utiliza para medir el grado de contaminación. La DBO es un proceso biológico y por lo tanto es delicado y requiere mucho tiempo. Como el proceso de descomposición depende de la temperatura, se realiza a 20°C durante 5 días de manera estándar, denominándose DBO5. (Ambiental, 2019)

DQO Demanda Química de Oxígeno

La DQO es la demanda química de oxígeno del agua. Es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en CO₂ y H₂O. Cuanto mayor es la DQO, más contaminada está el agua. (Ambiental, 2019)

5.4 Marco Geográfico

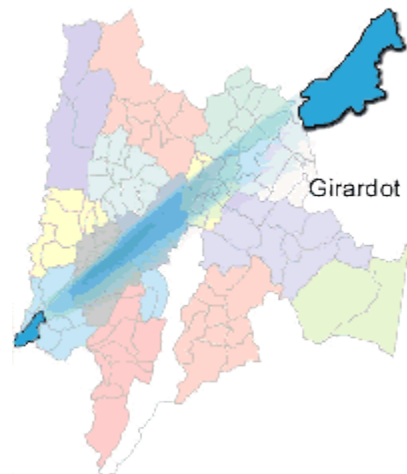
El lugar donde se proyecta la planta de tratamiento de aguas residuales está ubicado en el municipio de Girardot – Cundinamarca, la superficie del municipio es de 130 km², la altitud del municipio de Girardot es de 250 (msnm) de altitud, su cabecera está situada a 4°18'00" de latitud al norte y 74°48'0" de longitud al Oeste.

Ilustración 1. Mapa de Cundinamarca en Colombia



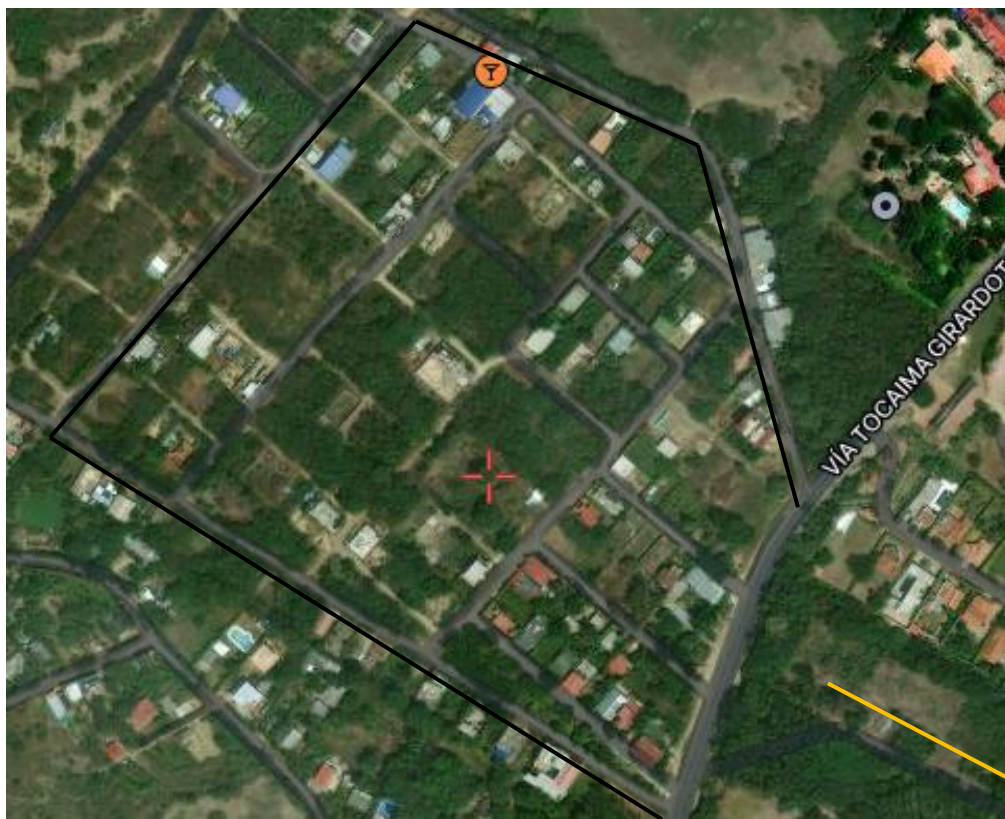
Fuente: (Colombia Mapas.Net , 2019)

Ilustración 2. Mapa de Girardot en Cundinamarca



Fuente: (Alcaldía Municipal de Girardot , 2018)

Ilustración 3. Zona de estudio



Fuente: Autor, Información tomada de Satellites.pro

Sitio donde se va ubicar
la PTAR

5.5 Marco legal

Las normas que le dan fundamento al presente proyecto de investigación son:

- Constitución Política de Colombia, Título XII, Capítulo V, Art. 366: Bienestar y mejoramiento de la calidad de vida de la población referente a temas de salud, educación, saneamiento ambiental y de agua potable.
- Ley 99 de 1993 Congreso de la Republica Titulo IV, Art. 31: funciones de las corporaciones autónomas regionales.

Del numeral 9: otorgar permisos, concesiones, autorizaciones y licencias ambientales según la ley para aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas.

Del numeral 12: evaluar, controlar y realizar seguimiento ambiental de los usos del agua, enfocado a vertimientos y emisiones que puedan causar daño o poner en peligro el desarrollo sostenible de los recursos naturales.

- *La norma de vertimientos, la resolución 0631 de 2015 reglamenta el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010 y actualiza el Decreto 1594 de 1984 (vigente desde hace 30 años) respondiendo a la nueva realidad urbana, industrial y ambiental del país. Esta permite el control de las sustancias contaminantes que llegan a los cuerpos de agua vertidas por 73 actividades productivas presentes en ocho sectores económicos del país. (Ministeria de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Resolucion 0631, 2015)*
- Resolución MinVivienda 799 de 2021, “por la cual se modifica la resolución 0330 de 2017”. (Ministerio de Ambiente Ciudad y Territorio - Resolucion 799, 2021)
- *Resolución 1076 de 2015, Responsabilidad del prestador del servicio público domiciliario de alcantarillado, con respecto al cumplimiento de la norma de vertimientos, así como el permiso o con el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV, reglamentado por la Resolución 1433 de 2004. Se debe presentar anualmente (con corte a 31 de diciembre, dentro de la fecha) un reporte discriminado del cumplimiento de la norma de vertimientos. (Decreto 3930 de 2010, Art. 39).*
- “Resolución 1207 de 2014, Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas”. (Ministeria de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Resolucion 0631, 2015)

- Resolución 1433 del 2004 “por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones.
- Resolución 0631 2015 “Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”

6. DISEÑO METODOLOGICO

6.1 Metodología

Mediante el desarrollo del presente proyecto de grado, se puede catalogar como tipo de investigación descriptiva, puesto a que incorpora las características del asunto de investigación, para lograr cumplir con los objetivos propuestos.

La investigación descriptiva tiene como objetivo caracterizar a la población estudiada. Puede tratarse de la descripción de unas conductas humanas, por ejemplo, pero sin explicar el porqué de ellas.

Estas son algunas de sus características más destacadas:

- *Es un método de investigación observacional.*
- *Uso, mayormente, de metodologías de investigación cuantitativas.*
- *El objetivo es recopilar información de manera abundante. Por eso, son convenientes los métodos cuantificables. (Masters, 2023)*

La metodología de investigación tiene un enfoque de tipo mixta, lo que quiere decir que será cualitativa y cuantitativa, donde se van a cualificar los datos obtenidos en las visitas de campo y se van a cuantificar los cálculos para obtener las medidas de los componentes de la planta de aguas residuales.

“La investigación cualitativa es la recogida de información basada en comportamientos naturales, encuestas, respuestas abiertas para la posterior interpretación de significados”. (sinnaps, 2018)

La metodología cuantitativa es una de las dos metodologías de investigación que tradicionalmente se han utilizado en las ciencias empíricas. Se centra en los aspectos observables susceptibles de cuantificación, y utiliza la estadística para el análisis de los datos.

La investigación que sigue una metodología cuantitativa supone un planteamiento, un acercamiento a la realidad objeto de estudio y a la teoría, y unos fines de la investigación característicos:

1. *En primer lugar, el objeto de análisis es una realidad observable, medible y que se puede percibir de manera precisa.*
2. *Asimismo, se analizan las variables, tratadas con procedimientos matemáticos y estadísticos. “Una variable es una característica que puede adoptar distintos valores”. (cervantes, Instituto, 2023)*

Técnicas e instrumentos de investigación

Todo investigador debe tener en cuenta que la selección y elaboración de técnicas e instrumentos es esencial en la etapa de recolección de la información en el proceso investigativo; pues constituye el camino para encontrar la información requerida que dará respuesta al problema planteado. (Bastis Consultores , 2020)

En este aspecto se realizará un recorrido de campo para obtener los datos de la zona en estudio y posteriormente se empleará el uso de bases de datos virtuales.

Las fases para el cumplimiento de los objetivos son:

- Se deberá identificar cuantas unidades habitacionales hay en la zona
- Se necesitará consultar la base de datos del DANE para determinar cuál es el índice habitacional del municipio.

Para así obtener la población de Diseño.

7. RECURSOS

7.1. Recurso Humano

En cuanto recurso humano se requiere poco personal pero muy especializado y con información de valor, es por ello que se programó reunión con el presidente de la J.A.C. quien amablemente respondió todas las preguntas y dudas que surgieron referente a la investigación.

El señor Francisco Prieto ex presidente de la J.A.C. procedió a colaborar de una manera muy amable con información de la urbanización debido a que lleva más de 15 años viviendo en la zona y tiene conocimiento previo de los temas de servicios públicos domiciliarios del sector.

Además, se contó con la ayuda del Ing. Jesús Flaminio Ospitia docente de la Universidad Piloto de Colombia, quien ha realizado el acompañamiento durante el desarrollo de la propuesta y realizado el aporte de su conocimiento para la entrega de un producto de calidad.

7.2. Recurso Material

Como recurso material dentro del presente proyecto de grado se utilizó herramientas virtuales como:

Bases de datos

- computador portátil asus
- Celular iPhone 11
- Calculadora,
- Flexómetro,
- Bibliografías
- Libros.

Para la toma de muestra DQO fue necesario utilizar:

- una nevera de icopor
- hielo
- una botella plástica de 1 lt

Elementos de protección personal como:

- Botas
- Tapabocas
- Guantes
- Alcohol

8. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

8.1. Recolección de información

Ilustración 4. Recolección de Información Urbanización Los Prados I Etapa



Fuente: (Autor , 2023)

Ilustración 5. Recolección de Información Urbanización Los Prados II Etapa



Fuente: (Autor , 2023)

8.1.1. Toma muestra de agua contaminada

Para el resultado del DBO5 fue necesario tomar una muestra de aguas residuales para llevarla al laboratorio para el caso, AGUASLAB S.A.S Laboratorio control de calidad ubicado en el municipio de Girardot Cundinamarca.

Personal de laboratorio suministro algunos de los elementos mencionados en los recursos y recomendaciones para llevar a cabo el procedimiento.



Fuente: (Autor , 2023)



Fuente: (Autor , 2023)



Fuente: (Autor , 2023)



Fuente: (Autor , 2023)

8.1.2. Cantidad total de viviendas

En la tabla No. 1, se relaciona la cantidad de viviendas de la Urbanización Los Prados del municipio de Girardot Cundinamarca. Para las viviendas construidas con dos o tres plantas se tienen en cuenta como vivienda por planta.

Tabla 1. Relación cantidad total de viviendas.

MANZANA	CASA CON 1 PISO	CASA CON 2 PISO	CASA CON 3 PISO
01	9	3	0
02	7	2	0
03	3	1	0
04	5	0	0
05	6	4	1
06	4	2	0
07	6	0	0
08	7	3	0
09	8	2	0
10	4	3	1
11	5	2	0
12	8	3	0
13	6	2	0
14	4	1	0
15	4	5	0

16	7	1	0
17	5	4	1
18	4	3	0
19	8	2	1
20	6	2	0
21	5	1	0
22	4	0	0
TOTAL, VIVIENDAS	125	46*2	4*3
TOTAL, VIVIENDAS	125	92	12
SUMATORIA TOTAL VIVIENDAS	229		

Fuente: (Autor , 2023)

8.1.3. Tipo de ocupantes

Teniendo en cuenta la contribución de aguas residuales y lodo fresco para ocupantes permanentes y temporales, en la tabla No. 2, se clasifican los predios según tipo de ocupantes.

Tabla 2. Clasificación de predios por tipo de ocupantes

MANZANA	CLASE BAJA	CLASE MEDIA	BARES
01	3	2	0
02	3	5	0
03	5	4	0
04	4	6	0
05	3	5	1
06	9	4	0
07	4	8	0
08	8	3	0
09	7	6	0
10	9	4	0
11	6	4	1
12	6	5	0
13	6	3	0
14	8	6	0
15	8	5	0
16	9	6	0
17	10	6	1
18	8	3	0
19	9	6	1
20	6	6	0
21	6	5	0
22	4	4	0
SUBTOTAL	119	106	4

TOTAL, CASAS	229
-------------------------	------------

8.2. Tratamiento preliminar

8.2.1. Trampa de grasas para una vivienda

Tabla 3. Tiempo de Retención Hidráulica

Tiempo de retención hidráulica	
Tiempo de retención (minutos)	Caudal de entrada (l/s)
3	entre 2 - 9
4	entre 10 - 19
5	20 o más

Fuente: (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio - Resolución 0799, 2021)

Se realiza visita a campo y se identifica el número de casas del área de estudio.

Datos:

Número de casas = 1 viviendas

Número de aparatos sanitarios por casa (tabla) = 8

Número de aparatos sanitarios en total por vivienda se muestran en la tabla No. 4.

Tabla 4. Cantidad aparatos sanitarios por vivienda.

APARATO SANITARIOS	CANTIDA D	GRIFOS	V. GASTO	μ
LAVADERO USO DOMESTICO	1	1	3	2
LAVADERO USO INDUSTRIAL	0		5	0
LAVAPLATO DOMESTICO	1	1	2	2
LAVAPLATO INDUSTRIAL	0		4	0
OTROS ARTEFACTOS DOMESTICOS	4	1	1	4
OTROS ARTEFACTOS INDUSTRIAL			2	0

				$\Sigma 8$
--	--	--	--	------------

Fuente: (Autor , 2023)

8.2.1.1. Procedimiento para cálculo de trampa de grasa de una vivienda

$$Q = 0.3 * \sqrt{\Sigma \mu}$$

$$Q = 0.3 * \sqrt{8}$$

$$Q = 0.85 \frac{l}{s}$$

$$Q = \frac{v}{t}$$

$$V = Q * T$$

$$V = 0.85 \frac{l}{s} * 180 \text{ seg}$$

$$V = 153 L = 0.153 m^3$$

$$Area (As) = 0.25 * Q$$

$$As = 0.25 * 0.85 \frac{l}{s}$$

$$As = 0.21 m^2$$

La relación es un parámetro tomado del RAS. Relación = 3

$$Ancho = \sqrt{\frac{As}{R}}$$

$$Ancho = \sqrt{\frac{0.21 m^2}{3}}$$

$$\mathbf{Ancho = 0.27 m}$$

$$Largo = Relacion * Ancho$$

$$Largo = 3 * 0.27 \text{ m}$$

$$Largo = 0.81 \text{ m}$$

$$Profundidad (H) = H = V/As$$

$$H = V/As$$

$$H = \frac{0.144 \text{ m}^3/\text{s}}{0.2 \text{ m}^2}$$

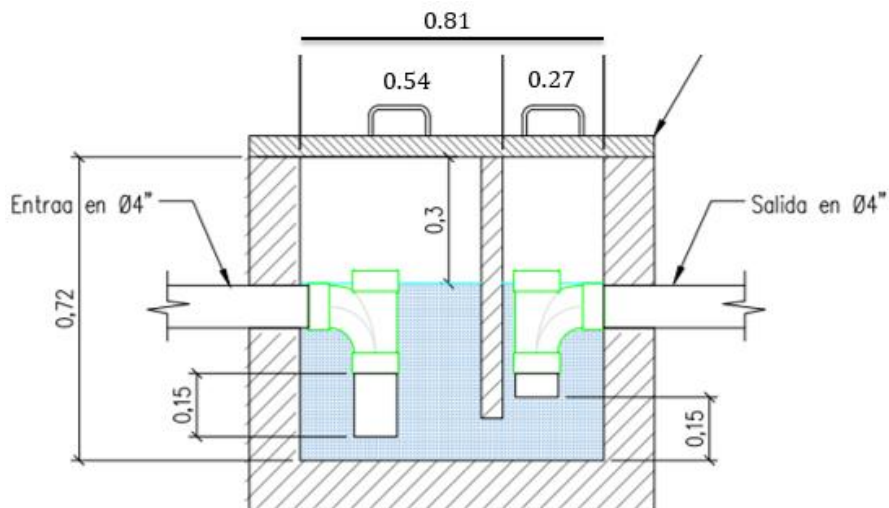
$$H = 0.72 \text{ m}$$

Tabla 5. Cálculo Diseño Trampa de Grasas.

CÁLCULO DE TRAMPA DE GRASAS POR VIVIENDA			
CAUDAL (Q)	0,8	L/s	0,30*RAÍZ(U)
TIEMPO DE RETENCIÓN (Tr)	180	seg	RECOMENDACIÓN
VOLÚMEN (V)	153	L	Q*Tr
	0,153	m³	Q*Tr/1000
ÁREA (As)	0,21	m²	0,25*Q
RELACIÓN (R)	3		RAS
ANCHO (A)	0,27	m	RAÍZ(As/R)
LARGO (L)	0,81	m	R*A
PROFUNDIDAD (H)	0,72	m	V/As

Fuente: (Autor , 2023)

Ilustración 6. Trampa de grasas para vivienda



Fuente: (Autor , 2023)

7.2.2. Trampa de grasas para un bar

Se realiza visita a campo y se identifica los números de bares del área de estudio.

Datos:

Número de bares = 4 bar

Número de aparatos sanitarios en el bar (tabla No. 5) = 7

Tabla 6. Cantidad de aparatos sanitarios por bar.

APARATO SANITARIOS	CANTIDAD	GRIFOS	V. GASTO	μ
LAVADERO USO DOMESTICO	1	1	3	3
LAVADERO USO INDUSTRIAL	0		5	0
LAVAPLATOS DOMESTICO	1	1	2	2
LAVAPLATO INDUSTRIAL	0		4	0
OTROS ARTEFACTOS DOMESTICOS	2	1	1	2
OTROS ARTEFACTOS INDUSTRIAL			2	0
				Σ 7

Fuente: (Autor , 2023)

7.2.2.1. Procedimiento de cálculo para trampa de grasa de un bar

Se realiza visita a campo y se identifica los números de bares del área de estudio.

Datos

Número de bares = 4 bares

Número de aparatos sanitarios en el bar (tabla No. 5) = 7

Procedimiento

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

$$Q = 0.3 * \sqrt{7}$$

$$Q = 0.79 \frac{l}{s}$$

$$Q = \frac{v}{t}$$

$$V = Q * T$$

$$V = 0.79 \frac{l}{s} * 180 \text{ seg}$$

$$V = 143L = 0.143m^3$$

$$Area (As) = 0.25 * Q$$

$$As = 0.25 * 0.79 \frac{l}{s}$$

$$As = 0.20m^2$$

La relación es un parámetro tomado del RAS. Relación = 3

$$Ancho = \sqrt{\frac{As}{R}}$$

$$Ancho = \sqrt{\frac{0.20 \text{ m}^2}{3}}$$

$$\mathbf{Ancho = 0.27 \text{ m}}$$

$$Largo = Relacion * Ancho$$

$$Largo = 3 * 0.26 \text{ m}$$

$$\mathbf{Largo = 0.77 \text{ m}}$$

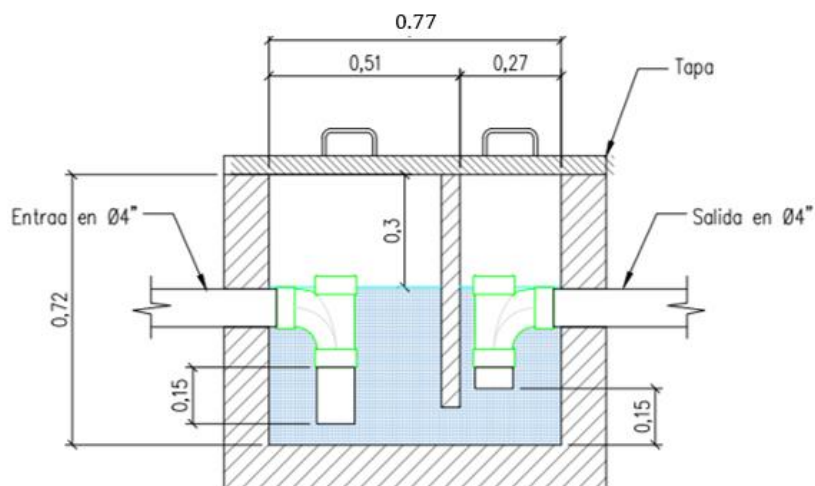
$$Profundidad (H) = H = V/As$$

$$H = V/As$$

$$H = \frac{0.144m/s}{0.20m^2}$$

$$\mathbf{H = 0.72 \text{ m.}}$$

Ilustración 7. Trampa de grasa para bar.



Fuente: (Autor , 2023)

Tabla 7. Cálculo de diseño trampa de grasa para bar.

CÁLCULO DE TRAMPA DE GRASAS PARA BAR			
CAUDAL (Q)	0,79	L/s	$0,30 \cdot \text{RAÍZ}(U)$
TIEMPO DE RETENCIÓN (Tr)	180	seg	RECOMENDACIÓN
VOLÚMEN (V)	143	L	$Q \cdot \text{Tr}$
	0,143	m ³	$Q \cdot \text{Tr} / 1000$
ÁREA (As)	0,20	m ²	$0,25 \cdot Q$
RELACIÓN ®	3		RAS
ANCHO (A)	0,27	M	$\text{RAÍZ}(As/R)$
LARGO (L)	0,77	M	$R \cdot A$
PROFUNDIDAD (H)	0,72	M	V/As

Fuente: (Autor , 2023)

8.2. Tratamiento primario

7.3.1. Procedimientos para diseño de tanque séptico

Fue necesario consultar mediante la página del DANE, el último censo realizado en Colombia para verificar número de contribuyentes del municipio de Girardot - Cundinamarca.

Ilustración 8. Censo Dane.



Ilustración 9. Cantidad de hogares en Girardot según Dane

Municipios del departamento						
Municipio	CNPV 2018					Personas en Proyecciones de Población, 2018
	Viviendas ocupadas con personas presentes	hogares	Personas en hogares particulares	Personas por hogar	Total de personas censadas	
25001 - Agua de Dios	3.922	4.146	10.421	2,5	10.742	10.733
25019 - Albán	2.127	2.137	5.920	2,8	6.136	5.957
25035 - Anapoima	4.521	4.586	12.130	2,6	12.241	13.928
25040 - Anolaima	4.858	4.880	12.120	2,5	12.204	11.998
25053 - Arbeláez	3.347	3.441	9.613	2,8	10.005	12.412
25086 - Beltrán	641	655	1.719	2,6	1.720	2.281
25095 - Bituma	892	902	2.223	2,5	2.224	2.480
25099 - Bojacá	2.989	3.027	9.653	3,2	9.674	12.448
25120 - Cabrera	1.373	1.442	4.270	3,0	4.512	4.434
25123 - Cachipay	3.481	3.568	9.267	2,6	9.274	9.765
25126 - Cajicá	25.280	26.416	80.534	3,0	81.111	60.379
25148 - Caparrapi	3.996	4.131	10.266	2,5	10.301	16.732
25151 - Cáqueza	5.470	5.501	15.435	2,8	15.594	17.303
25154 - Carmen de Carupa	2.280	2.425	7.325	3,0	7.345	9.366
25168 - Chaguani	1.234	1.315	3.323	2,5	3.323	3.962
25175 - Chia	40.162	43.642	128.753	3,0	129.613	135.752
25178 - Chipaque	2.666	2.815	8.624	3,1	8.633	8.401
25181 - Choachi	3.453	3.567	10.366	2,9	10.397	10.553
25183 - Chocotá	5.907	6.010	19.611	3,3	19.825	27.238
25200 - Cogua	6.164	6.588	20.801	3,2	21.102	23.654
25214 - Cota	9.589	9.855	31.364	3,2	31.868	26.463
25224 - Cucunubá	2.032	2.083	7.002	3,4	7.013	7.589
25245 - El Colegio	8.977	9.317	22.529	2,4	22.775	22.163
25258 - El Peñón	1.413	1.420	3.458	2,4	3.458	4.775
25260 - El Rosal	6.493	7.376	21.873	3,0	21.887	18.440
25269 - Facatativá	40.555	44.648	134.881	3,0	136.041	139.364
25279 - Fómeque	3.599	3.758	10.749	2,9	10.749	12.228
25281 - Fosca	1.739	1.832	5.561	3,0	5.578	7.852
25286 - Funza	28.755	29.935	90.670	3,0	90.854	79.545
25288 - Fuquene	1.450	1.477	4.848	3,3	4.849	5.780
25290 - Fusagasugá	47.952	48.627	131.661	2,7	134.658	142.426
25293 - Gachalá	1.551	1.600	4.343	2,7	4.378	5.674
25295 - Gachancipá	5.071	5.401	16.601	3,1	16.633	15.632
25297 - Gachetá	2.925	2.972	8.065	2,7	8.203	11.310
25299 - Gama	1.034	1.131	3.032	2,7	3.055	4.045
25307 - Girardot	31.174	15.119	91.545	2,6	92.903	106.818
25312 - Granada	2.198	2.210	6.899	3,1	6.922	9.253
25317 - Guachetá	4.123	4.227	12.403	2,9	12.405	11.348
25320 - Guaduas	9.210	9.258	24.514	2,6	27.571	40.446
25322 - Guasca	4.773	4.870	14.954	3,1	14.992	15.478
25324 - Guataquí	663	1.035	1.974	1,9	1.977	2.689
25326 - Guatavita	1.966	2.004	6.145	3,1	6.148	6.958
25328 - Guayabal de Siquima	1.326	1.385	3.604	2,6	3.604	3.659
25335 - Guayabetal	1.884	1.986	5.809	2,9	5.809	4.989
25339 - Gutiérrez	1.059	1.195	3.311	2,8	3.311	4.312
25368 - Jerusalén	786	981	2.024	2,1	2.025	2.664
25372 - Junín	1.811	1.879	5.197	2,8	5.234	8.701
25377 - La Calera	9.212	9.349	28.405	3,0	28.501	28.568
25386 - La Mesa	11.097	11.302	28.962	2,6	29.452	32.771

Fuente:(DANE, 2022)

Población, según DANE

Para iniciar con los cálculos para el diseño del tanque séptico, es necesario verificar en la página web del DANE, el censo nacional del año 2018 en Colombia, del municipio de Girardot Cundinamarca, el cual se encontró la siguiente cantidad de habitantes y hogares (ilustración 11 y 12):

92.903 / 35.119 : **2.6 habitantes por vivienda**

Con los datos obtenidos en el registro del DANE y los obtenidos en la urbanización los Prados se pudo determinar la cantidad de habitantes por vivienda.

Según DANE el diseño del tanque séptico se hará con **3 habitantes por vivienda**.

La tabla No. , indica la contribución de aguas residuales y lodo fresco para ocupantes permanentes y temporales, de acuerdo al Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS, 2000). Haciendo uso de los valores determinados en dicha tabla se calculan las condiciones necesarias para el diseño del tanque séptico.

Tabla 8. Contribución de aguas residuales y lodo fresco para ocupantes permanentes y temporales.

Contribución de aguas residuales y lodo fresco para ocupantes permanentes y temporales				
Tipo ocupantes	Predio	Unidad	C: (L/hab-día)	Lf: (L/día)
Ocupantes permanentes	Clase alta	Persona	160	1,0
	Clase media	Persona	130	1,0
	Clase baja	Persona	100	1,0
	Hotel (excepto lavandería y cocina)	Persona	100	1,0
	Alojamiento provisional	Persona	80	1,0
Ocupantes temporales	Fábrica en general	Persona	70	0,3
	Oficinas temporales	Persona	50	0,2
	Edificios públicos o comerciales	Persona	50	0,2
	Escuelas	Persona	50	0,2
	Bares	Persona	6	0,1
	Restaurantes	Comida	25	0,01
	Cines, teatros o locales de corta permanencia	Local	2	0,02
	Baños públicos	Tasa sanitaria	480	4,0

Fuente: (Reglamento Técnico Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2017)

La tabla No. 9, presenta los tiempos de retención de acuerdo a la contribución de aguas residuales determinada por el reglamento RAS 2021, para el cual, son valores necesarios para determinar el volumen útil.

Tabla 9. Tiempo de retención.

Tiempo de retención de acuerdo a la contribución de aguas residuales		
Contribución diaria (L)	Tiempo de retención TR	
	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
De 4,501 a 6,000	0,75	18
De 6,001 a 7,500	0,67	16
De 7,501 a 9,000	0,58	14
> 9,000	0,50	12

Fuente: (Reglamento Técnico Sector de Agua Potable y Saneamiento Basico, 2017)

Continuando con el procedimiento para el diseño del tanque séptico, en la tabla No. 11, se determinan los valores de la tasa de acumulación de lodos de acuerdo al intervalo de limpieza, según temperatura ambiente.

Tabla 10. Tasa de acumulación de lodos.

Tasa de acumulación de lodos digeridos de acuerdo al intervalo de limpieza			
Intervalo de limpieza (años)	Valores de K por intervalo de 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

Fuente: (Reglamento Técnico Sector de Agua Potable y Saneamiento Basico, 2017)

Con la tabla No. 11, se puede determinar los valores de la profundidad del tanque séptico.

Tabla 11. Valores de profundidad útil

Valores de profundidad útil		
Volumen útil (m³)	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

Fuente: (Reglamento Técnico Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2017)

7.3.2. Diseño tanque séptico

Diseño tanque séptico

En total son 229 hogares en la Urbanización Los Prados, para el cual se calcula por 3 habitantes por hogar.

Número de contribuyentes

$$N_c = 229_{\text{viv}} * 3_{\text{hab/viv}}$$

$$N_c = 687 \text{ habitantes}$$

Temperatura = >20 °C Intervalo de limpieza 2 años

Tabla 12. Número de contribuyentes

Pedio	No. Predios	C diaria (l/Hab-día)	Lf
Clase Baja	125 = 375 hab	100	1.0
Clase Media	92 = 276 hab	130	1.0
Bares	12 = 36 hab	6	0.1
$\sum N_c = \text{No. P} * 3$	$\sum N_c = 687 \text{ hab}$		

Fuente: (Autor , 2023)

Tiempo de Retención (Tr) =	0.50 (Días) Tabla No. 10
Tasa acumulación de lodos (Lf) =	97 tabla No. 11

Fuente: (Autor , 2023)

Para empezar a calcular la contribución de aguas residuales (L/hab-día), se realiza ponderado, empleando la siguiente ecuación:

$$\bar{C} = \frac{C_1 * N_{C1} + C_2 * N_{C2} + C_3 * N_{C3} + \dots + C_i * N_{Ci}}{\sum N_C}$$

Posteriormente, se reemplazan los valores y como resultado se obtiene lo siguiente:

$$\bar{C} = \frac{(100 * 375) + (130 * 276) + (6 * 36)}{687}$$

$$\bar{C} = 107.12 \frac{L}{Hab - día}$$

Con la contribución de aguas residuales de litro por habitante – día, calculado, se procede a calcular la contribución de aguas residuales en cantidad de litros por día, mediante la siguiente ecuación:

$$Ct = C * Nc$$

$$Ct = 107.12 * 687$$

$$Ct_{AguasResiduales} = 73591.44 \text{ L/día} * 1000$$

$$Ct = 73.59 \text{ m}^3/\text{día}$$

Se procede a calcular la contribución de lodo fresco Ponderado ($\bar{L}_f$), empleando la siguiente ecuación:

$$\bar{L}_f = \frac{Lf1 * Nc1 + Lf2 * Nc2 + Lf3 * Nc3}{\sum Nc}$$

$$\bar{L}_f = \frac{1.0 * 375 + 1.0 * 276 + 0.1 * 36}{687}$$

$$\bar{L}_f = 0.95 \frac{L}{Hab - día}$$

Posteriormente, con la presente fórmula se calcula el volumen útil para el diseño del tanque séptico.

$$Vu = 1000 + Nc (C t + K Lf)$$

Donde:

Vu = Volumen útil

Nc = Número de contribuyentes (habitantes)

C = Contribución de aguas residuales por habitante. L/día

T = Tiempo de retención en días

K = Tasa de acumulación de lodo digerido, en días

Lf = Contribución de lodo fresco. L/hab-d

$$Vu = 1000 + 687 (107.12 * 0.50 + 97 * 0.95)$$

$$Vu = \frac{101102.77}{1000} L$$

$$Vu = 101.10 m^3$$

La profundidad (H)

De acuerdo al rango de profundidad, estipula el RAS

$Vu > 10m^3$ (Entre 1.8m – 2.8m)

$$H = 2.50 m$$

Área superficial (As)

$$As = \frac{Vu}{H}$$

$$As = \frac{101.10m^3}{2.50m}$$

$$As = 40.44m^2$$

Relación L: A (R)

Según el RAS (entre 2 – 5)

$$R = 3$$

Ancho (A)

$$A = \text{RAIZ} \left(\frac{As}{R} \right)$$

$$A = \sqrt{\frac{40.44}{3}}$$

$$A = 3.67m$$

Largo (L)

$$L = A * R$$

$$L = 3.67 * 3$$

$$L = 11.02 m$$

Tabla 13. Cálculo de diseño del tanque séptico

CÁLCULOS DISEÑO TANQUE SÉPTICO			
PREDIO	C	Lf	Nc
CLASE BAJA	100	1,0	375
CLASE MEDIA	130	1,0	276
BARES	6	0,1	36
TANQUE SEPTICO			
Número de contribuyentes (hab)	Nc	687	
Predio			
Contribución de aguas residuales (L/hab-día)	C	107.12	
Contribución de aguas residuales (L/día)	Ct	73.59	$Nc \cdot C / 1000$
Contribución de lodo fresco (L/hab-día)	Lf	0,95	
Intervalo de limpieza (años)		2	ADOPTADO
Temperatura ambiente (°C)		28	
Tasa de acumulación de lodos digeridos(días)	K	97	SEGÚN TEMPERATURA E INTERVALO DE LIMPIEZA
Tiempo de retención (días)	T	0,50	SEGÚN LA CONTRIBUCIÓN
Volumen útil (m³)	Vu	101.10	
Profundidad (m)	H	2,50	1,8 2,8 m
Área superficial (m²)	As	40.44	$As = Vu / H$
Relación L: A		3	ADOPTADO (2 A 5)
Ancho (m)	A	3.67	$A = \sqrt{(As / R)}$
Largo (m)	L	11.02	$L = A \cdot R$

Fuente: (Autor , 2023)

7.4. Tratamiento Secundario

7.4.1. Filtro anaeróbico de flujo ascendente.

Los filtros anaeróbicos de flujo ascendente (FAFA) se construyen como una cámara anexa al final del pozo séptico o como una cámara independiente. El lecho filtrante podrá estar construido por un lecho de grava, con un volumen de 0.02 a 0.04 m³ por cada 0.1 m³/día de aguas residuales que se van a tratar. También será posible emplear material filtrante, plástico utilizando la mitad del volumen anterior. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio - Resolución 0799, 2021)

7.4.2. Procedimiento para Diseño de Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente

Número de Contribuyentes (Nc) = 687 Hab

Contribución de Aguas Residuales (L/Hab-día) = $\bar{C}$

Para calcular la contribución de aguas residuales (L/Hab-día), se deberá realizar ponderado, empleando la siguiente ecuación:

$$\bar{C} = \frac{C_1 * N_{C1} + C_2 * N_{C2} + C_3 * N_{C3} + \dots + C_i * N_{Ci}}{\sum N_c}$$

Posteriormente, se reemplazan los valores y como resultado se obtiene lo siguiente:

$$\bar{C} = \frac{(100 * 375) + (130 * 276) + (6 * 36)}{687}$$

$$\bar{C} = 107.12 \frac{L}{Hab - día}$$

Caudal diseño del filtro FAFA

$$Qf = Nc * \bar{C} / 1000$$
$$Qf = 687 * 107.12 / 1000$$

$$Qf = 73.60 m^3/día$$

Recomendaciones del RAS

Relación: Volumen = **R** según RAS puede ser entre (0,02 m y **0,04m**)

Caudal de referencia (m³/día) = **K** (de acuerdo al RAS **0,10m**)

Volumen del filtro (m³) se determina de acuerdo a la presente formula:

$$Vf = Ct * R/K$$

$$Vf = 73.60 * 0.04 * 0.10$$

$$Vf = 29.44 \text{ m}^3$$

Altura del fondo de entrada (m) = **h1** = adoptado según rango entre (0,10 m - 0,20 m)

Espesor placa falso fondo (m) = **h2** = adoptado según rango entre (0,05 m - 0,10m)

Sumergencia del lecho del filtro (m) = **h3** = adoptado según rango entre (0,05 m - 0,10 m)

Profundidad (m) =

$$P = H - h1 - h2 - h3$$

$$P = 2.20m - 0.10m - 0.10m - 0.10m$$

$$P = 1.90 \text{ m}$$

Ancho (m) = A = **igual al tanque séptico = 3.67 m**

Largo (m) = L

$$L = \frac{Vf}{P * A}$$

$$L = \frac{29.44}{1.90 * 3.67}$$

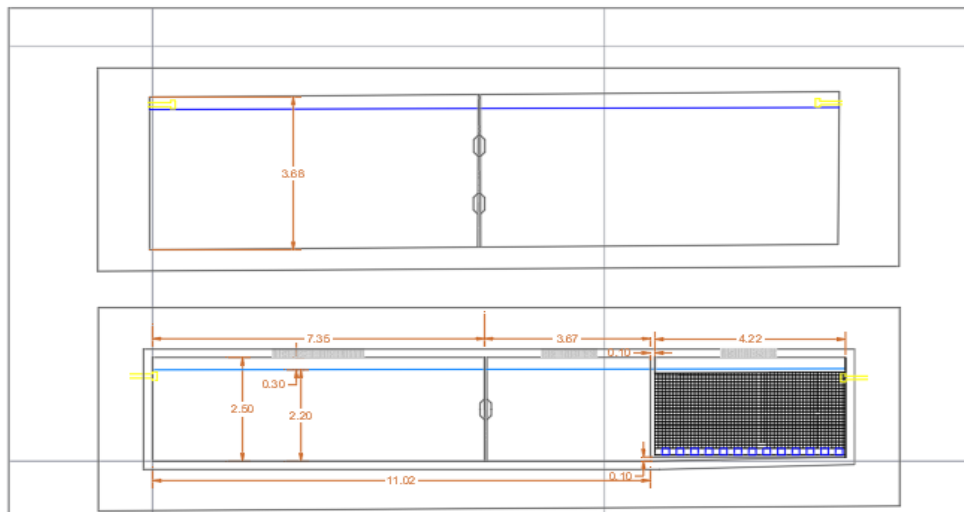
$$L = 4.22 \text{ m}$$

Tabla 14. Cálculo de diseño del filtro anaerobio de flujo ascendente

CÁLCULOS DE DISEÑO FILTRO ANAERÓBICO			
NUMERO DE CONTRIBUYENTES (Hab)	Nc	687	
CONTRIBUCION DE AGUAS RESIDUALES (L/Hab-día)	C	107.12	
CAUDAL DISEÑO FILTRO FAFA (m3/día)	Qf	73.60	$Nc \cdot \hat{C} / 1000$
RELACION: VOLUMEN Filtro: Vf/Caudal= Qf	R	0,04	SEGÚN RAS PUEDE SER ENTRE (0,02 Y 0,04)
CAUDAL DE REFERENCIA (RAS) (m3/día)	K	0,1	SEGÚN RAS (0,10 m)
VOLUMEN DEL FILTRO (m3)	Vf	29.44	$Qf \cdot R / K$
ALTURA DEL FONDO DE ENTRADA (m)	h1	0,1	ADOPTADO (0,10 m - 0,20 m)
ESPESOR PLACA FALSO FONDO (m)	h2	0,1	ADOPTADO (0,05 m - 0,10m)
SUMERGENCIA DEL LECHO DEL FILTRO (m)	h3	0,1	ADOPTADO (0,05 m - 0,10 m)
PROFUNDIDAD (m)	P	1,9	$P = H - h1 - h2 - h3$
ANCHO (m)	A	3.67	IGUAL AL TANQUE SEPTICO
LARGO (m)	L	4,22	$Vf / (P \cdot A)$

Fuente: (Autor , 2023)

Ilustración 10. Diseño del Tanque Séptico y FAFA



Fuente: (Autor , 2023)

7.5. Tratamiento terciario

7.5.1. Campo de infiltración aguas residuales

El tratamiento terciario se realiza mediante campos de infiltración, empleando alguno de los tres tipos:

- Por zanjas de infiltración
- Por lecho de infiltración
- Por pozos de infiltración

Un campo de infiltración recibe el efluente de un tanque séptico y gracias a la permeabilidad del suelo permite el tratamiento y disposición subsuperficial del agua residual.

Inicialmente para proyectar un sistema de disposición subsuperficial de las aguas residuales se deberá determinar si el suelo es apto para la infiltración del efluente y del tanque séptico y de ser necesario debe calcularse el área necesaria.

ARTÍCULO 177. Campos de infiltración. Deben localizarse aguas abajo del sistema de tanque séptico y ubicarse en suelos cuyas características permitan una absorción del agua residual que sale del mencionado sistema de tanque séptico. Los canales de infiltración deben ubicarse en un lecho de grava cuyo diámetro estará comprendido entre 10 a 60 mm. Se evitará la proximidad de árboles, para prevenir la entrada de raíces. En la tabla 26 aparecen las dimensiones correspondientes. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio - Resolución 0799, 2021)

Tabla 15. Dimensiones para campo de infiltración

Parámetro	Dimensión
Diámetro de las tuberías	0,10 - 0,15 m
Pendiente	0,3 - 0,5 %
Largo máximo	30 m
Ancho de zanja	0,45 a 0,75 m

Fuente: (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio - Resolución 0799, 2021)

El área de absorción necesaria debe obtenerse con base en las características del suelo, que se determina en los ensayos de infiltración. Se recomienda utilizar una tasa de aplicación menor o igual a 100 L/día/m² para los efluentes de tanques sépticos.

Para implementación de este sistema de disposición, deberá verificarse que no existe afectación sobre cuerpos de aguas subterráneas.

Para implementación de este sistema de disposición, deberá verificarse que no existe afectación sobre cuerpos de aguas subterráneas.

Tabla 16. Tasas de aplicación de aguas residuales para sistemas de infiltración

TEXTURA DEL SUELO	TASA DE PERCOLACIÓN (min/cm)	TASA DE APLICACIÓN (L/m ² d)
Grava, arena gruesa	< 0,40	No recomendado
Arena media a gruesa	0,40 - 2,0	48
Arena fina, arena margosa	2,1 - 6,0	32
Marga, marga arenosa	6,1 - 12,0	24
Marga, marga limosa porosa	12,1 - 24,0	18
Marga, arcillo limosa, marga arcillosa	24,1 - 48,0	8
Arcillas, arcillas coloidales	> 48	No recomendado

Fuente: (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio - Resolución 0799, 2021)

7.5.1.1. Zanjas de Infiltración

Para la implementación de las zanjas de infiltración se deben cumplir parámetros de referencia de diseño establecidos por el RAS los cuales se presentan a continuación:

- Tamaño del material pétreo entre 10 a 60 mm
- Tubería de drenaje perforada
- Perforación de tubería cada 30 cm a 45° desde el centro

La siguiente tabla presenta los cálculos de diseño de la zanja de infiltración, obteniendo un área superficial y la cantidad de tramos requeridos muy altos, es por ello que resulta necesario implementar otro tipo de campo de infiltración para el proyecto.

Tabla 17. Cálculo campo de infiltración por zanjas

CAMPO DE INFILTRACIÓN			
Número de contribuyentes	Nc	687	
Tipo de ocupantes		P	
Predio		CLASE BAJA	
Contribución de aguas residuales (L/hab-día)	C	109,68	
Contribución de aguas residuales (L/día)	Ct	75350,16	Nc*C
Tiempo de infiltración (min/cm)	Ti	2	ADOPTADO
Tasa de aplicación (L/m ² -día)	Ta	48	
Área superficial (m ²)	As	1569,795	Ct/Ta
Ancho de zanja (m)	a	0,75	ADOPTADO
Longitud de zanjas (m)		2093,06	As/a
Longitud máxima por tramo (m)		25	ADOPTADO
No. De tramos requeridos		83,7224	Lz/Lm

Fuente: Autor

7.5.1.2. Lechos de infiltración

Los lechos de infiltración son zanjas de ancho mayores a 0.90 m que pueden incluir en el sistema más de una línea de tuberías de distribución, para este caso se considera que la superficie principal de infiltración, es el área del fondo del lecho.

Los lechos generalmente requieren menos terreno que las zanjas y su construcción tiene un costo menor. Son aceptables en terrenos planos, con pendientes no mayores al 10% de suelo arenoso o de suelo granular.

El lecho típico de infiltración se realiza inicialmente con una caja de distribución, el lecho deberá tener en las paredes laterales material aislante y para el fondo de la zanja deberá incluir una capa de 0.15 m a 0.30 m de piedra de $\frac{3}{4}$ " a 2 $\frac{1}{2}$ "

Tabla 18. Cálculo campo de infiltración por lechos

LECHO DE INFILTRACION			
Numero de contribución (hab)	NC	687	
Tipo de ocupación	P		
Predio	Clase baja		
Contribución de agua residuales (L/hab-día)	C	107,12	
Contribución de agua residuales (L/día)	CT	73591,44	NC * C
Tiempo de infiltración (min/cm)	TI	2	Criterio del diseñador
Tasa de aplicación (L/m2-día)	TA	48	
Area infiltración (m2)	AS	1533,16	Ct /Ta
Ancho del lecho (m)	A	51,105	A criterio del diseñador
Largo del lecho (m)	LZ	30	≤ 30 metros de largo
Separación entre tubos (m)	SP	1,00	Criterio del diseñador (0,90 m a 1,80 m)
Distancia del talud al tubo (m)	L1	0,80	Criterio del diseñador (< 1,0 m)

Fuente: Autor

7.5.1.3. Pozos de infiltración

Los pozos de infiltración son excavaciones profundas usadas para disposición subsuperficial de aguas residuales pretratadas, el agua residual entra en el pozo y se infiltra a través de las paredes laterales.

Se recomienda esta alternativa cuando la disponibilidad del terreno es muy estrecha y no cuenta con el área suficiente para un campo de infiltración.

Para protección del agua subterránea se aconseja dejar una separación entre el fondo del pozo y el nivel freático de 1.2 m como mínimo.

Para diseñar el pozo de infiltración se utilizan los resultados del ensayo de percolación y los mismos valores de la tasa de aplicación que para las zanjas de absorción.

Tabla 19. Cálculos campo de infiltración por pozos

POZO DE INFILTRACION			
Numero de contribución (hab)	NC	687	
Tipo de ocupación	P		
Predio	Clase baja		
Contribución de agua residuales (L/hab-día)	C	107,127	
Contribución de agua residuales (L/día)	Ct	73596,249	Nc *C
Tiempo de infiltración (min/cm)	TI	2	Criterio del diseñador
Tasa de aplicación (L/m2-día)	Ta	48	
Área superficial (m2)	As	1533,26	Ct /Ta
Diámetro (m)	d	4,5	Criterio del diseñador (1,20 m a 4,50m)
Perímetro (m)	P	14,14	Pi*d
Altura total (m)	H	108,46	AS / P
Numero de pozos (unidad)	N	38	
Profundidad del pozo (m)	Hp	2,85	As/(P*N)

Fuente: autor

Para definir el campo de infiltración que se deberá emplear se tendrá en cuenta el área superficial que se tenga. Sin embargo, el que menor área ocupa es el pozo de infiltración y se debe tener en cuenta que para caudales considerables el más apropiado a emplear es el humedal artificial.

7.5.1.4. Humedal Artificial

Los humedales artificiales son áreas que se encuentran saturados por aguas superficiales o subterráneas con una frecuencia y duración definidas para que sean suficientes y logren mantener condiciones estables. Suelen tener aguas con profundidades inferiores a 60 cm con plantas emergentes como: espadañas, carrizos, juncos entre otros.

7.5.1.4.1. Pro

La vegetación proporciona superficies para la formación de películas bacterianas, facilita la filtración y la adsorción de los contribuyentes del agua residual, permite la transferencia de oxígeno a la columna de agua y controla el crecimiento de algas al limitar la penetración de la luz solar.

Los humedales tienen tres funciones básicas que hacen tener un atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales, las cuales se describen a continuación:

- Fijar físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica.
- Utilizar y transformar los elementos por intermedio de los microorganismos
- Lograr niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y bajo mantenimiento.

7.5.1.4.2. Mecanismo de trabajo

Los humedales artificiales eliminan contaminantes mediante varios procesos que incluyen sedimentación, degradación microbiana, acción de las plantas, absorción, reacciones químicas y volatilización.

7.5.1.4.3. Tipos de humedales

- Humedal artificial de flujo superficial (1)
- Humedal artificial de flujo vertical (2)
- Humedal artificial subsuperficial (3)

7.5.1.4.4. Consideraciones para la construcción del humedal

Los aspectos más importantes para tener en cuenta en la construcción de los humedales artificiales son:

- La impermeabilización de la capa subsuperficial del terreno.
- Adecuada selección y colocación del medio granular para el caso de los sistemas SFS (Sistema de Flujo Subsuperficial)
- La estructura de entrada y salida del recurso

7.5.1.4.5. Impermeabilización

Los dos tipos de humedales generalmente requieren que se coloque una barrera impermeable para impedir que el agua residual contamine el subsuelo.

7.5.1.4.6. Selección y colocación del medio granular

La roca triturada y seca puede ser usada, sin embargo durante el transporte en los camiones existen el problema de segregación de finos, que más tarde darán lugar a posibles atascamientos, es por ello que se recomienda emplear preferiblemente la piedra lavada o gruesa.

7.5.1.4.7. Colocación de la vegetación

Es necesario establecer la vegetación en la densidad apropiada, en el humedal que se establezca para el diseño, las plantas locales que están adoptadas a las condiciones del sitio, deben ser preferidas.

La mayoría de las especies tienen un crecimiento moderado y pueden lograr un buen cubrimiento en alrededor de un año con separación de 0.30 m

7.5.1.4.8. Parámetros de Diseño

La conductividad utilizada para el diseño nunca puede ser mayor que la del medio de soporte. Es decir, se debe reducir dicha conductividad en un orden de magnitud para tener en cuenta los efectos de atascamiento asociados a la retención de sólidos en los humedales (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio - Resolución 0799, 2021)

se recomienda no usar la pendiente de fondo para ganar cabeza, ya que se corre el riesgo de dejar la entrada seca cuando se presente condiciones de bajo caudal = 1%

usar piedra entre 20 y 100 mm para una longitud de 0.6 m alrededor del efluente distribuidor y las tuberías colectoras del efluente para reducir el taponamiento.

Usar solo sustrato lavado para eliminar los granos finos que puedan taponar los poros del sustrato y posiblemente causen flujo superficial.

Construir la berma mínima de 150 mm por encima del sustrato y al menos 150 mm por encima de la superficie de la tierra.

Pendiente exterior 3H:1V

Pendiente interior 2H:1V

Ancho mínimo de la berma = 0.60 m

Profundidad: se recomienda que la profundidad media del lecho sea 0.6 m y que la profundidad en la entrada no debe ser menor a 0.3 m, con profundidades mayores a 0.6 m, las raíces más profundas y los rizomas empiezan a debilitarse, la norma recomienda que los lechos se construyan con al menos 0.5 m de cabeza sobre la superficie del mismo.

HUMEDALES ARTIFICIALES. Artículo 180. El tiempo de retención hidráulica normalmente este alrededor de 5 días, la relación largo-ancho de 3:1 a 4:1, las profundidades para el sistema de flujo superficial de 0.30 a 0.60 m y 0.1 a 0.45 m, para flujo sumergido. Se deberá contar con la impermeabilización del suelo mediante una capa de arcilla o empleando geomembrana. (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio - Resolución 0799, 2021)

Área superficial

1. Según la remoción DBO
2. Para tiempo de remoción $T_r = 5$ días

$$As = Qd: (LnCo - LnCe)/(Kt \cdot D \cdot n)$$

Donde:

As: Área superficial (m²)

Q: Caudal de diseño (m³/d)

Co: Concentración inicial de DBO – influente (mg/l)

Ce: Concentración final de DBO – efluente (mg/l)

Kt: Constante cinética de primer orden (d⁻¹)

$$Kt = 1,104 * 1,06^{(T-20)}$$

D: Profundidad (m)

N: Porosidad

T: Temperatura

Tabla 20. Parámetros DBO aguas residuales

PARÁMETRO	UNIDAD	RANGO		
		Mínimo	Máximo	Promedio
DBOs	mg/l	110	400	210
DQO	mg/l	250	1000	500
SST	mg/l	100	350	210
NTK	mg/l	20	85	35
Fósforo Total	mg/l	4	15	7
Grasas y Aceites	mg/l	50	150	90
Coliformes Totales	NMP/100 ml	10 ⁶	10 ⁹	10 ⁷
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	10 ³	10 ⁷	10 ⁶

Fuente: (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio - Resolución 0799, 2021)

Tabla 21. Materia orgánica presente

CLASIFICACIÓN AGUAS RESIDUALES	MATERIA ORGÁNICA PRESENTE	
Agua pura	0 - 20	mg/l
Agua levemente contaminada	20 - 100	mg/l
Agua medianamente contaminada	100 - 500	mg/l
Agua muy contaminada	500 - 3000	mg/l
Agua extremadamente contaminada	3000 - 15000	mg/l

Fuente: (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio - Resolucion 0799, 2021)

Tabla 22. Características típicas de los medios para humedales

Tipo de material	Tamaño efectivo D ₁₀ (mm)	Porosidad (n) (%)	Conductividad hidráulica (K) (m ³ /m ² /d)
Arena gruesa	2	28-32	100-1.000
Arena gravosa	8	30-35	500-5.000
Grava fina	16	35-38	1.000-10.000
Grava media	32	36-40	10.000-50.000
Roca gruesa	128	38-45	50.000-250.000

Fuente: (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio - Resolucion 0799, 2021)

Área Superficial

Según tiempo de retención Tr = 5 días

$$As = \frac{Q * Tr}{D * n}$$

Donde:

As: Área superficial (m²)

Q: Caudal de diseño (m³/d)

Tr: 5 días

D: Profundidad

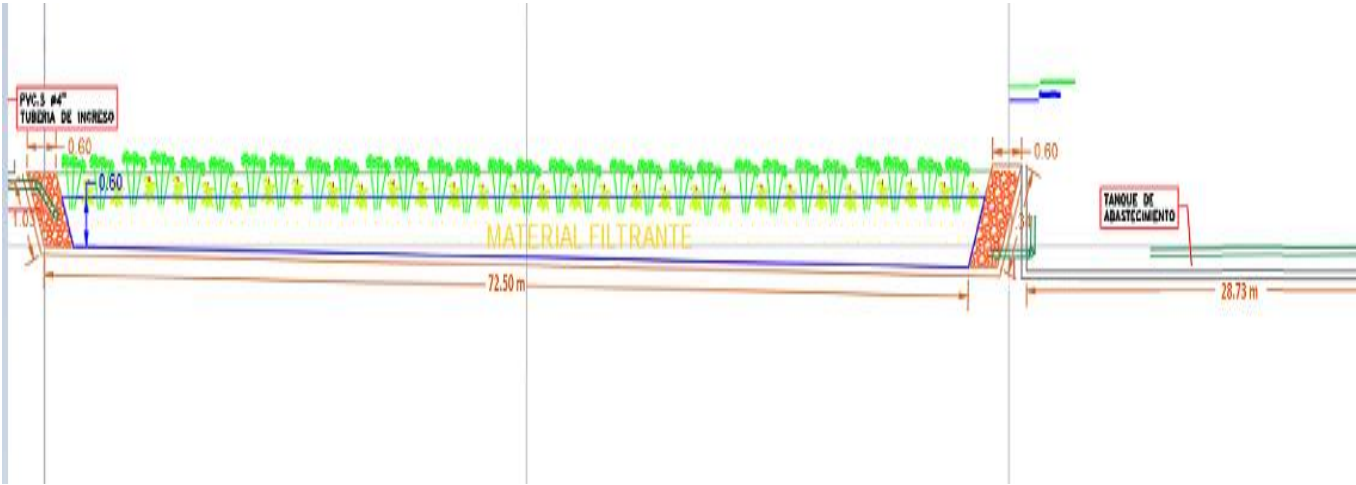
N: Porosidad

Ilustración 11. Cálculos humedal artificial

HUMEDAL SUBSUPERFICIAL													
Nc	HABITANTES	hab	687										
C	CONTRIBUCIÓN DIARIA	L/hab-día	107,120										
Q	CAUDAL DE DISEÑO	m3/d	$Nc \cdot C$	74									
Co	CONCENTRACIÓN INFLUENTE DE DBO	mg/l	120										
Ce	CONCENTRACIÓN EFLUENTE DE DBO	mg/l	20										
t	TEMPERATURA DEL AGUA	°C	34										
Kt	CONSTANTE CINÉTICA	d ⁻¹	$1.104 \cdot 1.06^{(T-20)}$	2,496									
D	PROFUNDIDAD	m	0,60										
n	POROSIDAD	%	35										
S	Pendiente del suelo	m/m	0,01										
R	Relación Largo - ancho		3 : 1	3									
				TIEMPO DE RETENCIÓN: Tr (días)		VOLUMEN: V(m3)		ANCHO: a (m)		LARGO: L (m)		CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA: Ks (m ² /m ² -d)	
As	ÁREA SUPERFICIAL (remoción DBO)	m2	$\frac{Q \cdot (\ln Co - \ln Ce)}{Kt \cdot D \cdot n}$	275,14	$\frac{n \cdot As \cdot D}{Q}$	0,79	As · D	$\sqrt{As/R}$	9,58	R · a	28,73	$\frac{7 \cdot Q}{a \cdot D \cdot s}$	8965,15
	ÁREA SUPERFICIAL (tiempo de retención de 5 días)	m2	$\frac{Q \cdot Tr}{D \cdot n}$	1752,18	$\frac{Q}{Q}$	5,00	1051,31	24,17			72,50		3552,60

Fuente: (Autor , 2023)

Ilustración 12. Diseño del Humedal Artificial



Fuente: (Autor , 2023)

9. CONCLUSIONES

- La población beneficiada corresponde a 229 viviendas en la zona, dato obtenido por medio del recorrido en el terreno y el número de habitante se encontró en la base de datos virtual del DANE.
- A partir de los parámetros de diseño, se pueden establecer criterios básicos para un adecuado sistema de tratamiento de aguas residuales, para que cumpla con los estándares de calidad.
- La implementación del presente tren de tratamiento de aguas residuales resulta ser eficiente y muy económico, está diseñado para un periodo de 25 años, sin embargo, su duración dependerá del adecuado mantenimiento que se realice con el periodo estimado en el diseño.
- La PTAR para la urbanización los prados en el municipio de Girardot será de gran relevancia ya que beneficiará una cantidad considerable de habitantes y reduce la contaminación ambiental apuntado a los ODS y las metas del PSMV del municipio para el periodo entre 2020 – 2023.

10.RECOMENDACIONES

- Se recomienda considerar la temperatura del municipio ya que es un dato muy importante en el diseño porque de la misma depende un factor para el periodo de mantenimiento lo que hace eficiente el sistema, además influye bastante en el tiempo de retención del recurso hídrico en su recorrido por el humedal artificial.
- Para evitar la presencia del mosquito en el humedal es necesario considerar dos cosas muy importantes, en la fase de operación y mantenimiento de debe verificar que no haya agua estancada en el humedal artificial, y que las plantas sean sembradas en toda el área del HA sin dejar espacios libres ya que al dejar espacios libres con agua estancada sin duda será un lugar para el habitat del mosquito.
- El presente sistema ha sido más estudiado en países con climas fríos, se recomienda realizar más investigaciones para adecuar los modelos de diseño a las condiciones locales analizando varios factores entre ellos la temperatura, el tipo de suelo, las plantas entre otros.

11. ANEXOS

11.1. Resultado de laboratorio DBO

The image shows a laboratory report from ANALQUIM LTDA. The report is titled "ENFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO". It includes the company logo, a QR code, and a table with the following information:

ENCARGO		FECHA RECEPCIÓN	
CLIENTE	MATEO SUAREZ	2023-04-18	
PROYECTO	GIRARDOT	2023-04-18	
LUGAR TOMA DE LA MUESTRA	3097-7023 KM 5 VIA TOCAIMA, URBANIZACIÓN LOS PRADOS		
PUNTO DE CAPTACIÓN	POZO ENTRADA URBANIZACIÓN		
FECHA Y HORA DE MUESTREO	2023-04-17 11:25 H		
RESULTADOS		REFERENCIA	
DBO 5	120 mg O ₂ /L		

Below the table, there is a section for "OBSERVACIONES" and a signature of the laboratory director, Lina Roldán Rodríguez. At the bottom, there is contact information for the laboratory, including the address, phone numbers, and email addresses.

Fuente: (Autor , 2023)

12. REFERENCIAS

- Acuatecnica . (17 de 09 de 2017). *ACUATECNICA S.A.S.* Obtenido de ACUATECNICA S.A.S: <https://acuatecnica.com/cuantas-plantas-tratamiento-aguas-residuales-colombia/>
- Acuatecnica S.A.S. (17 de 09 de 2017). *Acuatecnica S.A.S.* Obtenido de <https://acuatecnica.com/cuantas-plantas-tratamiento-aguas-residuales-colombia/>
- Alcaldía de Girardot . (28 de 05 de 2022). *alcaldia de girardot* . Obtenido de alcandia de girardot : <https://www.girardot-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Galeria-de-Mapas.aspx>
- Alcaldia Municipal de Girardot. (2020). *Girardot es de todos*. Obtenido de <https://www.girardot-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>
- Ambiental, i. L. (04 de 06 de 2019). *Induanalysis Laboratorio Ambiental*. Obtenido de https://www.induanalysis.com/publicacion/detalle/dbo_y_dqo_31#:~:text=La%20DBO%2C%20Demanda%20Biol%C3%B3gica%20de,ox%C3%ADgeno%20que%20tiene%20un%20agua.
- Bastis Consultores . (02 de 03 de 2020). *Online Tesis* . Obtenido de <https://online-tesis.com/tecnicas-de-recoleccion-de-datos-para-realizar-un-trabajo-de-investigacion/>

Calderon. (2020). *repository.unipiloto*. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/7599/Trabajo%20de%20Grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CAR. (2019). CAR. <https://www.car.gov.co/vercontenido/1169>.

Carreño, C. L. (2016). *elibro.net*. En C. L. Carreño, *Biotecnia Ambiental de Aguas y Aguas Residuales* (pág. Pag.296). Bogotá: Segunda edición .

Carrillo, J. A. (11 de 2019). *APLICACIÓN DE LOS LINEAMIENTOS DE LA GUIA PMBOK EN EL CONTROL*. Obtenido de APLICACIÓN DE LOS LINEAMIENTOS DE LA GUIA PMBOK EN EL CONTROL: <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/fa34f820-6c5f-439a-b4c9-631b695ea071/content>

cervantes, Instituto. (2023). *Centro virtual cervantes*. Obtenido de Centro virtual cervantes: https://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/diccio_ele/diccionario/metodologiacuantitativa.htm

Chavarro, G. G. (2006). *Universidad Tecnologia de Pereira*. Obtenido de <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6587>

Ciencia UNAM. (01 de 07 de 2021). *Ciencia UNAM*. Obtenido de <https://ciencia.unam.mx/leer/1130/malos-olores-una-contaminacion-invisible#:~:text=La%20contaminaci%C3%B3n%20por%20malos%20olores%20genera%20diversos%20malestares%20a%20la,de%20%C3%A1nimo%20negativo%2C%20entre%20otros>.

Corporación Autonoma Regional . (11 de 2020). *PTAR SALITRE*. Obtenido de PTAR SALITRE: <https://ptarsalitre.com.co/>

DANE. (2022). *DANE*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/>

Garzón . (2023).

governacion de cundinamarca . (12 de 03 de 2018). *governacion de cundinamarca* . Obtenido de governacion de cundinamarca .

Grosso, C. (22 de 11 de 2021). *Radio Nacional de Colombia* . Obtenido de <https://www.radionacional.co/actualidad/medio-ambiente/rio-magdalena-cual-es-el-panorama-ptar-en-riberas>

Guia Tratamiento Aguas Negras y Grises . (03 de 2009). *Ministerio de Salud* . Obtenido de <https://es.scribd.com/document/69499725/Guia-Tratamiento-Aguas-Negras-Grises-Oficializada-PDF#>

Hurtado, L. A. (09 de 2015). *Diseño Hidrosanitario* . Obtenido de https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=71570#:~:text=El%20campo%20de%20infiltraci%C3%B3n%20consiste,su%20tratamiento%20y%20disposici%C3%B3n%20en

Idrica . (03 de 08 de 2022). *Idrica* . Obtenido de <https://www.idrica.com/es/blog/plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-etapas/#:~:text=2.,ayude%20a%20separar%20esas%20part%C3%ADculas>.

- Interconsulting Bureau. (2017). Calidad de aguas. Usos y aprovechamientos. En Interconsulting Bureau. Bogotá: 1a. edición ICB Editoriales - Bogotá.
- Interempresas, R. (21 de 09 de 2017). *gestion de residuos* . Obtenido de [https://www.interempresas.net/Reciclaje/Articulos/195899-Mal-olor-y-prevencion-de-formacion-de-H2S-\(acido-sulfhidrico\).html](https://www.interempresas.net/Reciclaje/Articulos/195899-Mal-olor-y-prevencion-de-formacion-de-H2S-(acido-sulfhidrico).html)
- Lozano. (2012). *FUNDAMENTOS DE DISEÑO DE PLANTAS DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES*. Bogotá.
- Luque, T. (2020). *DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICA PORTABLE Y COMPACTA PARA UNA POBLACIÓN NO MAYOR A 50 HABITANTES*.
- Masters, T. y. (2023). *Tesis y Masters* . Obtenido de Tesis y Masters : <https://tesisymasters.com.ar/investigacion-descriptiva-ejemplos/>
- Ministeria de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Resolucion 0631. (23 de 01 de 2015). *MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE*. Obtenido de MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE: <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/vertimientos-y-reuso-de-aguas-residuales/>
- Ministerio de Ambiente Ciudad y Territorio - Resolucion 799. (09 de 12 de 2021). *Acofi*. Obtenido de <http://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2021/12/Resolucion-799-de-2021.pdf>
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio - Resolucion 0799. (09 de 12 de 2021). *Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio*. Obtenido de <http://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2021/12/Resolucion-799-de-2021.pdf>
- Molina, P. (2015). *PROPUESTA PARA LA PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA ESCUELA MILITAR DE CADETES GENERAL JOSÉ MARÍA CÓRDOVA*.
- Organizacion mundial de la Salud. (21 de 04 de 2022). *Organizacion mundial de la salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water#:~:text=El%20agua%20contaminada%20y%20el,fièvre%20tifoïde%20y%20la%20poliomyélite.>
- Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos. (2020). *Corporacion Autonoma Regional*. <https://www.car.gov.co/vercontenido/1169#:~:text=Es%20un%20instrumento%20de%20manejo,tratamiento%20y%20disposici%C3%B3n%20final%20de.>
- RAS. (2000). *DOCUMENTACIÓN TÉCNICO NORMATIVA DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO*. Santa Fé de Bogotá.
- Reglamento Técnico Sector de Agua Potable y Saneamiento Basico. (2017). *DOCUMENTACIÓN TÉCNICO NORMATIVA DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO*. Santa Fé de Bogotá.
- Rivera. (2002). *TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE DESTILERIA EN UN FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/370/37018303.pdf>

sinnaps, a. (2018). *metodologia cualitativa* . <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/metodologia-cualitativa>.

Social, M. d. (09 de 05 de 2007). *ICBF* . Obtenido de ICBF : https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/decreto_1575_2007.htm#:~:text=El%20objeto%20del%20presente%20decreto,consumo%2C%20exceptuando%20el%20agua%20envasada.

Sostenible, M. d. (25 de 10 de 2018). *Fenabi*. Obtenido de Fenabi: <https://fenavi.org/documentos/resolucion-631-de-2015/#:~:text=Por%20la%20cual%20se%20establecen,y%20se%20dictan%20otras%20disposiciones>.

Tilley et al. (2018). *Tecnologías de Saneamiento*. Obtenido de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/uso-yo-disposicion-final/lecho-de-infiltraci%C3%B3n>

toda colombia . (21 de 02 de 2019). *toda colombia* . Obtenido de toda colombia : <https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/cundinamarca/index.html>

toda colombia . (21 de 02 de 2019). *toda colombia* . Obtenido de toda colombia .

Tratamiento de aguas residuales. (1998). *Tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de <https://spa-archinform-net.unipiloto.basesdedatosezproxy.com/quellen/59315.htm>

UPC. (2022). *Cálculos de diseño*. Girardot.

Venegas, A. (16 de 03 de 2018). *larepublica*. Obtenido de [https://www.larepublica.co/infraestructura/solamente-48-2-de-los-municipios-cuentan-con-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-2611155#:~:text=Uno%20de%20los%20puntos%20de,de%20Aguas%20Residuales%20\(Ptar\)](https://www.larepublica.co/infraestructura/solamente-48-2-de-los-municipios-cuentan-con-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-2611155#:~:text=Uno%20de%20los%20puntos%20de,de%20Aguas%20Residuales%20(Ptar)).