

**AUXILIAR DE INGENIERIA EN EL “DISEÑO DE ALCANTARILLADO Y PTAR
PARA EL CORREGIMIENTO DE AZNAZÚ SUAREZ (CAUCA)” DE LA EMPRESA
BADIA CONSTRUCTORA.**



**Autor:
SEBASTIAN VILLEGAS SILVA
1004153022**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA: INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN, CAUCA
2024**

**AUXILIAR DE INGENIERIA EN EL “DISEÑO DE ALCANTARILLADO Y PTAR
PARA EL CORREGIMIENTO DE AZNAZÚ SUAREZ (CAUCA)” DE LA EMPRESA
BADIA CONSTRUCTORA.**



**Autor:
SEBASTIAN VILLEGAS SILVA
1004153022**

**Director:
ING. ANDREA MARCELA BOLAÑOS RODRÍGUEZ**

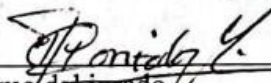
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA: INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN, CAUCA
2024**

NOTA DE ACEPTACIÓN

El director y los jurados han evaluado este documento titulado “Auxiliar de ingeniería en el “Diseño de alcantarillado y PTAR para el corregimiento de Aznazú Suarez (Cauca) de la empresa Badía Constructora.”, escuchando la sustentación del mismo autor y lo encuentran satisfactorio, por lo cual autorizan a la estudiante Sebastián Villegas Silva, para que desarrolle las gestiones administrativas para optar el título de ingeniero civil.

Andrea Bolaños

Firma del director de pasantía.


Firma del jurado.

Alberto José Cordero C.
Firma del jurado.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.	9
2. OBJETIVOS.	10
2.1. OBJETIVO GENERAL.	10
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.	10
3. JUSTIFICACIÓN.	11
4. ALCANCE.	12
5. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA RECEPTORA	13
5.1. INFORMACIÓN INSTITUCIONAL.	13
5.1.1 Misión	13
5.1.2 Visión.	13
6. GENERALIDADES.	14
6.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.	14
6.2 ESPECIFICACIONES GENERALES.	15
7. METODOLOGIA.	16
8. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES EN LAS CUALES EL PASANTE ESTUVO PRESENTE.	17
8.1 ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS LEGALES DIRIGIDOS A LA ALCALDIA DE SUAREZ CAUCA.	17
8.2 ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS METODOLOGICOS.	17
8.2.1 DIAGNOSTICO DE LA RED EXISTENTE.	17
8.2.2 RESULTADO DEL DIAGNOSTICO.	18
8.3 ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS TECNICOS.	18
8.3.1 DISEÑOS HIDROSANITARIO.	18
8.3.2 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN Y PERIODO DE DISEÑO	19
8.3.2.1 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE AZNAZÚ	19
8.3.2.2 MÉTODO GEOMÉTRICO	19
8.3.3 DISEÑO DE TRATAMIENTO DE PLANTA DE AGUA RESIDUAL	20
8.3.3.1 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	20
8.3.3.2 CAUDALES DE DISEÑO	21
8.3.3.2.1 Caudal medio de diseño	21
8.3.3.2.2 Caudal Máximo de diseño	21
$Q_{dmax} = 14,75 L/s$	22
8.3.3.2.3 Caudal mínimo de diseño	22
8.3.3.3 UBICACIÓN DE LA PTAR	23
8.3.3.4 DISEÑO DE CÁMARA DE LLEGADA Y TRAMPA DE GRASAS	24
8.3.3.4.1 Cámara de llegada	24
8.3.3.4.2 Longitud de la rejilla	27
8.3.3.4.3 Numero de barras	27
8.3.3.4.4 Chequeo de velocidad de paso en rejillas	28
8.3.3.4.5 Trampa de grasas	30
8.3.3.4.6 Velocidad ascendente	31
8.3.3.4.7 Chequeo TRH y velocidad ascendente	32
8.3.3.4.8 Numero de tabiques	32
8.3.3.4.9 Frecuencia de limpieza	34
8.3.3.5 CADICA TRAMPA DE GRASAS A TANQUES SEPTICOS	36

8.3.3.5.1	Diámetro tubería de entrada	36
8.3.3.5.2	Diámetro tubería de salida	36
8.3.3.5.3	Chequeo de velocidad	37
8.3.3.5.4	Diseño de vertederos	37
8.3.3.6	DISEÑO DE TANQUE SÉPTICO	39
8.3.3.6.1	Zona de Sedimentación	40
8.3.3.6.2	Zona Almacenamiento de Digestión de Lodos	41
8.3.3.6.3	Zona Almacenamiento de Lodos Digeridos	41
8.3.3.6.4	Zona Almacenamiento de Natas	42
8.3.3.6.5	Dimensionamiento del Tanque Séptico	42
8.3.3.6.6	Chequeo Caudal Máximo de Diseño	43
8.3.3.6.7	Lecho de secado de lodos	43
8.3.3.7	DISEÑO DE FILTRO ANAÉROBIO	45
8.3.3.7.1	Volumen Del Filtro	46
8.3.3.7.2	Dimensionamiento Del Filtro	47
8.3.3.7.3	Chequeo Caudal Máximo de Diseño	48
8.3.3.8	DISEÑO DE CABEZAL DE ENTREGA	48
9.	CONCLUSIÓN.	50
10.	BIBLIOGRAFÍA.	51

LISTA DE ILUSTRACIONES.

<i>Ilustración 2. Ubicación de Aznazú, Suarez, Cauca.....</i>	<i>14</i>
<i>Ilustración 3. Imagen de la localización del sistema sanitario con mejor funcionamiento.....</i>	<i>15</i>
<i>Ilustración 4. Esquema del sistema de tratamiento de agua residual.....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 5. Ubicación de la PTAR.....</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 6. Chequeo de velocidad para caudal máximo.....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 7. Chequeo de velocidad para caudal medio.....</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 8. Vista planta y perfil canal de entrada y rejilla.....</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 9. Esquema general trampa de grasas.....</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 10. Vista en planta trampa de grasas.....</i>	<i>33</i>
<i>Ilustración 11. Corte A-A Trampa de grasas.....</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 12. Corte B-B Trampa de grasas.....</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 13. Vista en planta cadica.....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 14. Corte A-A.....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 15. Corte B-B.....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 16. Esquema típico de un tanque séptico.....</i>	<i>40</i>
<i>Ilustración 17. Configuración lecho de secado.....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 18. Vista en planta de entrega a quebrada.....</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 19. Corte transversal de entrega a quebrada.....</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 20. Perfil de cabezal de entrega a quebrada.....</i>	<i>49</i>

LISTA DE TABLAS.

<i>Tabla 2. Proyección Geométrica de la población de Aznazú.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 3. Caudales actuales determinados en el diseño de alcantarillado para PTAR.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 4. Cálculo de factor de mayoración</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 5. Resumen de los caudales de diseño calculados para la PTAR.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 6. Dimensiones cámara de llegada.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 7. Parámetros de diseño canal de aproximación</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 8. Parámetros de diseño para la rejilla</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 9. Tiempos de retención hidráulico, para diferentes caudales.</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 10. Dimensiones de los tabiques.</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 11. Resumen diseño trampa de grasas.</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 12. Dimensionamiento de los compartimientos del tanque séptico</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 13. Configuración del Lecho de Secado</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 14. Dimensionamiento del Lecho de Secado.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 15. Diseño de cabezal de entrega</i>	<i>48</i>

AGRADECIMIENTOS.

Agradecido principalmente con Dios, por hacer de mí una persona resiliente, que, ante tantos momentos difíciles, me dio fuerzas y sostuvo mis sueños y anhelos de superarme y seguir luchando por una meta que siempre quise lograr.

A mi familia, por su amor y apoyo incondicional, su comprensión y por estar siempre a mi lado, incluso en los momentos más difíciles. Agradezco a mis padres, Blanca Lucía Silva Londoño y Diego Felipe Villegas Vidal, por su sacrificio y esfuerzo para brindarme la oportunidad de alcanzar mis sueños. Su aliento constante me ha dado fuerzas para seguir adelante y son los que me han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos.

A mis amigos por su apoyo emocional, por cada momento de estudio y de alegrías que permitieron ser más llevadero el proceso académico e hicieron el paso por la universidad una de las experiencias más enriquecedoras a nivel personal.

A la Universidad del Cauca por el aprendizaje y conocimiento que adquirí durante mi formación académica y a los docentes quienes hicieron parte de este proceso y se esfuerzan por hacer de nosotros sus estudiantes unos excelentes ingenieros, en especial a la ingeniera Andrea Marcela Bolaños Rodríguez por ser mi directora de pasantía y brindarme su conocimiento.

Al ingeniero Cristian Felipe Jaramillo González y la empresa Badía Constructora por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de iniciar mi formación como profesional hacia el mundo laboral, por instruirme y ayudarme a afrontar los retos y desafíos que se presentan dentro del ejercicio de la Ingeniería.

Por último, agradezco a todas las personas que, aunque no se mencionan aquí, contribuyeron de alguna manera con su tiempo, esfuerzo y conocimientos. Cada gesto y palabra de apoyo ha sido valioso y ha dejado una huella en este proceso.

Este trabajo es el resultado de un esfuerzo colectivo y de una serie de circunstancias que no habrían sido posibles sin el apoyo de todos ustedes.

1. INTRODUCCIÓN.

La ingeniería civil desempeña un papel fundamental en la sociedad moderna, abordando desafíos que van desde la infraestructura básica hasta proyectos de gran envergadura brindando soluciones innovadoras y sostenibles que cumplan con los estándares de calidad, seguridad y funcionalidad. Durante el periodo como practicante o pasante se tendrá la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos en el mundo laboral y real destacando el hecho de ser estudiante de la Universidad del Cauca.

Normalmente se tiene la idea de que las actividades de un ingeniero solo radican a trabajo realizado en campo, dejando a un lado las actividades de oficina que tienen la misma importancia y responsabilidad que las ejecutadas en obra, ya que la correcta planeación de cada etapa del proyecto tendrá como finalidad su viabilidad y correcta funcionalidad con todos los aspectos que se involucran (presupuestos, actas de inicio, actas de finalización, verificación del cronograma de obra, entre otras actividades).

Por este motivo la presente pasantía se enfocará en ser auxiliar de ingeniería para los respectivos trabajos que se realicen en oficina enfocados en la consultoría de proyectos dispuestos de la respectiva entidad, contando con la supervisión de ingenieros con experiencia, todo esto con el fin de fortalecer los conocimientos infundidos a lo largo del programa académico.

2. OBJETIVOS.

2.1. OBJETIVO GENERAL.

Participar como auxiliar de ingeniería civil en el “DISEÑO DE ALCANTARILLADO Y PTAR PARA EL CORREGIMIENTO DE AZNAZÚ SUAREZ (CAUCA)” DE LA EMPRESA BADIA CONSTRUCTORA.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de ingeniería civil, permitiendo adquirir nuevos conocimientos con base a la práctica profesional.
- Brindar apoyo en la toma de decisiones o alternativas que se puedan presentar en el proyecto.
- Apoyo en el diseño hidrosanitario del proyecto.
- Colaborar con las actividades propias asignadas por la entidad.
- Brindar apoyo como auxiliar hasta donde el tiempo de la pasantía lo permita, puesto que la consultoría del proyecto tiene una duración de seis meses.

3. JUSTIFICACIÓN.

Mediante la resolución N° 820 del 14 de octubre de 2014 del Consejo de la Facultad, La Universidad del Cauca permite realizar el trabajo de grado con distintas modalidades, una de ellas es la pasantía, en su artículo No. 01 *“Modalidades de trabajo de grado. En la Facultad de Ingeniería Civil se establecen las siguientes modalidades para el desarrollo del Trabajo de Grado a que se refiere el Artículo 3 del Acuerdo No. 027 de 2012, para la obtención del título profesional universitario en cualquiera de los programas de pregrado que administra la Facultad: a. Trabajo de Investigación, b. Práctica Profesional, c. Estudios de Profundización.”*

Que consiste en que el estudiante haga parte de una empresa o entidad en calidad de pasante, donde pueda poner en práctica los conocimientos adquiridos en el transcurso del programa académico, como también aprender, ejerciendo tareas en el ámbito profesional. En este proyecto se describirá la práctica profesional como auxiliar de Ingeniería en la empresa BADIA CONSTRUCTORA, que será de gran ayuda para afianzar conocimientos y habilidades en proyectos relacionados con la rama de la hidráulica para dar soluciones y alternativas en los diferentes proyectos.

De acuerdo con lo anterior, esta práctica será de gran servicio en la preparación como Ingeniera Civil, debido a que brindará bastante experiencia y será un paso vital para desarrollarse dentro de la profesión, teniendo un pensamiento crítico y óptimo a la hora de decidir, aportando a la comunidad los estándares bajo los cuales se califica un profesional en esta área.

4. ALCANCE.

El estudiante se desempeñara como auxiliar en consultoría de proyectos que la empresa BADIA CONSTRUCTORA tiene a su cargo, colocando en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de su vida como estudiante, demostrando el uso adecuado de sus conocimientos adquiridos y de su óptimo criterio para la toma de decisiones; de igual manera se espera que el estudiante haga un adecuado manejo en el caso necesario de las normas que rigen cada tipo de proyecto, como por ejemplo: NTC 1500, RAS, Resolución 0799 de 2021 entre otras; esto a partir del trabajo desempeñado en oficina bajo la supervisión de ingenieros calificados en estos temas.

5. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA RECEPTORA



Fuente: Badia Constructora S.A.S.

Nombre: **BADIA CONSTRUCTORA S.A.S.**

Nit: 900749349-5

Dirección: Carrera 6A #21N- 57

Teléfono: 3127255040

Correo: badia.constructora@gmail.com

Gerente y Representante Legal: Diego Alejandro Barrios Chaparro. Ingeniero Civil

Persona encargada: Cristian Felipe Jaramillo. Ingeniero Civil

5.1. INFORMACIÓN INSTITUCIONAL.

5.1.1 Misión

Somos una empresa joven y dinámica brindando a nuestro equipo humano estabilidad, desarrollo profesional y un óptimo ambiente laboral.

Estamos comprometidos a realizar proyectos que generen un valor agregado y confianza, con el fin de cumplir las expectativas del cliente y su vez se diferencien por su alta competitividad en el mercado.

5.1.2 Visión.

Convertirnos en una empresa de servicios de construcción que comercialice proyectos residenciales y comerciales a nivel local, regional y nacional.

Comprometernos a dar un servicio excepcional y a sobrepasar las expectativas de nuestros clientes. Destacarnos en el sector de la construcción por nuestra excelente confiabilidad, planeación y agilidad en los procesos a través del mejoramiento continuo y la ejecución de soluciones eficientes con respecto a los requerimientos del cliente.

6. GENERALIDADES.

Durante el desarrollo de la pasantía se hizo acompañamiento técnico y administrativo en el desarrollo del diseño del alcantarillado y PTAR para el corregimiento de Aznazú, en donde su objetivo principal es que el municipio cuente por primera vez con un sistema de tratamiento de aguas residuales.

6.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

Se encuentra ubicado al noroccidente del departamento del Cauca, limita al norte y oriente con el municipio de Buenos Aires, al suroriente y al sur con el municipio de Morales y al occidente con López de Micay; su altura sobre el nivel del mar es de 1050 m, y temperatura media de 27 °C. Está separado de Popayán por 107 km. Su extensión total es de 389,87 km², de los cuales 3,57 km² corresponden a la parte urbana.

Sus ríos más importantes son el Cauca, Ovejas, Inguitó, Asnazú y Marilópez, Damián, Marilopito, las quebradas de El Chupadero, La Chorrera, Los Pasos, Los Morados, La Laja, El Danubio y San Miguel, asimismo, el embalse artificial Salvajina.

Sus sectores económicos fundamentales son la minería la cual se realiza en la zona suroriental del municipio, la agricultura con productos como el café, caña de azúcar, el frijol, el maíz, la piscicultura, la avicultura, y la ganadería. Es de notar que el municipio es un importante productor de coca lo que ha favorecido la presencia de grupos armados en la zona.

A continuación, se presenta la ubicación del proyecto.

Ilustración 1. Ubicación de Aznazú, Suarez, Cauca.



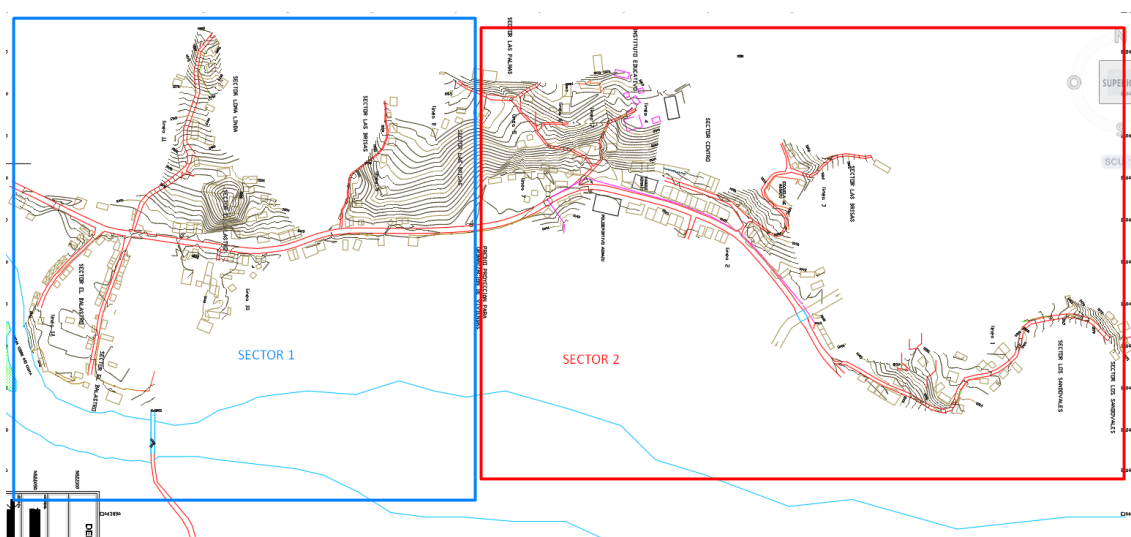
Fuente: Elaboración propia, Google Heart.

6.2 ESPECIFICACIONES GENERALES.

El proyecto tiene como finalidad presentar estudios y diseños para el alcantarillado y PTAR para el corregimiento de Aznazú Suárez (Cauca), en este sentido, se presenta el diseño de las obras que contribuyen al control de aguas sanitarias que afectan el río, objeto de intervención para control de contaminación ambiental y mal funcionamiento de la red existente.

Teniendo en cuenta que Aznazú no cuenta con sistema de tratamiento de aguas residuales PTAR, se tiene desembocadura de la red sanitaria en varios puntos del río

Ilustración 2. Imagen de la localización del sistema sanitario con mejor funcionamiento.



En la ilustración anterior, se resaltan dos sectores el sector 1 que es conocido el balastro en donde se cuenta con una red sanitaria deficiente puesto que en temporada de lluvias los pozos se rebosan por no contar con la profundidad adecuada conforme a la normatividad establecida, el sector 2 conocido como sector el centro cuenta con un mejor funcionamiento dado que este sector en su mayor parte su funcionamiento es por gravedad por la topografía de la zona, por tanto no ocurre lo mismo que en el sector del balastro.

7. METODOLOGIA.

La práctica profesional tuvo la realización en la ciudad de Popayán en el departamento del Cauca, en BADIA CONSTRUCTORA S.A.S. la cual se realizó bajo la supervisión del Ing. Diego Alejandro Barrios y también del Ing. Cristian Felipe Jaramillo, los cuales certifican las horas y realizarán la respectiva calificación de esta.

Inicialmente se realizó una inducción por parte del Ing. Cristian Felipe Jaramillo quien dio a conocer las instalaciones de la empresa, entorno y grupo de trabajo con los cuales se laboró, quien también suministró el material técnico, el cual fue de apoyo durante toda la práctica, además, de planos, levantamiento topográfico, un registro fotográfico del estado actual de las instalaciones del acueducto y estudios previos con los que ya se contaba para la realización del proyecto, todo esto con el fin de conocer el estado de desarrollo del proyecto y su finalidad.

Durante el tiempo del trabajo de grado, pasantía, se realizaron actividades en oficina como la realización del diseño hidrosanitario, realización de documentos legales como las certificaciones técnicas, metodológicos tales como actas de socialización, diagnostico detallado del sistema existente y técnicos como la especificación técnica, el diseño sanitario con los debidos planos y también se hizo una visita de campo a la comunidad de Aznazú.

Posteriormente y con base en lo realizado en cada una de las actividades se elaboró un informe final donde se plasmó el trabajo realizando durante la pasantía y las conclusiones de acuerdo con los objetivos planteados inicialmente.

Se laboró las 384 horas requeridas para cumplir con la reglamentación sobre las pasantías, dando así una duración de pasantía aproximada de 16 semanas.

8. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES EN LAS CUALES EL PASANTE ESTUVO PRESENTE.

Dado que, este proyecto tiene la finalidad de entregar a la Alcaldía de Suarez actividades relacionadas con la consultoría y elaboración de estudios y diseños del alcantarillado y PTAR para el corregimiento de Aznazú Suarez (Cauca), las cuales se nombran a continuación:

8.1 ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS LEGALES DIRIGIDOS A LA ALCALDIA DE SUAREZ CAUCA.

Con base en la ficha técnica que se le exige a la empresa para los chequeos de todos los documentos requeridos para la entrega del proyecto al Municipio de Suarez y más propiamente al alcalde, el señor Cesar Lizardo Cerón Galindo, y al secretario de planeación Ángel Leandro Gallardo Burbano, de manera que, al cumplir a cabalidad con dicha lista, el proyecto sea viable para las entidades a ser gestionado. Teniendo en cuenta lo anterior, se empezó con la realización de 12 certificaciones, las cuales se van a explicar con más detalle a continuación:

- Certificación Ley 142. Ley de servicios públicos domiciliarios.
- Certificación de NO financiación.
- Certificación Plan de desarrollo.
- Certificación del PBOT.
- Certificación banco de proyectos.
- Certificación de Población.
- Certificación del estado de las vías.
- Certificación de prestación de servicios de acueducto.
- Certificación a cargo de la administración y operación del sistema.

8.2 ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS METODOLOGICOS.

En esta lista de documentos, se encuentran documentos como el acta de socialización del proyecto, la cual se realizó con ayuda de la trabajadora social en la visita que se hizo a Aznazú, diagnostico detallado del sistema existente, formato resumen del proyecto. El acta de socialización tiene como finalidad definir el área objeto del proyecto, realizando un diagnóstico del estado actual de la salud pública, de los recursos naturales y del bienestar de la comunidad de dicha zona. El diagnostico se realiza a través de bases de datos propias del municipio, el plan de desarrollo municipal, encuestas y muestras cualitativas y cuantitativas, que verifican la situación actual del municipio y el área de intervención.

Además, en conjunto con el ingeniero Cristian Felipe Jaramillo y aprovechando la visita, se realizó el diagnostico detallado de la red existente, el cual es clave para el cumplimiento del objeto de este proyecto, con el cual se buscó obtener información sobre su funcionamiento general, la capacidad máxima real, la condición tecnológica, la eficiencia y los criterios operacionales, con el fin de mejorar los niveles de eficiencia del sistema.

8.2.1 DIAGNOSTICO DE LA RED EXISTENTE.

Para empezar, se hizo un recorrido del sistema de alcantarillado existente, con el cual se evalúa las condiciones de los elementos del sistema existente, para hacer un análisis detallado se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Recolección y análisis de información de estudios existentes, registros de operación, reportes de construcción, información geológica, hidrográfica, de topografía, entre otras. Todo lo anterior con el propósito de identificar zonas de críticas que puedan requerir rehabilitación.
2. Teniendo en cuenta lo anterior, se hace una investigación detallada en las áreas que presentan problemas y que tipo de daños existen en tramos defectuosos, con el fin de adelantar un análisis de costo/efectividad de los problemas. Con el diagnóstico sobre la infraestructura, se deberán plantear acciones de rehabilitación, reposición, optimización y/o ampliación.
3. Para finalizar, se formuló un plan de rehabilitación, el cual está comprendido por el establecimiento de plazos, alcance de los trabajos y presupuestos, consecución de equipos y servicios, y realización de contrataciones.

8.2.2 RESULTADO DEL DIAGNOSTICO.

Como ya se ha mencionado, existe una red sanitaria de alcantarillado en Aznazú la cual, en las zonas bajas de zona topográfica más plana, continuas al río presentan problemas de funcionamiento por su periodo de diseño ya superado, que no cumple con la normatividad actual, además de la ausencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales en el corregimiento de Aznazú.

8.3 ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS TECNICOS.

8.3.1 DISEÑOS HIDROSANITARIO.

Conforme a lo establecido en el Contrato de Consultoría, Basándose en el diagnóstico realizado, la Metodología de investigación y elaboración de los estudios y diseños corresponden a los pasos establecidos en la Resolución 0799 del 2021, los cuales se describen a continuación:

- PASO 1. Definición y localización de cada uno de los componentes del proyecto a diseñar.
- PASO 2. Reconocimiento de campo, investigación predial inicial.
- PASO 3. Levantamientos topográficos.
- PASO 4. Investigación de suelos y geotecnia.
- PASO 5. Selección de alternativas.
- PASO 6. Diseño geométrico y análisis de interferencias.
- PASO 7. Diseño hidráulico.
- PASO 8. Diseño geotécnico.
- PASO 9. Diseño estructural.
- PASO 10. Obras complementarias.
- PASO 11. Definición de especificaciones técnicas de construcción.
- PASO 12. Fichas de adquisición predial y declaratoria de utilidad pública.
- PASO 13. Permisos, licencias y autorizaciones.
- PASO 14. Determinación del presupuesto y cronograma de obras.

El diseño hidrosanitario, tiene como finalidad presentar todas las obras necesarias para realizar el diseño del alcantarillado y PTAR para el corregimiento de Aznazú Suarez, teniendo en cuenta toda la problemática mencionada en el diagnóstico del sistema.

Es válido mencionar que, para realizar el diseño, se contempló una población futura conforme al crecimiento poblacional del sector y del municipio en general.

8.3.2 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN Y PERIODO DE DISEÑO

Para el diseño de los componentes de un sistema de tratamiento es importante tener en cuenta aspectos como el periodo de diseño, la proyección de la población de acuerdo con este periodo y la capacidad económica de los usuarios. Estos aspectos permitirán determinar la tecnología de tratamiento, dimensión de unidades y hasta costos operativos de adquisición y mantenimiento (Anaya and Villar, 2009).

El periodo de diseño se establece de 25 años, según la Resolución 0799 del 09 de diciembre del 2021. Por lo cual se modifica la resolución 0330 de 2017.

8.3.2.1 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE AZNAZÚ

A continuación, se presentan la proyección de la población para un periodo de diseño de 25 años desde la época actual, todo esto mediante el método geométrico, puesto que con los diferentes métodos de análisis como aritmético, gráfico, exponencial es necesario tener registro histórico poblacional de la zona de estudio, con el cual no se cuenta para el municipio de Aznazú.

8.3.2.2 MÉTODO GEOMÉTRICO

Es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. La población proyectada y la tasa de crecimiento anual están dadas por las siguientes ecuaciones respectivamente (RAS, 2010) y Resolución 0799 del 09 de diciembre del 2021.

$$P_f = P_a * (1 + r)^{(T_f - T_a)}$$

Donde:

r= Tasa de crecimiento anual en forma decimal.

Pf= Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

Pa= Población actual (habitantes).

Ta= Año correspondiente al último año proyectado.

Tf= Año al cual se quiere proyectar la información.

$$P_f = 1566 * (1 + 0.03)^{(2049 - 2024)}$$

$$P_f = 3279 \text{ Habitantes}$$

Tabla 1. Proyección Geométrica de la población de Aznazú

Año	Población sector 1 (hab)	Población sector 2 (hab)	Población Total (hab)
2024	804	762	1566
2049	1684	1595	3279

8.3.3 DISEÑO DE TRATAMIENTO DE PLANTA DE AGUA RESIDUAL

8.3.3.1 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

El tratamiento de aguas residuales constituye una medida de mitigación que ayuda a disminuir y controlar la contaminación de los cuerpos de agua, pero para que esta medida tenga éxito se debe contar con obras de infraestructura adecuada a la naturaleza de las aguas a tratar y con el personal capacitado para llevar a cabo las labores de operación y mantenimiento.

Teniendo en cuenta las condiciones particulares de la localidad, no se cuenta con personal constante y especializado, adicionalmente la comunidad no cuenta con una alta cultura de pago, por lo que es necesario considerar al determinar la tecnología a diseñar, que la misma tenga una complejidad acorde a los recursos y permita garantizar la prestación eficiente del servicio.

El tratamiento de las aguas residuales a través de soluciones in situ, como los tanques sépticos, son una alternativa para zonas rurales, sin embargo, la densidad poblacional del corregimiento de Aznazú es mayor a la considerada para esta opción de tratamiento del agua residual de una comunidad.

El Tanque Séptico con el Filtro anaerobio, son sistemas complementarios que trabajan muy bien asociados y se utilizan donde no se puede asegurar una operación constante y un personal especializado. Se han empleado en corregimientos con poblaciones entre 120 y 4000 habitantes (Osorio, sfd), alcanzando eficiencias de 86.3% de remoción de DBO5 y 83.2% de SST, por lo que se considera una buena alternativa para las condiciones de Aznazú.

El sistema de tratamiento de agua residual considerado para la cabecera del Corregimiento de Aznazú, consiste en un tratamiento preliminar (cribado y trampa de grasas), un tratamiento primario con tanques sépticos y tratamiento secundario con filtros anaerobios de flujo ascendente, también conocidos como FAFA.

A continuación, se presenta un esquema del sistema de tratamiento a diseñar que se implementara en cada uno de los dos sectores:

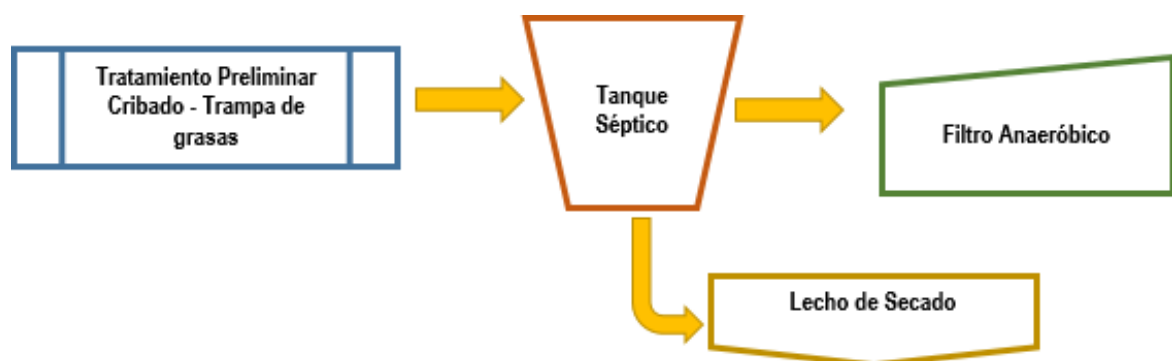


Ilustración 3. Esquema del sistema de tratamiento de agua residual

8.3.3.2 CAUDALES DE DISEÑO

Con el objetivo de determinar el caudal de diseño y que este fuera acorde con el caudal entregado por el sistema de alcantarillado, se utilizó la información registrada en el diseño del alcantarillado. Se consideró el caudal medio diario, el caudal debido a conexiones erradas y el caudal de infiltración debido a que ahí nivel freático presente en el suelo además de que la planta se encuentra contigua al río cauca.

$$Q_{md} = 0,85 * Dotación * Habitantes$$

$$Q_{md} = \frac{0,85 * \frac{140L}{hab * día} * 1684hab}{86400seg} = 2,31 L/seg$$

Tabla 2. Caudales actuales determinados en el diseño de alcantarillado para PTAR

	Caudal medio diario (L/s)	QCE (L/s)	QINF (L/s)	Qactual (L/s)
Sector 1	2,31	0	2	4,3
Sector 2	2,19	0	2	4,2

Se empieza haciendo el diseño para la población del sector 1 que es mayor en donde si cumple todos los chequeos también lo haría para el sector 2, puesto que su aporte de caudal es similar.

8.3.3.2.1 Caudal medio de diseño

Se determinó el caudal unitario, teniendo en cuenta el caudal actual y el número de habitantes beneficiados por la PTAR.

$$q = \frac{Q_{actual}}{Población actual} = \frac{4,3 L/s}{804 hab} = 0,0053 L/s$$

Posteriormente se calculó el caudal medio con la población proyectada

$$Q_{dmed} = \left(0,0053 \frac{L}{s}\right) * 1684$$

$$Q_{dmed} = 8,92 L/s$$

8.3.3.2.2 Caudal Máximo de diseño

El caudal máximo de diseño representa el caudal máximo esperado que llegará a la planta de tratamiento y debe tenerse en cuenta para su diseño. Se calcula multiplicado por un factor de mayoración (K) más el caudal de infiltración esperado en la red. Para el cálculo del factor K se tienen cuatro ecuaciones propuestas por diferentes autores las cuales se muestran en la Tabla 3 y sus respectivos valores.

Tabla 3. Cálculo de factor de mayoración

Autor	Ecuación	Resultado
WEF (1991)	$1 + \frac{14}{4 + P^{0.5}}$	1,43
SABESPC	$1.2 + \frac{17.485}{Q^{0.509}}$	6,94
MARA (2003)	$14 * P^{-1/6}$	4,59
EMCALI	$\frac{2.3}{Q_{med}^{0.062}}$	2

El factor de mayoración recomendado por el RAS (2010) corresponde a un valor comprendido entre 1.3 y 1.7, sin embargo se realizó el cálculo del factor teniendo en cuenta diferentes autores, los valores obtenidos por las diferentes ecuaciones, arrojaron valores con diferencias significativas; adicionalmente teniendo en cuenta las características particulares de la zona, las actividades que representan consumo de agua no generan variaciones significativas, por lo cual con el objeto de evitar el sobre dimensionamiento del sistema se adopta el resultado obtenido con la ecuación de WEF, siendo igual a 1,43.

$$Q_{dmax} = Q_{dmed} * K + Q_{inf}$$

$$Q_{dmax} = 8,92 * 1.43 + 2$$

$$Q_{dmax} = 14,75 \text{ L/s}$$

8.3.3.2.3 Caudal mínimo de diseño

El caudal mínimo de diseño se refiere al caudal que se produce en horas cuando el consumo es mínimo y, por tanto, el caudal que llega a la PTAR es menor. El caudal mínimo de diseño es el caudal medio de diseño multiplicado por un factor K3 que puede estar entre 0,25 y 0,70 del caudal medio de aguas residuales (Rodríguez, 2013). Para efectos de este diseño se asumió un factor K3 de 0,25 ya que se espera que durante la noche los consumos disminuyan drásticamente dado que es una población pequeña donde los picos de máximo y mínimo consumo son pronunciados por las actividades cotidianas.

$$Q_{dmin} = Q_{dmed} * K3$$

$$Q_{dmin} = 8,91 * 0,25$$

$$Q_{dmin} = 2,23 \text{ L/seg}$$

A continuación, se muestra el resumen del caudal medio, máximo y mínimo que se tendrán en cuenta para el diseño del sistema de tratamiento de agua residual.

Tabla 4. Resumen de los caudales de diseño calculados para la PTAR

Tipo	Valor (L/s)	Valor (m3/s)
Caudal medio	8,92	0,00892
Caudal máximo	14,7	0,01475
Caudal.mínimo	2,23	0,00223

8.3.3.3 UBICACIÓN DE LA PTAR

El terreno asignado para la ubicación de la PTAR cuenta con un área total de 1000 m², y se muestra en la ilustración 3.

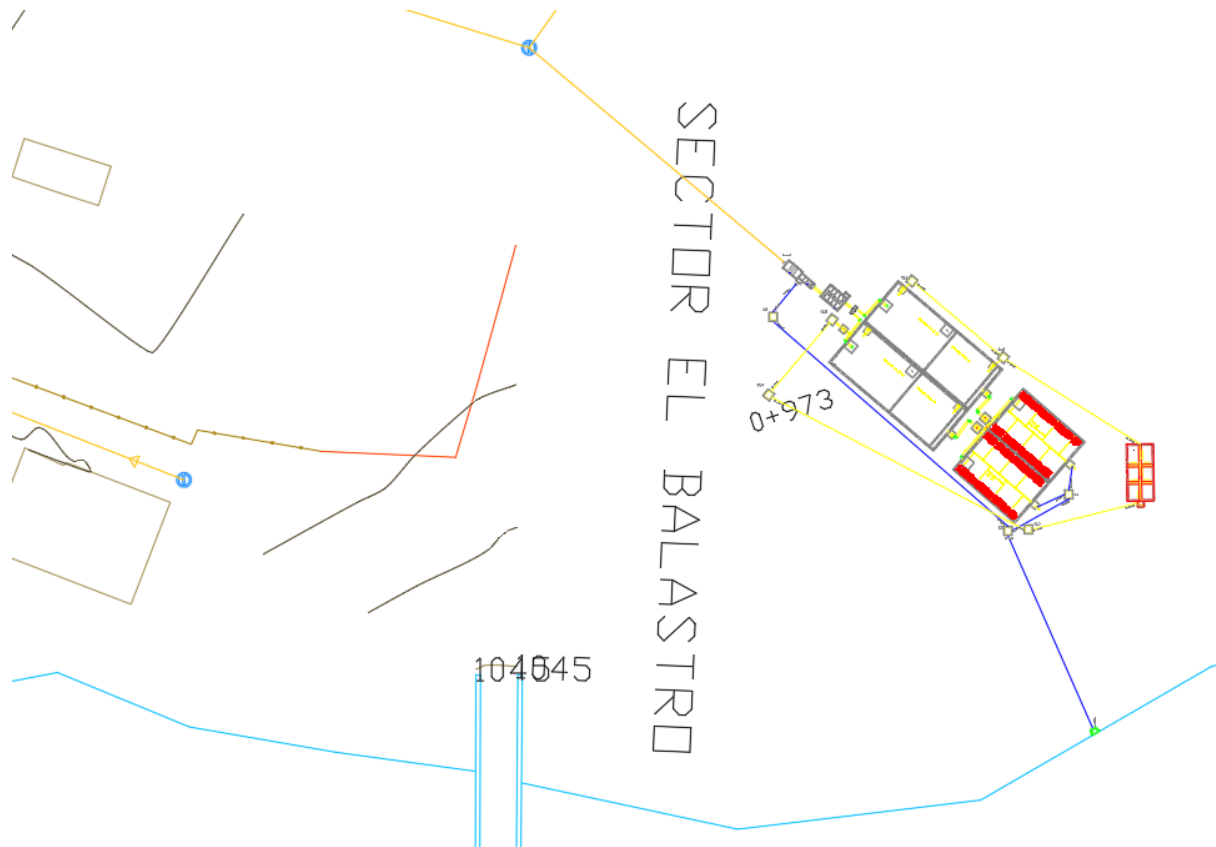


Ilustración 4. Ubicación de la PTAR

8.3.3.4 DISEÑO DE CÁMARA DE LLEGADA Y TRAMPA DE GRASAS

8.3.3.4.1 Cámara de llegada

Se diseñó una cámara de llegada, seguida por un canal de aproximación construido en concreto, con sección rectangular, no erosionable, teniendo en cuenta una velocidad adecuada (6 m/s), que no promueva la acumulación de sedimentos, este componente del sistema de tratamiento de agua residual debe tener la capacidad de transportar los caudales máximos, medio y mínimo, sin generar desbordamiento. El canal finaliza en unas rejillas medias, como inicio del tratamiento preliminar. Se determinó un Tiempo de Retención Hidráulico (TRH) y posteriormente se calculó el volumen de la cámara de llegada. Según la resolución 0799 de 2021 el tiempo de retención para diseño de trampa de grasas es de 2,5 min.

$$TRH = 45 \text{ segundos}$$

$$\text{Volumen} = \text{Caudal} * TRH$$

$$\text{Volumen} = 0,01475 \frac{m^3}{s} * 45 s = 0,66 m^3$$

Se definió una altura de cámara de 0,5 m:

$$\text{Area} = \text{Volumen} / \text{Altura}$$

$$\text{Area} = 0,66 m^3 / 0,5 m = 1,32 m^2$$

Posteriormente se determinó el ancho y largo de la cámara, con una relación 2:1:

$$\text{Ancho} = \sqrt{\frac{\text{Area}}{2}}$$
$$\text{Ancho} = \sqrt{\frac{1,32}{2}} = 0,81 m$$

$$\text{Largo} = 0,81 m \times 2$$

$$\text{Largo} = 1,62 m$$

Se consideró en el dimensionamiento de la cámara el diámetro de la tubería de llegada. Las dimensiones de la cámara se presentan en la Tabla 5, considerando en el diseño un rebose para el bypass.

Tabla 5. Dimensiones cámara de llegada

Ancho (m)	0,81
Largo (m)	1,62
Alto (m)	0,5
rebose	
Alto (m)	0,1
Largo (m)	0,5

Los parámetros de diseño del canal de aproximación se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Parámetros de diseño canal de aproximación

Parámetro	Unidades	Valor
Caudal de diseño mínimo (Q _{dmin})	L s ⁻¹	2,23
Caudal de diseño medio (Q _{dmed})	L s ⁻¹	8,92
Caudal de diseño máximo (Q _{dmax})	L s ⁻¹	14,7
Ancho del canal	m	0,5
Velocidad	m s ⁻¹	0,6
Pendiente	%	0,05
Coficiente de manning		0,015
Borde libre	m	0,15

Teniendo en cuenta el caudal máximo que debe transportar el canal y la velocidad definida en la Tabla 6, se determinó el área transversal del canal empleando la ecuación:

$$Q = V * A$$

Donde:

Q= caudal máximo (m³ s⁻¹)
 V= Velocidad del flujo (m s⁻¹)
 A= Área (m²)

$$A = \frac{Q}{V}$$

Al despejar el área se obtuvo:

$$= \frac{0,01475 \text{ m}^3/\text{s}}{0,6 \text{ m/s}}$$

$$A = 0,024 \text{ m}^2$$

Se empleó el valor calculado del área transversal y el borde libre previamente establecido, para definir el nivel del agua en el canal.

$$\text{Tirante de agua} = \frac{A}{b}$$

Donde:

A= Área (m²)
 b= ancho del canal

$$\text{Tirante de agua} = \frac{0,02458 \text{ m}^2}{0,5 \text{ m}} = 0,04916 \text{ m}$$

Teniendo en cuenta la pendiente, el tirante de agua, el caudal máximo y el ancho definido, se empleó la ecuación de Manning para determinar el ancho del canal:

$$Q = \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Obteniendo un ancho de 0,52 m. Con el propósito de reducir la turbulencia, el canal de acceso debe ser suficientemente largo, por lo cual se define una longitud de 1,75 m.

El alto del canal se determinó teniendo en cuenta el nivel de agua y el borde libre, siendo igual a 0,2 m.

Al finalizar el canal de aproximación contara con unas rejillas medias.

Tabla 7. Parámetros de diseño para la rejilla

Parámetro	Unidades	Valor
Nivel de agua	m	0,03
Material	-	Acero Inoxidable
Tipo Limpieza	-	Manual
Perdida de carga	m	0,1
Inclinación	°	70
Velocidad	m/s	0,9

Teniendo en cuenta que la limpieza de las rejillas es de tipo manual, un factor importante para su adecuado funcionamiento es el mantenimiento de las unidades por parte del operario, con el propósito de no afectar el adecuado funcionamiento de las mismas.

El diseño inicia con la definición del área útil de las rejillas, que corresponde al área que ocupa la lámina de agua y se encuentra definida por el caudal y la velocidad de paso, mediante la siguiente ecuación.

$$A_u = Q_{d\text{máx}}/V_{\text{paso}}$$

Dónde:

A_u : Área útil de agua que pasa por las rejillas

$Q_{d\text{máx}}$: Caudal que pasa por las rejillas

V_{paso} : Velocidad de paso entre barras

El área útil para un caudal máximo es de:

$A_u \text{ max}$

$$A_u \text{ max} = \frac{0,0147 \text{ m}^3/\text{s}}{0,9 \text{ m/s}} = 0,0163 \text{ m}^2$$

La relación de ocupación de las rejillas es un factor que relaciona la separación y el ancho de las barras, mediante la siguiente ecuación:

$$R = \frac{S}{S + a}$$

Dónde:

S : Separación de las barras

a : Ancho de las barras

$$R = \frac{25 \text{ mm}}{25 \text{ mm} + 9.5 \text{ mm}} = 0,72$$

La relación de ocupación corresponde a 0,72, que permite calcular la sección del canal. La sección del canal hace referencia al área total ocupada por la rejilla y se encuentra definida mediante la siguiente ecuación:

$$S_c = \frac{A_u}{R}$$

Dónde:

Au: Área útil de agua que pasa por las rejillas

R: Relación de ocupación, rejillas medianas

$$S_c = \frac{0,0136}{0,72} = 0,0188 \text{ m}^2$$

El ancho del canal es de 0,52 m.

8.3.3.4.2 Longitud de la rejilla

Es necesario calcular la longitud total de las barras, el ángulo de inclinación es de 70° con el nivel del suelo. La longitud de la barra se calcula mediante una expresión trigonométrica, como se muestra en la ecuación:

$$X = \frac{y}{\sin \theta}$$

Dónde:

x: Longitud de la barra

y: Altura total del canal de rejillas

θ: Angulo de inclinación de las rejillas

$$X = \frac{0,02 \text{ m}}{\sin 70^\circ} = 0,34 \text{ m}$$

Dónde:

La longitud de las rejillas medianas es de 34 cm.

8.3.3.4.3 Numero de barras

De acuerdo con las dimensiones establecidas de las rejillas y el ancho del canal, la cantidad de barras que estarán en el canal se determina mediante la ecuación:

$$N^\circ \text{ Barras} = \frac{Ac - Ab}{Ab + S}$$

Dónde:

Ac: Ancho del canal Ab: Ancho de la barra

S: Separación de las barras: 25mm

$$N^\circ \text{ Barras} = \frac{0,52 \text{ m} - 0,0095 \text{ m}}{0,025 \text{ m} + 0,0095} = 15 \text{ barras}$$

8.3.3.4 Chequeo de velocidad de paso en rejillas

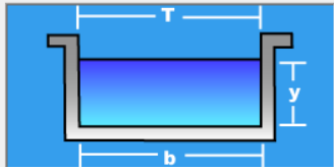
Se realiza un chequeo de velocidad de paso en las rejillas para caudal máximo y caudal medio, teniendo en cuenta que los rangos recomendados de velocidad para rejillas medias y finas corresponden a (1,2 a 1,4 m/s) y (0,6 a 1,0 m/s) respectivamente para cada caudal. Se utiliza la siguiente el software H-canales para calcular la velocidad y chequearla.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	Aznazú	Proyecto:	PTAR
Tramo:	PTAR	Revestimiento:	

Datos:

Caudal (Q):	0.01475	m3/s
Ancho de solera (b):	0.52	m
Talud (Z):		
Rugosidad (n):	0.015	
Pendiente (S):	0.05	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.0242	m	Perímetro (p):	0.5683	m
Area hidráulica (A):	0.0126	m2	Radio hidráulico (R):	0.0221	m
Espejo de agua (T):	0.5200	m	Velocidad (v):	1.1741	m/s
Número de Froude (F):	2.4118		Energía específica (E):	0.0944	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ilustración 5. Chequeo de velocidad para caudal máximo

El valor de velocidad de paso para caudal máximo en rejillas medias es de 1,17 m/s, el cual, es un valor que está en el rango establecido, y cumple con la Resolución 0330 de 2017 según artículo 186, en el cual no fue modificado en la resolución 0799 del 09 de diciembre del 2021. Ahora, se procede a realizar el chequeo de velocidad con caudal medio, para ello se tiene:

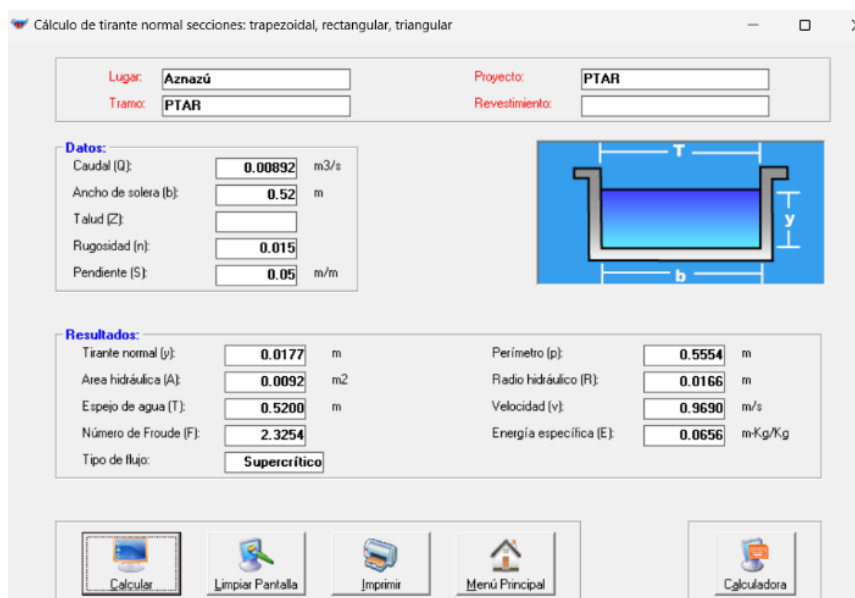


Ilustración 6. Chequeo de velocidad para caudal medio

El valor de velocidad de paso para caudal medio en rejillas medias es de 0,96 m/s, es un valor que está en el rango establecido por lo cual, cumple.

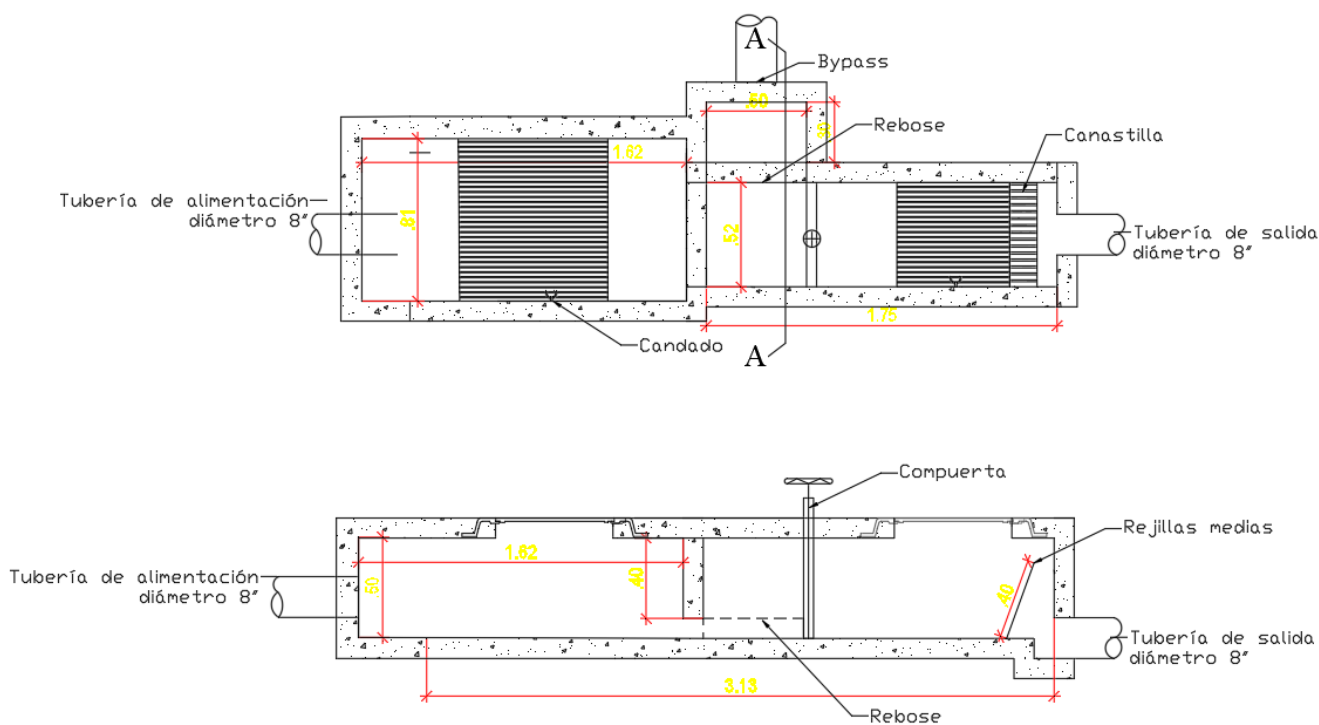


Ilustración 7. Vista planta y perfil canal de entrada y rejilla

8.3.3.4.5 Trampa de grasas

De acuerdo al RAS (2000) la trampa de grasas debe diseñarse con el $Q_{m\acute{a}x}$. Teniendo en cuenta el caudal, se realizó el diseño de una unidad de trampa de grasas. En la ilustración 5 se muestra el esquema general a diseñar.

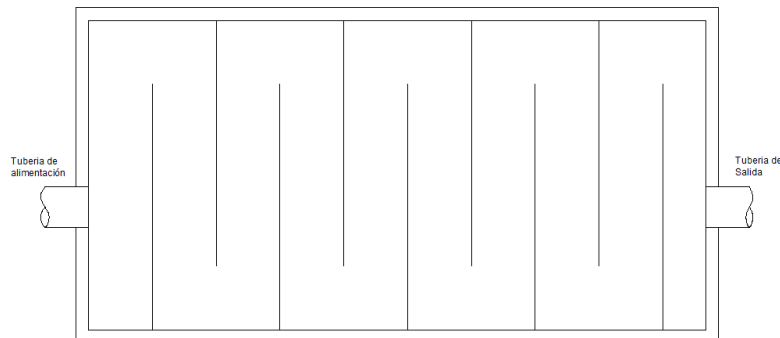


Ilustración 8. Esquema general trampa de grasas.

El caudal de diseño correspondiente es 14,7 L/s. En la Tabla 8 se muestra los TRH con diferentes caudales de diseño recomendados por el RAS (2000)

Tabla 8. Tiempos de retención hidráulico, para diferentes caudales.

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

Fuente: RAS 2000

De acuerdo con las recomendaciones del RAS (2000) y resolución 0799 del 09 de diciembre del 2021 el cual no tuvo modificación, y teniendo en cuenta que el caudal de diseño se opta por un tiempo de retención de 4 min (240 segundos).

El volumen de la trampa de grasa se calcula con la Ecuación:

$$V = Qd * TRH$$

Dónde:

V: Volumen de la trampa de grasa, m³ Qd: Caudal de diseño

TRH: tiempo de retención hidráulico

$$V = 0,01475 \text{ m}^3/\text{s} * 240 \text{ s} = 3,54 \text{ m}^3$$

Se opta por una profundidad útil de 1 m, entonces el área superficial, se calcula con la ecuación:

$$Asup = V/h$$

Dónde:

Asup: Área superficial, m²

V: Volumen de la trampa de grasa, m³ h: altura útil, m

$$Asup = 3,54 \text{ m}^3 / 1,6 \text{ m} = 2,21 \text{ m}^2$$

Teniendo en cuenta lo recomendado por la CEPIS (2003) la relación Largo: Ancho se tomó como 3:2. Las dimensiones de la trampa de grasas se calculan con las ecuaciones:

$$\begin{aligned} A_s &= A_c * L_g \\ A_s &= A_c * (3/2)A_c \\ A_s &= (3/2)A_c^2 \\ A_s &= \sqrt{2A_s/3} \end{aligned}$$

Dónde:

As: Área superficial, m²

Ac: Ancho de la trampa, m

Lg: Largo de la trampa, m

$$\begin{aligned} Ancho &= \sqrt{2 * 3,54/3} = 1,21 \text{ m} \\ Largo &= (3/2) * 0,92 = 1,81 \text{ m} \end{aligned}$$

8.3.3.4.6 Velocidad ascendente

El RAS (2000) recomienda que la velocidad Ascendente (Vasc) sea mayor a 4 mm/s, para esto se chequea dicha velocidad para saber si se cumple con este criterio mínimo, como se muestra a continuación.

$$Vasc = Qd/As$$

Dónde:

Vasc: velocidad ascensional, mm/s

Qd: Caudal de diseño, m³/s

As: Área superficial, m²

$$Vasc = 0,01475 \text{ m}^3/\text{s} / 2,21 \text{ m}^2 =$$

$$Vasc = 0,00667 \text{ m/s} = 6,67 \text{ mm/s}$$

Se puede observar que la de 6,7 mm/s, siendo mayor al valor mínimo estipulado para que se velocidad ascendente es remuevan de manera óptima las grasas.

8.3.3.4.7 Chequeo TRH y velocidad ascendente

Es necesario chequear el tiempo de retención hidráulico y la velocidad ascensional. El chequeo para el TRH y velocidad ascensional se calcula con las siguientes ecuaciones, respectivamente.

$$TRH = V/Qdmax$$

Dónde:

TRH: Tiempo de retención hidráulico, seg

V: Volumen de la trampa de grasas, m³

Qdmax: Caudal de diseño máximo, m³/s

$$TRH = 0,1475 \text{ m}^3/\text{s} = 240 \text{ s} = 4 \text{ min}$$

$$Vasc = Qdmed/As$$

Dónde:

Vasc: velocidad ascensional, mm/s

Qdmed: Caudal de diseño medio, m³/s

As: Área superficial, m²

$$Vascmax = 0,00892 \text{ m}^3/\text{s} / 2,21 \text{ m} = Vascmax = 0,004 \text{ m/s} = 4 \text{ mm/s}$$

En el chequeo con el caudal medio y máximo, se puede observar que se cumple con la velocidad ascensional y el TRH de 4 minutos garantiza el normal funcionamiento y remoción de grasas en la trampa.

8.3.3.4.8 Numero de tabiques

Los tabiques son de material inoxidable resistente a la fuerza que el caudal de AR puede ejercer sobre ellos, en la tabla 9 se muestra las dimensiones adoptadas, según la trampa de grasas diseñada anteriormente.

Tabla 9. Dimensiones de los tabiques.

Dimensión	Valor	Unidad
Separación entre tabiques	0,25	m
Grosor	0,05	m
Ancho	0,9	m
Alto	0,9	m

Los tabiques son de material resistente y delgado para no afectar el volumen útil de la trampa de grasas. De acuerdo a las características definidas anteriormente, se calcula el número de tabiques necesarios con la Ecuación:

$$Nt = LT/(St + Gr)$$

Dónde:

Nt: número de tabiques, unidades.

LT: Largo trampa de grasas, m

St: Separación entre tabiques, m

Gr: Grosor tabique, m

$$Nt = 1,81 \text{ m} / (0,25\text{m} + 0,05\text{m}) = 6,03 \cong 6 \text{ tabiques}$$

De acuerdo a lo anterior se necesitan 5 Tabiques instalados a lo largo de la trampa de grasas. En la Tabla 10 e ilustración 6, ilustración 7 y ilustración 8, se muestra el resumen del diseño de la trampa de grasas.

Tabla 10. Resumen diseño trampa de grasas.

Parámetro	Valor	Unidades
Unidades	1	Unidad
Caudal de Diseño	0,01475	m ³ /s
TRH	4.00	min
Altura útil, h	1,6	m
Borde libre	0,30	m
Volumen	3,54	m ³
Área superficial	2,21	m ²
Ancho	1,21	m
Largo	1,81	m
Separación tabiques	0,25	m
Grosor tabiques	0,05	m
Ancho Tabique	0,9	m
Alto Tabique	0,9	M
Numero Tabiques	6	unidades

Ilustración 9. Vista en planta trampa de grasas.

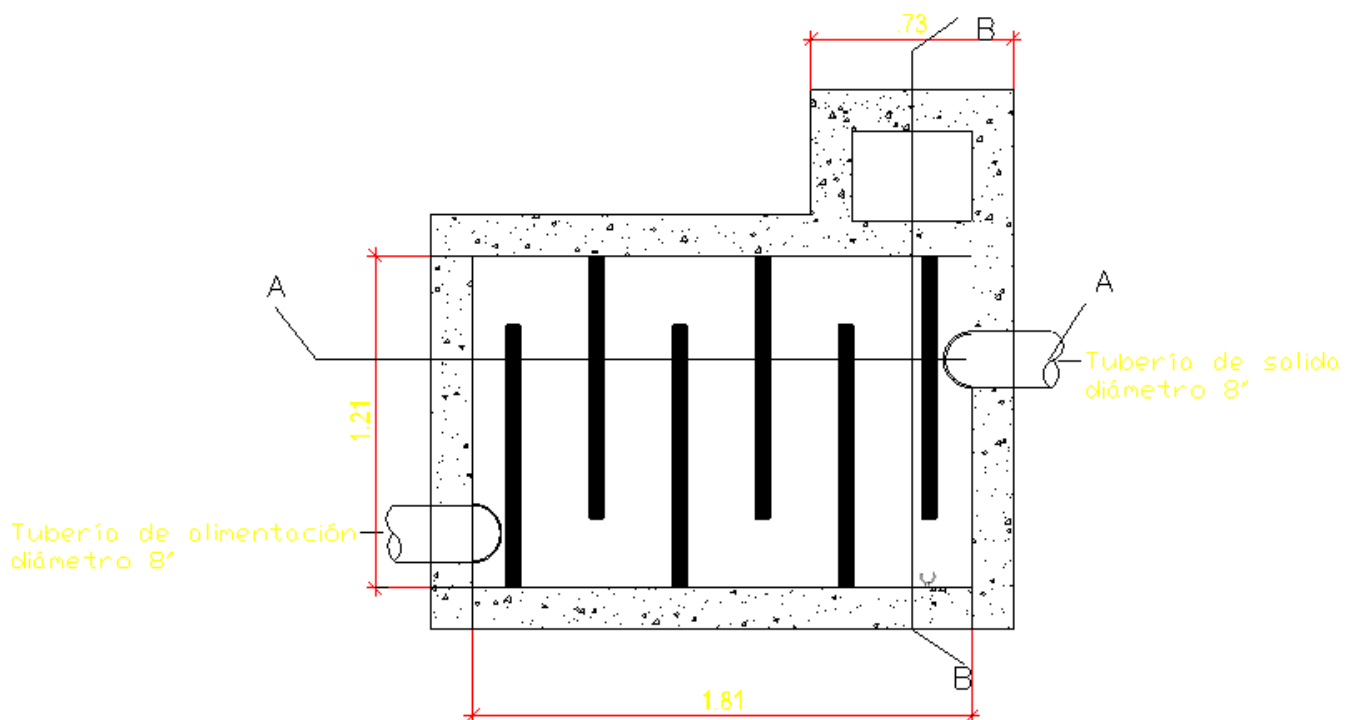


Ilustración 10. Corte A-A Trampa de grasas

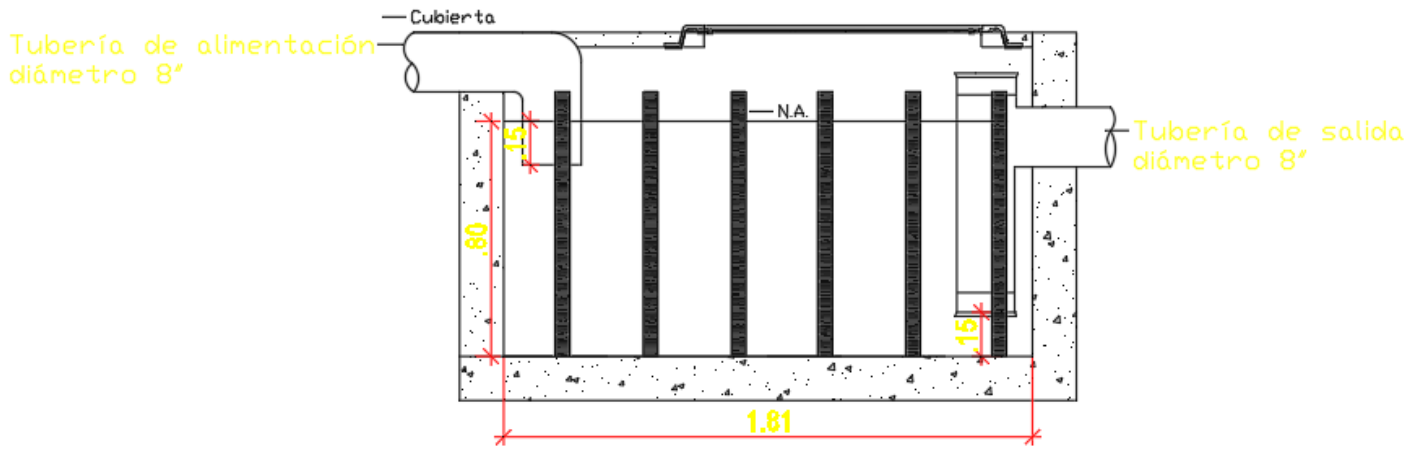
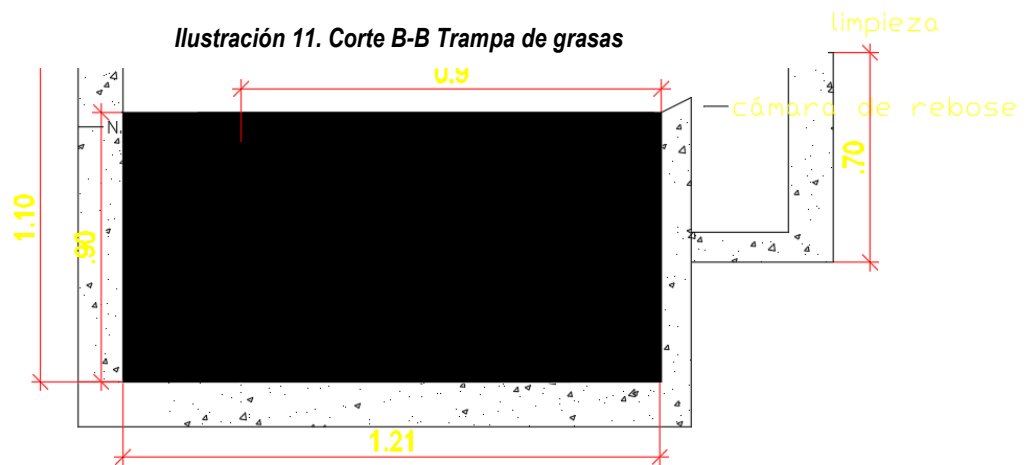


Ilustración 11. Corte B-B Trampa de grasas



8.3.3.4.9 Frecuencia de limpieza

Las unidades de trampas de grasas deben operarse y limpiarse regularmente para prevenir el escape de grasas y la generación de malos olores. Debe tenerse en cuenta la frecuencia de limpieza y se planea realizar cada que alcance el 75% de la capacidad de retención de grasa como mínimo. Para el diseño de la trampa de grasas debe tenerse en cuenta que la capacidad de almacenamiento mínima expresada en kg de grasa debe ser de por lo menos una cuarta parte del caudal de diseño expresado en litros por minuto (Romero, 2000).

$$Crg = Qdmax/4$$

Dónde:

Crg: Capacidad de retención de grasas, kg
Qdmax: Caudal de diseño máximo

$$Crg = 882 \text{ L/min}/4 = 220,5 \text{ kg}$$

Para el caso de Aznazú se asumió una tasa de producción de grasas de 100mg/m³. La cantidad de grasas se calcula con la ecuación:

$$Cg = C * Q$$

Dónde:

Cg: Cantidad de grasas, Kg/min

C: Coeficiente de producción de grasas, 100mg/L, 0.0001 Kg/L

Q: Caudal máximo

$$Cg = 0.0001 \text{ Kg} * 882 \text{ L/min} =$$

$$Cg = 0,00882 \text{ Kg/min}$$

Con la cantidad de grasas producidas por unidad de tiempo y la capacidad de retención de grasas se procedió a calcular la frecuencia de limpieza de dichas trampas con la ecuación:

$$Fl = Crg/Cg$$

Dónde:

Fl: frecuencia de limpieza

Crg: Capacidad de retención de grasas, kg

Cg: Cantidad de grasas, Kg/min

$$Fl = 220,5 \text{ Kg}/0,00882 \text{ Kg/min} = 25000 \text{ min} = 18 \text{ d}$$

El operario de la planta deberá hacer el mantenimiento de la trampa de grasas cada dieciocho días, para lo cual debe abrir la tapa de la unidad, medir con una clavija de madera o vara la cantidad de grasas suspendida, posteriormente con ayuda de un cubo o recipiente adaptado para la reelección de los sólidos suspendidos, deberá retirarlos y colocarlos en una bolsa de plástico de alta resistencia. Estos sólidos deben ser tratados como residuos especiales, por lo cual se debe acordar una disposición final de los mismos con la entidad encargada de la recolección de residuos sólidos.

8.3.3.5 CADICA TRAMPA DE GRASAS A TANQUES SEPTICOS

La CADICA a implementar será de tipo compacta, por facilidades constructivas y ocupa menor espacio en relación con la CADICA circular. Cabe resaltar que la CADICA se diseñó con el caudal máximo. El material de esta estructura puede ser asbesto cemento o fibra de vidrio.

8.3.3.5.1 Diámetro tubería de entrada

Para calcular el diámetro de la tubería de entrada, es necesario definir la velocidad del flujo, ya que debe ser mayor a 0.6m/s. El diámetro de la tubería se calcula con la ecuación:

$$\phi = \sqrt{4 * \frac{Q_e}{\pi * V}}$$

Dónde:

Ø: Diámetro de tubería de entrada, m

Qe: Caudal de entrada, Qmax, m³/s

V: Velocidad de entrada, 0,60 m/s (optada)

$$\sqrt{4 * \frac{0.01475 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 0,60 \text{ m/s}}} = 0,18 \text{ m}$$

8.3.3.5.2 Diámetro tubería de salida

La CADICA tendrá dos tuberías de salida, donde cada una alimentará las 2 líneas a los tanques, en este caso el caudal de diseño será el caudal máximo. De igual forma, se opta por una velocidad de flujo que debe ser mayor a 0.6m/s. El diámetro de la tubería de salida se calcula con la ecuación:

$$\phi = \sqrt{4 * \frac{Q_s}{\pi * V_s}}$$

Dónde:

Ø: Diámetro de tubería de salida,

m Qs: Caudal de salida, Qmax

m³/s

Vs: Velocidad de salida, 0,6 m/s (optada)

$$\phi = \sqrt{4 * \frac{0.01475 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 0,60 \text{ m/s}}} = 0,176 \text{ m}$$

8.3.3.5.3 Chequeo de velocidad

Es necesario chequear las velocidades presentadas a caudal medio para las tuberías de entrada y salida de la CADICA. La velocidad se calcula con la ecuación:

$$V = \frac{Q}{\pi * D^2 / 4}$$

Dónde:

V: Velocidad, m/s

Q: Caudal de flujo, m³/s

D: Diámetro de la tubería

Para la tubería de entrada la velocidad de flujo es:

$$V = (0,01475 \text{ m}^3/\text{s}) / \pi \times (0,176 \text{ m})^2/4 = 0,6 \text{ m/s}$$

Para la tubería de salida la velocidad de flujo es:

$$V = (0,01475 \text{ m}^3/\text{s}) / \pi \times (0,176 \text{ m})^2/4 = 0,6 \text{ m/s}$$

Se puede observar que la velocidad en la tubería de entrada y salida de la CADICA con el caudal máximo es mayor al mínimo establecido (0,60 m/s) para evitar obstrucciones y sedimentaciones de los sólidos presentes en el agua residual.

8.3.3.5.4 Diseño de vertederos

Se utilizará vertedero triangular de 90° como estructura reguladora de caudal en la CADICA. Para ello se utilizó la ecuación de King para vertederos triangulares, entonces la altura útil de vertedero se calcula con la ecuación:

$$H = \left[\frac{Q_{max}/2}{1.38} \right]^{2/5}$$

Dónde:

H: Altura útil del vertedero, m

Q_{max}/2: Caudal de diseño máximo, m³/s

$$H = \left[\frac{0.01475/2}{1.38} \right]^{2/5} = 0.123 \text{ m}$$

La altura de la CADICA lo define la altura del vertedero. Para ello se adopta un borde libre sobre el vertedero de 0.11 m y una altura de 0.05m que corresponde a la altura del vértice del vertedero sobre el fondo de la CADICA. De esta manera se tiene que.

$Altura\ total\ cadica = 0,123\ m + 0,11\ m + 0,05\ m = 0,283\ m$

El ancho de vertedero se calcula y se obtiene:

$Ancho\ del\ vertedero = 0,2\ m$

$Alto\ del\ vertedero = 0,1\ m$

Las dimensiones de la caja mayor de entrada son 0,3 x 0,3 m y caja menor de salida son 0,25 x 0,25 m. Se adoptaron estas medidas con fines constructivos, dejando espacio entre el perímetro de cada tubería y la pared de la caja de 0.05m (5cm) aproximadamente. En la ilustración 9, ilustración 10, ilustración 11, se muestra la CADICA trampa de grasas – tanques sépticos.

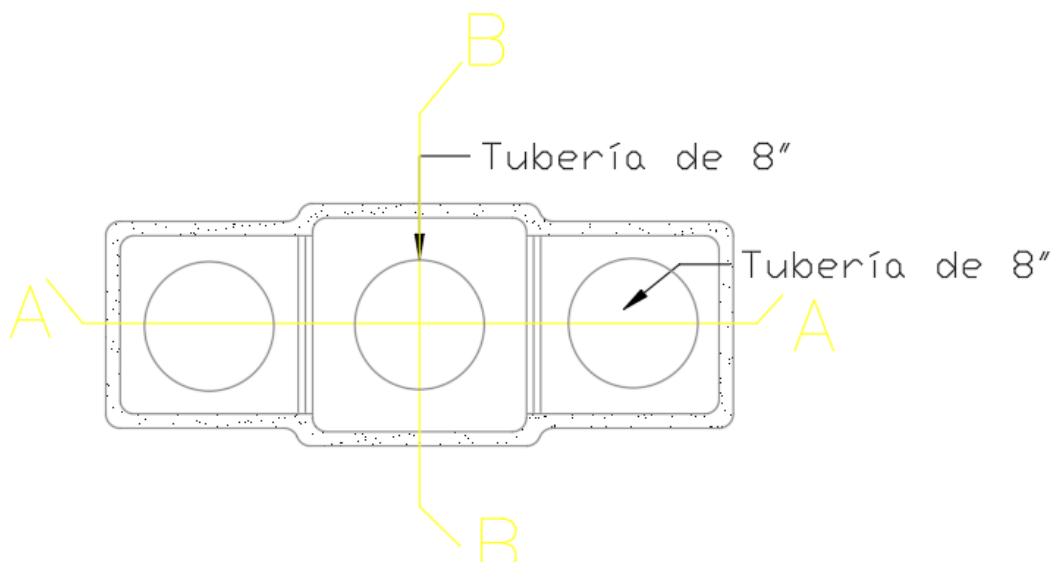


Ilustración 12. Vista en planta cadica.

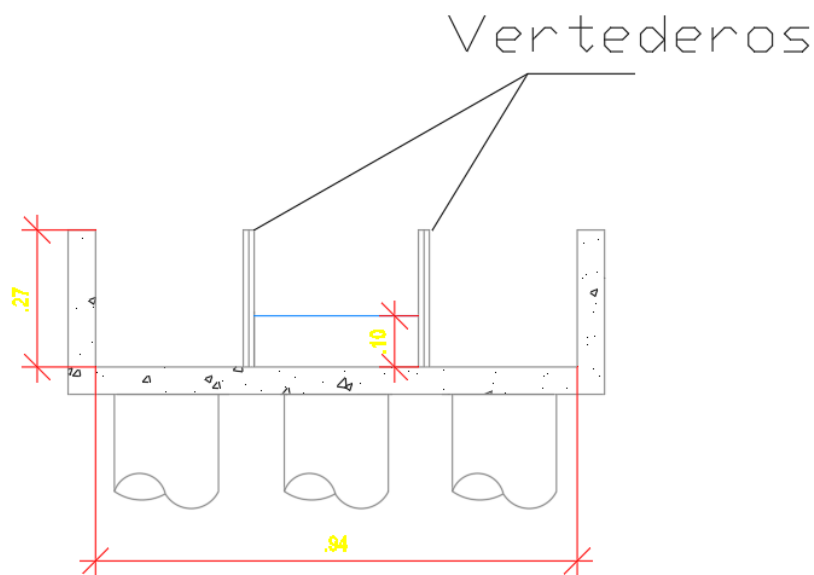


Ilustración 13. Corte A-A

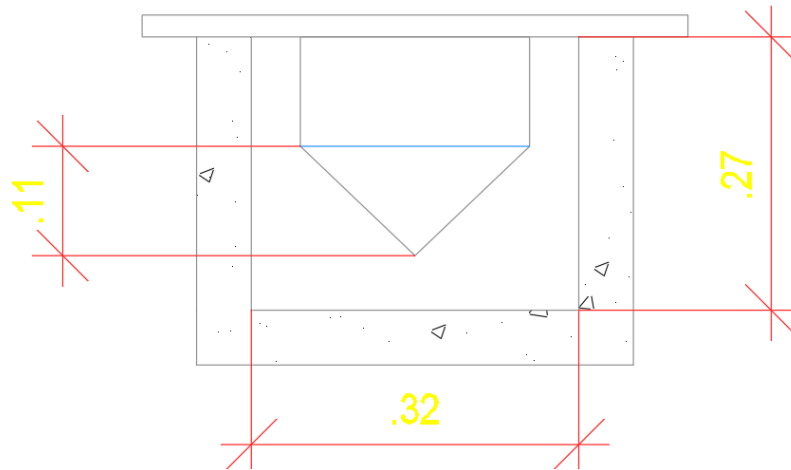


Ilustración 14. Corte B-B

8.3.3.6 DISEÑO DE TANQUE SÉPTICO

Es una estructura en concreto, de geometría rectangular y de varios compartimentos en serie, donde se dan los procesos de sedimentación y digestión del lodo (Romero, 1999). Es de baja complejidad de operación y evita la construcción de un digestor o un sistema de tratamiento del lodo producido, puesto que el lodo se acondiciona para ser dispuesto en un lecho de secado. En el tanque séptico se llevan a cabo los siguientes procesos:

- Retención de espumas y flotantes
- Sedimentación de sólidos suspendidos
- Almacenamiento y digestión anaerobia de sólidos

La eficiencia de remoción en un tanque puede ser de 30 – 50% de DBO5 (Romero, 1999) o superior al 40% (RAS, 2010), resolución 0799 del 09 de diciembre de 2021 y rio (sfd), reporta eficiencias de 60-80% en un estudio realizado por la CVC y Cinara, donde se utilizaba el tanque séptico para tratamiento de agua residual doméstica en zona rural. De acuerdo a lo anterior, para el diseño se selecciona el tanque séptico como tratamiento primario.

Para determinar el volumen útil, se deben tener en cuenta las cuatro zonas que constituyen el tanque séptico: Zona de Sedimentación, Zona de almacenamiento de natas y espumas, Zona de digestión de lodos y Zona de almacenamiento de lodos digeridos. El volumen de todas las zonas equivale al volumen total útil del tanque séptico. La siguiente ilustración, muestra la configuración típica de un tanque séptico

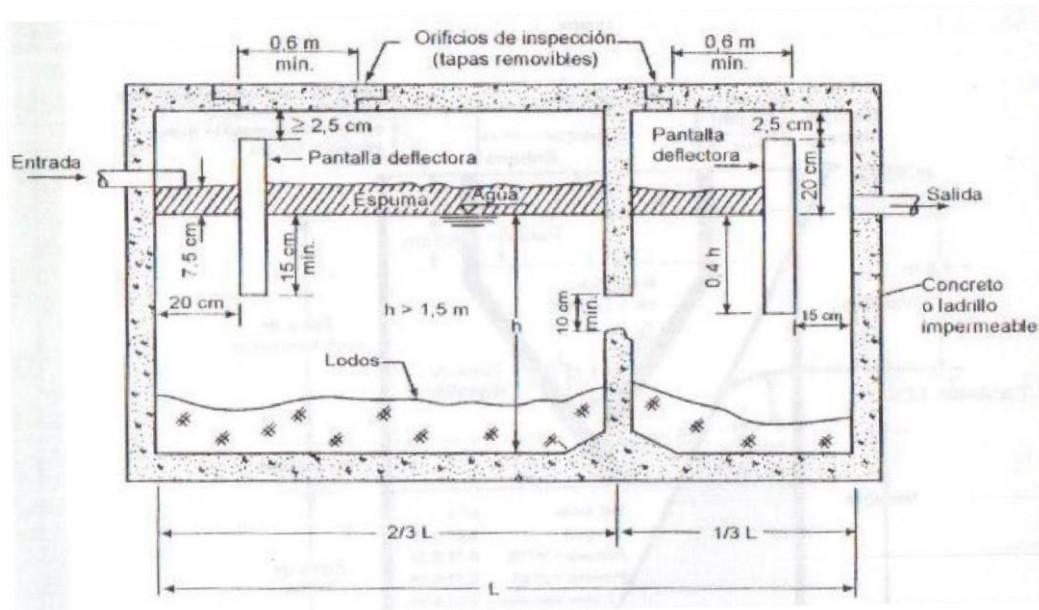


Ilustración 15. Esquema típico de un tanque séptico

Para efectos de operación y mantenimiento, se deben diseñar dos unidades de tanques sépticos, de tal manera que funcionen simultáneamente con el caudal medio de agua residual y puedan soportar la carga máxima de agua residual diaria en caso de que uno de los tanques tenga que salir de operación. Así, se tiene que el caudal de diseño de los tanques es:

$$Q_d = \frac{Q_{md}}{2} = \frac{8,92 \frac{L}{s}}{2} = 4,46 \frac{L}{s}$$

A continuación, se detalla el cálculo del volumen de cada tanque séptico.

8.3.3.6.1 Zona de Sedimentación

Para el diseño de cada unidad, se considera el tiempo de retención hidráulico (PR) en la estructura, de tal manera que se garantice la deposición de los sólidos suspendidos sedimentables. El RAS (2000) recomienda un PR no menor a 8 horas, mientras que la CEPIS sugiere un tiempo mayor a 6 horas. En algunas experiencias en Colombia, en zonas rurales donde se construyen tanques sépticos con un aporte de agua residual doméstica de varias viviendas, se manejan tiempos de 12 a 51 horas con eficiencias del 60-80%; mientras que la Resolución 0330 de 2017 define tiempos de 12 a 24 horas.

Se asume entonces un valor de PR de 12,8 horas (0,54 días), recomendado para la cantidad de agua residual que se va aportar (RAS, 2000).

El Volumen de la zona de sedimentación es:

$$V_s = Q_d * PR$$

$$V_s = 385,3 \text{ m}^3/\text{día} * 0,54 \text{ día} = 208 \text{ m}^3$$

8.3.3.6.2 Zona Almacenamiento de Digestión de Lodos

Se tiene en cuenta el tiempo requerido para la digestión de los sólidos sedimentables, el cual depende de la temperatura ambiente media. El tiempo de digestión se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$T_d = 30 (1.035)^{35-T}$$

Siendo $T=27^\circ\text{C}$, según las condiciones climáticas del corregimiento. Se tiene entonces que

$$T_d = 40 \text{ días.}$$

De acuerdo con la CEPIS, en promedio la producción de lodos en digestión (G), durante el período T_d es de 0,5 L/hab*día. De este modo se calcula el volumen con la siguiente ecuación:

$$V_D = T_D * P * G$$
$$V_D = 40 \text{ día} * 402 \text{ hab} * \frac{0.5 \text{ L}}{\text{hab} * \text{ día}}$$

$$V_D = 8,04 \text{ m}^3$$

Siendo P la mitad de la población, debido a que se diseña cada estructura con la mitad del caudal medio de diseño.

8.3.3.6.3 Zona Almacenamiento de Lodos Digeridos

El volumen de lodos digeridos se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_l (\text{m}^3) = r * P * N$$

Siendo:

r: Volumen de lodos producido por persona, se adopta un valor de $r = 0,05 \text{ m}^3/\text{hab-año}$, recomendado en el RAS 2010.

N: Intervalo de limpieza para retiro de lodos (años). Teniendo en cuenta el volumen de lodos producidos se adopta un valor de $N = 1,0$ años.

Se tiene entonces que:

$$V_l = 0,05 \frac{\text{m}^3}{\text{hab} * \text{año}} * 402 \text{ hab} * 1,0 \text{ año}$$

$$V_l = 20,1 \text{ m}^3$$

8.3.3.6.4 Zona Almacenamiento de Natas

El volumen de natas producidas y almacenadas en el tanque, dependen de una tasa de acumulación (T_n), que puede ser de 3,51 L/Hab-año según la experiencia en Colombia, de acuerdo con lo que reporta el RAS (2000).

Otro parámetro a tener en cuenta es el número de años entre limpieza (N), para este diseño se asume 1 año. Teniendo en cuenta el caudal de diseño para cada estructura, se considera la población (P) de 402 habitantes, correspondiente a la mitad de la total.

El Volumen de la zona de almacenamiento de natas es:

$$V_n = \frac{T_n * P * N}{1000} = \frac{3,51 \frac{L}{hab * año} * 402 hab * 1 años}{1000} = 1,41 m^3$$

La CEPIS y el RAS, recomiendan considerar un volumen mínimo de 0,7 m³ o que corresponda al 25,5% del volumen de lodos aproximadamente. En este caso, el cálculo del volumen de natas se chequea con lo recomendado.

8.3.3.6.5 Dimensionamiento del Tanque Séptico

Una vez determinados los volúmenes correspondientes a las zonas del tanque, se calcula el volumen total útil

$$VT(m^3) = VS + VN + VD + VI$$

$$VT(m^3) = 208 + 1,41 + 8,04 + 20,1 = 237,55 m^3$$

Para un volumen útil de 237,55 m³, la Resolución 0330 de 2017 recomienda una profundidad comprendida entre 1.8 m y 2.8 m. De esta manera, y considerando una profundidad de 2,8 m el área del tanque es:

$$A_s = \frac{V_T}{h_U}$$

$$AS (m^2) = 237,55 m^3 / 2,8 m = 84,84 m^2$$

Asumiendo un ancho de 4 m, se obtiene el largo del tanque, de tal manera que se guarde la proporción B: L de 1:2 hasta 1:5 (RAS, 2000).

$$L (m) = AS/B = 84,84 m^2 / 4 m = 21,21 m$$

Se utilizarán 2 compartimientos, para una mejor operación del tanque. Las proporciones de volumen son del 60% y 40% en cada compartimento. De este modo, conservando el ancho total del tanque y la profundidad útil, se calcula el largo de cada compartimento. En la siguiente tabla, se resume la información de las dimensiones:

Tabla 11. Dimensionamiento de los compartimientos del tanque séptico

COMPARTIMENTO 1 (60%)	142,53	m ³
Ancho C1	5,5	m
Largo C1	4,56	m
COMPARTIMENTO 2 (40%)	95,02	m ³
Ancho C2	5,5	m
Largo C2	3,04	m
Pendiente De Fondo	2	%
Altura de Sedimentación	2,5	m
Altura de Natas	0,02	m
Altura de Lodos en Digestión	0,09	m
Altura de Lodos	0,2	m

El diseño en planta y en perfil se muestra en los planos adjuntos.

8.3.3.6.6 Chequeo Caudal Máximo de Diseño

Con las dimensiones ya definidas de cada tanque séptico, se hace el chequeo del tiempo de retención hidráulico, en el caso crítico donde se presente el caudal máximo de diseño y coincida con la salida de operación de una de las estructuras de tanque séptico.

$$PR = \frac{V_T}{Q_{MÁX}}$$

$$PR \text{ (día)} = \frac{237,55m^3}{637,2 \frac{m^3}{día}} = 0.37días \cong 9 \text{ horas}$$

El valor mínimo es de 0,2 días, por lo tanto, la estructura cumple con las condiciones para funcionar con el caudal máximo de diseño.

8.3.3.6.7 Lecho de secado de lodos

El volumen de lodos generados en un año es de 40,2 m³, correspondiente a los lodos producidos en los dos tanques sépticos. Para disponer del lodo digerido, se proyecta un área en la PTAR para el secado de los lodos.

Posteriormente se determinó el volumen de lodo por día:

$$Q_{lodo} \left(\frac{m^3}{día} \right) = \frac{40,2m^3}{365días} = 0,11 \frac{m^3}{día}$$

Se definió un periodo de permanencia de 60 días, para calcular el volumen requerido en la permanencia:

m^3

Volumen requerido (m^3) = 0.11 \times 60 días

Volumen requerido (m^3) = 6,6 m^3

A continuación, se presenta la configuración del lecho:

Tabla 12. Configuración del Lecho de Secado

Orden	Material	Espesor	Volumen	
2	Capa de Ladrillo (separación de 3 cm con relleno de arena)	0.15	2,7	m^3
Geotextil (No tejido 1600)				
3	Espesor Arena (0.3 y 0.75 mm) (RAS)	0.2	3,6	m^3
Geotextil (No tejido 1600)				
4	Espesor grava (Diámetro 3 y 25 mm) (RAS)	0.2	3,6	m^3
1	Cama de lodos	0.4	7,2	m^3

Posteriormente se realizó el dimensionamiento del lecho:

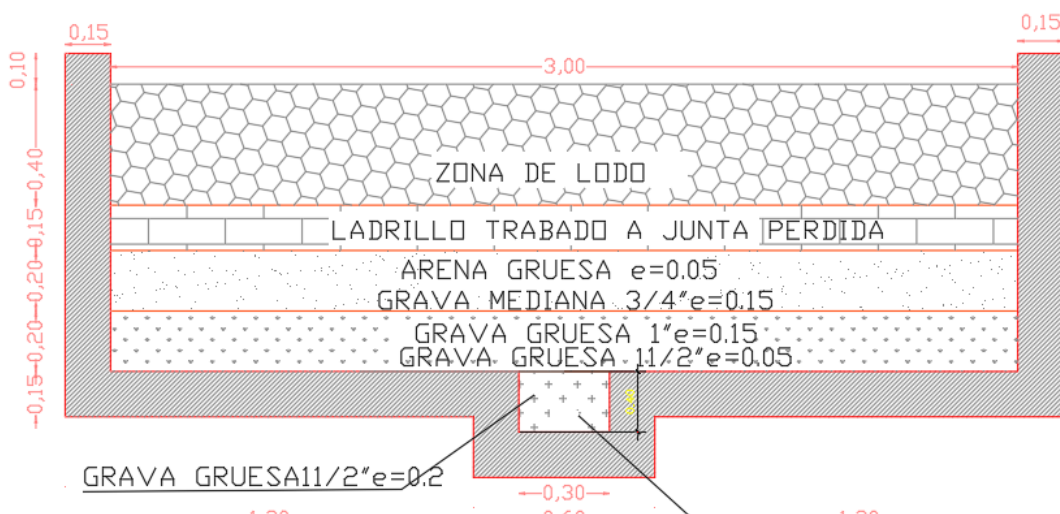


Ilustración 16. Configuración lecho de secado

cola = 1%

Tabla 13. Dimensionamiento del Lecho de Secado

Unidades	1
Relación Largo Ancho	2:01
Borde Libre (m)	0,5
Altura cama de lodos Hlodos (m)	0,4
Profundidad total de lecho (m)	0,95
Área del lecho (m ²)	18
Ancho (m)	3
Largo (m)	6
Volumen (m ³)	7,2

Teniendo en cuenta el dimensionamiento del lecho, el volumen obtenido (7,2 m³) es mayor al requerido (6,6 m³), por lo cual cumple con la capacidad.

8.3.3.7 DISEÑO DE FILTRO ANAÉROBIO

Esta unidad funciona por acción de la fuerza de gravedad, con flujo vertical ascendente a través de un medio filtrante constituido, con un material sintético filtrante (galletas plásticas), con un coeficiente de uniformidad homogéneo, que sirve de soporte a los microorganismos y garantizar el contacto con la materia orgánica.

El efluente del tanque séptico, entra por el fondo a través de un falso fondo perforado, fluye a través del medio de soporte, donde crece una película biológica que degrada anaeróbicamente la materia orgánica que puede estar disuelta (Osorio, sfd). El agua filtrada, se recolecta en la parte superior mediante una tubería perforada.

El Tanque Séptico con el Filtro anaerobio, son sistemas complementarios que trabajan muy bien asociados y se utilizan donde no se puede asegurar una operación constante y un personal especializado. Se han empleado en corregimientos con poblaciones entre 120 y 4000 habitantes (Osorio, sfd), alcanzando eficiencias de 86.3% de remoción de DBO5 y 83.2% de SST, por lo que se considera una buena alternativa para las condiciones de Aznazú.

Como parámetros de diseño del filtro, se tienen los siguientes:

Medio de Soporte: Se adopta material plástico de polipropileno con un porcentaje de vacíos del 90-95%. Este material ha sido usado en diferentes filtros anaerobios construidos en diferentes zonas rurales de Colombia, específicamente en el Valle del Cauca, donde se favorece el contacto de los microorganismos con el sustrato, además que se reduce la posibilidad de colmatación del lecho (Osorio, sfd).

Carga Orgánica (C.O.T): La producción de DBO5 total que entra al sistema de tratamiento, depende de la concentración del agua residual doméstica y el caudal medio de diseño que entra llega a la PTAR.

En Colombia, la concentración típica del agua residual doméstica es de 200 mg/L, según la experiencia que reporta el estudio de CVC y Cinara en zonas rurales, así mismo Romero (1999)

sugiere valores de concentración alrededor de 200 mg/L. La carga orgánica total, se calcula de la siguiente manera:

$$C.O.T = DBO5 * Qd$$

$$C.O.T = \frac{200mg}{l} * \frac{1kg}{1 * 10^6mg} * \frac{385344l}{día} = 77 \frac{kgDBO5}{día}$$

Carga orgánica afluente (C.O.A): Estimando que en el tanque séptico se logra una remoción mínima del 30% de la C.O.T, se puede calcular la C.O.A de la siguiente manera;

$$C.O.A = C.O.T - (C.O.T * 0,30)$$

$$C.O.A = 53,9 \frac{kgDBO5}{día}$$

Tiempo de Retención: El tiempo recomendado se encuentra en el siguiente rango $2.5 \text{ hrs} \leq Tr \leq 12 \text{ hrs}$ (RAS, 2000). Se escoge 8 horas para garantizar el contacto del agua residual con la biopelícula formada para obtener mejores eficiencias.

Tasa de Aplicación Orgánica (T.A.O): Teniendo en cuenta la concentración de DBO y el tiempo de retención Tr , se obtiene la tasa de aplicación orgánica en el filtro.

$$T.A.O = \frac{DBO_5(kg/l)}{T_R(día)}$$

$$T.A.O = \frac{0,2 DBO_5(kg/m^3)}{8h/24h * (1día)} = 0,6 \frac{kg}{m^3 * día}$$

Una vez determinados los parámetros de diseño, se procede a calcular el volumen y las dimensiones del filtro.

8.3.3.7.1 Volumen Del Filtro

El volumen de relleno del filtro con el material de lecho se determina con la siguiente ecuación:

$$V_r = \frac{COA}{TAO}$$

$$V_r = \frac{53,9kg/día}{0,6 \frac{kg}{m^3 * día}} = 89,8 m^3$$

Considerando que el 15% del volumen total corresponde a la zona de drenaje hacia la salida de los filtros, se calcula el volumen total de la siguiente manera:

$$VT = Vr/0,85$$

$$VT = 89,9 \text{ m}^3 / 0,85 = 105,6 \text{ m}^3$$

8.3.3.7.2 Dimensionamiento Del Filtro

Para un volumen útil de 105,6 m³, el RAS recomienda una profundidad útil entre 0,6 y 1,8 m, mientras Osorio reporta 0,8 y 1,5 m según los casos de estudio revisados con la CVC. Se asume una altura útil de 1,8 m, de esta manera, el área del filtro es:

$$A_s = \frac{V_r}{h_U}$$

$$A_s = \frac{89 \text{ m}^3}{1,8 \text{ m}} = 49,88 \text{ m}^2$$

Asumiendo un ancho de 5,5 m, se obtiene el largo del tanque:

$$L(\text{m}) = \frac{A_s}{B} = \frac{49,8 \text{ m}^2}{5 \text{ m}} = 10 \text{ m}$$

Se deben construir dos unidades, en caso de salir de operación por mantenimiento uno de los filtros. La altura del fondo es de 0,3 m, la experiencia en los casos de estudio reporta que debe ser mayor a este número (Osorio, sfd).

Finalmente, la altura disponible para el drenaje del agua filtrada se calcula de la siguiente manera:

$$h_d = \frac{V_T * 0,15}{A_s}$$
$$h_d = \frac{105,6 \text{ m}^3 * 0,15}{49,8 \text{ m}^2} = 0,31 \text{ m}$$

El fondo del filtro debe tener una pendiente del 1%. El diseño en planta y en perfil se muestra en los planos adjuntos.

8.3.3.7.3 Chequeo Caudal Máximo de Diseño

Con las dimensiones ya definidas de cada filtro anaerobio, se hace el chequeo del tiempo de retención hidráulico, en el caso crítico donde se presente el caudal máximo de diseño y coincida con la salida de operación de una de las estructuras de filtro.

$$TRH = \frac{V_T}{QMD}$$

$$TRH \text{ (día)} = \frac{105,6m^3}{637,2 \frac{m^3}{día}} = 0,16días \cong 4horas$$

El valor mínimo es de 0,1 días, por lo tanto, la estructura cumple con las condiciones para funcionar con el caudal máximo de diseño. Considerando que la acumulación de sustrato en el área de contacto de las rosetas reduce el volumen del filtro, se chequeo el TRH para el 60% del volumen total, obteniendo un TRH de 0,1 días, es decir 2,5 horas.

8.3.3.8 DISEÑO DE CABEZAL DE ENTREGA

Teniendo en cuenta el diámetro de la tubería se diseñó un cabezal para realizar la entrega del efluente de la PTAR a el río. Se tuvo en cuenta modificar de forma gradual la sección transversal, para evitar que la entrega se realice de modo brusco y de esta forma reducir las pérdidas de carga. Con el diámetro de la tubería de entrega y un ancho al final del cabezal de 0,7 m, se determinó la longitud del cabezal, con un ángulo de divergencia de 30°.

$$L = \frac{b_2 - b_1}{2 \tan \emptyset}$$

Donde:

L= Longitud horizontal transición.

b2= Ancho final del cabezal

b1= Ancho entrada al cabezal.

∅= Angulo de divergencia.

$$L = \frac{0,7 \text{ m} - 0,2 \text{ m}}{2 * \tan 30^\circ} = 0,4 \text{ m}$$

Tabla 14. Diseño de cabezal de entrega

b salida del cabezal (m)	0,70
b entrada al cabezal(m)	0,20
b	0,25
ángulo (°)	30
Longitud (m)	0,43
tirante (m)	0,04

9. CONCLUSIÓN.

La experiencia adquirida durante la supervisión y seguimiento del proyecto, ha permitido al profesional en ingeniería extraer valiosas conclusiones que abarcan diversos aspectos clave del proceso administrativo y de gestión. Al detallar cada uno de estos aspectos, se evidencia la riqueza de aprendizajes y la contribución significativa a la eficiencia y calidad en los procesos de planificación de obras.

En cuanto a los proyectos de consultoría, el diagnóstico inicial y la evaluación detallada del sitio son esenciales. En donde se requiere la recopilación de diferentes tipos de datos para comprender las condiciones a evaluar y el contexto del proyecto. Un análisis adecuado de las condiciones iniciales permite un diseño más preciso y evita complicaciones o problemas durante la ejecución.

El cumplimiento satisfactorio de los objetivos planteados al inicio de la práctica como auxiliar de ingeniería es un logro fundamental puesto que esta experiencia no solo ha enriquecido la formación profesional, sino que también ha contribuido al desarrollo eficiente y sostenible de los procesos planificados en oficina. La capacidad para identificar, analizar y resolver desafíos en tiempo real, así como la aplicación de enfoques estratégicos en la gestión financiera y operativa, son habilidades fundamentales que se han fortalecido a lo largo de esta experiencia.

El mayor aprendizaje obtenido en esta pasantía para el futuro como profesional de la ingeniería radica en la comprensión profunda, la aplicación estratégica de conocimientos técnicos y la colaboración efectiva en la consecución exitosa de proyectos. En resumen, me permitió observar la relevancia de un diseño adecuado, la implementación efectiva y el mantenimiento continuo para garantizar la sostenibilidad y eficiencia de los proyectos, en este caso de la PTAR, contribuyendo al bienestar social y ambiental de las comunidades. Estas habilidades y aprendizajes no solo enriquecen la formación profesional, sino que también proporcionan una base sólida para enfrentar los desafíos futuros y contribuir al desarrollo eficiente y sostenible de obras en el campo de la ingeniería civil.

10. BIBLIOGRAFÍA.

NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 1500 CÓDIGO COLOMBIANO DE FONTANERÍA, 2004;

RAS 2000. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico Ras 2000. Título E, Tratamiento de aguas residuales.

RODRIGUEZ, J. 2013. Diseño de plantas de tratamiento de agua residual. Notas de Clase. Facultad de Ingeniería.

RODRÍGUEZ, J. 2013. Diseño de plantas de tratamiento de agua residual.

ROMERO, F. H. C. & SERNA, J. I. D. 2005. Acueducto: Teoría y diseño, Universidad de Medellín

ROMERO, R. J. A. 2004. Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y principios de diseño, Tercera edición

Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.