

**PASANTIA DE APOYO EN EL AREA DE SANEAMIENTO BASICO DE LA
EMPRESA PLANTAS Y TRATAMIENTO DE AGUA S.A.S**



UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS
TUNJA

Presentado por:

Samuel Alberto Duarte Mateus

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
INGENIERIA AMBIENTAL
TUNJA – BOYACÀ**

2025

**PASANTIA DE APOYO EN EL AREA DE SANEAMIENTO BASICO DE LA
EMPRESA PLANTAS Y TRATAMIENTO DE AGUA S.A.S**



UNIVERSIDAD
SANTO TOMÁS
TUNJA

Presentado por:

Samuel Alberto Duarte Mateus

Informe final de práctica profesional en modalidad de pasantía presentado para

optar por el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentado a:

Msc. Esp. Ing. Edinson Fabian Monroy Ávila

Director

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
INGENIERIA AMBIENTAL
TUNJA – BOYACÀ**

2025

2

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. Introducción	7
2. Objetivos	9
2.1 Objetivo general	9
2.2 Objetivos específicos	9
3. Marco de referencia.....	10
3.1 Marco teórico	10
3.2 Marco conceptual.....	12
4. Metodología	15
Fase 1- Programa de capacitación	17
Fase 2- Dimensionamiento del tren de tratamiento de agua residual	20
Fase 3- Caracterización de agua residual.....	21
5. Resultados	22
Programa de capacitación y concientización de aguas residuales	22
Dimensionamiento de tren de tratamiento de agua residual	34
Canaleta Parshall.....	34
Desarenador	39
Sedimentador primario.....	43
Acompañamiento a la caracterización de agua residual en campo	48
6. Conclusiones	50
7. Recomendaciones.....	51
8. Bibliografía.....	52
9. Anexos	55

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Ficha técnica del taller metodológico</i>	18
Tabla 2. <i>Objetivos, metas e indicadores programa de capacitación</i>	22
Tabla 3. <i>Acciones y responsables para ejecutar el programa de capacitación</i>	23
Tabla 4. <i>Matriz legal resolución 631 de 2015</i>	25
Tabla 5. <i>fases de la metodología del programa de capacitación</i>	30
Tabla 6. <i>Formato de encuesta de satisfacción del programa de capacitación</i>	32
Tabla 7. <i>Datos de diseño canaleta Parshall</i>	35
Tabla 8. <i>Variables para dimensionamiento secciones w y capacidades en m³/s canaleta Parshall</i>	36
Tabla 9. <i>Variables para dimensionamiento secciones n y k canaleta Parshall</i>	36
Tabla 10. <i>Datos dimensionamiento de la canaleta Parshall</i>	37
Tabla 11. <i>Caudal de diseño en l/s y m³/s</i>	39
Tabla 12. <i>Datos de dimensionamiento desarenador</i>	41
Tabla 13. <i>Datos dimensionamiento sedimentador primario</i>	43
Tabla 14. <i>Datos de dimensionamiento sedimentador primario</i>	46

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. <i>Diagrama de metodología</i>	16
Ilustración 2. <i>Software diseño PTAR- Universidad de Cali</i>	34
Ilustración 3. <i>Vista planta canaleta Parshall</i>	38
Ilustración 4. <i>Vista perfil canaleta Parshall</i>	38
Ilustración 5. <i>Diseño canaleta Parshall 3D</i>	38
Ilustración 6. <i>Diseño desarenador 3D</i>	42
Ilustración 7. <i>Vista planta desarenados</i>	42
Ilustración 8. <i>Vista perfil desarenador</i>	43
Ilustración 9. <i>Vista planta sedimentador primario</i>	47
Ilustración 10. <i>Vista perfil sedimentador primario</i>	47
Ilustración 11. <i>Diseño sedimentador primario 3D</i>	48
Ilustración 12. <i>Monitoreo y muestreo de agua residual</i>	48
Ilustración 13. <i>Toma de muestras y EPP</i>	49

ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. <i>Proyección poblacional y Cálculo de caudales</i>	55
Anexo 2. <i>Dimensiones Canaleta Parshall</i>	56
Anexo 3. <i>Dimensiones Desarenador</i>	56
Anexo 4. <i>Dimensiones Sedimentador Primario</i>	57

1. Introducción

En Colombia, el saneamiento básico presenta retos significativos sobre los recursos hídricos debido a los altos volúmenes de vertimiento de agua residual doméstica (ARD) y no doméstica (ARnD), es relevante mencionar que el acceso al agua y al saneamiento básico es un derecho fundamental y millones de personas en todo el mundo sufren día a día para poder tener acceso a sus necesidades básicas como el acceso a un recurso hídrico. Según la problemática expuesta anteriormente, es importante tener en cuenta los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) los cuales tienen como propósito contribuir a mejorar la calidad de vida y convertir a la sociedad en un mundo más sostenible, enfatizando hacia una economía circular del recurso hídrico, donde todos sean conscientes de los impactos que se generan a causa del mal manejo de los recursos naturales (Objetivos y Metas de Desarrollo Sostenible - Desarrollo Sostenible, 2015).

De acuerdo con el DANE, Colombia cuenta con 3,2 millones de personas que no tienen acceso a agua potable, de las cuales 2,6 millones viven en áreas rurales y 0,6 en zonas urbanas. Un desafío importante en materia de saneamiento, es que un poco menos de las aguas residuales del país no reciben un tratamiento adecuado antes de realizar la descarga a las fuentes hídricas, generando contaminación en los ecosistemas acuáticos y consecuencias negativas para la salud pública. En Colombia solo el 53,12% de las aguas residuales urbanas generadas reciben un tratamiento adecuado (Vivienda & Territorio Informe De Rendición De Cuentas, 2023).

Con respecto a lo anterior, se calcula que aproximadamente 6,6 de cada 100.000 niños y niñas fallecieron por causas relacionadas a enfermedades diarreicas agudas en 2019 según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Esta enfermedad se podría prevenir con el consumo de agua tratada y el acceso a puntos de lavado de manos.

En atención a dicha problemática que afronta el país, la empresa PLANTAS Y TRATAMIENTOS DE AGUA S.A.S brinda sistemas de tratamiento de agua, donde diseña, fabrica e instala plantas de tratamiento, con escala de sistemas unifamiliares aproximadamente 5 habitantes, hasta poblaciones de gran tamaño. Los diseños de dichas plantas son personalizados de acuerdo a los requerimientos y necesidades de la población; es pertinente resaltar que la empresa implementa tecnologías biológicas de tratamiento de agua como lo es el uso de bacterias anaerobias que ayudan en el proceso de descomposición de materia orgánica y demás compuestos, también implementan un sistema de desinfección, con el fin de dar cumplimiento a la normatividad colombiana vigente.

Es por tanto que, el objetivo de este informe es apoyar en el área de saneamiento básico de la empresa PLANTAS Y TRATAMIENTO DE AGUA S.A.S, centrándose principalmente en el área de tratamiento de agua residual, por medio de la creación de un programa de capacitación y concientización, el apoyo en el dimensionamiento de trenes de tratamiento de agua residual y por medio de acompañamiento en la caracterización de agua residual en efluentes de poblaciones e industrias.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Brindar apoyo en el área de saneamiento básico para la empresa PLANTAS Y TRATAMIENTO DE AGUA S.A.S

2.2 Objetivos específicos

- Establecer un programa de capacitación y concientización enfocado en el tratamiento de agua residual.
- Apoyar en el dimensionamiento de trenes de tratamiento de agua residual.
- Realizar acompañamiento en la caracterización de agua residual.

3. Marco de referencia

3.1 Marco teórico

El recurso agua es de vital importancia para los seres vivos, no solo se trata de la necesidad de beber o de hidratarse, sino que el agua es el regulador de los ecosistemas terrestres, debido a que dicho recurso genera un equilibrio necesario para subsistencia animal y vegetal (AQUAE, 2021). El agua está presente en diferentes estados de la materia, como lo es sólido, líquido y gaseoso, distribuidas en tres cuartas partes de la tierra, el 2.5% es agua dulce y 97.5% es agua salada. Del agua dulce presente en el planeta tierra el 69.7% se encuentra en los glaciares, el 30% en acuíferos, el 0.3% en arroyos y ríos y tan solo el 0.007% está disponible para el consumo humano (Toledo, 2002); teniendo en cuenta dicha información, el mundo atraviesa por una gran crisis en términos de oferta y demanda del recurso hídrico.

Según lo antes mencionado el agua dulce es un recurso realmente en peligro, esto debido al alto consumo de la misma, al crecimiento demográfico, pero sobre todo a los excesos de consumo de los países desarrollados. Teniendo en cuenta dicha sobre/explotación, es importante mencionar un gran problema que se afronta, el cual es la constante degradación de la calidad de las aguas, esto debido a los vertidos de residuos contaminantes, según un informe de las Naciones Unidas Desarrollo de los Recursos Hídricos del Mundo, un litro de agua residual contamina ocho litros de agua potable, demostrando así que el ritmo de contaminación es superior al que puede asimilar los ecosistemas naturales (González, 2012).

El riesgo que generan las aguas residuales a nivel global es de gran magnitud, es importante partir por la definición de las aguas residuales, las cuales según (CONTYQUIM, 2022), son la combinación de las aguas usadas en viviendas, industrias, comercio y actividades agrícolas o ganaderas. A las que posteriormente se les añade las aguas pluviales y subterráneas. Estas aguas son vertidas a ríos, lagos, mares, suelos, subsuelos, rellenos sanitarios, entre otros;

ocasionando daños ambientales de gran magnitud, esto debido a que las fuentes hídricas (ríos, acuíferos, lagos, mar), son incapaces por si solas de absorber y neutralizar altas cargas contaminantes, por ello el vertimiento de dichas aguas genera un cambio en la composición natural y cambia su capacidad para sustentar vida acuática adecuada, que responda al equilibrio ecológico que de ellas se espera para preservar los cuerpos de agua. Como resultado de lo antes mencionado, el agua pierde las condiciones mínimas necesarias para su racional y adecuado aprovechamiento como fuentes de abastecimiento (Pimentel, 2017).

En consideración con lo antes mencionado y analizando el gran impacto que ocasionan las aguas residuales en los cuerpos hídricos, es necesario implementar una estrategia de mitigación que en este caso es un tratamiento de aguas residuales. Según (Bustos Murillo et al., 2023) el tratamiento de agua residual tiene por finalidad remover la carga eutrófica, representada en materia orgánica, material mineral, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, microorganismos patógenos, entre otros compuestos presentes en el agua. La remoción de dichos contaminantes puede expresarse como un proceso productivo de operaciones fisicoquímicas o biológicas, que varían en términos de costos, tiempo, alcance y calidad del efluente.

Existen varias tecnologías usadas en el tratamiento de agua residual como lo pueden ser las tecnologías de tratamiento avanzado, como la oxidación avanzada, ultrafiltración y ósmosis inversa, reactores con ultrasonido, electrocoagulación, electrooxidación, entre otros, los cuales eliminan contaminantes específicos y mejoran la calidad del efluente que es tratado (IDRICA, 2023); las Plantas De Tratamiento de Agua Residual (PTAR), las cuales son sistemas de tratamiento complejos que involucran procesos físicos, químicos o biológicos antes de verter las aguas residuales al medio ambiente (Vargas et al., 2020).; finalmente, los sistemas sépticos, usados principalmente en viviendas rurales dispersas, se implementan cuando no es

posible conectar la tubería de salida de una vivienda a la tubería que corresponde al servicio de alcantarillado (García Suárez et al., 2023).

La problemática ambiental y los diferentes sistemas de tratamiento de las aguas residuales, se debe mencionar la importancia y los beneficios de la mejora del saneamiento, debido a que estos se extienden más allá de la reducción de riesgo a enfermedades. En particular ayuda a potenciar la dignidad y el aumento de la seguridad especialmente entre las mujeres y las niñas, reduce la gravedad y las consecuencias de la malnutrición, promueve la asistencia de niños y niñas a escuelas, garantiza la obtención segura de agua, nutrientes y energía renovable a partir de aguas residuales y lodos, entre otros beneficios (Organización Mundial de la Salud, 2022). Según un estudio de la OMS, cada dólar de los EE.UU. invertido en saneamiento produce un rendimiento de 5.50 dólares, traducido en menores costos de atención de salud, más productividad y menos muertes prematuras (Organización Mundial de la Salud, 2012), evidenciando así que realizar un buen sistema de saneamiento evita que las aguas contaminadas sin tratar se viertan al medio ambiente, protegiendo así los cuerpos de agua de la contaminación.

3.2 Marco conceptual

Saneamiento básico

El saneamiento básico se refiere a un conjunto de técnicas y procedimientos para la recolección, tratamiento y eliminación segura de desechos humanos, como orina y excrementos, así como el manejo adecuado de residuos sólidos y líquidos. El saneamiento básico incluye la instalación de infraestructuras como retretes, letrinas, sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de agua residual, que tienen como objetivo prevenir la propagación de enfermedades y proteger a su vez el medio ambiente (OMS, 2024).

Agua residual

Las aguas residuales son el conjunto de líquidos y residuos sólidos provenientes de hogares, industrias, comercios y actividades agrícolas que han sido utilizados y, por lo tanto, contienen impurezas y contaminantes. Según (TORRES, 2018), las aguas residuales son aguas que han sido afectados en su calidad por la influencia antropogénica y requieren un tratamiento antes de ser devueltas al medio ambiente.

Agua residual domestica

Las aguas residuales domesticas (ARD), las cuales son procedentes de los hogares y de instalaciones en las cuales se desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicios que correspondan a descargas de los retretes y servicios sanitarios, descargas de los sistemas de aseo personal (duchas y lavamos), de las áreas de cocinas y cocinetas, de las pocetas de lavado de elementos de aseo y lavado de paredes y pisos y del lavado de ropa (No se incluyen las de los servicios de lavandería industrial)(Ambiente Y Desarrollo Sostenible, 2015).

Agua residual no doméstica

Las aguas residuales no domesticas (ARnD), son las procedentes de las actividades industriales, comerciales o de servicios distintas a las que constituyen aguas residuales domesticas (ARD)(Ambiente Y Desarrollo Sostenible, 2015).

Tratamiento de agua residual

El tratamiento de agua residual tiene por finalidad remover la carga eutrófica, representada en materia orgánica, material mineral, solidos suspendidos, solidos sedimentables, microorganismos patógenos, entre otros compuestos presentes en el agua. La remoción de dichos contaminantes puede expresarse como un proceso productivo de operaciones fisicoquímicas o biológicas, que varían en términos de costos, tiempo, alcance y calidad del efluente, lo que permite clasificar el tratamiento convencional en preliminar, primario

(Decantación), secundario o biológico (proceso biológico de eliminación de materia orgánica) y terciario (tratamiento avanzado)(Bustos Murillo et al., 2023).

Ecosistema

Un ecosistema es cualquier unidad que incluye todos los organismos de un área dada interactuando con el entorno físico, de modo que el flujo de energía lleve a una estructura trófica bien definida, diversidad biótica y ciclos de materiales (Odum, 1971).

Contaminación del agua

La contaminación del agua consiste en la alteración y deterioro del agua hasta hacerse inservible, es decir, hasta volverse toxica para el consumo de las especies terrestres e inhabitable para las especies acuáticas (Rhoton, 2019).

Vertimiento

El vertimiento se refiere a la acción y efecto de verter, es decir, la descarga de líquidos, residuos o compuestos a un cuerpo de agua, alcantarillado o suelo. Los vertimientos pueden ser puntuales (cuando se puede precisar el punto exacto de descarga) o no puntuales (cuando no se puede precisar el punto exacto) (secretaria de ambiente, 2020).

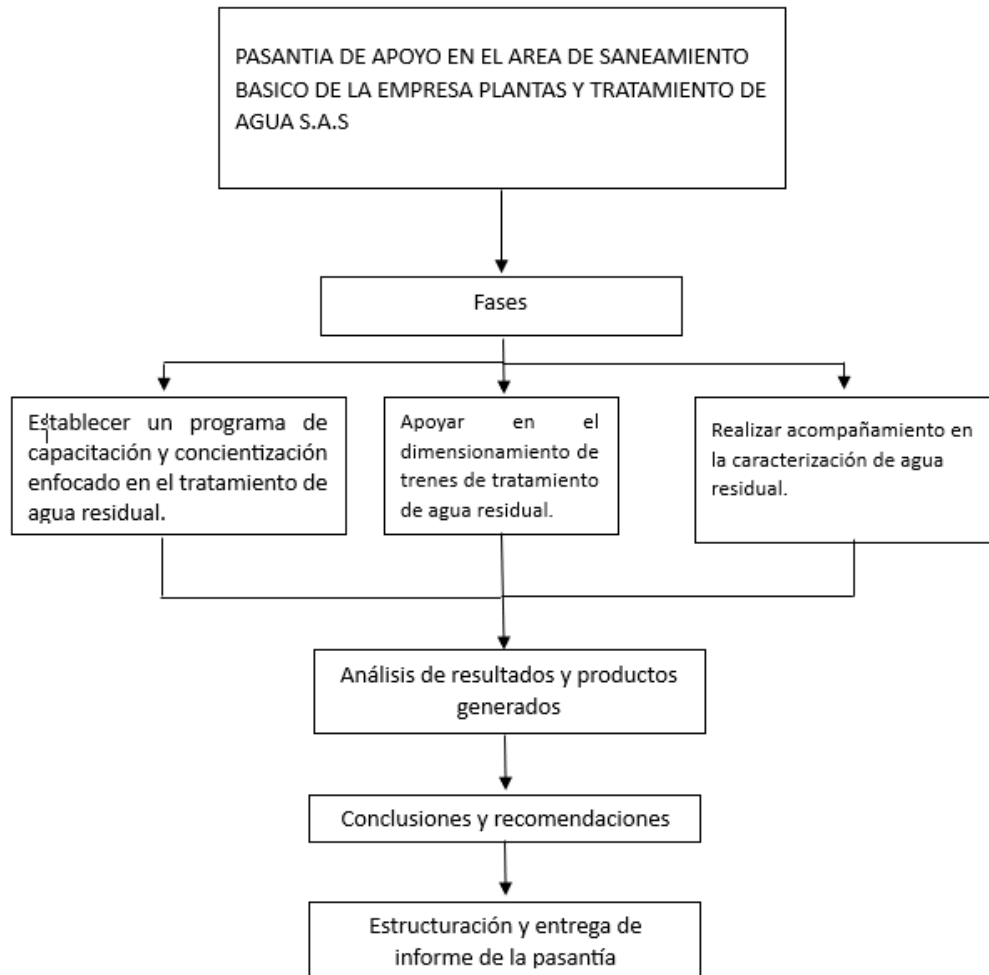
4. Metodología

La estructura metodológica está diseñada en función de los objetivos establecidos con el fin de asegurar su cumplimiento. Se hace uso de un enfoque mixto que combina técnicas cuantitativas y cualitativas, con el objetivo de proporcionar una comprensión completa y enriquecedora. Este enfoque permite abordar los temas de interés desde múltiples perspectivas, asegurando la validez y profundidad de los resultados obtenidos. Es relevante mencionar que el enfoque cuantitativo permite obtener y analizar datos numéricos de manera sistemática y objetiva, donde es posible obtener análisis estadísticos mediante la identificación de patrones, tendencias y correlaciones de los datos recolectados, también permite la medición precisa de datos, ayudando a minimizar la subjetividad en la interpretación de dichos datos, es importante mencionar que el uso del enfoque cuantitativo proporciona datos estructurados lo cual aumenta la objetividad del informe.

El enfoque cualitativo permite obtener información detallada y profunda sobre saneamiento básico y tratamiento de agua residual, explorando las experiencias, percepciones y significados de diferentes autores sobre el tema de interés. En conjunto, la combinación de estos enfoques cuantitativos y cualitativos aseguran una comprensión enriquecedora del saneamiento básico y correcto tratamiento de agua residual, permitiendo cumplir con los objetivos establecidos de manera eficaz.

A continuación, se evidencia el desarrollo de la metodología.

Ilustración 1. Diagrama de metodología



Fuente. Autor (2024)

Por medio de la ilustración 1 es posible identificar la implementación de 3 fases para el desarrollo de la metodología, teniendo en cuenta las diferentes actividades propuestas con el fin de dar cumplimiento a cada uno de los objetivos planteados. A continuación, se presentan cada una de ellas con su respectiva ejecución:

Fase 1- Programa de capacitación

Definiciones y objetivos del programa: En esta fase se realizó la búsqueda de información relacionada al manejo y tratamiento de agua residual, lo cual asegura que el programa de capacitación estuviera basado en conocimiento actualizado y mejores prácticas, garantizando así su relevancia y eficacia; a su vez se generó el objetivo del programa con el fin de establecer la finalidad del mismo.

Revisión de normatividad vigente: Se realizó una búsqueda acerca de la normatividad vigente colombiana, dándole énfasis al sector de manejo y gestión de las aguas residuales, mediante el cual se generó una matriz legal vigente de la Resolución 631 de 2015, en la cual se encuentran los diferentes parámetros que refieren al manejo y tratamiento de las aguas residuales domésticas (ARD) y no domésticas (ARnD).

Metodología del programa de capacitación: Según el énfasis y el objetivo general del programa, se realizó una investigación acerca de las diferentes metodologías de aprendizaje con el fin de implementar la más eficaz y establecer el programa de la mejor manera, siendo seleccionada la metodología de aprendizaje ABP (Aprendizaje Basado en Proyectos o Aprendizaje Basado en Problemas), ya que esta cuenta con beneficios como la aplicación práctica, desarrollo de habilidades, motivación y compromiso e innovación, fomentando el aprendizaje activo y participativo mediante la realización de proyectos.

Formatos de encuestado y consolidación del programa: En la fase final, se estableció el formato de satisfacción, el cual fue creado con la finalidad de analizar estadísticamente los puntos favorables y desfavorables del programa de capacitación, esto con la intención de buscar mejoras a futuro; posterior a esto se realizó la consolidación del programa, dando así la finalización del mismo.

Para esta fase se desarrolló también una ficha técnica para la implementación de un taller metodológico, estos talleres de capacitación abarcan la totalidad de las temáticas en aguas residuales:

Tabla 1. *Ficha técnica del taller metodológico*

Ítem	Descripción
Fecha	Especificar la fecha
Nombre del Taller	Taller de Capacitación en Manejo y Tratamiento de Aguas Residuales
Lugar de Realización	Especificar lugar
Hora de Inicio	Especificar el horario
Hora de Finalización	Especificar el horario
Duración	Especificar la duración total en horas
Objetivo del Taller	Brindar conocimientos técnicos y prácticos sobre el manejo adecuado y tratamiento de aguas residuales, promoviendo la implementación de buenas prácticas para la protección del medio ambiente y la salud pública.
Población Objetivo	Profesionales del sector ambiental, operarios de plantas de tratamiento, líderes comunitarios, personal de salud y educación, y otros actores clave en el manejo del agua a nivel local y regional.
Metodología	El taller se desarrollará a través de una combinación de exposiciones teóricas, demostraciones prácticas, estudios de caso y discusiones grupales. Los participantes realizarán ejercicios prácticos en equipos, utilizando modelos de sistemas de tratamiento de aguas residuales.
Desarrollo del Taller	Llegada y Registro: Recepción de los participantes, entrega de materiales y bienvenida por parte de los organizadores. Presentación Teórica: Introducción sobre el ciclo del agua y los diferentes

	<p>métodos de tratamiento de aguas residuales.</p> <p>Demostraciones Prácticas: Visita a una planta de tratamiento de aguas residuales o demostración con modelos a escala.</p> <p>Ejercicios de Trabajo en Grupo: Análisis de casos prácticos relacionados con problemas comunes en el tratamiento de aguas residuales y desarrollo de soluciones.</p> <p>Discusión y Retroalimentación: Espacio para preguntas, dudas y discusión sobre los métodos presentados.</p> <p>Cierre: Resumen de los aprendizajes clave y conclusiones por parte del facilitador.</p>
<p>Temas Abordados</p>	<p>Conceptos Básicos de Aguas Residuales: Tipos de aguas residuales, fuentes y composición.</p> <p>Tratamiento Físico, Químico y Biológico: Métodos utilizados para purificar el agua.</p> <p>Tecnologías Innovadoras: Nuevas tecnologías para la reducción y reutilización de aguas residuales.</p> <p>Impacto Ambiental y Sanitario: Consecuencias del manejo inadecuado de aguas residuales.</p> <p>Normativa y Regulaciones: Marco legal sobre el tratamiento de aguas residuales.</p>
<p>Instrumentos Utilizados</p>	<p>Presentaciones audiovisuales, modelos de plantas de tratamiento, equipos de medición de calidad del agua, materiales didácticos, videos instructivos, listas de asistencia.</p>
<p>Resultados Esperados</p>	<p>Conocimiento práctico de las diferentes técnicas de tratamiento de aguas residuales.</p> <p>Mayor comprensión sobre la importancia del manejo adecuado de las aguas residuales para la salud y el medio ambiente.</p> <p>Capacitación en el uso de equipos y tecnologías para el tratamiento de aguas residuales.</p> <p>Compromiso de los participantes con la implementación de buenas prácticas en sus respectivos ámbitos de trabajo.</p>

Registro del Taller	Se documentará el desarrollo del taller mediante fotos, videos y notas de los participantes. Los resultados y materiales serán subidos a la plataforma correspondiente para su análisis posterior.
----------------------------	--

Nota: Esta ficha técnica del taller metodológico permite registrar los temas e instrumentos usados durante el programa de capacitación.

Fase 2- Dimensionamiento del tren de tratamiento de agua residual

Revisión de información: Se realizó una investigación sobre estructuras necesaria para el tratamiento de agua residual de uso doméstico y no doméstico. Durante la revisión se recopilaron y analizaron diversos documentos técnicos, incluyendo planos detallados de las instalaciones, manuales operativos y estudios de caso que demostraban la eficiencia de las diferentes estructuras de tratamiento. Es importante mencionar que los planos proporcionaron una visión clara del diseño de las estructuras de tratamiento, destacando componentes esenciales para su correcto funcionamiento.

Dimensionamiento: Establecidas las estructuras necesarias para un correcto tratamiento de agua residual y el manual de dimensionamiento, se procedió a la programación detallada de cada una de las estructuras utilizando el software Microsoft Excel. Este proceso implicó la creación de hojas de cálculo que permitieron un preciso dimensionamiento, considerando capacidades y otros parámetros críticos de diseño. Es de relevancia traer a mención que cada estructura fue dimensionada de manera individual, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas y las necesidades impuestas por la empresa.

Verificación de datos: Se realizó una verificación de datos y cálculos obtenidos, asegurando que se ajustaran a los valores permisibles establecidos. Para este propósito, se utilizó el software de diseño de la universidad Santiago de Cali, conocido como PTAR diseño. Este programa permitió realizar la validación de las estructuras propuestas para el tratamiento de agua residual. Es de resaltar que se tomó en consideración la normatividad vigente

colombiana, específicamente el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potables y Saneamiento Básico (RAS), en su apartado del título D con el fin de garantizar la calidad y seguridad de la infraestructura de saneamiento.

Fase 3- Muestreo y monitoreo de agua residual

Salida de campo: Se llevó a cabo un acompañamiento en campo durante la toma de muestras in situ de agua residual, garantizando el cumplimiento de las técnicas de muestreo establecidas por el laboratorio acreditado en muestreo, monitoreo y análisis de aguas. Este proceso de acompañamiento fue fundamental para asegurar la exactitud y repetitividad de las muestras recolectadas, así como para verificar que todas las practicas realizadas se ajustaran a los estándares establecidos. Dicho acompañamiento incluyo un monitoreo de todas las etapas del muestreo, desde la recolección, almacenamiento y entrega al laboratorio. Es importante mencionar que este acompañamiento no solo garantizo el cumplimiento de las técnicas de muestreo de agua residual establecidas, sino que también contribuyó a fortalecer las capacidades de trabajo en equipo y mejora en los procedimientos operativos en general de la empresa.

5. Resultados

Considerando las fases metodológicas previamente establecidas como pilares fundamentales para el desarrollo de la pasantía, en este apartado se realiza una exposición de los diferentes resultados obtenidos. Estos resultados reflejan los avances alcanzados en el transcurso de la pasantía y evidencian las contribuciones específicas realizadas por el pasante. Dichas contribuciones han sido esenciales para la adecuada ejecución y cumplimiento de cada una de las fases establecidas, como se muestra a continuación:

Fase 1- Programa de capacitación y concientización de aguas residuales

El programa de capacitación y concientización de aguas residuales se realizó teniendo en cuenta que la empresa hará uso del mismo en un futuro, con el fin de aumentar el nivel de concientización ambiental corporativo. El presente programa se estableció de la siguiente manera:

El programa de capacitación y concientización para la empresa PLANTAS Y TRATAMIENTO DE AGUA S.A.S está enfocado en la protección del medio ambiente y la promoción de prácticas sostenibles. Por lo anterior se presenta el objetivo, las metas y los indicadores que fueron propuestos para el momento de su implementación en la empresa, lo cual se evidencia a continuación:

Tabla 2. *Objetivos, metas e indicadores programa de capacitación*

OBJETIVO	META	INDICADOR
Aumentar la concientización ambiental del personal de diseño de plantas de tratamiento, personal ejecutor de informes, ingenieros ambientales, tecnólogos ambientales, ingenieros químicos, directores de	100% de los trabajadores durante el año 2025	N° de trabajadores capacitados N° de capacitaciones

proyectos y demás personal encargado de la revisión de cumplimiento normativo de la empresa.

Nota: Esta tabla permite realizar un seguimiento del progreso a la hora de implementar el programa de capacitación.

Acciones

Teniendo en cuenta el objetivo planteado del programa de capacitación y concientización sobre aguas residuales, se exponen las acciones, el responsable, los recursos y la fecha de implementación, con el fin de dar cumplimiento al objetivo propuesto, como se evidencia a continuación:

Objetivo 1

Aumentar la concientización ambiental del personal de la empresa.

Tabla 3. *Acciones y responsables para ejecutar el programa de capacitación*

Acción	Responsable	Recursos	Fecha
Charla semestral sobre la importancia del buen manejo y tratamiento de agua residual.	Área administrativa	Se dará una charla de inducción. Se enviará vía correo electrónico.	Semestral
Difusión de marco legal vigente colombiano sobre agua residual.	Área administrativa	Se dará una charla de inducción. Se enviará vía correo electrónico.	Anualmente
Buzón de sugerencia	Área	Correo electrónico de	Permanente

Principales actividades

El programa de capacitación y concientización contempla realizar charlas, diálogos y actividades de carácter educativo que incluya el trabajo en equipo con el propósito de fomentar prácticas y acciones sostenibles en la empresa.

Alcance

El programa de capacitación y concientización enfocada en el tratamiento de agua residual permitirá durante los procesos de diseño, implementación y manejo de agua residual a la empresa PLANTAS Y TRATAMIENTO DE AGUA S.A.S implementar practicas sostenibles con el medio ambiente y con la comunidad, garantizando el cumplimiento de la normativa ambiental vigente, en lo que aplica a la empresa.

Recursos de capacitación

Tenido en cuenta los objetivos y las acciones establecidas para el programa, es importante tener en cuenta que dentro de las capacitaciones es necesario traer a mención diferentes temas relacionados a lo que refiere a las aguas residuales, tales como:

Aguas residuales domesticas (ARD): Las cuales son procedentes de los hogares y de instalaciones en las cuales se desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicios que correspondan a:

- Descargas de los retretes y servicios sanitarios
- Descargas de los sistemas de aseo personal (duchas y lavamos), de las áreas de cocinas y cocinetas, de las pocetas de lavado de elementos de aseo y lavado de

paredes y pisos y del lavado de ropa (No se incluyen las de los servicios de lavandería industrial)(Ambiente Y Desarrollo Sostenible, 2015).

Aguas residuales no domesticas (ARnD): Estas son las procedentes de las actividades industriales, comerciales o de servicios distintas a las que constituyen aguas residuales domesticas (ARD)(Ambiente Y Desarrollo Sostenible, 2015).

Por consiguiente, dichas aguas residuales, tanto domesticas como no domésticas, generan contaminaciones excesivas en los cuerpos de agua y en los suelos donde son vertidas, por lo tanto, es necesario que estas aguas contaminadas reciban un tratamiento adecuado de las mismas; este tratamiento tiene por finalidad remover la carga eutrófica, representada en materia orgánica, material mineral, solidos suspendidos, solidos sedimentables, microorganismos patógenos, entre otros compuestos presentes en el agua. La remoción de dichos contaminantes puede expresarse como un proceso productivo de operaciones fisicoquímicas o biológicas, que varían en términos de costos, tiempo, alcance y calidad del efluente, lo que permite clasificar el tratamiento convencional en preliminar, primario (Decantación), secundario o biológico (proceso biológico de eliminación de materia orgánica) y terciario (tratamiento avanzado)(Bustos Murillo et al., 2023).

Para realizar un buen tratamiento de agua residual doméstica y no doméstica, es relevante tener en cuenta la normatividad ambiental vigente colombiana. Estas regulaciones son fundamentales para asegurar que el manejo y la disposición de las aguas residuales se realicen de manera segura y ambientalmente responsable. Por ello, se ha elaborado una matriz legal normativa teniendo como base la Resolución 631 de 2015, la cual abarca aspectos relacionados con el manejo, tratamiento y vertimiento de aguas residuales en el país.

Matriz legal según resolución 631 de 2015

Tabla 4. *Matriz legal resolución 631 de 2015*

CAPITULO

ARTICULO

Capítulo II.

Disposiciones aplicables a los vertimientos puntuales de aguas residuales.

Capítulo III.

Valores límites máximos permisibles microbiológicos en vertimientos puntuales de aguas residuales (ARD y ARnD) a cuerpos de aguas superficiales.

Capítulo IV.

Parámetros de ingredientes activos de plaguicidas de las Categorías toxicológicas ia, ib y ii y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas, (ARnD) a cuerpos de aguas superficiales y al alcantarillado público.

Artículo 3o. Cumplimiento de la norma de vertimientos cuando la captación y la descarga se realicen en el mismo cuerpo de agua.

Artículo 4o. Vertimientos puntuales con sustancias radiactivas o radioisótopos.

Artículo 5o. Parámetro de temperatura y de la zona de mezcla térmica

Artículo 6o. Parámetros microbiológicos de análisis y reporte en los vertimientos puntuales de aguas residuales (ARD y ARnD) a cuerpos de aguas superficiales.

Artículo 7o. Parámetros de ingredientes activos de plaguicidas de las categorías toxicológicas ia, ib y ii y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARnD) a cuerpos de aguas superficiales y al alcantarillado público.

Capítulo V.

Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas, (ARD) y de las aguas residuales (ARD – ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales.

Artículo 8o. Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas, (ARD) de las actividades industriales, comerciales o de servicios; y de las aguas residuales (ARD y ARnD) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales.

Sector: actividades productivas de agroindustria y ganadería

Capítulo VI.

Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARnD) a cuerpos de aguas superficiales.

Artículo 9o. Parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos Puntuales de aguas residuales no domésticas (ARnD) a cuerpos de aguas superficiales de actividades productivas de agroindustria y ganadería.

Sector: Actividades de minería

Artículo 10. Parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARnD) a cuerpos de

aguas superficiales de actividades de minería.

Sector: Actividades de hidrocarburos

Artículo 11. Parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARnD) a cuerpos de aguas superficiales de actividades asociadas con hidrocarburos (petróleo crudo, gas natural y derivados).

Sector: actividades de elaboración de productos alimenticios y bebidas

Artículo 12. Parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARnD) a cuerpos de aguas superficiales de actividades asociadas con elaboración de productos alimenticios y bebidas.

Sector: Actividades de fabricación y manufactura de bienes

Artículo 13. Parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARnD) a cuerpos de

aguas superficiales de actividades asociadas con fabricación y manufactura de bienes.

Sector: Actividades asociadas con servicios y otras actividades.

Artículo 14. Parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARnD) de actividades asociadas con servicios y otras actividades.

Artículo 15. Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARnD) para las actividades industriales, comerciales o de servicios diferentes a las contempladas en los capítulos v y vi con vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales.

Capítulo VII.

Actividades industriales, comerciales o de servicios diferentes a las contempladas en los capítulos v y vi con vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales.

Capítulo VIII.

Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARnD) al

Artículo 16. Vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (ARnD) al alcantarillado público.

alcantarillado público.

Capítulo IX.

Disposiciones finales.

Artículo 17. exclusión de parámetros de la caracterización.

Artículo 18. Recopilación de la información de los resultados de los parámetros.

Artículo 19. Régimen de transición

Metodología de aprendizaje para implementar en la capacitación

Se implementa una metodología de aprendizaje basada en proyectos ABP (Aprendizaje Basado en Proyectos o Aprendizaje Basado en Problemas), la cual cuenta con beneficios como la aplicación práctica, desarrollo de habilidades, motivación y compromiso e innovación. La metodología cuenta con un objetivo general que consiste en fomentar el aprendizaje activo y participativo mediante la realización de proyectos relacionados con el tratamiento de aguas residuales, permitiendo a los participantes aplicar los conocimientos adquiridos en situaciones reales. Las fases metodológicas que deben ser implementadas en el programa se evidencian a continuación:

Tabla 5. *fases de la metodología del programa de capacitación*


FASES DE LA METODOLOGÍA DEL PROGRAMA DE CAPACITACIÓN					
Identificación del proyecto	Formación de grupos de trabajo	Investigación y análisis	Desarrollo del proyecto	Presentación y evaluación	Reflexión y mejora continua

1. Definir el alcance y los objetivos del proyecto.	1. Dividir los participantes en grupos pequeños y multidisciplinarios.	1. Promover recursos educativos (artículos, estudios, videos) sobre el tratamiento de aguas residuales.	1. Diseñar y planificar posibles soluciones innovadoras para los problemas identificados.	1. Presentar los proyectos ante todos los participantes.	1. Charla sobre el proceso de aprendizaje y los resultados obtenidos.
2. Identificar los problemas específicos a resolver.	2. Asignar roles y responsabilidades dentro de cada grupo para fomentar la colaboración y el trabajo en equipo.	2. Realizar investigación y análisis sobre las tecnologías y prácticas actuales en el tratamiento de aguas residuales.	2. Documentar los hallazgos y las etapas del proyecto.	2. Recibir retroalimentación por parte del anfitrión de la capacitación.	2. Identificar áreas de mejora y planificar acciones futuras.
		Analizar y fomentar el buen uso y cumplimiento de la normativa vigente colombiana sobre tratamiento de agua residual, dándole énfasis a la resolución 631 de 2015 (matriz legal).			3. Implementar las lecciones aprendidas en proyectos futuros y en el trabajo diario.

Formato de encuesta de satisfacción del programa de capacitación.

El presente formato de encuesta de satisfacción del programa de capacitación es suministrado a los receptores de la capacitación, con el objetivo de recolectar opiniones sobre diferentes aspectos del programa. Este instrumento de evaluación permitirá analizar estadísticamente los puntos favorables y desfavorables del programa, identificando áreas de mejora y destacando aquellos elementos que han sido bien recibidos por los participantes. A través de esta encuesta se busca también obtener una visión clara y detallada de la efectividad del programa, así como la satisfacción de los participantes con respecto a la calidad de la instrucción, los recursos suministrados y la relevancia del contenido para sus necesidades y desempeños profesionales.

Tabla 6. *Formato de encuesta de satisfacción del programa de capacitación*

	ENCUESTA DE SATISFACCIÓN CAPACITACIÓN	CODIGO:
		VERSIÓN:
		FECHA:

TEMA DE LA CAPACITACIÓN: _____

LUGAR: _____

NOMBRE DEL RESPONSABLE: _____

Agradecemos su participación al evento de capacitación, le solicitamos el favor de evaluar los siguientes aspectos de acuerdo con la tabla que se encuentra a continuación y con base en su nivel de satisfacción.

ASPECTOS DE LA CAPACITACION	BUENO	REGULAR	MALO
¿Se cumplió con el objetivo de la capacitación?			
¿El contenido de la capacitación cumplió con sus expectativas?			

¿La duración de la capacitación fue adecuada?			
METODOLOGIA	BUENO	REGULAR	MALO
¿Los objetivos de la capacitación fueron claros?			
¿la metodología utilizada fue adecuada?			
¿los recursos utilizados fueron didácticos y participativos?			
CAPACITADOR	BUENO	REGULAR	MALO
¿El capacitador domina el tema?			
¿El lenguaje fue claro y adecuado? ¿Mostro efectividad en sus respuestas?			
¿La presentación personal fue adecuada?			
ESPACIO FISICO	BUENO	REGULAR	MALO
¿El espacio físico contaba con los recursos necesarios para el buen desarrollo de la capacitación?			
Observaciones:			
APROBÓ:			

Fase 2- Dimensionamiento de tren de tratamiento de agua residual.

Se le suministro a la empresa el diseño y dimensionamiento de tres estructuras necesarias en el tratamiento de agua residual, en este caso la empresa solicita estructuras para el tratamiento de agua residual doméstica, las cuales son calculadas y programadas en el software Microsoft Excel, para posteriormente ser comprobadas por medio del software de diseño PTAR de la universidad Santiago de Cali, el cual se muestra a continuación:

Ilustración 2. Software diseño PTAR- Universidad de Cali



Este aporte genera una mayor eficiencia en cuestión de tiempo y desarrollo de cálculos y diseños, como se muestra a continuación:

Canaleta Parshall

Como se mencionó anterior mente se realizó la programación y diseño en este caso de una canaleta Parshall, la cual es una estructura importante dentro de un tren de tratamiento de agua residual, ya que permite medir de manera precisa el caudal de entrada, mejora la eficiencia, precisión y la sostenibilidad del tratamiento, lo que resulta en beneficios tanto económicos como ambientales. A su vez en la tabla 7 se puede observar cada uno de los datos de diseño obtenidos.

Tabla 7. Datos de diseño canaleta Parshall

Datos		
Q máximo	21.23	L/s
	0.02123	m ³ /s
W	7.6	cm
K	0.176	m
n	1.547	n
Hmax	0.25	m

Cálculo de parámetros de canaleta Parshall

Caudal de diseño (Q): 0,02123 m³/segundo

Para el respectivo diseño, se tiene en cuenta los valores arrojados por las tablas 8 y 9 teniendo como referente el valor del caudal mencionado.

En primer lugar, se define la letra w con las pulgadas a trabajar con respecto al caudal que para este caso el valor correspondiente es de 3 pulgadas, esto con el fin de darle un valor correspondiente a la letra n y k que son utilizadas para hallar la altura máxima de la canaleta.

Tabla 8. Variables para dimensionamiento secciones w y capacidades en m^3/s canaleta Parshall

W		Capacidad m^3/s	
Pulgadas	cm	Qmin	Qmax
3	7.6	0.00085	0.0538
6	15.2	0.00152	0.1104
9	22.9	0.00255	0.2519
12	30.5	0.00311	0.4556
18	45.7	0.00425	0.6962
24	61.0	0.01189	0.9367
36	91.5	0.01726	1.4263
48	122.0	0.03679	1.9215
60	152.5	0.0628	2.422
72	183.0	0.0744	2.929
84	213.5	0.1154	3.440
96	244.0	0.1307	3.950

Fuente. Azevedo y Acosta, (1998)

Tabla 9. Variables para dimensionamiento secciones n y k canaleta Parshall

w		n	k	
Pulg	m		Unidad métrica	Unidad americana
3	0.076	1.547	0.176	0.0992
6	0.152	1.580	0.381	2.06
9	0.229	1.530	0.535	3.07
12	0.305	1.522	0.690	4.00
18	0.457	1.538	1.054	6.00
24	0.610	1.550	1.426	8.00
36	0.925	1.556	2.182	12.00
48	1.220	1.578	2.435	16.00
60	1.525	1.598	3.728	20.00
72	1.830	1.595	4.515	24.00
84	2.135	1.601	5.306	28.00
96	2.440	1.606	6.101	32.00

W: Sección o garganta contraída

Fuente. Azevedo y Acosta, (1998)

Altura máxima

$$H_{max} = \left(\frac{Q_{max}}{k} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$= \left(\frac{0.02123}{0.176} \right)^{\frac{1}{1.547}} = 0.25m$$

n = coeficiente adimensional en funcion de la garganta del medidor Parshall

k = coeficiente en funcion a la garganta del medidor Parshall – metros

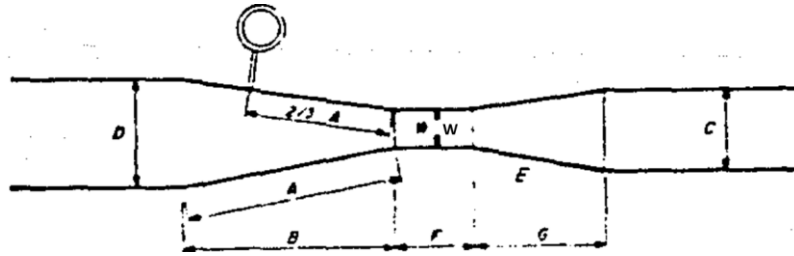
Con los anteriores cálculos, se toman las medidas restantes de la siguiente tabla para el debido diseño de la estructura.

Tabla 10. Datos dimensionamiento de la canaleta Parshall

W		A	B	C	D	E	F	G	K	N
Pulg	Cm									
3	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	45.7	15.2	30.5	2.5	5.7
6	15.2	62.1	61.0	30.5	40.3	53.3	30.5	45.7	3.8	11.4
9	22.9	88.0	86.4	45.7	57.5	61.0	45.7	61.0	6.9	17.1
12	30.5	137.1	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
18	45.7	144.8	142.0	76.2	102.6	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
24	61.0	152.3	149.3	91.5	120.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
36	92.5	167.7	164.2	122.0	157.2	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
48	122.0	182.8	179.2	152.5	193.8	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
60	152.5	198.0	194.1	183.0	230.3	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
72	183.0	213.3	209.1	213.5	266.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
84	213.5	228.6	224.0	244.0	303.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
96	244.0	244.0	239.0	274.5	340.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9

Fuente. Azevedo y Acosta, (1998)

Ilustración 3. Vista planta canaleta Parshall



Fuente. Azevedo y Acosta, (1998)

Ilustración 4. Vista perfil canaleta Parshall

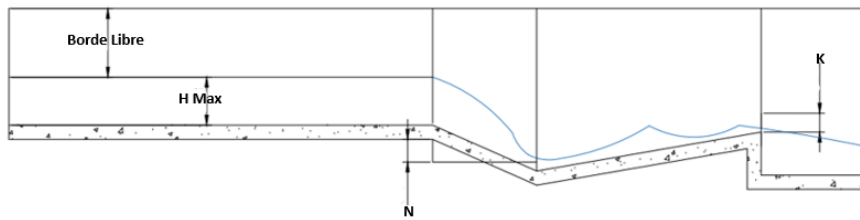
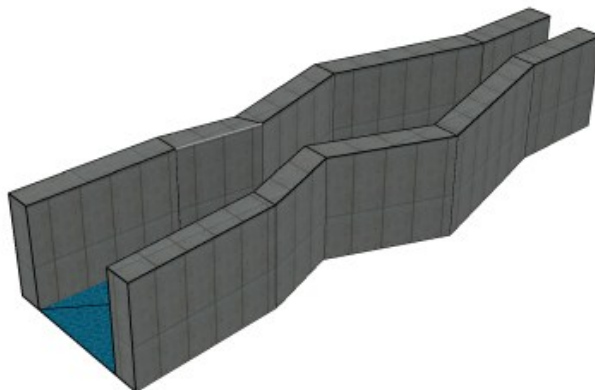


Ilustración 5. Diseño canaleta Parshall 3D



Desarenador

El cálculo y diseño de esta estructura permite su correcta fabricación, lo que favorecería el tratamiento de agua residual, debido a que dicha estructura es la encargada de la remoción de sólidos entre los que se encuentran la arena, grava y otros sólidos inorgánicos, protegiendo los equipos y evitando el desgaste prematuro de los mismos al reducir la cantidad de sólidos abrasivos, protege bombas, válvulas y otros equipos. Es importante mencionar que, al minimizar el desgaste y la acumulación de sólidos en los equipos, se reduce la necesidad de mantenimientos y limpieza frecuente, lo que resulta en un ahorro de costos operativos y una mejor calidad del efluente.

Tabla 11. Caudal de diseño en l/s y m³/s

	l/s	m ³ /s
Caudal máximo (QMax)	21.23	0.0212321
Caudal medio (QMed)	6.00	0.0060048
Caudal mínimo (QMin)	3.60	0.0036048

Cálculo de los parámetros del desarenador

Inicialmente se tiene en cuenta el caudal máximo y caudal medio para hallar las dimensiones del desarenador, estos se determinaron a partir de la proyección poblacional obteniendo así un caudal máximo de 21.23 l/s y un caudal mínimo 6.00 l/s respectivamente.

Posterior a esto, se establecieron valores por parte del diseñador como altura máxima de lámina de agua de 0.2 metros, frecuencia de limpieza de 7 días y el valor de la velocidad del flujo el cual usualmente es de 0.3m/s.

Con base a los datos anteriores se calcula el ancho del desarenador a partir de la siguiente formula obteniendo el siguiente valor:

$$b = \frac{Q_{max} \left(\frac{m^3}{s} \right)}{H * V}$$
$$= \frac{0.02123}{0.2 * 0.3} = 0.35m$$

$b =$ ancho desarenador

$V =$ Velocidad de flujo $\frac{m}{s}$

$H =$ Altura Máxima de lámina de agua

Teniendo en cuenta que H es la altura máxima de lámina de agua para el caudal máximo en metros y V la velocidad del flujo.

Después se calcula la longitud del desarenador a partir de la siguiente formula obteniendo el siguiente valor:

$$L = 25 * H$$
$$= 25 * 0.2 = 5m$$

$L =$ Longitud desarenador

$H =$ Altura Máxima de lámina de agua

Con base al valor anterior se calcula el área longitudinal del desarenador, obteniendo que:

$$A = b * L$$

$$= 0.35m * 5m = 1.77 m^2$$

$A = \text{Area del desarenador}$

$b = \text{Ancho desarenador}$

$L = \text{Longitud desarenador}$

El siguiente paso es calcular la estimación de material retenido a partir de:

$$q = \frac{Q_{med} \left(\frac{m^3}{s} \right) * 86.4 * 75}{1000} =$$

$$= \frac{0.006 * 86.4 * 75}{1000} = 0.04 \left(\frac{m^3}{dia} \right)$$

$q = \text{Estimacion de material requerido}$

$Q_{med} = \text{Caudal medio}$

Por último, se determina la profundidad útil depósito inferior de arena a partir de la siguiente fórmula obteniendo que:

$$p = \frac{q * t}{A} = \frac{0.04 * 7}{1.77} = 0.15m$$

$p = \text{profundidad util}$

$q = \text{Estimacion de material requerido}$

$t = \text{Tiempo de limpieza en dias}$

$A = \text{Area del desarenador}$

Tabla 12. Datos de dimensionamiento desarenador

Dimensiones del desarenador	Valor	Unidad
Altura Máxima de lámina de agua (H)	0.2	m
Ancho del desarenador (b)	0.35	m
Velocidad del flujo (V)	0.3	m/s

Longitud del desarenador (L)	5	m
Área longitudinal (A)	1.77	m ²
Estimación de material retenido (q)	0.04	m ³ /día
Frecuencia de limpieza (t)	7	días
Profundidad útil depósito inferior de arena (p)	0.15	m

Nota: En esta tabla se presentan los resultados principales del dimensionamiento del desarenador, obtenidos de los cálculos realizados anterior mente

Ilustración 6. *Diseño desarenador 3D*

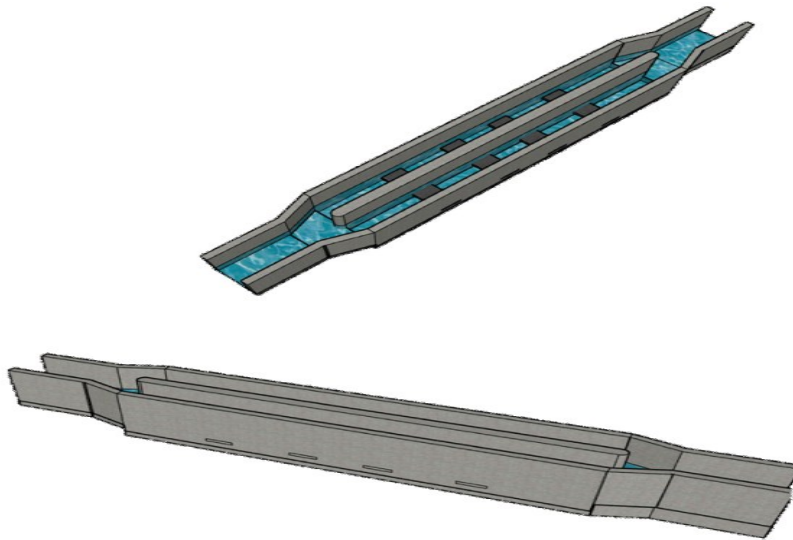


Ilustración 7. *Vista planta desarenados*

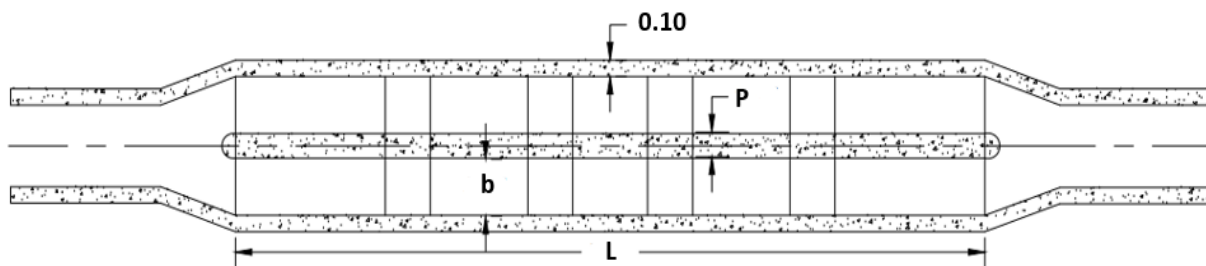
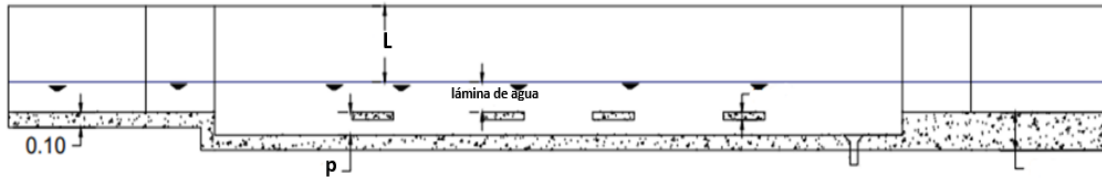


Ilustración 8. Vista perfil desarenador



Sedimentador primario

El cálculo y diseño permite su correcta fabricación, lo que favorecería el tratamiento de agua residual, debido a que dicha estructura proporciona al tratamiento la separación de sólidos suspendidos y materia orgánica en el agua residual, esto genera reducción en la carga de sólidos, lodos y contaminantes en las etapas posteriores del tratamiento, mejorando así la eficiencia del tratamiento, ya que se ve mayor eficiencia en los procesos biológicos, como la digestión anaerobia o el tratamiento secundario. Esta estructura genera también reducción de costos operativos, ya que minimiza el uso de químicos y energía en los procesos posteriores, lo que disminuye los costos operativos.

Tabla 13. Datos dimensionamiento sedimentador primario

Datos		
	21.23	L/s
Q	0.02123	m ³ /s
	1834.5	m ³ /día
	76.4	m ³ /hr
CHS	32	m ³ /m ² -día
TR	2	horas

Cálculo de los parámetros de sedimentador primario

Consideraciones de diseño

Caudal de diseño (Q): 0,02123 m³/seg → 1834.5 m³/día

Carga Hidráulica Superficial (CHS): 32 m³/m²-día

Tiempo de retención (TRH): 2 horas

Área del sedimentador (m²)

$$A = \frac{Q}{CHS} = \frac{18384.5 \text{ m}^3/\text{día}}{32 \text{ m}^3/\text{día}} = 57,32 \text{ m}^2$$

A = Area del sedimentador

Q = Caudal de diseño

CHS = Carga hidraulica superficial

Diámetro del Sedimentador (m)

$$\theta = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4(57,32 \text{ m}^2)}{\pi}} = 8,54 \text{ m}$$

A = Area del sedimentador

Volumen del Sedimentador (m³)

$$V = Q * TRH$$

$$Q = 0,02123 \text{ m}^3/\text{s} * \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ día}} = 76,4 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

$$V = 76,4 \frac{m^3}{hr} * 2 hr = 152.87 m^3$$

$V =$ Volumen del sedimentador

$Q =$ Caudal de diseño

$TRH =$ Tiempo de retencion hidraulica

Profundidad del sedimentador (m)

$$H = \frac{V}{A} = \frac{152.87 m^3}{57,32 m^2} = 2,66 m$$

$H =$ Profundidad del sedimentador

$V =$ Volumen del sedimentador

$A =$ Area del sedimentador

Profundidad de lodos

$\Delta H = 0,3 m - 0,45m \rightarrow$ A criterio del diseñador

$$\Delta H = 0,45 m$$

$\Delta H =$ Profundidad de lodos

Pendiente (%)

$$L = \frac{\theta}{2} = \frac{8,54 m}{2} = 4,27m$$

$L =$ Radio

$$S = \frac{\Delta H}{L} * 100 = \frac{0,45 m}{4,27 m} * 100 = 10,53 \%$$

$S =$ Pendiente %

$L =$ Radio

$\Delta H =$ Profundidad de lodos

Tabla 14. *Datos de dimensionamiento sedimentador primario*

Área del sedimentador (A)	
57.327	m ³
Diámetro del sedimentador (θ)	
8.543	m
Volumen del sedimentador (V)	
152.871	m ³
Profundidad del sedimentador (H)	
2.667	m
Profundidad de lodos (ΔH)	
0.45	m
Radio (L)	
4.272	m
Pendiente (S)	
10.53	%

Ilustración 9. *Vista planta sedimentador primario*

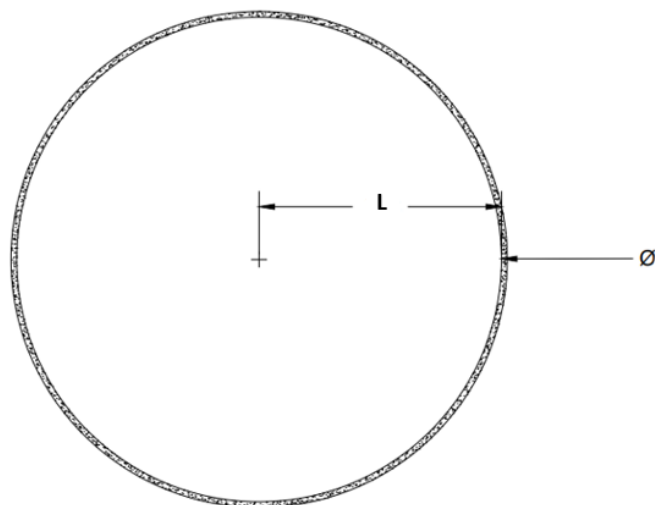


Ilustración 10. *Vista perfil sedimentador primario*

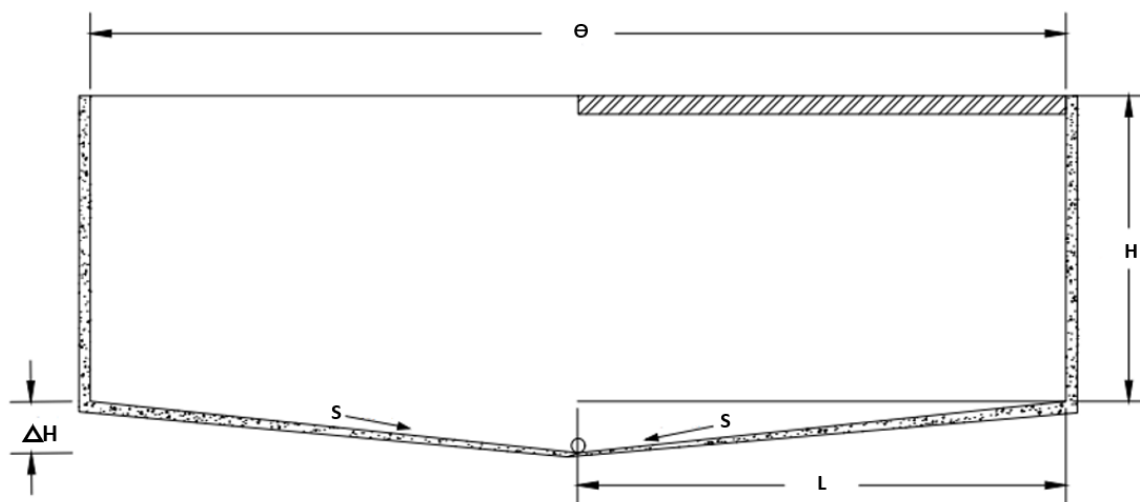
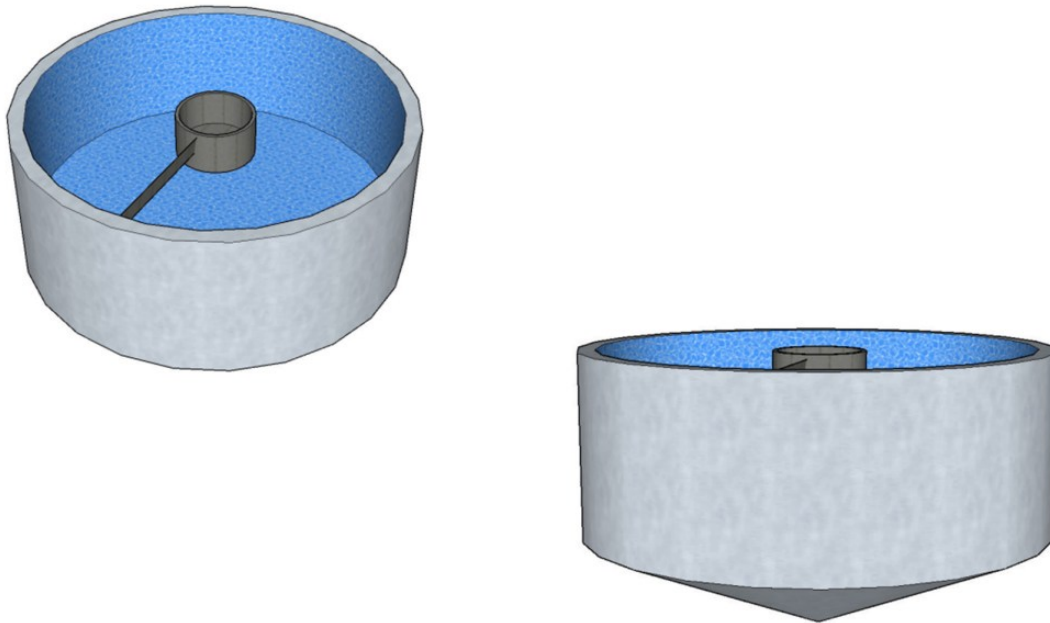


Ilustración 11. Diseño sedimentador primario 3D



Fase 3- Acompañamiento a muestreo y monitoreo de agua residual en campo

Se realizó dos acompañamientos a campo para realizar monitoreo y muestreo compuesto cada hora con toma de 25 alícuotas cada uno de aguas residuales domésticas que afectan al ecosistema, para posteriormente obtener análisis y resultados, y así determinar el diseño más óptimo en el tratamiento de agua residual.

Ilustración 12. Monitoreo y muestreo de agua residual





Es importante mencionar que se realizó un muestreo compuesto de agua residual doméstica, debido a que la composición del agua residual presentaba variaciones, por lo cual se requería la toma de muestras individuales (alícuotas), tomadas en intervalos de 1 hora, las muestras se recolectaron proporcionales al caudal y fueron mezcladas para formar una muestra total.

Para garantizar un buen muestreo y la seguridad del personal encargado de realizar el muestreo y monitoreo se hizo uso de elementos de protección personal, en los que se encontraba el uso de casco, botas de caucho o pantaneras, overol con cintas reflectivas, uso de capuchos para evitar picaduras y quemaduras solares, gafas de seguridad, tapabocas y guantes de nitrilo.

Ilustración 13. Toma de muestras y EPP



6. Conclusiones

La pasantía de apoyo en el área de saneamiento básico de la empresa PLANTAS Y TRATAMIENTO DE AGUA S.A.S. ha resultado en una serie de beneficios notables tanto para la empresa como para el pasante. El establecimiento de un programa de capacitación y concientización sobre el tratamiento de agua residual generara una mejora significativa en el conocimiento y habilidades del personal. Es importante resaltar que la implementación de dicho programa mejorará la comprensión y el desarrollo de prácticas necesarias y eficaces para su desempeño profesional diario, también se fortalecerá una cultura de trabajo en equipo.

El compromiso con la responsabilidad ambiental se ha convertido en un valor fundamental dentro de la empresa, donde se enfatizó en promover las buenas prácticas y conductas que reflejen una ética de sostenibilidad y respeto por medio del medio ambiente, beneficiando la imagen de la empresa, generando así mayores ventas y relaciones comerciales, entre otros.

Adicionalmente, se ha contribuido significativamente con el dimensionamiento de trenes de tratamiento de agua residual, optimizando los procesos y asegurando la eficiencia en el manejo de los recursos hídricos. Asimismo, el acompañamiento en la caracterización de agua residual ha proporcionado aprendizaje profesional, respecto a la toma de muestras y monitoreo de agua residual, permitiendo una mejora continua de los métodos de muestreo y el comportamiento de dichas aguas.

En conclusión, el cumplimiento de los objetivos propuestos ha fortalecido la capacidad de la empresa para gestionar de manera efectiva los recursos hídricos y asegurar un impacto positivo al medio ambiente. La experiencia adquirida durante la pasantía ha sido invaluable, no solo para el desarrollo profesional, sino que también ha aportado beneficios a la empresa y a la comunidad en general.

7. Recomendaciones

- Tener en cuenta la frecuencia de capacitación y verificar el éxito de las mismas por medio de los formatos suministrados.
- Realizar la construcción, operación y puesta en marcha de las estructuras que conforman el tren de tratamiento siguiendo los diseños y cálculos suministrados, con el fin de garantizar la eficiencia de la misma y reducir costos.
- Cumplir con los procesos y procedimientos de muestreo y monitoreo de agua residual establecidos por laboratorios certificados.

8. Bibliografía

- Ambiente Y Desarrollo Sostenible, M. DE. (2015). *RESOLUCIÓN 631 DE 2015*.
- AQUAE. (2021, December 12). *La importancia del agua en los seres vivos*.
<https://www.fundacionaquae.org/wiki/importancia-del-agua/>.
- Bustos Murillo, F. A., Pulido Aponte, Á. E., & Rivera Escobar, H. M. (2023). Tratamiento de aguas residuales en Colombia y sistemas bioelectroquímicos: usos y perspectivas. *Tecnura*, 27(76), 111–143. <https://doi.org/10.14483/22487638.19390>
- CONTYQUIM. (2022, January 11). *Importancia del tratamiento de aguas residuales*.
<https://contyquim.com/blog/importancia-del-tratamiento-de-aguas-residuales>.
- García Suárez, J., Diego, A., & Chalarca Rodríguez, A. (2023). *EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE SANEAMIENTO HÍDRICO DIRIGIDOS A LAS ZONAS RURALES DE LOS MUNICIPIOS DE LA JURISDICCIÓN DE CORANTIOQUIA*. www.udea.edu.co
- González, J. G. (2012). *Emergencia y perfiles del derecho universal de acceso al agua*.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=66531>.
- IDRICA. (2023, August 7). *La revolución tecnológica en las plantas de aguas residuales*.
<https://www.idrica.com/es/blog/revolucion-plantas-aguas-residuales/>.
- Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible*. (2015).
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>.
- Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of ecology: Odum, Eugene Pleasants, 1913-: Free Download, Borrow, and Streaming: Internet Archive*.
<https://archive.org/details/fundamentalsofec0000odum/page/N7/mode/2up>.
- OMS. (2024, March 22). OMS. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation?form=MG0AV3>.

Organización Mundial de la Salud. (2012, May 5). *Global costs and benefits of drinking-water supply and sanitation interventions to reach the MDG target and universal coverage.*

<https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HSE-WSH-12.01>.

Organización Mundial de la Salud. (2022, March 22). *Saneamiento.*

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>.

Pimentel, H. R. (2017, March 17). *Las aguas residuales y sus efectos contaminantes.*

<https://www.lagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>.

Rhoton, S. (2019). *Contaminación del Agua: Qué es, Fuentes, Consecuencias e Imágenes.*

<https://www.significados.com/contaminacion-del-agua/?form=MG0AV3>.

secretaria de ambiente. (2020, December 2). *Conoce qué es un vertimiento y cómo se clasifica.*

<https://www.ambientebogota.gov.co/historial-de-noticias/>

[/asset_publisher/vqEYxdh9mhVF/content/conoce-que-es-un-vertimiento-y-como-se-clasifica?form=MG0AV3](https://www.ambientebogota.gov.co/historial-de-noticias/-/asset_publisher/vqEYxdh9mhVF/content/conoce-que-es-un-vertimiento-y-como-se-clasifica?form=MG0AV3).

Toledo, A. (2002). *Dialnet-EIAguaEnMexicoYElMundo-2887484*.

TORRES, J. (2018). *EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE LAS ÁREAS RURALES COLOMBIANAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE FILTROS VERDES COMO TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL JESSICA ESTEPHANY TORRES FORERO UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERIA INGENIERIA CIVIL BOGOTÁ D.C. 2018.*

Vargas, A. K. N., Calderón, J., Velásquez, D., Castro, M., & Núñez, D. A. (2020). Biological system analysis for domestic wastewater treatment in Colombia. In *Revista chilena de ingeniería* (Vol. 28, Issue 2).

Vivienda, M. DE, & Territorio Informe De Rendición De Cuentas, C. Y. (2023). *MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO INFORME DE RENDICIÓN DE CUENTAS 2023*

INFORME DE RENDICIÓN DE CUENTAS 2023 Ministerio de Vivienda, Ciudad Y Territorio Del 1 de enero al 30 de septiembre de 2023.

https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/231117_informe-rendicion-de-cuentas-mvct-1.pdf

9. Anexos

Anexo 1. Proyección poblacional y Cálculo de caudales

Año	Aritmético	Geométrico	Exponencial	Promedio	Q _D	Q _i	Q _c	Q _{ins}	Q _{MD}	Gaines	PRUEBA F	QMH _F	Q _{INF}	Prueba Q _{INF}	Q _{CE}	Q _{DT}
2023	1695	1829	1823	1783	1.98	0.60	1.25	0.25	4.08	2.85	SI	11.65	1.5	BAJA	3	16.15
2024	1726	1880	1874	1827	2.03	0.60	1.25	0.25	4.13	2.85	SI	11.78	1.5	BAJA	3	16.28
2025	1757	1933	1926	1872	2.08	0.60	1.25	0.25	4.18	2.85	SI	11.91	1.5	BAJA	3	16.41
2026	1788	1987	1979	1918	2.13	0.60	1.25	0.25	4.23	2.85	SI	12.05	1.5	BAJA	3	16.55
2027	1819	2042	2035	1965	2.18	0.60	1.25	0.25	4.28	2.85	SI	12.19	1.5	BAJA	3	16.69
2028	1850	2099	2091	2014	2.24	0.60	1.25	0.25	4.34	2.84	SI	12.33	1.5	BAJA	3	16.83
2029	1881	2158	2149	2063	2.29	0.60	1.25	0.25	4.39	2.84	SI	12.48	1.5	BAJA	3	16.98
2030	1912	2218	2209	2113	2.35	0.60	1.25	0.25	4.45	2.84	SI	12.63	1.5	BAJA	3	17.13
2031	1942	2280	2271	2165	2.41	0.60	1.25	0.25	4.51	2.84	SI	12.78	1.5	BAJA	3	17.28
2032	1973	2344	2334	2217	2.46	0.60	1.25	0.25	4.56	2.83	SI	12.93	1.5	BAJA	3	17.43
2033	2004	2409	2399	2271	2.52	0.60	1.25	0.25	4.62	2.83	SI	13.09	1.5	BAJA	3	17.59
2034	2035	2476	2466	2326	2.58	0.60	1.25	0.25	4.68	2.83	SI	13.26	1.5	BAJA	3	17.76
2035	2066	2545	2535	2383	2.65	0.60	1.25	0.25	4.75	2.83	SI	13.42	1.5	BAJA	3	17.92
2036	2097	2616	2605	2440	2.71	0.60	1.25	0.25	4.81	2.83	SI	13.59	1.5	BAJA	3	18.09
2037	2128	2689	2678	2499	2.78	0.60	1.25	0.25	4.88	2.82	SI	13.77	1.5	BAJA	3	18.27
2038	2159	2764	2752	2559	2.84	0.90	1.25	0.25	5.24	2.81	SI	14.73	1.5	BAJA	3	19.23
2039	2190	2842	2829	2620	2.91	0.90	1.25	0.25	5.31	2.81	SI	14.91	1.5	BAJA	3	19.41
2040	2221	2921	2908	2684	2.98	0.90	1.25	0.25	5.38	2.81	SI	15.10	1.5	BAJA	3	19.60
2041	2252	3003	2989	2748	3.05	0.90	1.25	0.25	5.45	2.80	SI	15.29	1.5	BAJA	3	19.79
2042	2283	3087	3072	2814	3.13	0.90	1.25	0.25	5.53	2.80	SI	15.48	1.5	BAJA	3	19.98
2043	2314	3173	3158	2882	3.20	0.90	1.25	0.25	5.60	2.80	SI	15.68	1.5	BAJA	3	20.18
2044	2345	3261	3246	2951	3.28	0.90	1.25	0.25	5.68	2.80	SI	15.88	1.5	BAJA	3	20.38
2045	2376	3353	3336	3022	3.36	0.90	1.25	0.25	5.76	2.79	SI	16.08	1.5	BAJA	3	20.58
2046	2407	3446	3429	3094	3.44	0.90	1.25	0.25	5.84	2.79	SI	16.30	1.5	BAJA	3	20.80
2047	2438	3543	3524	3168	3.52	0.90	1.25	0.25	5.92	2.79	SI	16.51	1.5	BAJA	3	21.01
2048	2469	3642	3622	3244	3.60	0.90	1.25	0.25	6.00	2.79	SI	16.73	1.5	BAJA	3	21.23
					Q _{min}				Q _{med}							Q _{max}

Anexo 2. Dimensiones Canaleta Parshall

	Datos	Unidad
Q máximo	21.23	L/s
	0.02123	m ³ /s
W	7.6	cm
K	0.176	m
n	1.547	n
Hmax	0.25	m

Anexo 3. Dimensiones Desarenador

	l/s	m ³ /s
Qmax	21.23	0.0212321
Qmed	6.00	0.0060048
Qmin	3.60	0.0036048

Dimensiones del desarenador	Valor	Unidad
Altura Máxima de lámina de agua (H)	0.2	m
Ancho del desarenador (b)	0.35	m
Velocidad del flujo (V)	0.3	m/s
Longitud del desarenador (L)	5	m
Área longitudinal (A)	1.77	m ²
Estimación de material retenido (q)	0.04	m ³ /dia
Frecuencia de limpieza (t)	7	dias
Profundidad útil deposito inferior de arena (p)	0.15	m

Anexo 4. Dimensiones Sedimentador Primario

Datos		
	21.23	L/s
Q	0.02123	m ³ /s
	1834.5	m ³ /dia
	76.4	m ³ /hr
CHS	32	m ³ /m ² -dia
TR	2	horas
Área del sedimentador (A)		
	57.327	m ³
Diámetro del sedimentador (θ)		
	8.543	m
Volumen del sedimentador (V)		
	152.871	m ³
Profundidad del sedimentador (H)		
	2.667	m
Profundidad de lodos (ΔH)		
	0.45	m
Radio (L)		
	4.272	m
Pendiente (S)		
	10.53	%