



**Apoyo a la elaboración del diseño y ejecución de obra de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales domesticas (PTARD) – Vereda las Cruces, resguardo indígena de Ipiales – Grupo étnico los Pastos**

Miguel Eduardo Tobar Melo

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Civil

Asesor

Alejandro de Jesús Molina González, Especialista en Gerencia de Proyectos

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Civil  
Medellín, Antioquia, Colombia  
2023

---

Cita	(Tobar Melo, 2022)
<b>Referencia</b> <b>Estilo APA 7 (2020)</b>	Tobar Melo, M. E. (2022). <i>Apoyo a la Elaboración del Diseño y Ejecución de Obra de Alcantarillado Sanitario Y Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Domesticas (PTARD) – Vereda Las Cruces, Resguardo Indígena De Ipiales – Grupo Étnico Los</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

---



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Jesús Francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** Diana Catalina Rodríguez Loaiza.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

### **Dedicatoria**

Por ser el apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera y a lo largo de mi vida, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, por ser mi inspiración para seguir adelante.

El esfuerzo y las metas alcanzadas, refleja la dedicación, el amor, la paciencia que siempre los caracterizó.

Gracias a mis padres soy quien soy, es un orgullo y privilegio ser su hijo, son los mejores padres.

### **Agradecimientos**

Agradezco a mi familia, amigos, maestros, que de alguna manera estuvieron conmigo en cada uno de los procesos, en las alegrías y en las dificultades, por su confianza y por su esfuerzo. No tengo palabras para agradecer las incontables veces que me brindaron su apoyo.

---

---

## Tabla de contenido

Resumen .....	8
Abstract .....	9
Introducción .....	10
1 Objetivos .....	12
1.1 Objetivo general .....	12
1.2 Objetivos específicos.....	12
2 Marco teórico.....	13
2.1 Alcantarillado:.....	13
2.1.1 Tipos de alcantarillado .....	14
2.2 Sistema de recolección y transporte de aguas residuales y/o lluvias: .....	15
2.2.1 Sistema de tratamiento de aguas residuales: .....	15
2.3 Elementos básicos para la selección del tipo de sistema de recolección y transporte de aguas residuales y/o lluvias:.....	18
2.4 Consideraciones técnicas generales de las redes de alcantarillado .....	19
2.4.1 Contribución de aguas residuales domesticas (QD):.....	19
2.4.2 Caudal medio diario (QMD):.....	20
2.4.3 Factor de mayoración (F):.....	20
2.4.4 Caudal máximo horario (QMH):.....	20
2.4.5 Caudal conexiones erradas (QCE): .....	21
2.4.6 Infiltración (QINF):.....	21
2.4.7 Caudal de diseño residual (QDT):.....	22
2.4.8 Estimación de población: .....	23
2.4.9 Periodo de diseño: .....	23
2.5 Cálculo del consumo: .....	24

---

2.5.1	Consumo neto (CN): .....	24
2.5.2	Dotación neta máxima:.....	24
2.5.3	Dotación bruta (DB):.....	25
2.5.4	Coeficiente de escorrentía: .....	25
2.5.5	Periodo de retorno: .....	26
2.5.6	Tiempo de concertación: .....	26
2.5.7	Intensidad de aguacero: .....	27
2.5.8	Aguas de infiltración: .....	27
2.5.9	Aguas de conexiones erradas: .....	27
2.5.10	Densidad de vivienda (Habitantes) y Urbanística (Viv/has):.....	27
2.5.11	Aporte de aguas industriales (Lps/Has): .....	28
2.5.12	Aporte de aguas comerciales (Lps/Has):.....	28
2.6	PTARD:.....	29
2.6.1	Características de las aguas residuales:.....	30
2.6.2	Procesos de tratamiento:.....	31
2.6.3	Equipos y sistemas: .....	32
2.6.4	Normativa y Regulación: .....	33
3	Metodología.....	37
3.1	Estudio y contextualización del Proyecto (alcantarillado y PTARD):.....	37
3.2	Estudio paquete técnico e información suministrada por el cabildo indígena: .....	38
3.2.1	Datos iniciales del proyecto (alcantarillado y PTARD):.....	38
3.2.2	Estudio de suelos:.....	40
3.2.3	Memoria de Calculo PTARD:.....	42
3.3	Permisos de Servidumbre:.....	42
3.3.1	Identificación del predio: .....	43

---

3.3.2	Investigación de los requerimientos legales:.....	44
3.3.3	Evaluación de las servidumbres existentes: .....	44
3.3.4	Identificar los titulares de servidumbre: .....	44
3.3.5	Identificar los requisitos de acceso: .....	45
3.4	Permisos Ambientales: .....	45
3.5	Reglamento técnico .....	46
3.5.1	Norma NTC 1500:.....	47
3.5.2	Norma NTC 1542:.....	47
3.5.3	Norma NTC 1564:.....	47
3.5.4	Norma NTC 1565:.....	47
3.5.5	Norma NTC 1580:.....	48
4	Análisis y Resultados.....	49
4.1	Planificación:.....	50
4.1.1	Evaluación de las necesidades: .....	50
4.1.2	Diseño del sistema:.....	51
4.1.3	Costos y financiamiento:.....	59
4.1.4	Planificación de la construcción:.....	65
5	Anexo.....	66
6	Conclusiones .....	67
7	Recomendaciones .....	68
8	Referencias.....	69

## Resumen

La cobertura de servicios públicos domiciliarios, influye directamente en la calidad de vida de la población, la limitación de la infraestructura del servicio de alcantarillado y la falta de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas en el sector rural – vereda las Cruces del Municipio de Ipiales, requiere de una intervención a corto y mediano plazo, de tal manera que se garantice condiciones de calidad y eficiencia en el sistema de alcantarillado.

Con la implementación de la red de alcantarillado y PTARD se espera reducir el alto número de pozos sépticos y letrinas aledañas a los afluentes de agua, mejorando la conducción de aguas servidas y su tratamiento, además de disminuir las enfermedades de tipo respiratorias, visuales, cutáneas, gastrointestinales, entre otras con lo que se espera mejorar las condiciones de vida de los hogares en la vereda las Cruces.

En este contexto, se realiza el diseño de la red de alcantarillado y PTARD con su respectivo presupuesto general de obra, para los componentes hidráulicos y estructurales del proyecto que cuenten con requerimientos técnicos y de viabilidad para el sector.

*Palabras clave:* servicios públicos domiciliarios, alcantarillado, efluentes de agua, aguas servidas

### **Abstract**

The coverage of home public services directly influences the quality of life of the population, the limitation of the sewage service infrastructure and the lack of a domestic wastewater treatment plant in the rural sector - Las Cruces village of the Municipality of Ipiales, requires an intervention in the short and medium term, in such a way that quality and efficiency conditions are guaranteed in the sewage system.

With the implementation of the sewerage network and PTARD, it is expected to reduce the high number of septic tanks and latrines adjacent to the water tributaries, improving the conduction of sewage and its treatment, in addition to reducing respiratory, visual, and skin diseases. , gastrointestinal, among others, with which it is expected to improve the living conditions of households in the village of Las Cruces.

In this context, the design of the sewerage network and PTARD is carried out with its respective general work budget, for the hydraulic and structural components of the project that have technical and feasibility requirements for the sector.

*Keywords:* home public services, sewerage, water effluents, sewage

---

## Introducción

El presente proyecto tiene como propósito, “la elaboración del diseño y ejecución de obra de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales domesticas (PTARD) – vereda las cruces, puesto que actualmente se carece de un sistema de alcantarillado en esta vereda por tanto la gran parte de la comunidad vierte las aguas de uso doméstico en las calles y además hacen uso de letrinas hechas manualmente, contaminando directamente los mantos acuíferos que suministran de agua a sus aljibes los que son usados para el consumo y abastecimiento diario de agua.

Según el RAS 2000 los pozos sépticos deben estar a una distancia mínima de 15 metros de los cuerpos de agua naturales, pero en muchas viviendas de esta vereda la distancia entre un pozo séptico y un aljibe puede ser menor a los cinco (5) metros, lo cual es muy perjudicial puesto que el agua que se utiliza para consumo humano está contaminada con microorganismo *E-Coli*, coliformes totales, en cualquier concentración trayendo como consecuencia enfermedades gastrointestinales entre la población, especialmente la infantil. Por resolución número 330 de 2017 se establece garantizar la calidad de la prestación de los servicios, lograr la atención prioritaria de las necesidades básicas insatisfechas en materia de agua potable y saneamiento básico y su planeación, economía, celeridad, transparencia, eficacia, imparcialidad, oportunidad, publicidad y responsabilidad en la contratación de la obra y de actividades de operación y mantenimiento además la resolución 799 de 2021 plantea solucionar las carencias de los servicios de agua potable, recolección y evacuación de aguas residuales y ausencia de manejo de los residuos sólidos por inexistencia de la infraestructura física necesaria y solucionar el problema de salud pública con la ejecución de un proyecto de agua potable y/o saneamiento básico. Por resolución 0631 del 2015, exige mejorar la calidad del vertimiento de sistemas de alcantarillado mediante PTARD para generar y satisfacer de un ambiente sano de los habitantes directamente afectados y además ayudar en la protección de la biodiversidad e integridad del medio ambiente mediante un aprovechamiento racional de los recursos naturales.

Existen otras normas y regulaciones que pueden ser aplicables a la construcción de alcantarillado en zonas rurales, como el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, la Ley 142 de 1994 sobre los servicios públicos domiciliarios, y

las normas técnicas sectoriales del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Sin embargo, Como se menciona anteriormente, las resoluciones 330 de 2017, 799 de 2021, 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ras 2000 establecen los parámetros y requisitos técnicos que deben cumplir los sistemas de alcantarillado en zonas rurales del país.

De modo que se ha asignado como parte del equipo de ingenieros la tarea de apoyar y acompañar los estudios previos, elaboración de diseño, presupuesto y cualquier otra actividad relacionada al proyecto.

## **1      Objetivos**

### **1.1   Objetivo general**

Disminuir la contaminación de afluentes de agua y/o mantos acuíferos, mediante la construcción de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales domesticas (PTARD) en la vereda las Cruces del municipio de Ipiales, departamento de Nariño.

### **1.2   Objetivos específicos**

- Determinar la línea base, para el trabajo de campo en zona de influencia del proyecto y caracterización de la población potencialmente beneficiaria del alcantarillado y PTAR.
- Revisar levantamiento topográfico, materialización de puntos de control de posicionamiento global geodésico autorizados por el IGAC (PLACAS TOPOGRÁFICAS), para la realización del diseño de la red de alcantarillado y PTARD.
- Proponer el Diseño hidráulico y estructural del sistema de cribado, tanque de igualación y de todas las estructuras y componentes del sistema de tratamiento, lo cual debe incluir: sistema de tratamiento primario, secundario, tratamiento de lodos y zonas administrativas, bodegas, laboratorio, cerramiento, acondicionamiento del terreno, instalaciones eléctricas e hidrosanitarias.

---

## 2 Marco teórico

### 2.1 Alcantarillado:

Según las normas colombianas, el alcantarillado es el conjunto de estructuras, equipos y tecnologías destinadas a la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales generadas por las actividades humanas.

Se compone de tuberías, pozos de inspección y otros elementos que conforman una red de recolección y transporte de aguas residuales. Puede ser sanitario (solo aguas residuales domésticas) o combinado (aguas residuales y pluviales), y puede estar diseñado para transportar el agua gravitacionalmente o mediante bombeo. El alcantarillado es fundamental para garantizar la higiene y salud pública, ya que evita la acumulación de aguas residuales y previene la contaminación del ambiente. La construcción y mantenimiento del alcantarillado en Colombia está regulado por normativas y resoluciones emitidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y otras entidades competentes. Es complementado por instalaciones de alcantarillado pluvial para manejar las aguas lluvias, evitando inundaciones y afectaciones a la infraestructura urbana, la gestión adecuada del alcantarillado en Colombia puede reducir el riesgo de enfermedades relacionadas con el agua y mejorar la calidad de vida de la población, la falta de alcantarillado adecuado es un problema común en áreas rurales y de bajos ingresos en Colombia, lo que puede generar contaminación del agua y del suelo.

El alcantarillado tiene como objetivo principal proteger la salud pública y el medio ambiente al evitar la contaminación de los cuerpos de agua y los suelos por aguas residuales no tratadas. Además, permite la recuperación y reutilización de los recursos hídricos tratados para usos no potables como riego, lavado de vehículos, entre otros.

Es una solución técnica y social que requiere de la participación activa y compromiso de los actores relevantes, incluyendo comunidades, autoridades locales y entidades del sector de agua y saneamiento.

En Colombia, el alcantarillado está regulado por diversas normas y regulaciones que establecen los requisitos técnicos y ambientales para su diseño, construcción, operación y mantenimiento. Estas normas buscan garantizar la adecuada prestación del servicio de alcantarillado a la población, y la protección del medio ambiente y la salud pública.

La educación y concientización de la población acerca del uso adecuado del alcantarillado es importante para su correcto funcionamiento y prolongación de su vida útil.

### **2.1.1 Tipos de alcantarillado**

**2.1.1.1 Alcantarillado convencional:** Sistemas tradicionales que se usan para la recolección y transporte de las aguas residuales. Medina y Hernández (2018), resaltan que, se utilizan en poblaciones de alta densidad que utilizan un sistema más complejo, ya que sus redes están combinando diferentes desechos como industriales, comerciales, institucionales y domésticos, que requieren un tratamiento con equipos especializados y diseñados para la eliminación de los contaminantes.

Los sistemas de alcantarillado tradicionales se pueden dividir en:

- Alcantarillado separado: un sistema para administrar los recursos hídricos separando el agua de lluvia de las aguas residuales.
- Alcantarillado Sanitario: Permite la recolección de aguas residuales domiciliarias, comerciales, industriales e institucionales.

Sistema que permite la recogida de escurrimientos domiciliarios y viales.

**2.1.1.2 Alcantarillado No Convencional:** Sistemas que se emplean cuando los métodos tradicionales no se pueden poner en práctica debido a la tecnología utilizada, la falta de recursos o la infraestructura local, a través de un tanque interceptor presurizado, los desechos se evacúan sin arrastrar sólidos ni sedimentos.

Las alcantarillas de condominio se utilizan en áreas escasamente pobladas y no necesitan un sistema sofisticado para liberar el agua.

El alcantarillado simplificado es un sistema que tiene los mismos requisitos que un sistema convencional, pero está destinado a disminuir variables tales como diámetros, separaciones entre sistemas tradicionales y requisitos de mantenimiento.

Alcantarillado por Presión: (SAP) aprovecha la fuerza proporcionada por las bombas para mover las aguas residuales a través de una red de tuberías a presión desde los cajones dentro de cada vivienda hasta el lugar de su tratamiento.

Alcantarillado por Vacío: Sistema basado en válvula de vacío que viaja por gravedad a una cámara colectora. La válvula se abre cuando el agua sobrante alcanza un determinado nivel, forzando el contenido hacia la red bajo presión. (Medina y Hernández, 2018)

**2.2 Sistema de recolección y transporte de aguas residuales y/o lluvias:** Uno de los grandes problemas de la sociedad colombiana actual, son las aguas residuales, esto se debe a que en gran parte del territorio no se cuenta con un tratamiento adecuado para estas aguas, En Colombia el porcentaje de las aguas residuales tratadas es del 52 %, según datos oficiales. Actualmente en el país se generan 2.126 millones de metros cúbicos de aguas residuales municipales al año y se estima que a 2050 se generarán 2.765 millones de metros cúbicos de aguas residuales. (Colprensa, 2022)

Por tanto, se están vertiendo en cuerpos receptores como ríos, lagunas y humedales, lo que afecta su ciclo biológico, físico y químico. Preocupado por esta situación, el gobierno colombiano presentó el plan nacional de manejo de aguas residuales 2020-2050, el cual es un documento de Política, mediante el cual se define la hoja de ruta que permita orientar la política pública y las acciones de las instituciones del sector para avanzar con el manejo de las aguas residuales municipales en Colombia a 2050, a través de la definición de estrategias de tipo normativo y regulatorio, institucional, financiero, y priorización de las inversiones requeridas para reducir la contaminación de las fuentes receptoras, con criterios de sostenibilidad técnica, ambiental, social y financiera y con enfoque de economía circular. (Minvivienda 2022)

Para tal propósito se han desarrollado varias alternativas de tratamiento de aguas residuales, a través de tiempo, que se han ido complementando, de acuerdo a la necesidad, al tipo de agua, del número de población, etc., muchas veces aplicando varios tipos de tratamientos, en una sola planta.

**2.2.1 Sistema de tratamiento de aguas residuales:** Se conoce como proceso de depuración, que tiene el objetivo de remover contaminación del agua, por lo general se descontamina de manera natural, pero esto lleva mucho tiempo. Existen varios niveles de tratamiento, a saber; pretratamiento, tratamiento primario, secundario, avanzado y otros tratamientos que se pueden usar después de ellos.

**2.2.1.1 Pretratamiento:** Es la primera etapa del proceso de tratamiento de aguas residuales, donde se llevan a cabo las operaciones de eliminación de materiales y sólidos gruesos que no se disuelven en el agua residual, con el fin de proteger los equipos y sistemas de tratamiento posteriores, así como también evitar obstrucciones y daños en las tuberías y equipos.

El pretratamiento puede incluir varias operaciones, entre las que se encuentran:

- **Rejillas:** son elementos de filtrado que se utilizan para eliminar los sólidos gruesos, como palos, hojas, plásticos, entre otros, que se encuentran en el agua residual. Las rejillas se colocan en la entrada de los tanques o tuberías de entrada a la planta de tratamiento y retienen los materiales gruesos que pueden causar obstrucciones.
- **Desarenadores:** son sistemas de separación que se utilizan para separar y eliminar la arena y otros materiales abrasivos que puedan causar daños en las tuberías y equipos de la planta de tratamiento.
- **Desengrasadores:** son sistemas de separación que se utilizan para eliminar los aceites y grasas que se encuentran en el agua residual y que pueden causar obstrucciones en los equipos y sistemas de tratamiento.
- **Trampas de sólidos:** son sistemas que se utilizan para separar los sólidos sedimentables del agua residual, como gravilla y arena, que se depositan en la parte inferior de la trampa, mientras que el agua residual sale por la parte superior.

Estas operaciones pueden realizarse de manera manual o automática, dependiendo del tamaño de la planta de tratamiento y la cantidad de agua residual que se procesa. El pretratamiento es esencial para la eficiente operación del sistema de tratamiento de aguas residuales y la protección de los equipos y sistemas de tratamiento posteriores.

**2.2.1.2 Tratamiento primario:** Es la primera etapa del proceso de tratamiento, donde se eliminan los sólidos sedimentables y flotantes de las aguas residuales mediante procesos físicos de separación. Estos sólidos pueden ser arena, grava, piedras, materia orgánica, grasas, aceites, etc.

Los procesos físicos de separación que se utilizan en el tratamiento primario son la sedimentación y la flotación. En la sedimentación, las partículas más pesadas se asientan en el fondo de los tanques de sedimentación debido a la fuerza de la gravedad. En la flotación, las partículas más livianas se separan del agua por la acción de burbujas de aire que se hacen pasar por el agua.

El tratamiento primario se lleva a cabo en tanques de sedimentación o flotación, donde el agua residual se deja reposar por un período de tiempo para que los sólidos sedimentables se depositen en el fondo y las grasas y aceites floten en la superficie. Los sólidos sedimentados se

eliminan periódicamente del fondo del tanque y las grasas y aceites se separan de la superficie del agua y se eliminan.

El tratamiento primario no elimina todos los contaminantes presentes en las aguas residuales, pero sí reduce significativamente la carga orgánica y la cantidad de sólidos en suspensión en el agua. Los sólidos sedimentables y flotantes eliminados en esta etapa se llaman lodos primarios y son enviados a procesos de tratamiento secundario para su estabilización y disposición final.

**2.2.1.3 Tratamiento Secundario:** Es la segunda etapa del proceso de tratamiento, donde se eliminan los contaminantes orgánicos disueltos y los sólidos suspendidos que no fueron eliminados en la etapa de tratamiento primario. Para ello, se utilizan procesos biológicos que involucran la actividad de microorganismos que degradan la materia orgánica presente en el agua residual.

Los procesos biológicos que se utilizan en el tratamiento secundario son la biodegradación aerobia y anaerobia. La biodegradación aerobia se lleva a cabo en tanques de aireación, donde se proporciona oxígeno a las aguas residuales para estimular la actividad de microorganismos aerobios que degradan la materia orgánica. La biodegradación anaerobia se lleva a cabo en tanques sin aireación, donde se produce la degradación de la materia orgánica por microorganismos anaerobios que no requieren oxígeno para su actividad.

El tratamiento secundario se lleva a cabo en sistemas de lodos activados, lagunas de estabilización, lechos de filtración, entre otros sistemas. En los sistemas de lodos activados, el agua residual y los lodos activados se mezclan en un tanque de aireación, donde los microorganismos aerobios degradan la materia orgánica. Los lodos activados son el resultado de la concentración de los microorganismos que se utilizan en el tratamiento.

En las lagunas de estabilización, el agua residual se almacena en una laguna poco profunda donde se produce la biodegradación aerobia de la materia orgánica. Los lechos de filtración son sistemas que utilizan capas de arena o grava para filtrar y tratar las aguas residuales mediante la biodegradación aerobia de la materia orgánica.

Una vez que se ha llevado a cabo el tratamiento secundario, el agua residual ha alcanzado un nivel de calidad suficiente para su descarga al ambiente natural, aunque a menudo se requiere de etapas adicionales de tratamiento, como el tratamiento terciario, para eliminar contaminantes adicionales y garantizar la calidad del agua tratada antes de su descarga al ambiente natural.

**2.2.1.4 Tratamiento Terciario:** Es la última etapa en el proceso de tratamiento de aguas residuales y se lleva a cabo después del tratamiento primario y secundario. Esta etapa tiene como objetivo final eliminar los contaminantes que todavía están presentes en el agua después de las etapas anteriores, para producir agua tratada de alta calidad que puede ser reutilizada para diversos fines, como la irrigación de cultivos, la recarga de acuíferos, el riego de áreas verdes, entre otros.

El tratamiento terciario puede incluir varias operaciones, algunas de las cuales son:

- **Filtración de membranas:** es un proceso de separación que utiliza membranas para eliminar los sólidos disueltos, los microorganismos y los virus del agua residual. La filtración de membranas se utiliza para producir agua de alta calidad que puede ser reutilizada.
- **Desinfección:** es un proceso que utiliza productos químicos como el cloro, el ozono o la radiación ultravioleta (UV) para matar los microorganismos y virus que todavía están presentes en el agua después del tratamiento secundario. La desinfección es esencial para garantizar que el agua tratada sea segura para su reutilización.
- **Eliminación de nutrientes:** es un proceso que se utiliza para eliminar los nutrientes como el nitrógeno y el fósforo que todavía están presentes en el agua después del tratamiento secundario. Estos nutrientes pueden ser perjudiciales para el medio ambiente si se liberan en grandes cantidades, por lo que se deben eliminar antes de que el agua sea reutilizada.

El tratamiento terciario puede ser necesario en casos en los que se requiere una calidad de agua tratada muy alta para su reutilización en ciertas aplicaciones, como la agricultura, la industria o la recarga de acuíferos. Además, también puede ser necesario en lugares donde hay escasez de agua y se busca maximizar su uso eficiente.

**2.3 Elementos básicos para la selección del tipo de sistema de recolección y transporte de aguas residuales y/o lluvias:** De acuerdo a la Resolución 330 de 2017 (Minvivienda, 2017) para diseñar sistemas de alcantarillado de aguas residuales y lluvias, se debe seleccionar el sistema más apropiado con los elementos mínimos como son:

- Las proyecciones de población.
- Los planes de ordenamiento territorial.

- 
- Las poblaciones de saturación y densidades de población.
  - Los consumos de agua potable y las curvas de demanda de éste a lo largo del día.
  - Las características hidrológicas de la zona.
  - Las características de las quebradas, ríos, etc. que puedan ser utilizados como receptores de las descargas de los aliviaderos.
  - Los aspectos socioeconómicos y socioculturales del municipio.
  - Los aspectos institucionales.
  - Infraestructura de redes y vías existentes y proyectadas.
  - La capacidad de las redes de alcantarillado existentes ante condiciones iniciales de operación y ante la proyección futura.

## **2.4 Consideraciones técnicas generales de las redes de alcantarillado**

**2.4.1 Contribución de aguas residuales domésticas (QD):** Las contribuciones de aguas residuales domésticas se refieren a los contaminantes que se generan en las viviendas, edificaciones y estructuras similares, y que se descargan a los sistemas de alcantarillado. Estos contaminantes provienen de diversas fuentes, como el agua utilizada para la limpieza, el lavado de ropa, la cocina y el baño, entre otros.

Entre las contribuciones de aguas residuales domésticas más comunes se encuentran:

- Aguas negras: son las aguas residuales generadas en los baños, que contienen materia fecal, orina y papel higiénico.
- Aguas grises: son las aguas residuales generadas en la cocina, el lavado de ropa y la limpieza de la casa, que contienen restos de alimentos, grasas, jabones, detergentes y otros productos químicos.
- Aguas pluviales: son las aguas de lluvia que se infiltran en el sistema de alcantarillado y pueden transportar contaminantes del entorno urbano, como aceites, metales y otros materiales.

Es importante tener en cuenta que las contribuciones de aguas residuales domésticas pueden variar dependiendo del tamaño de la vivienda, la cantidad de personas que la habitan, el tipo de instalaciones sanitarias y la calidad del agua utilizada.

**2.4.2 Caudal medio diario (QMD):** Los caudales medios diarios son una medida del volumen de agua que fluye a través de un punto determinado en un período de 24 horas, y son utilizados para el diseño y dimensionamiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales, Son una medida de la cantidad de agua que se está vertiendo en un punto determinado y son un factor clave en el diseño y dimensionamiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Además, la resolución 631 de 2015 establece los límites máximos permisibles para los contaminantes presentes en los vertimientos de aguas residuales, los cuales varían según el uso del cuerpo receptor y la calidad del agua en el punto de vertimiento.

**2.4.3 Factor de mayoración (F):** El factor de mayoración para alcantarillado es un valor que se utiliza en el diseño de sistemas de alcantarillado sanitario para estimar el caudal máximo de aguas residuales que se producirá en una zona determinada, se aplica sobre el caudal promedio diario de aguas residuales que se estima para la población servida y se utiliza para calcular el caudal máximo horario o diario que deberá ser transportado por el sistema de alcantarillado.

El factor de mayoración se utiliza para tener en cuenta los picos de caudal que se producen en momentos de mayor demanda, como en horas pico, días de fiesta, eventos especiales, entre otros. Estos picos pueden aumentar significativamente el caudal de aguas residuales producido y, por lo tanto, deben ser considerados en el diseño del sistema de alcantarillado para garantizar su capacidad suficiente para transportar los caudales máximos.

Este factor varía dependiendo de la zona geográfica, la población servida, el tipo de edificaciones y otros factores que puedan afectar la producción de aguas residuales. En Colombia, el factor de mayoración para alcantarillado está establecido por la norma técnica colombiana NTC 1500, que establece los criterios para el diseño y construcción de sistemas de alcantarillado sanitario.

**2.4.4 Caudal máximo horario (QMH):** Es una medida del flujo máximo de agua que se espera que se produzca durante una hora determinada en un sistema de alcantarillado o tratamiento de aguas residuales.

Esta medida se utiliza en el diseño y dimensionamiento de las infraestructuras de tratamiento de aguas residuales y en la evaluación de su capacidad para manejar picos de flujo en el sistema, se realiza mediante la aplicación de factores de corrección a los caudales medios diarios. Estos factores de corrección se basan en la estimación de la variabilidad del caudal

durante el día, y se calculan a partir de la relación entre el caudal máximo y el caudal medio diario. La resolución establece diferentes factores de corrección según la zona climática y el tipo de actividad que genera las aguas residuales.

El caudal máximo horario permite garantizar que la infraestructura tenga la capacidad suficiente para manejar los picos de caudal en el sistema. Además, la resolución 631 de 2015 establece límites máximos permisibles para los contaminantes presentes en los vertimientos de aguas residuales, los cuales varían según el uso del cuerpo receptor y la calidad del agua en el punto de vertimiento.

**2.4.5 Caudal conexiones erradas (QCE):** Se refiere al caudal de agua residual que ingresa al sistema de alcantarillado de manera ilegal, a través de conexiones que no cumplen con las normas y reglamentaciones establecidas. Estas conexiones pueden incluir descargas de aguas residuales industriales, de sistemas de riego o de otros sistemas que no deberían estar conectados al sistema de alcantarillado, para calcular el caudal de conexiones erradas, se pueden utilizar técnicas de medición y monitoreo del caudal de agua en diferentes puntos del sistema de alcantarillado. Por ejemplo, se pueden utilizar medidores de caudal instalados en diferentes puntos del sistema para determinar el caudal total que entra al sistema y compararlo con el caudal de agua residual que se espera que ingrese al sistema a partir de las fuentes conocidas (como las conexiones de los usuarios autorizados).

**2.4.6 Infiltración (QINF):** Es el caudal de agua que ingresa al sistema de alcantarillado a través de la infiltración desde el suelo circundante. Este caudal se debe medir y tener en cuenta en los diseños y cálculos del sistema de alcantarillado. Se establece una metodología para calcular el caudal de infiltración, que se basa en la medición del caudal de entrada al sistema de alcantarillado y la estimación del caudal de aguas residuales domésticas y comerciales. El caudal de infiltración se calcula como la diferencia entre el caudal de entrada al sistema y el caudal estimado de aguas residuales domésticas y comerciales.

Para realizar este cálculo, se deben seguir los siguientes pasos:

- Medir el caudal de entrada al sistema de alcantarillado en un punto de control.
- Estimar el caudal de aguas residuales domésticas y comerciales en función del número de usuarios y el consumo de agua.
- Calcular el caudal de infiltración restando el caudal estimado de aguas residuales del caudal de entrada al sistema.

**2.4.7 Caudal de diseño residual (QDT):** Es el caudal que se utiliza en el diseño de un sistema de alcantarillado después de haber tenido en cuenta todas las contribuciones conocidas, incluyendo las contribuciones de aguas residuales domésticas, comerciales e industriales, la infiltración y el caudal de lluvia.

Para el calcular del caudal de diseño residual se usa una serie de factores que deben ser considerados tale como:

- La población servida por el sistema de alcantarillado.
- Las actividades económicas y comerciales en la zona servida por el sistema de alcantarillado.
- El tipo de suelo y las condiciones hidrológicas de la zona.
- Los caudales de infiltración y el caudal de lluvia.

Para calcular el caudal de diseño residual, se deben seguir los siguientes pasos:

- Determinar la población y las actividades económicas y comerciales en la zona servida por el sistema de alcantarillado.
- Estimar el caudal de aguas residuales domésticas y comerciales en función del número de usuarios y el consumo de agua.
- Estimar el caudal de aguas residuales industriales, si corresponde.
- Calcular el caudal de infiltración utilizando la metodología establecida en la norma colombiana.
- Estimar el caudal de lluvia utilizando datos históricos de precipitación para la zona.
- Calcular el caudal de diseño residual sumando todos los caudales estimados y restando el caudal de infiltración y el caudal de lluvia.

El caudal de diseño residual es una estimación y puede variar según las condiciones hidrológicas y las contribuciones de aguas residuales en el área servida por el sistema de alcantarillado.

**2.4.8 Estimación de población:** La norma colombiana establece una metodología para calcular la población de diseño de un sistema de alcantarillado, que se basa en una serie de factores demográficos y socioeconómicos.

El cálculo de la población de diseño se realiza en dos etapas: la primera consiste en estimar la población actual de la zona servida por el sistema de alcantarillado, mientras que la segunda se enfoca en proyectar la población futura de la zona.

Para estimar la población actual de la zona, se pueden utilizar diferentes fuentes de información, como censos poblacionales, registros de servicios públicos, y estimaciones de población basadas en datos de la vivienda. En este proceso, se deben tener en cuenta las características de la zona, como la densidad de población, el crecimiento poblacional y las actividades económicas.

Una vez obtenida la población actual, se proyecta la población futura de la zona utilizando factores demográficos y socioeconómicos, como la tasa de crecimiento poblacional, la edad promedio de la población y la actividad económica en la zona. Estos factores se basan en estadísticas históricas y proyecciones de población a nivel regional y nacional.

En el caso de áreas rurales, donde puede ser difícil obtener información precisa sobre la población, se pueden utilizar técnicas de muestreo y encuestas para estimar la población actual y futura de la zona.

**2.4.9 Periodo de diseño:** Es el tiempo en el que se espera que el sistema de alcantarillado opere de manera eficiente y eficaz. Este periodo se utiliza para determinar la capacidad del alcantarillado, el tamaño de las tuberías y otros elementos del sistema, la norma colombiana establece un periodo de diseño mínimo de 20 años para el alcantarillado, aunque en algunos casos se puede considerar un periodo de diseño de hasta 50 años, dependiendo de las condiciones locales y de la inversión que se quiera realizar, durante este periodo de diseño, se espera que el sistema pueda manejar los caudales de aguas residuales producidos por la población. Es decir, se busca que el sistema tenga la capacidad suficiente para transportar las aguas residuales generadas por la población en el periodo de diseño sin desbordamientos ni obstrucciones.

El periodo de diseño también es importante para determinar el costo del proyecto y los beneficios que se obtendrán en relación con la inversión realizada. Además, el periodo de diseño

se utiliza para evaluar la vida útil del sistema de alcantarillado y para planificar el mantenimiento y la renovación del mismo en el futuro.

**2.5 Cálculo del consumo:** Es un proceso que permite estimar la cantidad de agua que se utilizará en una vivienda o edificación y que, posteriormente, se descargará al sistema de alcantarillado. Este cálculo se realiza para determinar la capacidad del alcantarillado que se debe construir para atender la demanda de agua y para garantizar que el sistema tenga la capacidad suficiente para transportar las aguas residuales generadas.

**2.5.1 Consumo neto (CN):** Es el volumen de agua suministrado a los usuarios de un sistema de alcantarillado, descontando los volúmenes que no retornan al sistema, como por ejemplo el agua usada en riego o en procesos industriales.

El consumo neto se calcula mediante la siguiente fórmula:

- Consumo neto = Consumo total - Consumo no facturado - Consumo no retornable

Donde:

- Consumo total: es el volumen de agua suministrado a los usuarios, que se obtiene de los registros de medición de la empresa de servicios públicos.
- Consumo no facturado: corresponde al volumen de agua que es consumido, pero no facturado, como el agua usada en las redes de distribución o las pérdidas por fugas.
- Consumo no retornable: es el volumen de agua que se utiliza en actividades que no retornan al sistema de alcantarillado, como el riego de jardines, lavado de vehículos, entre otros.

**2.5.2 Dotación neta máxima:** Es el valor máximo de agua potable que se considera que una persona puede consumir en un día en una determinada zona. Este valor se utiliza como base para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico en Colombia.

Según la Resolución 330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, la dotación neta máxima para uso doméstico es de 250 litros por persona por día. Este valor se considera como un promedio para una población de tamaño y características similares.

El cálculo de la dotación neta máxima se basa en diferentes factores, como la disponibilidad de agua en la zona, la calidad del agua, la cantidad de usuarios y la demanda esperada. Para su cálculo se utilizan diferentes metodologías que pueden variar según la zona

geográfica y las características específicas del lugar, es un valor de referencia que se utiliza para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico, pero que puede variar en función de factores como la eficiencia en el uso del agua, las condiciones climáticas, las prácticas de gestión de residuos y otros factores que pueden afectar el consumo de agua en una determinada zona.

**2.5.3 Dotación bruta (DB):** La dotación bruta para alcantarillado es el volumen máximo de agua residual que se produce por unidad de tiempo y por unidad de superficie en un área determinada, incluyendo tanto el agua residual doméstica como la industrial y comercial.

Para calcular la dotación bruta para alcantarillado se deben considerar los siguientes aspectos: El número de habitantes, empresas e industrias que generan aguas residuales en el área de estudio, el tipo de actividad que se realiza en la zona, ya que algunas industrias pueden generar más agua residual que otras, a cantidad de agua que se utiliza por habitante o por unidad de producción en la zona y el coeficiente de retorno, que indica el porcentaje de agua que se devuelve al sistema de alcantarillado después de ser utilizada.

Con esta información se puede calcular la dotación bruta para alcantarillado de la siguiente manera:

- Dotación bruta para alcantarillado = (Volumen total de aguas residuales generadas por unidad de tiempo y por unidad de superficie) / (Superficie total del área de estudio)

**2.5.4 Coeficiente de escorrentía:** El coeficiente de escorrentía es un valor adimensional que representa la fracción del agua de lluvia que es capaz de fluir en la superficie y llegar a los sistemas de alcantarillado. En la Resolución 330 de 2017, se establece que este coeficiente debe ser utilizado para el cálculo de las cargas hidráulicas en los sistemas de alcantarillado.

El valor del coeficiente de escorrentía depende de varios factores, como la pendiente de la superficie, la permeabilidad del suelo y la intensidad de la lluvia. En la norma se establecen valores recomendados para diferentes tipos de superficies y pendientes, pero en general, el coeficiente de escorrentía puede ser calculado mediante ensayos de campo o mediante modelos matemáticos que tienen en cuenta los factores mencionados anteriormente.

**2.5.5 Periodo de retorno:** Es un parámetro utilizado en el diseño de sistemas de alcantarillado para estimar la frecuencia de ocurrencia y la intensidad de las lluvias máximas en una determinada área geográfica.

En la Resolución 330 de 2017, se establece que el periodo de retorno para el diseño de sistemas de alcantarillado en Colombia es de 10 años. Esto significa que el sistema de alcantarillado debe estar diseñado para resistir una lluvia máxima que se espera que ocurra una vez cada 10 años.

El cálculo del periodo de retorno se realiza a través del análisis estadístico de los datos de precipitación registrados en la zona de estudio. Se utilizan curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF) que relacionan la intensidad de la lluvia con la duración y la frecuencia de ocurrencia. A partir de estas curvas, se determina la lluvia máxima esperada para un determinado periodo de retorno, que se utiliza para el diseño del sistema de alcantarillado.

**2.5.6 Tiempo de concertación:** Es el tiempo que tarda el agua en llegar a un punto específico de una cuenca hidrográfica, desde el punto más alejado del área de la cuenca que se está evaluando. Este tiempo se calcula considerando las características topográficas, la pendiente y la rugosidad de la superficie.

Según la Resolución 330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, el tiempo de concentración se calcula utilizando la siguiente fórmula:

- $T_c = C_1 \times L_c^{(C_2)} \times S_c^{(C_3)}$

Donde:

- $T_c$  = Tiempo de concentración en minutos.
- $C_1, C_2, C_3$  = Coeficientes que dependen del tipo de superficie y la longitud de la cuenca. Se pueden encontrar en las tablas de la norma.
- $L_c$  = Longitud de la cuenca en metros.
- $S_c$  = Pendiente media de la cuenca en porcentaje.

**2.5.7 Intensidad de aguacero:** También conocida como intensidad de lluvia, es una medida de la cantidad de lluvia que cae en una unidad de tiempo. En la Resolución 330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, se establecen las fórmulas para el cálculo de la intensidad de aguacero, la fórmula para el cálculo de la intensidad de aguacero depende de la zona climática en la que se encuentre el proyecto, la cual se determina a partir de la información climática de la región. Para cada zona climática, se establecen diferentes fórmulas que consideran factores como la latitud, la altitud y la precipitación media anual.

**2.5.8 Aguas de infiltración:** Teniendo en cuenta la resolución 330 de 8 junio de 2017, en su artículo 134, en el cual nos comunica lo siguiente: punto 6 “Caudal de infiltración. El caudal de infiltración debe estimarse a partir de aforos en el sistema y de consideraciones sobre la naturaleza y permeabilidad del suelo, la topografía de la zona y su drenaje, la cantidad y distribución temporal de la precipitación, la variación del nivel freático con respecto a las cotas clave de las tuberías, las dimensiones, estado y tipo de tuberías, los tipos, número y calidad constructiva de uniones y juntas, el número de estructuras de conexión y demás estructuras, y su calidad constructiva. Ante la ausencia de información, se debe utilizar un factor entre 0,1 y 0,3 L/s.ha, de acuerdo con las características topográficas, de suelos, los niveles freáticos y la precipitación de la zona del proyecto. Para situaciones en las cuales el nivel freático se encuentre por debajo del nivel de cimentación de la red, el caudal de infiltración podrá excluirse como componente del caudal de diseño”. Por lo cual se adoptó un factor de 0,2 L/s.ha.

**2.5.9 Aguas de conexiones erradas:** Teniendo en cuenta la resolución 330 de 8 junio de 2017, en su artículo 134, comunica lo siguiente: punto 5 “Caudal de conexiones erradas. Los aportes por conexiones erradas deben estimarse a partir de la información existente en la localidad. En ausencia de esta información deberá utilizar un valor máximo de 0,2 L/s.ha.”

**2.5.10 Densidad de vivienda (Habitantes) y Urbanística (Viv/has):** El paso inicial para realizar proyecciones de población es la recolección y el análisis de la información existente, por lo cual se usó el censo de población efectuado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), el cual involucra un censo de vivienda, proyecciones de población, estimaciones de población actual y futura contenidas en los planes de desarrollo y el plan de ordenamiento territorial (POT) del municipio, los datos obtenidos para la densidad de vivienda es de 5 habitantes y la densidad urbanística es de 92.75 Viv/has.

**2.5.11 Aporte de aguas industriales (Lps/Has):** El Reglamento Técnico del sector de Aguas Potable y Saneamiento Básico – RAS, Título D dice que el consumo de agua industrial varía de acuerdo con el tipo y tamaño de la industria y los aportes de aguas residuales varían con el grado de recirculación de aguas, los procesos de pretratamiento y tratamiento. Debe hacerse la revisión de las captaciones de agua utilizadas por las industrias, las cuales no necesariamente provienen del acueducto; pero si pueden estar interesadas en utilizar el sistema de alcantarillado sanitario, el caudal de aguas residuales industriales debe separarse en el caudal de aguas residuales domésticas y el caudal de aguas residuales no domésticas. En consecuencia, los aportes de aguas residuales industriales deben ser determinados para cada caso en particular, con base en información de censos, encuestas y consumos industriales, estimativos de ampliaciones y consumos futuros, a lo cual se suma la información de lo establecido en la Resolución 75 de 2011, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, o la norma que la modifique o sustituya. Para los sistemas de todos los niveles de complejidad, es necesario elaborar análisis específicos de aportes industriales de aguas residuales. En nuestro caso no se encuentra industrias en el área de recolección de aguas sanitarias por lo tanto el aporte de aguas Industriales en nulo.

**2.5.12 Aporte de aguas comerciales (Lps/Has):** La norma RAS 2000 Título D establece las condiciones que deben cumplir las aguas residuales de origen comercial antes de su vertido a la red pública de alcantarillado. En el caso del caudal de aguas residuales comerciales, la norma establece los siguientes parámetros:

El caudal máximo permitido para el vertido de aguas residuales comerciales debe ser acordado con la entidad encargada del saneamiento y tratamiento de aguas residuales de la zona. El caudal de vertido de aguas residuales comerciales no debe superar la capacidad de tratamiento de la estación depuradora de aguas residuales (EDAR) correspondiente. En caso de que se produzcan vertidos puntuales de gran caudal, se debe notificar de manera inmediata a la entidad encargada del saneamiento y tratamiento de aguas residuales. El caudal de vertido de aguas residuales comerciales debe ser controlado y medido regularmente por la empresa responsable de su generación y vertido. La norma establece que el vertido de aguas residuales comerciales no debe afectar negativamente a la calidad del agua y los sedimentos del receptor de los vertidos, por lo que se deben cumplir con los requisitos de calidad de vertido establecidos en la normativa correspondiente. En caso de que en el área objeto del proyecto existan zonas mixtas, comerciales

y residenciales, los caudales comerciales deben estimarse teniendo en cuenta la concentración comercial relativa a la concentración residencial, utilizando una contribución de caudal comercial correspondiente a 0,5 L/s por ha comercial

**2.6 PTARD:** Una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas (PTARD) es una infraestructura encargada de tratar las aguas residuales generadas por viviendas, edificios públicos, locales comerciales, entre otros. El objetivo de una PTARD es eliminar los contaminantes presentes en las aguas residuales para que el agua tratada pueda ser vertida de forma segura al medio ambiente. Una vez tratada, el agua residual puede ser reutilizada para riego, recarga de acuíferos o liberada a cuerpos de agua superficiales o subterráneos, de acuerdo con los requisitos y criterios de calidad establecidos por la autoridad ambiental. La construcción y operación de las PTARD en Colombia está regulada por normativas y resoluciones emitidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, que establecen los requisitos técnicos, ambientales y sanitarios que deben cumplirse. Las PTARD pueden ser operadas por empresas públicas o privadas, o por comunidades organizadas o cooperativas, y su gestión debe ser sostenible, eficiente y participativa. El correcto mantenimiento y operación de las PTARD es crucial para garantizar su efectividad y prolongar su vida útil, y requiere de la capacitación de operadores y técnicos especializados. es una herramienta importante para reducir la contaminación del agua y proteger la salud pública y el medio ambiente, especialmente en zonas urbanas y periurbanas donde la generación de aguas residuales es alta.

La implementación de PTARD en Colombia contribuye a cumplir los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 de la ONU, en particular el Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. Además de las PTARD domésticas, existen otros tipos de plantas de tratamiento de aguas residuales, como las PTARI (para aguas residuales industriales) y las PTAR municipales (para aguas residuales generadas en grandes ciudades o poblaciones).

Las PTARD también pueden incluir sistemas de cogeneración de energía, como la generación de biogás a partir de la digestión anaerobia de los lodos residuales generados en el proceso de tratamiento. Su implementación en Colombia requiere de la participación y el compromiso de los actores relevantes, incluyendo autoridades ambientales, entidades territoriales, comunidades y empresas del sector de agua y saneamiento. Es una solución integral para el tratamiento de aguas residuales, que promueve la sostenibilidad ambiental, social y

económica en las zonas donde se implementa. La implementación puede generar empleo y oportunidades económicas en las comunidades locales, especialmente en áreas rurales y periurbanas. También puede contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, al evitar la liberación de metano y otros gases generados por la descomposición de los residuos orgánicos. La realización de PTARD en Colombia es un proceso continuo que requiere de la actualización y mejora

**2.6.1 Características de las aguas residuales:** Las características de las aguas residuales pueden variar significativamente dependiendo de su origen y del tipo de actividades que se llevan a cabo en la zona donde se generan. Sin embargo, en general, las aguas residuales presentan las siguientes características:

- Caudal: es la cantidad de agua que se descarga en un determinado tiempo, se mide en unidades de volumen por unidad de tiempo, como metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ).
- Carga contaminante: es la cantidad de contaminantes presentes en el agua residual, se mide en unidades de masa por unidad de tiempo, como kilogramos por día (kg/día) o gramos por litro (g/L). Los contaminantes pueden ser de origen orgánico, inorgánico o biológico.
- Concentración de contaminantes: es la cantidad de un contaminante específico presente en el agua residual, se mide en unidades de masa por unidad de volumen, como miligramos por litro (mg/L) o partes por millón (ppm).
- pH: es una medida de la acidez o la alcalinidad del agua residual, y se mide en una escala de 0 a 14. El agua residual puede presentar un pH neutro (7), ácido (menor que 7) o alcalino (mayor que 7).
- Temperatura: es la medida de la cantidad de calor presente en el agua residual, y puede variar dependiendo de la fuente de origen. El agua residual puede estar a temperaturas muy bajas, como en el caso de los vertidos generados por la industria alimentaria, o muy altas, como en el caso de los vertidos generados por la industria metalúrgica.
- Sólidos en suspensión: son partículas sólidas presentes en el agua residual, como sedimentos, restos de alimentos, fibras textiles, entre otros.
- Nutrientes: son sustancias como el nitrógeno y el fósforo, que se encuentran en las aguas residuales y pueden ser utilizadas por los organismos para su crecimiento.

- **Microorganismos:** las aguas residuales pueden contener microorganismos como bacterias, virus, hongos y protozoos, que pueden ser patógenos para los seres humanos y para el medio ambiente.

las características de las aguas residuales dependen del origen y del tipo de actividades que se llevan a cabo en la zona donde se generan, y pueden variar en cuanto a caudal, carga contaminante, concentración de contaminantes, pH, temperatura, sólidos en suspensión, nutrientes y microorganismos. Estas características son importantes para el diseño y funcionamiento adecuado de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

**2.6.2 Procesos de tratamiento:** Existen diferentes procesos de tratamiento que pueden ser utilizados en una PTARD, como la eliminación de sólidos mediante tamizado o sedimentación, la eliminación de materia orgánica por medio de la aireación o la digestión anaerobia, la eliminación de nutrientes por medio de la nitrificación y la desnitrificación, y la eliminación de patógenos mediante la desinfección, entre otros. Los procesos de tratamiento de aguas residuales en una PTAR pueden variar dependiendo de la carga contaminante y las características del agua residual que se pretende tratar, sin embargo, en general, los procesos de tratamiento que se utilizan en las PTAR son los siguientes:

- **Pretratamiento:** este proceso se utiliza para eliminar los sólidos gruesos y los materiales que pueden dañar los equipos de la PTAR. Incluye la remoción de materiales como piedras, palos, arena y plásticos.
- **Tratamiento primario:** en este proceso se separan los sólidos sedimentables y los sólidos flotantes del agua residual. El objetivo es remover los sólidos suspendidos en el agua residual para reducir la carga contaminante
- **Tratamiento secundario:** este proceso se utiliza para remover la materia orgánica presente en el agua residual. Se basa en la acción de microorganismos que utilizan la materia orgánica como fuente de alimento y la transforman en compuestos más estables. Los procesos más utilizados son lodos activados, el biofiltro percolador, el sistema de lagunas aireadas y el sistema de biodiscos.
- **Tratamiento terciario:** en este proceso se eliminan los nutrientes y los contaminantes específicos que no se han removido en los procesos anteriores. Los procesos más utilizados son la desnitrificación y la eliminación del fósforo.

- **Desinfección:** este proceso se utiliza para eliminar los microorganismos patógenos presentes en el agua residual. Los procesos más utilizados son la cloración, la ozonización y la irradiación con luz ultravioleta.
- **Tratamiento de lodos:** los lodos producidos durante el proceso de tratamiento deben ser tratados y manejados adecuadamente. Los procesos más comunes son la digestión anaerobia, la estabilización aerobia, secado de lodos y la incineración.
- **Descarga final:** una vez tratada el agua residual, se puede utilizar para fines de riego, para la recarga de acuíferos o se puede descargar en cuerpos de agua.

**2.6.3 Equipos y sistemas:** Los equipos y sistemas utilizados en el tratamiento de aguas residuales pueden variar según el tipo de tratamiento y la complejidad del sistema. A continuación, se describen algunos de los equipos y sistemas más comunes utilizados en el tratamiento de aguas residuales:

- **Rejillas:** se utilizan para eliminar los sólidos gruesos presentes en el agua residual, como palos, plásticos y rocas.
- **Tamices:** se utilizan para remover los sólidos finos presentes en el agua residual.
- **Bombas:** se utilizan para transportar el agua residual a través del sistema de tratamiento.
- **Tanques de sedimentación:** se utilizan para separar los sólidos sedimentables del agua residual mediante la acción de la gravedad.
- **Reactores biológicos:** se utilizan para remover la materia orgánica presente en el agua residual mediante la acción de microorganismos que se alimentan de los contaminantes.
- **Filtros:** se utilizan para remover los sólidos suspendidos y los contaminantes presentes en el agua residual mediante el uso de materiales filtrantes como arena, carbón activado y membranas.
- **Desinfectantes:** se utilizan para eliminar los microorganismos patógenos presentes en el agua residual. Los desinfectantes más comunes son el cloro, la ozona y los rayos UV.
- **Sistemas de aireación:** se utilizan para proporcionar oxígeno a los microorganismos que realizan la remoción de la materia orgánica. Los sistemas de aireación más comunes son los difusores de burbuja fina y los agitadores mecánicos.

- Sistemas de control de olores: se utilizan para reducir los olores generados durante el proceso de tratamiento. Los sistemas de control de olores más comunes son los filtros de carbón activado, los sistemas de oxidación química y los sistemas de biofiltración.
- Sistemas de control de lodos: se utilizan para manejar los lodos generados durante el proceso de tratamiento. Los sistemas de control de lodos más comunes son la digestión anaerobia, la estabilización aerobia, la deshidratación y la incineración.

**2.6.4 Normativa y Regulación:** Existen diferentes normativas y regulaciones a nivel nacional e internacional que establecen los requisitos y las pautas a seguir para el diseño, construcción y operación de una PTARD, en Colombia, la normativa y regulación para las PTAR está establecida por varias entidades y leyes.

La Ley 142 de 1994 establece el régimen del servicio público de acueducto, alcantarillado y aseo en el país. La ley tiene como objetivo principal garantizar el acceso de los colombianos a estos servicios básicos, así como establecer las normas y los procedimientos para su prestación. También establece que el servicio público de acueducto, alcantarillado y aseo es un servicio esencial que debe ser prestado por empresas públicas o privadas debidamente autorizadas por el Estado. Asimismo, la ley plantea los derechos y deberes de los usuarios, así como las obligaciones de las empresas prestadoras de estos servicios. Entre los principales aspectos que establece la Ley 142 de 1994 se encuentran los siguientes:

- Regula la prestación del servicio público de acueducto, alcantarillado y aseo.
- Establece las condiciones para la creación, organización y funcionamiento de empresas prestadoras de servicios públicos.
- Regula la calidad y la continuidad del servicio.
- Establece las formas de financiamiento del servicio público y la regulación tarifaria.
- Establece los procedimientos para la resolución de conflictos entre los usuarios y las empresas prestadoras de servicios.

La Ley 689 de 2001 tiene como objetivo establecer medidas para el control y la prevención de la contaminación del agua en el país. La ley es específica en cuanto a los vertimientos de aguas residuales y establece la obligatoriedad de implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales para las empresas que descargan en cuerpos de agua superficiales. Busca promover la protección del medio ambiente y de los recursos hídricos del

país, garantizando el control y la prevención de la contaminación del agua. Para lograrlo, la ley establece la obligatoriedad de implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales para las empresas que generan vertimientos en cuerpos de agua superficiales. Entre los principales aspectos que establece la Ley 689 de 2001 se encuentran los siguientes:

- Obligatoriedad de implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales para las empresas que descargan en cuerpos de agua superficiales.
- Establecimiento de un límite máximo permisible de contaminantes en los vertimientos de aguas residuales.
- Obligación de las empresas de reportar los vertimientos de aguas residuales a la autoridad ambiental competente y establecimiento de sanciones para las empresas que incumplen con los requisitos establecidos por la ley.
- Creación de un Fondo Nacional de Recuperación de Cuerpos de Agua para financiar proyectos de recuperación y protección de los recursos hídricos del país.

La Resolución 799 de 2021 es una normativa emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, que establece las condiciones para la certificación de las en el país. La resolución tiene como objetivo verificar y validar el adecuado funcionamiento de las PTAR y asegurar que cumplan con los estándares de calidad establecidos. Entre las disposiciones más importantes de la Resolución 799 de 2021 se encuentran:

- Establecimiento de los requisitos y procedimientos para la certificación de las PTAR, incluyendo la documentación requerida y los plazos para la presentación de la solicitud.
- Especificación de los parámetros de calidad del agua residual tratada y los criterios de descarga al medio receptor, de acuerdo con las características de cada cuenca hidrográfica y el uso previsto del agua.
- Establecimiento de los procedimientos de muestreo y análisis de las aguas residuales tratadas, incluyendo la frecuencia, los métodos y los laboratorios autorizados.
- Definición de las obligaciones y responsabilidades de los titulares de las PTAR, así como de las autoridades ambientales competentes.
- Establecimiento de las sanciones y medidas de seguimiento y control que podrán adoptarse en caso de incumplimiento de las condiciones de certificación.

Es importante tener en cuenta que la certificación de las PTAR es un requisito obligatorio para su operación en el país, y que las PTAR que ya se encuentren en operación deberán cumplir con los requisitos establecidos en la norma en un plazo determinado. Además, esta resolución complementa y actualiza las disposiciones establecidas en la Resolución 330 de 2017, que establece los lineamientos para la construcción y operación de las PTAR en el país.

La Resolución 330 de 2017 es una normativa emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, que establece los lineamientos para la construcción y operación de PTAR (Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales) en Colombia. La resolución tiene como objetivo asegurar el adecuado tratamiento de las aguas residuales en el país, con el fin de proteger la salud pública y el medio ambiente.

Entre las disposiciones más importantes de la Resolución 330 de 2017 se encuentran:

- Establecimiento de los requisitos técnicos para el diseño y construcción de PTAR, incluyendo la selección de tecnologías y materiales, la disposición de los elementos y la integración de equipos y sistemas.
- Especificación de los parámetros de calidad del agua residual tratada, según su uso previsto, y los criterios de descarga al medio receptor.
- Establecimiento de los criterios para la operación y mantenimiento de las PTAR, incluyendo la formación del personal, la programación de actividades y la gestión de residuos.
- Especificación de los procedimientos de monitoreo y evaluación de las PTAR, incluyendo la frecuencia y los métodos de análisis de muestras.
- Establecimiento de las obligaciones y responsabilidades de los titulares de las PTAR, así como de las autoridades ambientales competentes.

Es importante tener en cuenta que la Resolución 330 de 2017 aplica a todas las PTAR, independientemente de su capacidad o complejidad, y que las PTAR que ya se encuentren en operación deberán cumplir con los requisitos establecidos en la norma en un plazo determinado. Además, esta resolución complementa y actualiza la Resolución 631 de 2015, que establece los requisitos mínimos para el diseño, construcción y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales en el país

La Resolución 631 de 2015 es una normativa emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, que establece los requisitos mínimos para el diseño,

construcción y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales en el país. Esta resolución tiene como objetivo proteger el medio ambiente y la salud pública, promoviendo el uso sostenible de los recursos hídricos. Entre las disposiciones más importantes de la Resolución 631 de 2015, se encuentran:

- Establecimiento de las categorías de sistemas de tratamiento de aguas residuales, de acuerdo con su capacidad de tratamiento y nivel de complejidad.
- Especificación de los requisitos técnicos para el diseño y construcción de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, incluyendo la selección de tecnologías y materiales, la disposición de los elementos y la integración de equipos y sistemas.
- Establecimiento de los criterios para la operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, incluyendo la formación del personal, la programación de actividades y la gestión de residuos.
- Especificación de los parámetros de calidad del agua residual tratada, según su uso previsto, y los criterios de descarga al medio receptor.
- Establecimiento de los procedimientos de monitoreo y evaluación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, incluyendo la frecuencia y los métodos de análisis de muestras.
- Especificación de las obligaciones y responsabilidades de los titulares de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, así como de las autoridades ambientales competentes.

### 3 Metodología

#### 3.1 Estudio y contextualización del Proyecto (alcantarillado y PTARD):

Inicialmente se realizará un estudio previo de los requerimientos del proyecto, en donde se examinará tanto la parte técnica como la parte social y ambiental y así definir si se ha determinado correctamente la causa del problema y si las soluciones requeridas satisfacen las necesidades de la comunidad, por eso se propone como perfil del proyecto, la construcción del alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en la vereda Las Cruces del municipio de Ipiales en el departamento de Nariño, para lo cual es necesario corroborar si cumple los permisos necesarios ambientales, de concesión, de vertimiento, de exploración, licencias ambientales, de servidumbre y así poder continuar con los estudios topográficos, su respectiva digitalización, que permita la realización del diseño, planos de detalle de la planta de tratamiento y el sistema de alcantarillado.

Una vez presentadas las propuestas de diseño, planos detallados y teniendo en cuenta que cumpla los reglamentos y normas establecidas por ley se procederá a realizar el presupuesto general de la obra, análisis de precios unitarios con su pertinente lista de equipos, materiales y elementos a adquirir con sus correspondientes especificaciones técnicas de construcción con lo cual se espera realizar un formato resumen del proyecto.

La cobertura en la prestación efectiva del servicio de alcantarillado es del (79,4%) en zonas urbanas y del (12.5%) en la zona rural del Departamento de Nariño, caracterizándose la mayoría de los sistemas de alcantarillado existentes por ser de tipo combinado. Al igual que en acueducto, el tema de alcantarillado es crítico en la Costa Pacífica. Son evidentes las brechas regionales y por zona rural urbana, siendo la población de la costa pacífica Nariñense la más afectada. Existen avances mínimos en lo referente al tratamiento de aguas residuales, debido a la incorporación tardía de sistemas de tratamiento de aguas residuales por parte de los Municipios, situación que explica que el (0.05%) de estas aguas tratadas sea ínfima con relación al total de las generadas en el Departamento.

### **3.2 Estudio paquete técnico e información suministrada por el cabildo indígena:**

Para el caso del Municipio de Ipiales, el servicio de alcantarillado es prestado por la empresa Empoobando, en el sector urbano la cobertura es del (88.9%) y en el sector rural alcanza el (21.6%). La población de la vereda las Cruces cuenta con los servicios de energía eléctrica, telecomunicación, red vial primaria como es la vía panamericana, centro de salud, centro educativo, salón comunal y demás servicios sociales; sin embargo, no cuenta con una red de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales lo cual ha impedido su desarrollo económico, cultural y social.

No obstante, lo más crítico es que actualmente se carece de un sistema de alcantarillado en esta vereda, la comunidad libera las aguas de uso doméstico en las calles y hacen uso de letrinas en fosas hechas manualmente contaminando directamente los mantos acuíferos que también los utilizan como aljibes para el consumo diario del agua.

#### **3.2.1 Datos iniciales del proyecto (alcantarillado y PTARD):**

Por convenio interadministrativo suscrito entre el municipio de Ipiales y la empresa de obras sanitarias de la provincia de Obando – Empoobando E.S.P. se quiere aunar esfuerzos administrativos, técnicos, económicos y logísticos para la construcción de alcantarillado y PTAR de la vereda las Cruces. El valor del contrato es de 680 millones de pesos, de los cuales el Resguardo Indígena de Ipiales aportará 560 millones y la Alcaldía Municipal de Ipiales aportará 120 millones. El Municipio pagará el 50% de su aporte como anticipo a la firma del acta de inicio y el 50% restante mediante actas parciales y/o una final de avance de obra. La empresa de obras sanitarias de la provincia se obliga a cumplir con las obligaciones propias e inherentes a la naturaleza del convenio interadministrativo, como realizar su aporte en especie de acuerdo a las especificaciones y plazos establecidos, previo al inicio de obras entregar un cronograma de obra, realizar, presentar y asumir a su coste todos los ensayos, pruebas y controles necesarios, informar oportunamente cualquier anomalía o dificultad que advierta en el desarrollo del convenio, defender los intereses del municipio, no revelar información confidencial, participar del Comité de Seguimiento del Proyecto, gestionar previamente los requerimientos técnicos, legales o de cualquier índole necesarios para ejecutar las obras, asumir las responsabilidades técnicas, jurídicas y patrimoniales, entregar al supervisor todo acto, acta, documento, libro y registro producido durante el desarrollo del convenio, presentar Plan de Manejo de Tráfico, contar con un punto de atención al ciudadano durante la ejecución de las obras, cumplir los deberes del

contratista establecidos en la Ley 80 de 1993, y todas las demás obligaciones inherentes o necesarias para la correcta ejecución del objeto del convenio. El contrato requiere para su perfeccionamiento y ejecución la firma de las partes, la expedición del Certificado de Disponibilidad Presupuestal y el registro Presupuestal correspondiente por parte de la Alcaldía Municipal, además de la publicación en el SECOP. EMPOOBANDO se obliga a garantizar al municipio de Ipiales el cumplimiento de sus obligaciones contractuales y la excelencia en su trabajo a través de un contrato de seguro. El seguro cubrirá el pago de anticipo, el cumplimiento, el pago de salarios y prestaciones sociales e indemnizaciones, y la estabilidad y calidad de la obra. El contrato se desarrollará en el municipio de Ipiales y la responsabilidad civil extracontractual es equivalente a 200 S.M.M.L.V.

Se requiere reducir la contaminación del agua utilizada para consumo humano en la vereda Las Cruces, la cual contiene microorganismos dañinos como E-Coli y coliformes totales que pueden causar enfermedades gastrointestinales, especialmente en la población infantil. Se destaca la importancia de implementar un sistema de alcantarillado para solucionar este problema en el corto plazo y garantizar la salud y el desarrollo humano y económico de la población a largo plazo. Además, se menciona la necesidad de cumplir con la resolución 631 del 2015 para mejorar la calidad del vertimiento de sistemas de alcantarillado y proteger el medio ambiente mediante un uso racional de los recursos naturales. Se indica que actualmente el problema afecta a 1517 personas que viven en 302 hogares.

**3.2.2 Estudio de suelos:** Se revisaron los resultados de un análisis geotécnico realizado para la construcción del alcantarillado y PTARD en la vereda Las Cruces, Resguardo Indígena de Ipiales, en el departamento de Nariño, Colombia. El informe describe las características del sitio y del entorno en general, así como las características del proyecto y la investigación de campo realizada, incluyendo ensayos de laboratorio. Luego se desarrolla el análisis de los datos obtenidos, se determinan las características del subsuelo y su estratigrafía, y se realiza una interpretación geotécnica. Finalmente, se define el tipo de cimentación más adecuada para la obra y se presentan las conclusiones y recomendaciones para garantizar el adecuado comportamiento del sistema y la estabilidad de la estructura proyectada. El objetivo del estudio fue obtener el perfil estratigráfico del suelo mediante ensayos y determinar si el suelo encontrado es apto para construcción. Se describe la ubicación del proyecto en la vereda Las Cruces, Resguardo Indígena de Ipiales, y se hace referencia a la geología y morfología de la zona. La geología del municipio está compuesta por estructuras antiguas del precámbrico, paleozoico, mesozoico y material reciente de tipo sedimentario del Terciario. También se identifican conjuntos geológicos con características muy particulares, como el cuarzo lechoso, neis, feldespato, apatita, epidota y areniscas. Además, se mencionan los depósitos volcánicos semiconsolidados del Terciario-Cuaternario.

incluye el cálculo de esfuerzo permisible para dos estructuras diferentes, reactor de lodos activados y sedimentador, para diferentes valores de ancho del cimiento y profundidad de desplante de 2.0 metros, una vez se haya hecho la excavación.

Para realizar los cálculos se considera el ángulo de fricción y el peso específico del suelo. Según las normas NSR-10, se determina que la edificación se encuentra en la Zona de amenaza alta para el municipio de Ipiales, lo que se tiene en cuenta en los cálculos.

Municipio	Código Municipio	Aa	Av	Zona de Amenaza	Ae	Ad	Sa=2.5AaFal
IPALES	52356	0,3	0,25	alta	0,16	0,08	0,9

**Tabla 1: NSR-10 apéndice A-4 Valores de Aa, Av, Ae y Ad definición de la zona de amenaza de los municipios colombianos.**

Además, se realiza un ensayo de corte directo para determinar la resistencia al corte del suelo, que se encuentra entre 0.50kg/cm<sup>2</sup> y 1.0kg/cm<sup>2</sup> y pertenece al tipo de perfil de suelo D. Se utilizan tablas que proporcionan valores de coeficientes Fa y Fv para diferentes perfiles de suelo, los cuales se usan en los cálculos.

Tipo de perfil	Aa < 0.10	Aa = 0.20	Aa = 0.30	Aa = 0.40	Aa > 0.10
A	0.8	0.80	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.90

**Tabla 2: Valores del coeficiente Fa, para la zona de periodos cortos del espectro.**

Tipo de perfil	Av < 0.10	Av = 0.20	Av = 0.30	Av = 0.40	Av > 0.10
A	0.8	0.80	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4

**Tabla 3: Valores del coeficiente Fv, para la zona de periodos cortos del espectro.**

La edificación pertenece al grupo de uso I, Estructuras de Construcción Normal, y se utiliza un coeficiente de importancia  $I=1$ . Definimos también que el porcentaje de expansión del suelo es alto.

**3.2.3 Memoria de Calculo PTARD:** Debido a que el diseño está condicionado geoméricamente por el diseño hidráulico, se respeta la configuración en la medida de sus posibilidades para su funcionamiento, con lo cual se analizan las diversas solicitudes de carga y las condiciones de estabilidad y resistencia.

De acuerdo con A.1.7.1, NSR-10, el sistema de unidades utilizado, es el Sistema Internacional de Medidas (SI), el cual adoptado por el Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10, y de uso obligatorio en el territorio nacional. Debe consultarse la norma NTC 1000 (ISO 1000), expedida por el ICONTEC, para efectos de la correcta aplicación del Sistema Internacional de Medidas SI.

Es vital tener en cuenta un grado proporcional de disipación de energía en el rango inelástico que debe proporcionar el edificio para definir los movimientos sísmicos de diseño y los impactos en los elementos. El edificio debe estar construido, como mínimo, para una capacidad especial de disipación de energía en el rango inelástico, teniendo en cuenta el sistema estructural, ubicación y distribución de elementos, entre otros factores.

De acuerdo con el uso principal de la edificación, ésta se clasifica dentro del grupo de uso IV: Estructuras de ocupación indispensable. (A.2.5.1, NSR-10), con un coeficiente de importancia igual a 1.5 (tabla A.2.5-1, NSR-10) y para el cálculo de la fuerza sísmica se utiliza el método Mononobe – Okabe modificado.

Se calcula el muro de contención de manera que tenga estabilidad y resistencia adecuadas ante los empujes existentes; se hizo un análisis estático mediante la teoría de Coulomb, mientras que para el análisis pseudo - estático se hace uso del método Mononobe – Okabe modificado.

**3.3 Permisos de Servidumbre:** Dado que los permisos de servidumbre son requeridos legalmente para la construcción de infraestructura en terrenos públicos o privados, el análisis de los permisos de servidumbre es un deber crucial en cada proyecto de construcción.

El análisis de permisos de servidumbre para una obra en zona rural sigue los mismos principios generales que el análisis de permisos de servidumbre para una obra en zona urbana, pero puede involucrar consideraciones adicionales debido a la naturaleza de la zona rural.

Se completado con éxito el análisis de los permisos de servidumbre para varios predios ubicados en la vereda Las Cruces, los cuales se requieren con el objetivo de construir el sistema de alcantarillado y una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD) para la zona. La obtención de permisos de servidumbre es una tarea crítica en cualquier proyecto de construcción, y requiere una planificación cuidadosa y una comunicación efectiva con las partes interesadas. Por ende, fue necesario hacer la revisión pertinente de cada documento entregado y se procedió de la siguiente manera:

**3.3.1 Identificación del predio:** La identificación de la propiedad es un paso fundamental en el análisis de permisos de servidumbre, ya que es necesario conocer la ubicación y las características físicas de la propiedad y la identificación de los propietarios de la propiedad, ya que se debe obtener su consentimiento.

Es importante tener en cuenta que la identificación de la propiedad no solo se refiere a la ubicación y los propietarios, sino también a cualquier restricción o limitación que pueda estar en vigor en la propiedad.

**3.3.2 Investigación de los requerimientos legales:** Permite identificar las regulaciones y restricciones aplicables a la construcción de una obra y asegurar que se cumplan todos los requisitos legales necesarios para obtener los permisos de servidumbre, este proceso incluye la revisión de documentos legales como planos, escrituras y registros públicos para determinar la propiedad y el uso actual de la tierra, así como la existencia de servidumbres existentes y otras restricciones legales que puedan afectar la construcción de la obra.

**3.3.3 Evaluación de las servidumbres existentes:** Las servidumbres existentes pueden incluir acuerdos de servidumbre previos que permiten a terceros acceder y utilizar la propiedad de manera limitada, como un derecho de paso o de uso compartido de un área de la propiedad. Además, incluyen restricciones y limitaciones en el uso de la propiedad impuestas por acuerdos de conservación o de zonificación, es importante evaluar cuidadosamente cualquier servidumbre existente y determinar si se requiere una nueva servidumbre para la construcción de la obra. en algunos casos, puede ser posible modificar una servidumbre existente para permitir la construcción de la obra sin necesidad de una nueva servidumbre. Sin embargo, en otros casos, puede ser necesario obtener una nueva servidumbre para garantizar el acceso y uso adecuados de la propiedad, ayudan a identificar posibles conflictos o disputas entre los propietarios de la propiedad y los titulares de servidumbres existentes. En algunos casos, puede ser necesario negociar y obtener el consentimiento de los titulares de servidumbres existentes para garantizar que la construcción de la obra se realice sin interrupciones.

**3.3.4 Identificar los titulares de servidumbre:** Un titular de servidumbre es una persona o entidad que tiene derecho a usar parte de una propiedad para un propósito específico, como el acceso a una carretera o el paso de líneas de servicios públicos, identificar a los titulares de servidumbre es importante porque su consentimiento es necesario para construir sobre o modificar la propiedad que está afectada por la servidumbre. Si se construye sin su consentimiento, puede haber repercusiones legales, y la construcción podría ser considerada una violación de los derechos de la servidumbre.

Para identificar a los titulares de servidumbre se revisó: registros públicos, se consultó con los propietarios de las propiedades adyacentes y se consultó con las autoridades locales.

**3.3.5 Identificar los requisitos de acceso:** permite el acceso a una propiedad por parte de terceros. Por lo general, se utiliza para permitir el acceso a propiedades que de otra manera no tendrían acceso directo desde la carretera principal, es necesario realizar una evaluación detallada de la propiedad y sus alrededores por lo tanto es necesario tener en cuenta la topografía del terreno, las características del camino, derechos de paso existentes, requisitos de vehículos y equipos y requisitos de seguridad.

**3.4 Permisos Ambientales:** En Colombia, los permisos ambientales para la construcción de obras de alcantarillado en el sector rural son otorgados por la Autoridad Ambiental Competente, que en este caso puede ser la Corporación Autónoma Regional (CAR) o la autoridad ambiental de la jurisdicción correspondiente, según lo establecido en la Ley 99 de 1993 y el Decreto 1076 de 2015, estos permisos son obligatorios para la mayoría de proyectos y actividades económicas, incluyendo la construcción de obras civiles, como carreteras, edificaciones, plantas industriales y, por supuesto, proyectos de alcantarillado.

Cada documento entregado debía ser examinado cuidadosamente, y el proceso fue el siguiente:

Presentar un estudio de impacto ambiental (EIA) o un plan de manejo ambiental (PMA), según lo establecido por la autoridad ambiental, deben contener información detallada sobre el proyecto, su localización, la geología, el clima, la hidrología, la flora y fauna, los aspectos sociales y económicos, y la evaluación de los impactos ambientales. Es necesario realizar consultas previas con las comunidades locales para identificar sus necesidades, preocupaciones y expectativas sobre el proyecto.

Demostrar que se han cumplido todas las normas y regulaciones ambientales vigentes en relación con la construcción del alcantarillado, incluyendo la prevención y control de la contaminación del agua, el suelo y el aire, así como la gestión adecuada de residuos y la protección de la biodiversidad.

Demostrar que se han implementado medidas de mitigación y compensación para minimizar los efectos negativos del proyecto sobre el medio ambiente y garantizar su sostenibilidad a largo plazo.

Realizar consultas previas con las comunidades locales y demás actores involucrados en el proyecto para identificar y atender sus preocupaciones y necesidades.

Presentar un plan de monitoreo ambiental que permita hacer seguimiento a la evolución de los impactos ambientales del proyecto y verificar la efectividad de las medidas de mitigación y compensación implementadas.

**3.5 Reglamento técnico:** Las normas técnicas del sector de agua potable y saneamiento básico, que definen los criterios técnicos para la construcción de alcantarillado y PTAR en Colombia, fueron elaboradas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, mediante la Resolución 330 de 2017. Este reglamento tiene como objetivo establecer las condiciones técnicas y los requisitos mínimos que deben cumplir los sistemas de alcantarillado sanitario y PTAR que se construyen en el país.

La normativa establece los criterios para la selección de los materiales, el diseño hidráulico y estructural de los sistemas de alcantarillado y PTAR, la ubicación y diseño de las estructuras de captación y conducción de aguas, el sistema de ventilación, la disposición de aguas residuales tratadas, entre otros aspectos para garantizar la calidad, seguridad y eficiencia de los sistemas de alcantarillado y PTAR y así proteger la salud pública y el medio ambiente, contribuyendo al desarrollo sostenible de las comunidades.

Las normas mínimas que debe cumplir el proyecto son las siguientes:

**3.5.1 Norma NTC 1500:** Define los estándares para la calidad, resiliencia y resistencia a la abrasión y corrosión de los materiales utilizados en la construcción de sistemas de alcantarillado. La norma especifica los requisitos técnicos que deben cumplir las tuberías, conectores, válvulas, bombas y demás componentes del sistema. Asimismo, proporciona los estándares y lineamientos para el modelado y cómputo hidráulico de sistemas de alcantarillado, incluyendo la definición de caudales, pendientes, velocidades y diámetros, entre otros, igualmente, se definen los requisitos para la construcción de estructuras de captación y conducción de agua, incluyendo compuertas, cámaras de registro y pozos de inspección.

**3.5.2 Norma NTC 1542:** Se describe las especificaciones para el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales en áreas rurales, incluida la elección de tecnologías de tratamiento de aguas residuales, la definición de procesos de tratamiento, la elección de equipos y materiales, la ubicación y el diseño de las estructuras, la eliminación de aguas residuales tratadas en el final del proceso de tratamiento, y la gestión de los lodos producidos durante el proceso de tratamiento.

**3.5.3 Norma NTC 1564:** Son las especificaciones técnicas para la elección de materiales y aplicación en el desarrollo de sistemas de alcantarillado e instalaciones de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en Colombia. Esta norma es aplicable a lo largo de todo el proceso de construcción, desde la selección de materiales hasta la instalación y operación del sistema con el objetivo de garantizar la calidad, seguridad y eficiencia de estas infraestructuras y contribuir al desarrollo sostenible del país mediante la protección del medio ambiente y la salud pública.

**3.5.4 Norma NTC 1565:** Son técnicas para la inspección y prueba de los sistemas de alcantarillado y PTARD con el fin de garantizar la eficacia, seguridad y calidad de estas infraestructuras, instaurar las responsabilidades de los distintos actores involucrados en la inspección y prueba, incluyendo los propietarios, operadores, organismos de control y usuarios, define los criterios y procedimientos que deben seguirse para la inspección y ensayo, incluyendo la frecuencia, metodología y criterios para la evaluación de los resultados.

**3.5.5 Norma NTC 1580:** Tiene como objetivo garantizar la calidad, seguridad y eficiencia de estas infraestructuras y contribuir al desarrollo sostenible de la nación mediante la protección del medio ambiente. Estas normas son los requisitos técnicos para la operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia.

## 4 Análisis y Resultados

El presente trabajo identifica los aspectos más relevantes de la prestación del servicio de alcantarillado. Se trata de conocer la realidad actual para realizar una propuesta que permita administrar, operar y mantener el sistema dentro de un escenario que incorpore características del entorno, elementos técnicos y materiales por utilizar que garanticen a futuro la calidad del agua, la continuidad del servicio y la reducción del impacto ambiental negativo referente a al manejo de las aguas servidas, que permitan establecer la magnitud de la inversión traducida en las metas logradas.

La mayor parte del saneamiento básico de la vereda las Cruces consta de letrinas, pozos sépticos y algunas familias realizan deposiciones a campo abierto, por ende, se vuelve necesaria la construcción de un sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales domesticas que contribuyan a lograr cumplimientos de los objetivos planteados, los fines y las metas que disminuyan las necesidades básicas insatisfechas (NBI)

Se debe resolver el problema de saneamiento básico para la vereda las Cruces del municipio de Ipiales, mediante la implantación de sistemas de alcantarillado o sistemas individuales de manejo de excretas y planta de tratamiento de aguas residuales (PTARD), según sea la ubicación de las viviendas, bien en centros poblado o en otras zonas.

Los indicadores que permiten establecer el nivel de cobertura del servicio de alcantarillado, tienen en cuenta la distribución de las viviendas en la zona rural dispersa y en zona centro poblado; información que contribuye significativamente en la determinación de las propuestas de optimización de las condiciones de prestación y operación del servicio.

En la vereda las Cruces, hay un pequeño tramo con sistema de alcantarillado que funciona hace más de 20 años, el sistema se encuentra muy deteriorado, los pozos de inspección se encuentran en malas condiciones al igual que la tubería de cemento.

El alcantarillado de las Cruces no cubre la totalidad de las necesidades de esta vereda en lo que se refiere a recolección de aguas negras y la mayoría de viviendas cuentan con soluciones individuales de disposición de excretas por lo cual se advierte un problema muy serio en cuanto se refiere a la disposición de las aguas negras con manejo inadecuado del suministro de aguas residuales tanto para el servicio, la cobertura y la calidad.

Con la intención de cumplir el objetivo de implementar el sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residual domesticas en la Vereda las Cruces del municipio de Ipiales en el Departamento de Nariño se realizó una serie de procesos que en su totalidad llevarían a la construcción e implementación tanto del sistema de alcantarillado como de la PTARD los cuales consisten en:

**4.1 Planificación:** La planificación es una parte esencial de la instalación de un sistema de alcantarillado, ya que tiene un impacto directo en la eficacia y eficiencia del sistema. Estos son algunos factores cruciales para recordar al planificar ya que se debe considerar cuidadosamente las necesidades, el diseño, los costos y el financiamiento, la planificación de la construcción, y los permisos y aprobaciones necesarios.

**4.1.1 Evaluación de las necesidades:** Esto implica una evaluación exhaustiva de las condiciones existentes y de las necesidades futuras de la comunidad en términos de saneamiento y eliminación de aguas residuales. Aquí se consideran factores como:

- **Cantidad de aguas residuales generadas:** La cantidad de aguas residuales generadas es un factor clave en la evaluación de las necesidades de un sistema de alcantarillado. Se debe calcular la cantidad de aguas residuales generadas por la población, las industrias y las empresas en la zona. Este cálculo debe basarse en el uso del agua y la cantidad de residuos generados en la zona.
- **Topografía y características geográficas:** La topografía y las características geográficas de la zona también son factores importantes a tener en cuenta. Por ejemplo, si la zona tiene una topografía montañosa, es posible que sea necesario construir más estaciones de bombeo para llevar las aguas residuales a través de las tuberías. Las características geográficas, como la presencia de ríos y arroyos, también deben ser consideradas.
- **Densidad de población y patrones de crecimiento:** La densidad de población y los patrones de crecimiento son factores importantes en la evaluación de las necesidades. Una zona con una alta densidad de población requerirá un sistema de alcantarillado más grande y más robusto. Además, es importante tener en cuenta los patrones de crecimiento en la zona, ya que esto puede afectar la capacidad del sistema de alcantarillado en el futuro.

- **Impacto ambiental:** La evaluación de las necesidades también debe considerar el impacto ambiental del sistema de alcantarillado. Es importante tener en cuenta cómo el sistema de alcantarillado afectará el medio ambiente y tomar medidas para minimizar cualquier impacto negativo.
- **Regulaciones y normas:** Las regulaciones y normas locales y nacionales deben ser consideradas durante la evaluación de las necesidades. Estas regulaciones y normas pueden afectar el diseño y la construcción del sistema de alcantarillado.

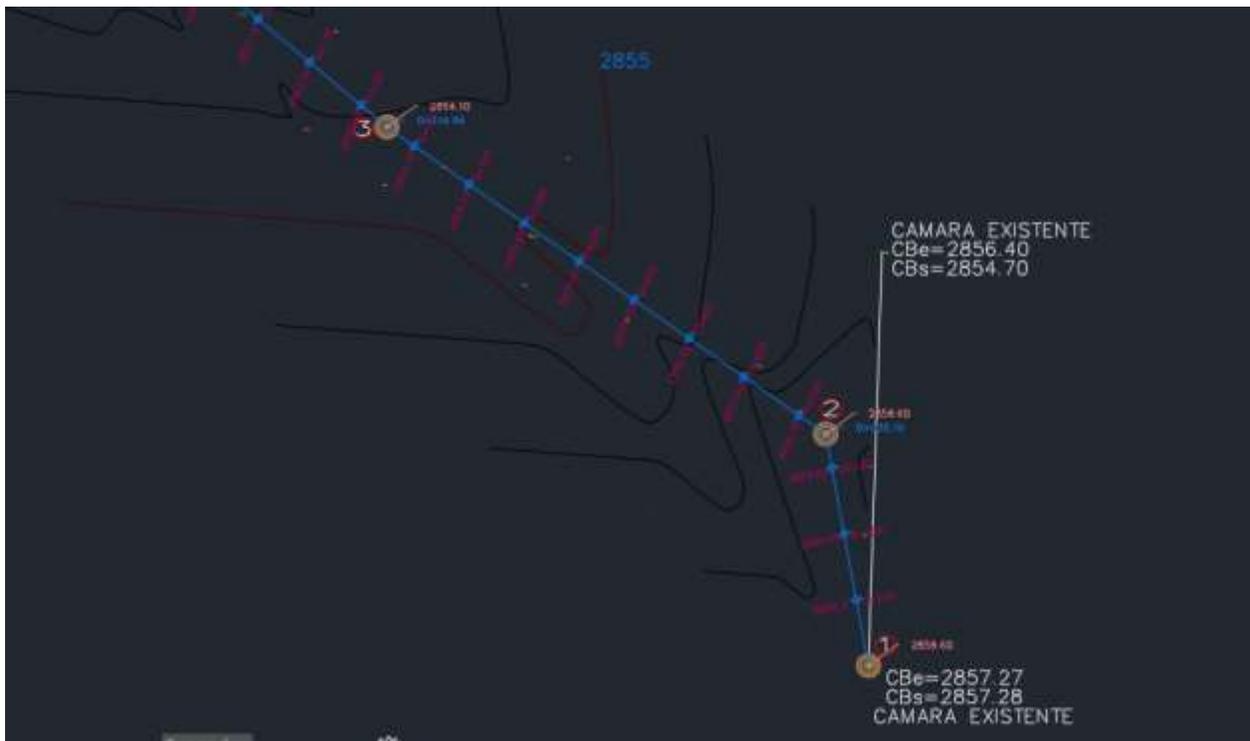
**4.1.2 Diseño del sistema:** Es un proceso complejo que implica la selección de materiales, la ubicación de componentes y la consideración de varios factores hidráulicos. El diseño debe ser cuidadosamente planeado para garantizar que el sistema sea eficiente, confiable y sostenible, consiste en determinar la configuración, el tamaño, la capacidad y la ubicación de las diferentes componentes del sistema.

Para la realización del diseño se considera algunos aspectos importantes como son:

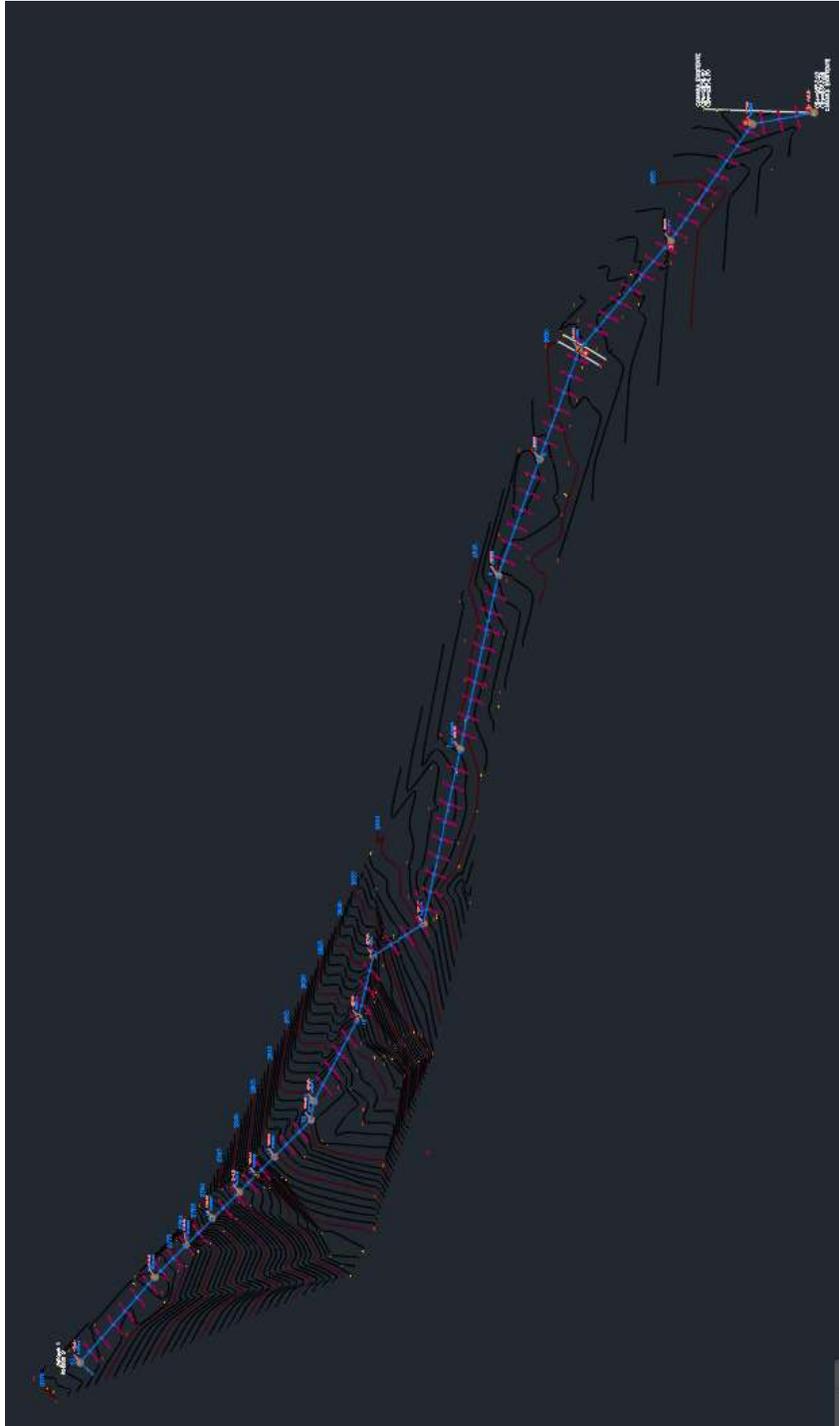
- **Tipo de sistema:** El primer paso en el diseño del sistema de alcantarillado es determinar el tipo de sistema que se necesita. Los sistemas de alcantarillado pueden ser separativos, donde las aguas residuales y las aguas pluviales se manejan por separado, o combinados, donde ambas se mezclan y se tratan juntas. El tipo de sistema que se necesita dependerá de las condiciones específicas de la zona.
- **Tuberías:** La selección de las tuberías es un aspecto crítico del diseño del sistema de alcantarillado. Las tuberías pueden ser de diferentes materiales, como concreto, PVC, hierro fundido, entre otros, y se deben seleccionar en función de la capacidad del mismo, la topografía de la zona, el costo y otros factores.
- **Estaciones de bombeo:** En áreas con topografía desfavorable, pueden ser necesarias estaciones de bombeo para mover las aguas residuales. Estas estaciones deben diseñarse para manejar la cantidad de agua que se espera que fluya a través del sistema, y se deben ubicar estratégicamente en el sistema.
- **Plantas de tratamiento:** Si el sistema de alcantarillado incluye una planta de tratamiento, es necesario diseñarla para que tenga la capacidad necesaria para tratar la cantidad de agua que se espera que fluya a través de él. La ubicación de la

planta de tratamiento también es importante y debe ser seleccionada cuidadosamente en función de las condiciones específicas de la zona.

- Diseño hidráulico: El diseño hidráulico del sistema de alcantarillado es fundamental para garantizar que el agua fluya correctamente. Los diseñadores deben considerar la velocidad del agua, la capacidad de carga de las tuberías, la elevación de la tubería y otros factores importantes.



*Ilustración 1: Cámaras existentes y nueva conexión alcantarillado tramo 1, 2 y 3.*

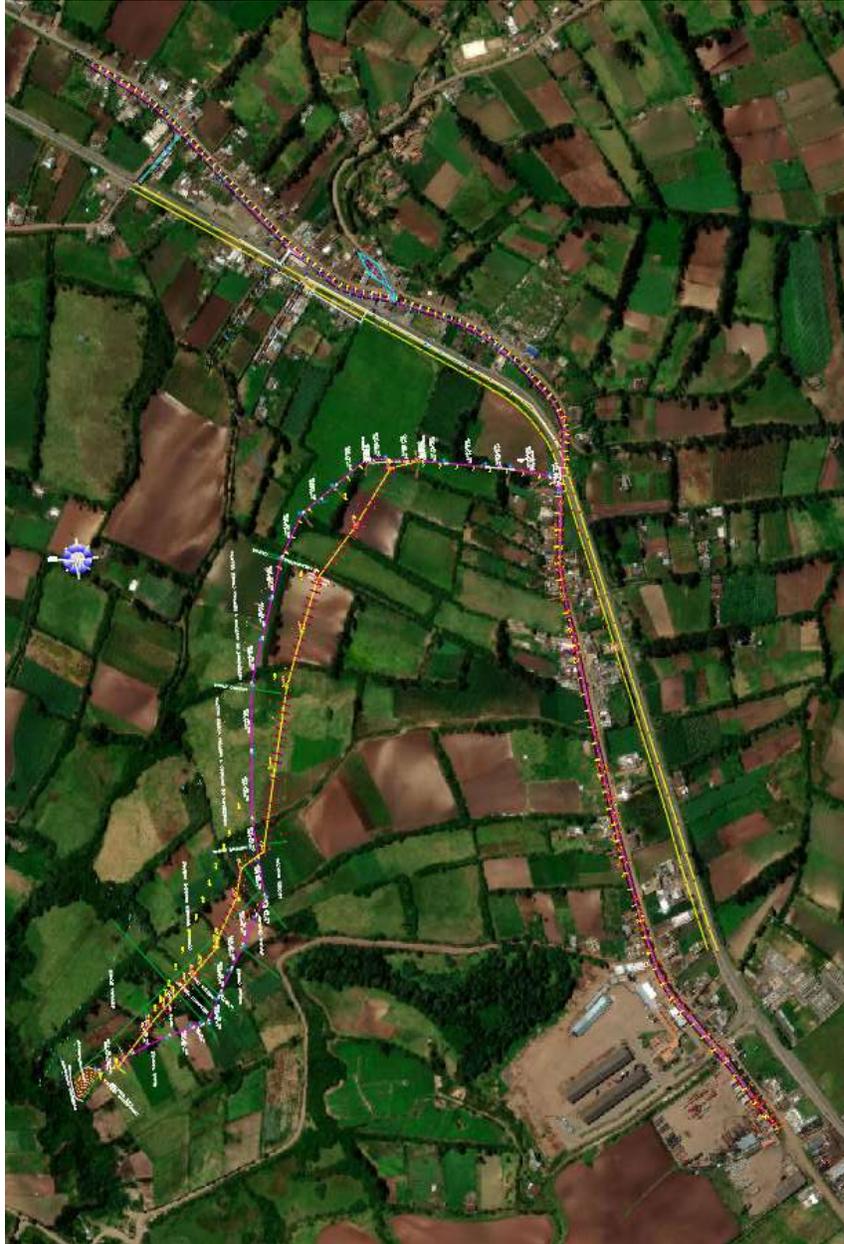


*Ilustración 2: Trazado vista en planta nuevo alcantarillado Vereda las Cruces.*



Ilustración 3: Perfil y detalles alcantarillado tramos 11, 12, 13, 14 y 15.

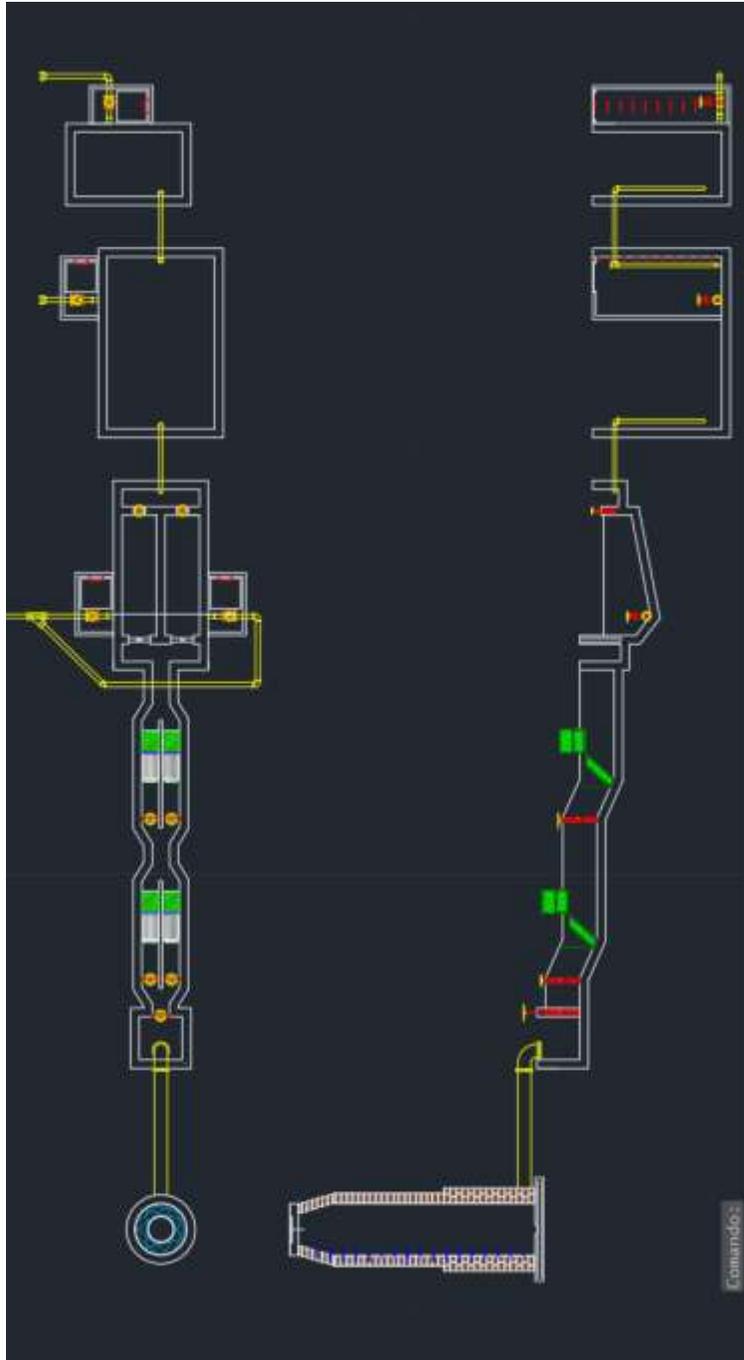




*Ilustración 5: Trazado vista en planta nuevo alcantarillado vista satelital.*



*Ilustración 6: Trazado vista en planta PTARD.*



*Ilustración 7: Trazado vista en planta y perfil PTARD.*

**4.1.3 Costos y financiamiento:** Según el tamaño y la complejidad del proyecto, puede haber una variación considerable en el precio de la instalación de un sistema de alcantarillado. El terreno de la zona, el tipo de suelo, la densidad de población, la distancia a la planta de tratamiento, el calibre de las aguas subterráneas y el requerimiento de tecnologías adicionales, como estaciones de bombeo y plantas de tratamiento, son algunos elementos significativos que pueden afectar el costo, una forma de reducir los costos de implementación de un sistema de alcantarillado es a través del financiamiento gubernamental, los programas de financiamiento pueden incluir préstamos a bajo interés o subsidios para cubrir parte del costo del proyecto también las comunidades pueden optar por financiar su implementación a través de iniciativas de financiamiento colectivo.

Independientemente de la fuente de financiamiento, es necesario garantizar que los costos sean razonables y sostenibles a largo plazo. La planificación cuidadosa, el diseño eficiente y la selección adecuada de materiales pueden ayudar a reducir los costos y garantizar que el sistema de alcantarillado sea eficiente y sostenible a largo plazo, por lo cual se realiza el análisis de precios unitarios. Este, es un método utilizado en proyectos de infraestructura y construcción para calcular el costo

**Identificar los elementos de trabajo:** En primer lugar, se debe identificar cada uno de los elementos de trabajo necesarios para el proyecto. Estos elementos pueden incluir excavaciones, cimientos, mampostería, carpintería, instalaciones eléctricas, entre otros.

El procedimiento es el siguiente:

- **Determinar las cantidades:** Una vez identificados los elementos de trabajo, se debe determinar la cantidad de materiales, mano de obra y equipos necesarios para llevar a cabo cada uno de ellos. Estas cantidades pueden determinarse a partir de planos, especificaciones técnicas, análisis de suelos, estudios de tráfico, entre otros.
- **Estimar los costos:** Con las cantidades determinadas, se deben estimar los costos unitarios para cada elemento de trabajo. Esto incluye los costos de los materiales, la mano de obra y los equipos necesarios para realizar cada tarea.
- **Calcular los precios unitarios:** El precio unitario se calcula dividiendo el costo total de cada elemento de trabajo entre la cantidad necesaria para realizar la tarea.

- Revisar y ajustar los precios: Una vez que se han calculado los precios unitarios, se deben revisar y ajustar para tener en cuenta los impuestos, los gastos generales, el seguro, la depreciación de los equipos, entre otros factores. de los diversos componentes.

MANO DE OBRA						
ITEM No	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>					
1.1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	ML	860	\$ 1,253	\$ 1,077,901	
1.2	CERRAMIENTO PROVISIONAL	ML	1720	\$ 1,144	\$ 1,967,157	
<b>2</b>	<b>EXCAVACIONES EN GENERAL</b>					
2.1	CORTE MATERIAL COMUN A MANO, ALTURA MENOR 3.00 M.	M <sup>3</sup>	577	\$ 21,039	\$ 12,129,731	
2.2	CORTE EN MATERIAL COMUN A MAQUINA, ALTURA HASTA 3.0 M.	M <sup>3</sup>	3844	\$ 4,952	\$ 19,031,763	
2.3	CORTE EN MATERIAL COMUN A MAQUINA, ALTURA 3.0 M- 5.0M	M <sup>3</sup>	243	\$ 6,591	\$ 1,599,067	
2.4	RELLENO APZONADO CON MATERIAL DE SITIO	M <sup>3</sup>	1634	\$ 10,355	\$ 16,924,178	
2.5	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO	M <sup>3</sup>	2826	\$ 10,155	\$ 28,692,866	
2.7	ENCAMADO TUBERIA TRITURADO COMUN	M <sup>3</sup>	69	\$ 7,600	\$ 520,664	
<b>3</b>	<b>INSTALACION TUBERIA PVC</b>					
3.1	INSTALACION TUBERIA SANITARIA PVC, D= 6" (ACOMETIDAS)	ML	30	\$ 2,001	\$ 60,044	
3.2	INSTALACION TUBERIA SANITARIA PVC, D= 12"	ML	856.319	\$ 2,822	\$ 2,416,348	
<b>4</b>	<b>CAMARAS DE INSPECCION</b>					
4.1	CAMARA DE INSPECCION, ALTURA DE 2.00 - 3.00 M. DIAMETRO = 1,20 M	UN	16	\$ 380,016	\$ 6,080,262	
4.2	CAMARA DE INSPECCION, ALTURA DE 3.00 - 5.00 M. DIAMETRO = 1,20 M	UN	3	\$ 760,033	\$ 2,280,098	
4.3	REALCE DE CAMARAS	UN	19	\$ 76,003	\$ 1,444,062	
<b>5</b>	<b>DESALJO DE SOBRAINTES</b>					
5.1	RETIRO DE SOBRAINTES	M <sup>3</sup>	2826	\$ 15,803	\$ 44,652,602	
<b>6</b>	<b>SEÑALIZACION GENERAL</b>					
6.1	SEÑALIZACION GENERAL	GL	1	\$ 550,000	\$ 550,000	
					<b>COSTO DIRECTO</b>	\$ 139,426,744
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>						
ADMINISTRACION		A=	20%		\$ 27,885,349	
IMPREVISTO		I=	5%		\$ 6,971,337	
UTILIDAD		U=	5%		\$ 6,971,337.20	
<b>COSTO TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>\$</b>	<b>181,254,767</b>

Tabla 4: APU mano de obra alcantarillado.



Para el caso de la planta de tratamiento de aguas residuales se usará una **“planta para tratamiento de aguas residuales compacta”**.

Una planta compacta para tratamiento de aguas residuales es una instalación diseñada para tratar las aguas residuales de manera eficiente en un espacio reducido. Estas plantas compactas se utilizan a menudo en áreas donde el espacio disponible para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales convencional puede ser limitado o costoso.

A diferencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales convencionales, que pueden ocupar grandes extensiones de tierra, las plantas compactas para tratamiento de aguas residuales están diseñadas para ser más pequeñas y tener una huella de menor tamaño. Esto se logra mediante el uso de tecnologías innovadoras, como procesos biológicos avanzados, membranas de filtración y reactores secuenciales.

Las plantas compactas para tratamiento de aguas residuales también son más eficientes en el uso de energía y requieren menos energía para operar que las plantas de tratamiento convencionales. Además, estas plantas son más fáciles de instalar, operar y mantener debido a su diseño modular y su capacidad de ser personalizadas para satisfacer las necesidades específicas de cada proyecto.

El costo de la planta está a cargo del fabricante y plantea el siguiente análisis de precio unitario:



*Ilustración 8: PTARD compacta (4LPS).*

DESCRIPCION	CANT.	PRECIO	PRECIO NETO
Diseño y Suministro de Planta de Tratamiento de Aguas residuales PTARD ECOBALL 4lps, Incluye 5 Unidades de Tanque Biológico, Criba fina estática.	1	\$ 355.000.000	\$ 355.000.000
<b>COSTO AIU</b>			\$ 35.500.000
Instalación a 0 mtr hidráulico eléctrico			\$ 7.000.000
<b>VALOR TOTAL DEL EQUIPO IVA INCLUIDO</b>			<b>\$ 397.500.000</b>

Tabla 6: Diseño y suministros PTARD.

**4.1.4 Planificación de la construcción:** Es un proceso crucial para asegurar que la construcción del sistema de alcantarillado se realice de manera eficiente y efectiva, minimizando cualquier impacto negativo en el medio ambiente y asegurando que se cumplan los objetivos del proyecto.

## 5 Anexo

A pesar de que el tiempo de práctica académica finalizó, la empresa responsable de la construcción continua con la ejecución del proyecto, ya que un proyecto de esta naturaleza requiere de una planificación rigurosa y una gestión adecuada, el cual se llevará a cabo a largo plazo con el fin de garantizar que se cumplan los objetivos y se minimicen los riesgos.

Es importante tener en cuenta que la construcción de un sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales domésticas es una tarea compleja que requiere de la coordinación de diversos equipos y profesionales. En este sentido, es fundamental contar con el personal idóneo, recursos necesarios y herramientas adecuadas para ejecutar el proyecto de manera exitosa.

## 6 Conclusiones

El suelo encontrado en el sector donde se construirá el alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales para la vereda las cruces - Resguardo indígena de Ipiales es un suelo limoso de alta compresibilidad de consistencia media firme color negro grisáceo en toda su estratigrafía, con compresión confinada de 0.73 kg/cm<sup>2</sup> o 7.3 tn/m<sup>2</sup> ángulo de fricción de 12. 58° no se encontró presencia de nivel freático.

Los suelos encontrados en el sector Las Cruces - Municipio de Ipiales, son suelos homogéneos, son suelos no dispersos, no licuables con potencial de expansión alto, estables, no colapsarles y no deformables.

Las estructuras diseñadas para este proyecto cumplen con todas las exigencias de estabilidad, resistencia y servicio exigidas por la NSR-10, y se recomienda cumplir en su totalidad con todas las especificaciones expuestas en los planos y el estudio de suelos, para el correcto funcionamiento de cada una de ellas.

En algunos casos, también puede ser necesario realizar estudios topográficos o de suelos en la propiedad para evaluar la viabilidad de la construcción de la obra y determinar la ubicación exacta de cualquier servidumbre necesaria.

La consulta y el diálogo con los grupos indígenas y sus líderes es fundamental para establecer una comunicación efectiva y asegurar la obtención del permiso de servidumbre. Es importante comprender la cultura y las creencias de los pueblos indígenas y trabajar en conjunto para encontrar soluciones que sean respetuosas con su patrimonio y su derecho a la tierra.

La educación y concientización de la población acerca del uso adecuado del alcantarillado es importante para su correcto funcionamiento y prolongación de su vida útil.

Con una evaluación cuidadosa, se pueden diseñar sistemas de alcantarillado eficaces y eficientes para satisfacer las necesidades de la comunidad.

Como ingenieros civiles, es nuestro deber velar por la calidad y la efectividad de los proyectos en los que estamos involucrados. Por lo tanto, es fundamental que se sigan los procedimientos establecidos y se implementen las medidas de control necesarias para garantizar que el proyecto de construcción del alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales domésticas se lleve a cabo de manera efectiva y eficiente.

## 7 Recomendaciones

Sí, durante la ejecución del proyecto se presentan condiciones geotécnicas diferentes a las encontradas en el estudio de suelos, por cuanto a los estudios se basan en sitios puntuales y al realizar la cimentación se presenta una estratigrafía diferente, se debe informar inmediatamente al ingeniero de suelos para hacer las pruebas complementarias y obtener los nuevos parámetros de diseño.

Para la excavación de la construcción de la obra, se recomienda que se realice teniendo la mayor celeridad en el proceso de construcción, procurando no dejar excavaciones abiertas durante periodos largos de tiempo, con el propósito de evitar la relajación de esfuerzos ya que se puede generar desprendimientos de material de las paredes de las excavaciones.

Cualquier material indeseable que se detecte en las excavaciones, como rellenos contaminados o suelos muy sueltos, deberán ser reemplazados por material seleccionado o suelo cemento. (relación 10:1) debidamente compactado al 95% del Proctor modificado.

Una vez hecha la excavación, se debe entibar inmediatamente para evitar futuros derrumbes, accidentes humanos y daños en las construcciones. El apuntamiento debe ser permanente en madera o estructura metálica por seguridad. La excavación debe hacerse por tramos cortos, se realiza los respectivos trabajos y se avanza con el siguiente tramo, evitando dejar excavaciones abiertas por largos periodos de tiempo.

La solicitud de servicios de servidumbre en zonas rurales y en propiedades de grupos indígenas puede presentar una serie de desafíos. La identificación y cumplimiento de los requisitos legales, la evaluación de las servidumbres existentes, la identificación de los titulares de la servidumbre y los requisitos de acceso son aspectos clave que deben abordarse de manera cuidadosa y adecuada para evitar posibles conflictos y retrasos en el proyecto.

El proceso de obtención de los permisos ambientales puede ser complejo y puede tomar un tiempo considerable. Por lo tanto, se recomienda iniciar el proceso de manera temprana y contar con el apoyo de expertos en el tema para asegurar su cumplimiento.

## 8 Referencias

- Barreros, M. (2017). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario con la depuración de las aguas residuales del sector san isidro nuevo, parroquia Mulliquindil Santa Ana, Provincia de Cotopaxi*. (Tesis de pregrado. Universidad Técnica de Ambato). <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25747>
- Medina, C. y Hernández, C. (2018). *Análisis de alternativas no convencionales para la recolección, transporte y tratamiento de las aguas residuales que se generan en el sector rural. Caso de estudio Mundo Nuevo – Calera*. (Tesis de pregrado. Universidad Católica de Colombia). Bogotá. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/bcefa5b2-b43c-4866-86c9-4142de2770f4/content>
- Minvivienda (2022). Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales (PMAR) 2020 – 2050. <https://www.minvivienda.gov.co/publicacion/plan-nacional-de-manejo-de-aguas-residuales-municipales-pmar-2020-2050>
- Minvivienda (2022). PMAR, Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales. <https://www.minvivienda.gov.co/publicacion/plan-nacional-de-manejo-de-aguas-residuales-municipales-pmar-2020-2050>
- Minvivienda (junio 17, 2017). *Resolución 330, Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y se derogan las Resoluciones números [1096](#) de 2000, [0424](#) de 2001, [0668](#) de 2003, [1459](#) de 2005, [1447](#) de 2005 y [2320](#) de 2009*. D.O. No. 50.267 de 17 de junio de 2017. [https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion\\_minviviendact\\_0330\\_2017.htm](https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minviviendact_0330_2017.htm)
- Rodríguez, J. (2022). *Propuesta de diseño alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales domésticas - PTARD del corregimiento de la herradura, en el municipio de bolívar valle del cauca*. (Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada). Santa fe de Bogotá. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/41320/RodriguezTolosaJhanAlexis2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Saguapac (2022). ¿Cómo Se Clasifican Los Sistemas De Alcantarillado Sanitario?  
<https://www.saguapac.com.bo/como-se-clasifican-los-sistemas-de-alcantarillado-sanitario/>

Colprensa (2 de mayo de 2020). El 47 % de las aguas residuales no son tratadas en Colombia.  
<https://www.radionacional.co/actualidad/medio-ambiente/aguas-residuales-en-colombia-47-por-ciento-no-son-tratadas#>

Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Decreto 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.*

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>

Congreso de la República de Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.*

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2021). *Resolución 799 de 2021. Por la cual se establecen los criterios técnicos y metodológicos para la formulación, estructuración y presentación de los proyectos de soluciones sostenibles de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en zonas rurales.*

<https://www.studocu.com/co/document/corporacion-tecnologica-de-bogota/derecho-aministrativo/resolucion-799-de-2021/27926839>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Resolución 631 de 2015. Por la cual se establecen los requisitos, términos y condiciones para la expedición de permisos de vertimientos y se dictan otras disposiciones.*

<https://fenavi.org/wp-content/uploads/2018/05/Resolucion-631-2015.pdf>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2011). *Resolución 75 de 2011. Por la cual se establecen los requisitos para la presentación de planes de saneamiento y manejo de vertimientos, se señalan los parámetros y valores límite de vertimiento y se dictan otras disposiciones.*

---

[https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion\\_minambientevdt\\_0075\\_2011.htm](https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambientevdt_0075_2011.htm)

Congreso de la República de Colombia. (1994). Ley 142 de 1994. *Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.*

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2752>

Congreso de la República de Colombia. (2001). Ley 689 de 2001. *Por la cual se regula el aprovechamiento de residuos o desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.*

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4633>

Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 80 de 1993. *Por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública.*

[http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0080\\_1993.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0080_1993.html)

Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993. *Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.*

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf>

Presidencia de la República de Colombia. (2015). Decreto 1076 de 2015. *Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.*

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>