

APOYO TÉCNICO EN LOS PROCESOS DE LA EMPRESA SOLIDARIA DE SERVICIOS  
PÚBLICOS SERVIBELÉN EN CALIDAD DE PASANTE DE INGENIERÍA AMBIENTAL

CARLOS ALBERTO MORENO MONTIEL

CODIGO: 2253173

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TUNJA

2023

APOYO TÉCNICO EN LOS PROCESOS DE LA EMPRESA SOLIDARIA DE SERVICIOS  
PÚBLICOS SERVIBELÉN EN CALIDAD DE PASANTE DE INGENIERÍA AMBIENTAL

CARLOS ALBERTO MORENO MONTIEL

CODIGO: 2253173

TRABAJO INFORME FINAL DE PASANTIA COMO OPCION DE GRADO PARA  
OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

DIRECTOR: ING. CAMILO ANDRÉS ROJAS CRUZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TUNJA

2023

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN .....                                                                 | 8  |
| 1. INTRODUCCIÓN.....                                                          | 9  |
| 2. OBJETIVOS .....                                                            | 12 |
| 2.1 Objetivo general.....                                                     | 12 |
| 2.2 Objetivo específico .....                                                 | 12 |
| 3. MARCO REFERENCIAL .....                                                    | 13 |
| 3.1 Marco Contextual.....                                                     | 13 |
| 3.2 Marco teórico .....                                                       | 14 |
| 3.3 Marco legal .....                                                         | 18 |
| 4. DESARROLLO DE PASANTÍA.....                                                | 20 |
| 4.1 Metodología .....                                                         | 20 |
| 4.2 Cronograma sobre actividades realizadas en pasantía .....                 | 22 |
| 4.3 Descripción de actividades .....                                          | 23 |
| 4.3.1 Reformulación e implementación del PUEAA .....                          | 23 |
| 4.3.2 Solicitud de concesión de aguas .....                                   | 25 |
| 4.3.3 Mejoramiento de los procesos de mantenimiento de la PTAP .....          | 26 |
| 5. RESULTADOS OBTENIDOS.....                                                  | 28 |
| 5.1. Objetivo 1. Reformulación e implementación del PUEAA .....               | 28 |
| 5.1.1 Revisión documento “Requerimiento al PUEAA” .....                       | 28 |
| 5.1.2 Desarrollo de correcciones del documento "Requerimiento al PUEAA" ..... | 32 |

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.2 Objetivo 2. Solicitud concesión de aguas.....                                         | 35 |
| 5.2.1 Revisión de trámites y lineamientos para la solicitud de la concesión de aguas..... | 35 |
| 5.2.2 Diligenciamiento de formularios requeridos por la Corporación.....                  | 37 |
| 5.2.3. Propuesta de infraestructura .....                                                 | 42 |
| 5.3 Objetivo 3. Mejora en procesos de mantenimiento de PTAP.....                          | 53 |
| 5.3.1 Identificación de los componentes de la PTAP .....                                  | 53 |
| 5.3.2 Evaluación del IRCA.....                                                            | 54 |
| 5.3.3 Modificación de manual de mantenimiento y operación de la PTAP .....                | 57 |
| 6. CONCLUSIONES.....                                                                      | 67 |
| 7. REFERENCIAS .....                                                                      | 70 |
| ANEXOS .....                                                                              | 73 |

## CONTENIDO DE TABLA

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Marco legal .....                                               | 19 |
| Tabla 2. Cronograma de actividades .....                                 | 22 |
| Tabla 3. Revisión documento “Requerimiento al PUEAA” .....               | 29 |
| Tabla 4. Correcciones documento PUEAA .....                              | 33 |
| Tabla 5. Tramite sobre concesión de aguas .....                          | 36 |
| Tabla 6. Documentación requerida Tramite Concesión de aguas .....        | 36 |
| Tabla 7. Instrucciones de diligenciamiento formato concesión aguas ..... | 37 |
| Tabla 8. Lineamientos Formato FGP-09 .....                               | 40 |
| Tabla 9. Proyectos propuestos para el Quinquenio .....                   | 41 |
| Tabla 10. Diseño mezclador mecánico .....                                | 43 |
| Tabla 11. Diseño floculador de flujo vertical .....                      | 44 |
| Tabla 12. Diseño sedimentador de flujo horizontal .....                  | 46 |
| Tabla 13. Diseño filtrador de lecho mixto .....                          | 48 |
| Tabla 14. Diseño desinfección con cloro .....                            | 51 |
| Tabla 15. Análisis parámetros según resolución 2115 (2007) .....         | 56 |
| Tabla 16. Procesos operación y mantenimiento PTAP .....                  | 57 |
| Tabla 17. Modificaciones realizadas .....                                | 58 |

## **TABLA DE FIGURAS**

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Estructura organizacional SERVIBELÉN .....      | 13 |
| Figura 2. Diagrama metodológico .....                     | 20 |
| Figura 3. Página web Corpoboyacá Concesión de aguas ..... | 36 |
| Figura 4. Propuesta infraestructura PTAP.....             | 43 |
| Figura 5. Componentes de PTAP SERVIBELÉN.....             | 54 |
| Figura 6. Resultado toma de muestras.....                 | 55 |

## **TABLA DE ECUACIONES**

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| Ecuación 1. Método aritmético.....   | 17 |
| Ecuación 2. Método geométrico .....  | 17 |
| Ecuación 3. Método exponencial ..... | 17 |
| Ecuación 4. Población promedio ..... | 17 |
| Ecuación 5. IRCA.....                | 56 |

## **RESUMEN**

La empresa de Servicios Públicos ubicada en Belén (SERVIBELEN E.S.P.), entidad pública que procura prestar los servicios públicos domiciliarios de alcantarillado, acueducto, aseo y la actividad de obtención y tratamiento de agua de consumo humano en el municipio de Belén. La empresa está comprometida a garantizar el abastecimiento continuo y eficaz de agua apta para consumo y mejor calidad en tema de alcantarillado para así generar sostenibilidad ambiental y responsabilidad social, esto en base de optimizar el sistema para lograr la calidad del servicio prestado. Se realizaron actividades concernientes a la reformulación e implementación del PUEAA de conformidad a los lineamientos establecidos por la jurisdicción ambiental y relacionado con lo establecido en la respectiva la concesión de aguas, corrigiendo los componentes resaltados por CORPOBOYACÁ; actividades concernientes para solicitar la nueva concesión de aguas en lo que tiene que ver con aspectos técnicos; corroborando datos de línea base de caudal en fuente de captación, fuente de recepción, caudal consumido por usuarios y perdidas actuales del sistema; propuestas de infraestructura la cual es una planta compuesta por un mezclador mecánico, floculador de flujo vertical, sedimentador de flujo horizontal, filtrador de lecho mixto y desinfección con cloro, lo cual garantiza la calidad del agua; diligenciando formularios requeridos por la jurisdicción ambiental, además de todos los documentos que son requeridos. Asimismo, se desarrollaron actividades concernientes a la mejora de todos los métodos de mantenimiento de la PTAP del Municipio de Belén, determinando que el agua es apta para consumo humano según la normativa, cálculo del IRCA, revisión y posterior modificación del manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento del municipio. El objetivo principal del proyecto fue brindar apoyo técnico en los procesos de la empresa Solidaria de Servicios Públicos SERVIBELEN en calidad de pasante de Ingeniería Ambiental.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El agua es el origen y el soporte de toda la vida que existe en la Tierra, se presenta en más del 70% del planeta Tierra, contribuye con la regulación del clima, cuenta con propiedades las cuales son esenciales para la vida. Este recurso renovable es limitado, su conservación es una de las dificultades más relevantes en relación con el medio ambiente (Fernández Cirelli, 2012). La calidad del agua es el valor más apropiado en cuanto a parámetros biológicos, químicos y físicos, Colombia es el país número sexto que posee mayores suministros de este recurso, aunque el 50% del agua en el país presenta problemas de calidad (Carriazo Regino, 2021). El derecho al agua de óptima calidad es primordial para los seres humanos, los servicios relacionados con acueducto y alcantarillado son de gran importancia por escasez de infraestructuras, mostrando que la protección del acceso al agua para los seres humanos es un derecho fundamental y necesita ser reconocido por la Corte Constitucional en Colombia. En zonas rurales del país el suministro de agua potable es deficiente, menos del 35% pueden obtener este beneficio y el sistema para poder tratar aguas residuales es deficiente. Además, alrededor del 60% de aguas residuales son depositadas en cuerpos de agua cercanos que no cuentan con ningún tipo de tratamiento, la contaminación perturba actividades como agricultura, minería y las ciudades. Cerca de 11 millones de seres vivos habitan en zonas rurales, 1/3 de esta población no tiene acceso al agua que es potable ni a saneamiento básico adecuado, los cuales son esenciales para tener una buena calidad de vida (Carriazo Regino, 2021).

El saneamiento básico es una problemática de gran importancia para la población, es necesario establecer un sistema de alcantarillado que maneje adecuadamente los desechos generados por el hombre, y así poder suministrar agua de consumo humano para la población (Sandoval Delgado, 2010). Las insuficiencias básicas que no satisfacen el consumo de agua que es apta para consumo

humano y los déficits para poder evacuar aguas de lluvia y sanitarias generan la aparición de vectores como moscas, zancudos, roedores, los cuales perjudican la salud de las personas. La contaminación que afecta el recurso hídrico puede llegar de diferentes modos, como desechos de animales y desechos químicos, por tal razón se busca una evacuación de desechos efectiva, siendo una red de acueducto y alcantarillado la mejor opción, convirtiéndose en una necesidad primaria (Gil & Soto, 2012).

La Empresa SERVIBELEN es una entidad sin ánimo de lucro que presta los servicios de Aseo, Alcantarillado y Acueducto en el municipio de Belén, Boyacá, cuenta con diferentes problemáticas entorno al saneamiento básico y acueducto, una de ellas es la perdida de agua que se genera en los procesos de tratamiento, aducción y distribución para la población, ya sea por posibles fugas, mal funcionamiento en los filtros dinámicos en el proceso de tratamiento y perdidas tanto comerciales como técnicas (Gutierrez Vargas, 2015). Además, en la zona de captación se identificó que están presentes actividades de pastoreo vacuno y agricultura, actividades que tienen un impacto negativo al disminuir la calidad de las situaciones naturales de todos los ecosistemas de donde proviene el agua captada. Por último, en el municipio se han evidenciado múltiples riesgos para la salud de la población, el recurso hídrico que no es apto para consumo humano según múltiples análisis practicados. Así mismo, no se registró un adecuado saneamiento ambiental que cuente con elementos primordiales para cumplir con la toma de muestras y el correcto análisis de muestras de estas (Ruiz Gaitán, 2020). Es por esta razón que para llevar a cabo la pasantía se enfocó en brindar soporte técnico en los procesos de la empresa de Servicios Públicos SERVIBELEN. Para cumplir con el objetivo principal de la pasantía se plantearon diversas actividades, la primera de ellas estuvo enfocada con actividades realizadas sobre reformulación del PUEAA según los lineamientos de la autoridad ambiental, el cual se logró mediante revisiones previas de documentos relacionados con

la presentación del PUEAA, como el PUEAA enviado a Corpoboyacá en el año 2017, su respuesta el cual fue nombrado “Requerimiento al PUEAA” y sus correcciones; la segunda actividad estuvo orientada en desarrollar actividades relacionadas con solicitar la concesión de aguas, para la cual se revisaron los lineamientos y tramites requeridos para llevar a cabo la solicitud, y con el diligenciamiento del formato para solicitar la concesión de aguas y el formato FGP-09 se cumplió con el objetivo dos, logrando corroborar datos de línea base como distintos caudales en fuente de captación y recepción, caudal consumido por usuarios del servicio, perdidas actuales del sistema; para la actividad tres se enfocó en mejorar procesos de mantenimiento de agua potable se realizó la identificación de componentes de la PTAP y se modificó el manual de mantenimiento y operación según la normativa vigente. Además, el documento se presentan los objetivos planteados para llevar a cabo la pasantía, marco referencial, desarrollo de pasantía y resultados obtenidos. Finalmente, como conclusiones se lograron el cumplimiento de los tres objetivos propuestos, destacando el fortalecimiento de conocimientos y habilidades adquiridos a través del desarrollo de la pasantía.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

- Brindar apoyo técnico en los procesos de la empresa Solidaria de Servicios Públicos SERVIBELÉN E.S.P. en calidad de pasante de Ingeniería Ambiental.

### **2.2 Objetivo específico**

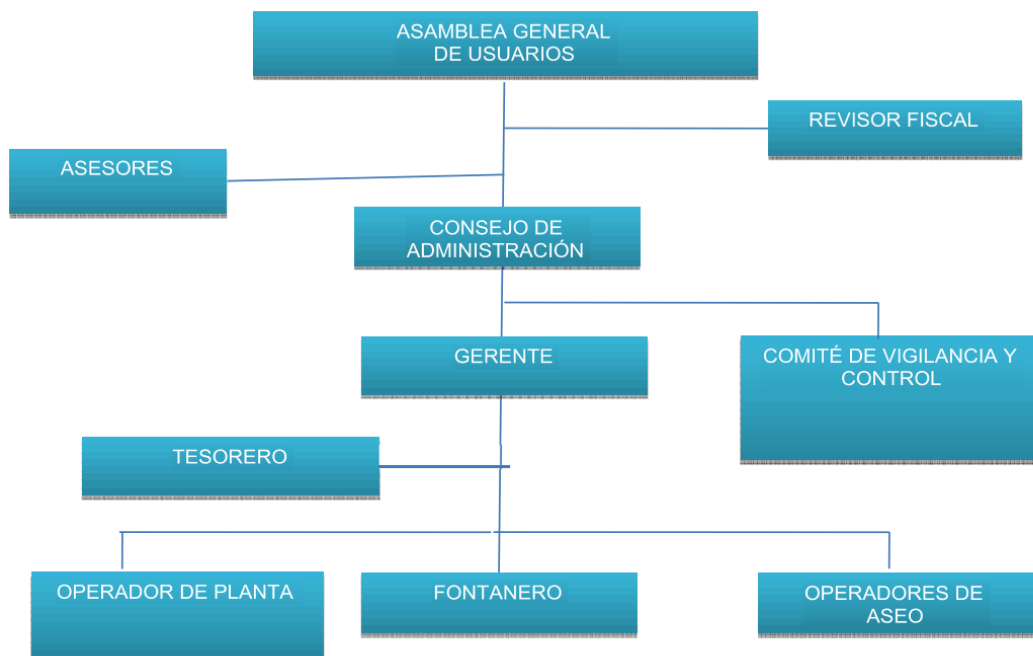
- Realizar actividades concernientes a la reformulación e implementación del PUEAA de conformidad a los lineamientos establecidos por la autoridad ambiental y en relación con lo establecido en la respectiva concesión de aguas.
- Desarrollar actividades relacionadas con la solicitud de la nueva concesión de aguas en lo que tiene que ver con levantamiento de línea base, aspectos técnicos, propuesta de infraestructuras y demás requerimientos exigidos por la autoridad ambiental.
- Desarrollar actividades concernientes a la mejora de los procesos de mantenimiento de la planta de agua potable del Municipio de Belén.

### 3. MARCO REFERENCIAL

#### 3.1 Marco Contextual

La empresa SERVIBELEN tiene por objeto prestar servicios públicos de Aseo, Alcantarillado y Acueducto en Belén, Boyacá, realizar acciones como recolección y transporte de residuos sólidos no aprovechables, limpieza y barrido en áreas y vías públicas (SERVIBELEN, 2017). Su sede principal está localizada en el municipio de Belén Boyacá en la Carrera 6 #6-22 Oficina 108.

*Figura 1. Estructura organizacional SERVIBELEN*



*Fuente: PUEAA SERVIBELEN*

La Empresa SERVIBELEN, realiza la prestación de servicios públicos relacionado con actividades de aseo. Según el RUPS (registro único relacionado con los prestadores de servicios que son públicos) la empresa SERVIBELEN está inscrita desde el año 2015 al RUPS, además de ser una organización autorizada mixta prestadora de servicios en el municipio de Belén. SERVIBELEN presta los servicios de Aseo, Alcantarillado y Acueducto, así mismo presta actividades de Recolección y transporte de distintos residuos sólidos que no son aprovechables, limpieza de vías, áreas públicas y Barrido (SIGME, 2022). La empresa SERVIBELEN cuenta con la siguiente

estructura organizacional: Asamblea General de Usuarios, Revisor Fiscal, Asesores, Consejo de Administración, Comité de vigilancia y Control, Gerente, Tesorero, Operador de Planta, Fontanero, Operadores de Aseo (SERVIBELEN, 2017).

En el 2020 se creó el Comité Ambiental SERVIBELEN, el cual es un programa que se enfoca en la Educación Ambiental liderada por jóvenes líderes del medio ambiente, su objetivo principal es el de generar conciencia y mayor apoyo por parte de la comunidad, esto en beneficio del medio ambiente y las problemáticas más notorias en el municipio de Belén. Una de las primeras actividades desarrolladas fue un Foro relacionado con poder gestionar de manera sostenible todo lo relacionado con el recurso hídrico en el municipio, en el cual se explicó todo lo relacionado con el proyecto a nivel local, dando mayor importancia a la protección, cuidado, recuperación de diversos ecosistemas con los que cuenta el municipio (Comite Ambiental Belén, 2020).

### **3.2 Marco teórico**

Para el desarrollo de la pasantía en la empresa SERVIBELEN, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones técnicas las cuales se relacionaron con la prestación de servicios públicos tanto de alcantarillado, aseo y acueducto, concesión de aguas y mejora de procesos para la PTAP del municipio de Belén.

- Servicios públicos: satisfacen necesidades comunes o colectivas de forma general, continua y de manera permanente. Se encuentran bajo el control y dirección del Estado, y así mismo tiene por objetivo preservar el orden y se compromete a fortalecer y apoyar con el cumplimiento de los fines establecidos (Araque García, 2020).

- **Acueducto:** Un acueducto es una estructura la cual transporta agua desde un cuerpo de agua natural (quebrada o rio) hasta su consumo final, como un domicilio u hogar (Fibras y Normas Colombia, 2022).
- **Alcantarillado:** permite el transporte de aguas residuales y aguas lluvia, desde su captación hasta su vertimiento. El sistema de alcantarillado se realiza con el objetivo de no generar posibles inundaciones, problemáticas en torno a la salubridad. Esta estructura se enfoca en el transporte de aguas residuales y pluviales (Fibras y Normas Colombia, 2022).
- **Agua potable:** puede ser consumida sin ninguna limitación, la cual cumple con normativa vigente sobre calidad de autoridades locales y también internacionales. El recurso hídrico sirve para múltiples actividades, por su gran importancia para la vida humana, usos potables y es determinante por sus características biológicas, químicas y físicas, ya que se establece su uso y determina si necesita múltiples tratamientos para controlar y eliminar las sustancias que son perjudiciales para la vida en el planeta (Cordero Ordoñez & Ullauri Hernández, 2011).
- **Sostenibilidad:** Según la comisión de Brundtland, la sostenibilidad es la satisfacción de necesidades en el presente, las cuales no comprometan las habilidades que presentan futuras generaciones para poder satisfacer sus necesidades propias (Naciones Unidas, 2022).
- **Educación ambiental:** Pretende crear y formar mayor conciencia a todas las personas que, desde su entorno, sean responsables de su cuidado y uso adecuado. La educación ambiental se enfoca en muchos sectores y es utilizado por medio de recursos más didácticos. La educación ambiental se basa en un cambio de conocimientos, fomentando el cambio en comportamientos de las personas que conforman una comunidad, dando mayor relevancia a su relación con el medio ambiente y así generar conciencia para establecer mayores acciones cotidianas en pro de la protección ambiental (Rengifo Rengifo, Quitiaquez Segura, & Mora Córdoba, 2020).

- Vertimientos: son descargas finales en cuerpos de agua destinados a suelos o alcantarillado, compuestos, elementos o sustancias que están incluidos de forma líquido (DECRETO 3930 DE 2010, 2010).
- PUEAA: Plan de uso eficiente y ahorro para el Agua, es una medida estratégica la cual obliga a los beneficiarios del recurso hídrico a realizar estrategias las cuales buscan lograr el uso eficientemente del recurso hídrico y generar medidas para innovar el tema concerniente de ahorro del agua (Castrillón Bedoya, 2016).
- Concesión de aguas: permiso concedido por autoridad relacionada con el medio ambiente, la cual permite usar y aprovechar el recurso hídrico, captado en ríos, quebradas, pozos profundos; el cual es aprovechado para uso agropecuario, recreativo, domestico, industrial, energía, entre otros (Decreto1076, 2015). La concesión de aguas garantiza el manejo adecuado de cuerpos de agua, cauces y su respectiva conservación. El uso racional del agua es asegurado para la población o usuarios del municipio correspondiente que solicite la concesión de aguas, se aprovecha y se distribuye equitativamente. La concesión de aguas es solicitada para actividades como consumo humano, necesidades domésticas, usos agropecuarios, y usos industriales (Corpoboyacá, 2021).
- IRCA: Es el índice de riesgo calidad del agua, el cual es una metodología la cual mide los resultados de análisis hechos para muestras de agua aptas para consumo humano (Secretaría de Salud, 2023).
- Proyección de población: Información que proporciona un posible tamaño de población según censos definidos en el país, sirve para tomar importantes decisiones tanto para el sector público y privado (INE, 2023). Existen diferentes métodos para determinar proyección de poblaciones:

### Método Aritmético:

Ecuación 1. Método aritmético

$$Pf = Puc + \left( \frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci} * (Tf - Tuc) \right)$$

Donde:

Pf: Población año a proyectar (Hab)

Puc: Población último censo

Pci: Población primer censo

Tuc: Año último censo

Tci: Año primer censo

Tf: Año a proyectar población

### Método Geométrico:

Ecuación 2. Método geométrico

$$r = \left( \left( \frac{Puc}{Pci} \right)^{\frac{1}{Tuc - Tci}} \right) - 1$$

$$Pf = Puc * (1 - r)^{Tf - Tuc}$$

### Método Exponencial:

Ecuación 3. Método exponencial

$$k = \frac{\ln(Pcp) - \ln(Pca)}{Tcp - Tca}$$

$$Pf = Pci * e^{k * (Tf - Tc)}$$

### Población Promedio

Ecuación 4. Población promedio

$$P_{año} = \frac{(PfAritmetico + PfGeometrico + PfExponencial)}{3}$$

- Potabilización de agua: A continuación se explican los procesos necesarios para poder tratar agua que está destinada a ser consumida, cumpliendo con la normativa vigente según límites permisibles (Cruz, 2019).
- Captación: El agua es extraída de cuerpos de agua y dependiendo su exposición con el medio ambiente necesita un tratamiento más complejo (Cruz, 2019).
- Canalización: conducción del agua hacia la PTAP (Cruz, 2019).
- Floculación: En este proceso se separan partículas aplicando químicos, los cuales al unirse se decantan y se elimina la turbiedad (Cruz, 2019).
- Decantación: los sólidos presentes por su peso se depositan en el fondo (Cruz, 2019).
- Filtración: El recurso hídrico es separado mediante un elemento compuesto de poros (arena) la cual vuelve más clara el agua (Cruz, 2019).
- Cloración: Eliminación de microbios que están en el agua (Cruz, 2019).
- Distribución: Con redes de tuberías se distribuye el recurso hídrico (Cruz, 2019).

### 3.3 Marco legal

A continuación, en la Tabla 1 se relaciona la normativa vigente de la prestación de servicios de acueducto, conservación de agua, lineamientos del PUEAA, calidad de agua potable.

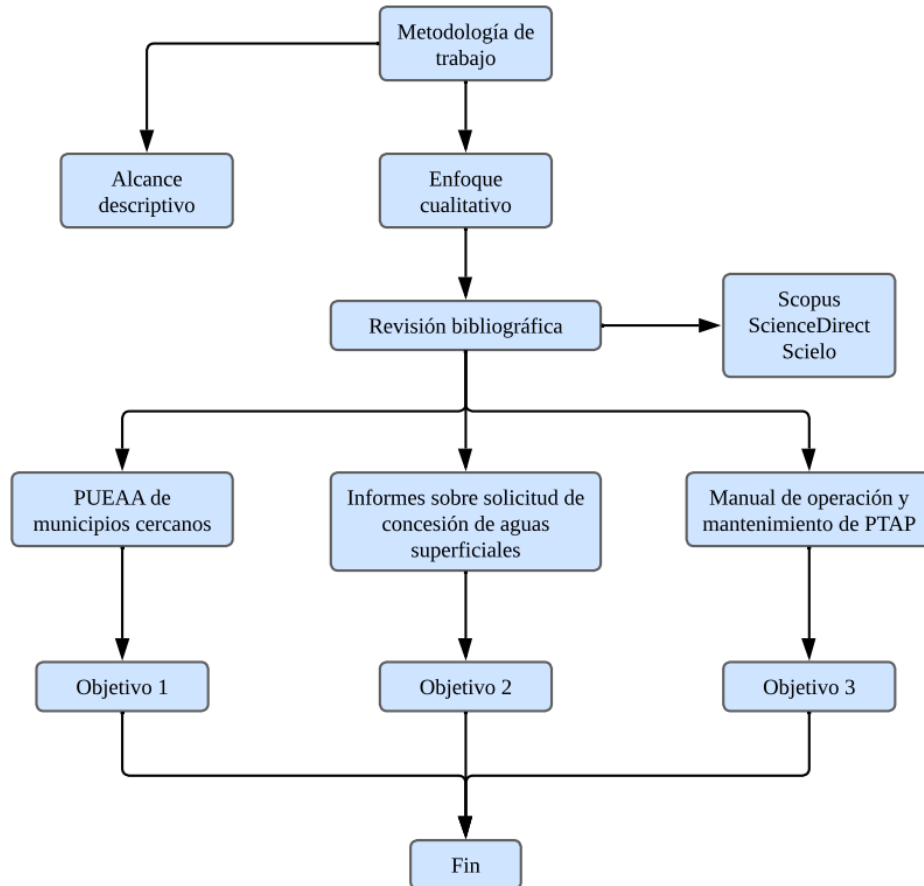
Tabla 1. Marco legal

| NORMA                         | DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Ley 99 de 93</i>           | Reordenamiento del sector público el cual este comisionado para la gestión y preservación de la naturaleza y todos los recursos que son naturales y renovables. Además, se constituye el SINA, el cual orienta todo lo relacionado con programas, normas, actividades e instituciones que apliquen los principios generales del medio ambiente. |
| <i>Ley 79 de 1986</i>         | Se prevé todo lo relacionado con poder conservar el recurso hídrico y se imponen otros lineamientos.                                                                                                                                                                                                                                            |
| <i>Decreto 2141 de 2016</i>   | Se añade un apartado al Decreto 1076 (2015), todo lo concerniente con el acuerdo de la tasa retributiva.                                                                                                                                                                                                                                        |
| <i>Decreto 1090 de 2018</i>   | Todo lo concerniente con el PUEAA.                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <i>Decreto 2667 de 2012</i>   | Se regula la tasa retributiva por utilizar el agua directa o indirectamente y como aceptador de vertimientos puntuales.                                                                                                                                                                                                                         |
| <i>Resolución 631 de 2015</i> | Se instauran medidas y valores finales máximos que son permitidos en vertimientos a cuerpos de aguas superficiales y sistemas de alcantarillado público.                                                                                                                                                                                        |
| <i>Ley 373 de 1997</i>        | Establecimiento del PUEAA.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <i>Decreto 1429 de 1995</i>   | Se normaliza todo lo relacionado con el Capítulo I del Título V de la Ley 142 de 1994, concerniente con la vigilancia social de todos los servicios públicos Domiciliarios.                                                                                                                                                                     |
| <i>Decreto 475 de 1998</i>    | Todo lo relacionado con normas técnicas concernientes con calidad de agua bebible.                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <i>Decreto 3100 de 2003</i>   | Se regulan todas las tasas retributivas por utilizar directamente el agua en vertimientos puntuales.                                                                                                                                                                                                                                            |

## 4. DESARROLLO DE PASANTÍA

### 4.1 Metodología

Figura 2. Diagrama metodológico



Fuente: Elaboración propia

**Alcance:** El siguiente proyecto tiene un alcance descriptivo, ya que se pretende puntualizar cómo se muestran y como son los eventos, contextos, situaciones y fenómenos. Su objetivo es detallar rasgos, propiedades y características significativos de cualquier fenómeno que se esté analizando (Hernández Sampieri, 2001). En este proyecto se realizaron actividades concernientes a la reformulación e implementación del PUEAA de consentimiento con lineamientos de autoridad relacionada con el medio ambiente, así mismo desarrollaron actividades relacionadas con poder

solicitar la concesión de aguas y, por último, se desarrollaron actividades concernientes a la mejora de métodos de mantenimiento de la PTAP del Municipio de Belén.

**Enfoque:** Para desarrollar el proyecto se tomó en cuenta el enfoque cualitativo, el cual está orientado con un proyecto inductivo y su técnica de investigación es de manera etnográfica, contextual e interpretativo. Para el proyecto se recolectaron datos a partir de la observación y la documentación (Hernández Sampieri, 2001). Con respecto al objetivo 1, su enfoque está relacionado en resolver aspectos básicos del programa relacionado con el uso eficiente y poder ahorrar el Agua, aspectos no cuantitativos relacionados con la revisión de literatura de PUEAA de otros municipios para su posterior análisis, redacción y poder llegar a una perspectiva más general para su reformulación. El objetivo 2, está orientado en la nueva concesión de aguas para el municipio, al emplear la habilidad de recolectar datos mediante observación para posteriormente, interpretar experiencias de demás concesiones de aguas de diferentes municipios, poder comprender y describir correctamente todos los lineamientos que CORPOBOYACÁ exige. El cumplimiento del objetivo 3, está enfocado con la revisión previa del manual de mantenimiento y actividades concernientes a la operación de la PTAP, en la cual se definen por medio de la revisión de los RAS Títulos B sobre sistemas de acueducto y Título C sobre potabilización, que modificaciones se pueden llevar a cabo para mejorar las técnicas de mantenimiento y operación de la planta y así poder mejorarlos (Hernández Sampieri, 2001).

**Instrumentos:** Para este proyecto se utilizaron instrumentos como la revisión bibliográfica, la cual tiene un enfoque cualitativo y se puede definir como una operación documental que aporta información para un tiempo determinado, este tipo de información puede ser expresado en ideas, datos y evidencias (Hernández Sampieri, 2001). En la revisión bibliográfica se tomaron en cuenta parámetros como los PUEAA de varios municipios aledaños al lugar de estudio, informes de

solicitudes de concesiones de aguas, manuales sobre procesos de mantenimiento y operación de PTAP de varios municipios y sus respectivos Reglamentos Técnicos relacionados con sectores de recurso hídrico y saneamiento Títulos B como sistemas de acueducto y Titulo C sobre potabilización). Las respectivas bases de datos en las que se buscó información fueron Scopus, ScienceDirect y Scielo. En la figura 2 se detalla el diagrama metodológico implementado para dar cumplimiento de los tres objetivos desarrollados a lo largo de la pasantía.

#### 4.2 Cronograma sobre actividades realizadas en pasantía

A continuación, se muestra el cronograma sobre actividades planteadas en la metodología propuesta durante el desarrollo de la pasantía.

Tabla 2. Cronograma de actividades

| OBJETIVOS                                          | ACTIVIDADES                                                           | Tiempo de duración |   |   |   |      |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------|---|---|---|------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|
|                                                    |                                                                       | Abril              |   |   |   | Mayo |   |   |   | Junio |   |   |   | Julio |   |   |   |
|                                                    |                                                                       | 1                  | 2 | 3 | 4 | 1    | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 |
| Reformulación e implementación del PUEAA           | Revisar el PUEAA anterior                                             |                    |   |   |   |      |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
|                                                    | Revisar documento "Requerimiento al PUEAA" enviado por la Corporación |                    |   |   |   |      |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
|                                                    | Desarrollar correcciones del documento "Requerimiento al PUEAA"       |                    |   |   |   |      |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| Solicitud de la nueva concesión de aguas           | Revisar tramite y lineamientos para la solicitud concesión de aguas   |                    |   |   |   |      |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
|                                                    | Diligenciar formularios requeridos                                    |                    |   |   |   |      |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| Mejora de los procesos de mantenimiento de la PTAP | Identificar los componentes de la PTAP                                |                    |   |   |   |      |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
|                                                    | Modificar el manual de operación y mantenimiento de la PTAP           |                    |   |   |   |      |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |

Fuente: Autor

## **4.3 Descripción de actividades**

### **4.3.1 Reformulación e implementación del PUEAA**

Para el cumplimiento del primer objetivo específico el cual es la reformulación e implementación del PUEAA de la empresa SERVIBELEN, se llevó a cabo una revisión previa del PUEAA presentado por la empresa en diciembre de 2021 a Corpoboyacá, el cual presenta diferentes lineamientos como su Introducción, su Justificación, Información preliminar del informe, Diagnostico, Prospectiva y estrategias de uso eficiente/análisis de alternativas, Formulación, Control y seguimiento. Al hacer la revisión, se tomó en cuenta aspectos importantes como la oferta de recurso hídrico en fuentes de abastecimiento, demanda de recurso hídrico, fines relacionados a reducción de perdidas, etc. Al existir inconsistencias en el documento, se tomaron en cuenta para su correcta reformulación.

Corpoboyacá elaboro la revisión y evaluación del PUEAA presentado por SERVIBELEN, en el cual presento el documento titulado “Requerimiento al PUEAA”. El documento contiene todas las observaciones hechas por la Corporación al PUEAA y solicita de manera pronta su corrección para evitar posibles sanciones. Para la revisión del documento, se tomó en cuenta la concepción técnico relacionada con la valoración del programa sobre el uso correcto, ahorro y eficiente del recurso hídrico, el cual presenta Información general del programa, Antecedentes el cual enmarca la anterior revisión del PUEAA y sus recomendaciones, Aspectos técnicos en el cual se presenta de manera resumida el contenido del PUEAA, la Evaluación del documento la cual presenta las Actividades y su evaluación de cumplimiento con observaciones, Conclusiones y recomendaciones por parte de la corporación para ajustar el documento, Concepto técnico donde se menciona si el documento es aprobado o no.

Al realizar la revisión del documento “Requerimiento al PUEAA”, la corporación señalo varios errores presentes en el resumen ejecutivo, faltando la presentación del Formato FGP-09 el cual muestra información básica del PUEAA; el alcance no corresponde a los términos de referencia, faltando establecer hasta donde puede llegar el PUEAA, aclarar beneficios y oportunidades, contemplar la importancia de los usuarios para el programa; los objetivos necesitan reformulación técnica y ambiental; los Análisis de involucrados falta información pertinente con instrumentos de planificación, su articulación con el PUEAA, descripción de cada involucrado y su relacion con el programa. En el diagnostico los ítems Nacimientos y zonas protegidas necesitan actualización en cuanto a información y mayos descripción de ecosistemas presentes en la zona; Oferta Hídrica con actualización del caudal a partir de épocas secas y de lluvia; Demanda Hídrica con la revisión del caudal según la concesión de aguas; Balance de agua ajustando valores según cambios de los anteriores numerales; Inventario y Análisis de Infraestructura Hidráulica mostrando a detalle mayos información de componentes del sistema, análisis técnico y vida útil de estructuras; Inventario de vertimientos y Diagnostico social requieren ciertos ajustes por la información desactualizada que no muestra datos actualizados del diagnóstico. En el Ítem Prospectiva, se realizan observaciones sobre Proyección de la demanda, mostrando a detalle el método de cálculos de proyección poblacional, actualizando información correspondiente con población del municipio; Descripción de Módulos de consumo y Reducción de perdidas con información mas actualizada debido a los cambios de los numerales anteriores.

Todas las observaciones anteriores fueron corregidas según los lineamientos de la corporación y la actualización de datos por parte de la empresa SERVIBELEN. Para los cálculos de la proyección poblacional se usaron las metodologías de proyecciones de poblaciones geométrica, exponencial y aritmética mencionadas en el marco teórico.

#### **4.3.2 Solicitud de concesión de aguas**

La solicitud concerniente sobre concesión de aguas se solicita para garantizar el manejo de aguas y su correcta conservación, el uso racional del agua es asegurado y se aprovecha de manera óptima y con distribución equitativa para los usuarios del municipio de Belén. La diligencia de la concesión de aguas tiene costo dependiendo de visitas técnica y su respectiva evaluación ambiental, no obstante, se debe tener en cuenta que para conceder la concesión de recurso hídrico existen ciertas prioridades, las cuales se relacionan con uso de consumo humano (urbano o rural), usos agropecuarios, necesidades domesticas individuales y usos manufactureros, industriales, entre otros. Según el decreto 1076 de 2015, no se requiere la concesión para satisfacer necesidades humanas y actividades básicas que no necesiten infraestructura. Se requiere la concesión para poder abastecer el agua en hogares, silvicultura (protección de montes o bosques) y riego, poder abastecer los abrevaderos y de usos industriales.

Para solicitar la diligencia se revisaron los archivos requeridos según decreto 1076 (2015), primero los Documentos de identificación, si es persona natural su cedula que lo identifica como ciudadano o si se trata de una persona Jurídica el Rut, título de existencia, representación de manera legal; segundo toda la documentación que atestigüen que el solicitante pertenece a la personería Jurídica, si pertenece a sociedades (título de representación legal y existencia) y si pertenece a Juntas acción comunal (título de existencia y representación legal); Documentos confirmen el derecho que posee el solicitante sobre el medio donde se realizara la captación; PUEAA para el caudal respectivo en el lugar de captación.

El procedimiento correspondiente para requerir el permiso de concesión de aguas inicio con la pertinente revisión de documentos, incluyendo formularios sobre la respectiva solicitud de Concesión de aguas, listado sobre suscriptores, Diseño sobre proyecto de acueducto, Formulario

sobre la declaración sobre costos para inversión anual sobre operación, control, tratamiento, tratamiento y captación. Mas adelante se deberá realizar el pago de productos de valoración ambiental y hará la liquidación del valor liquidado. Después se realizará la radicación de documentos y la liquidación. El Inicio del Tramite empieza con una notificación al solicitante al revisar la documentación y formularios y comprobar que está completa. Posteriormente, se avisará a la alcaldía para realizar la visita técnica y posteriormente se elabora la visita de evaluación técnica. Finalmente, la concepción técnica es emitido por CORPOBOYACÁ, la cual especifica la otorgación y negación de la concesión de aguas para el municipio solicitante. Cabe resaltar que el aporte del pasante para solicitar la concesión de aguas más actualizada se enfocó en diligenciar formatos requeridos por la autoridad y la guía para llevar a cabo este proceso, más adelante la persona encargada de la solicitud seguirá los pasos para llevar a cabo el proceso y dar por comienzo el trámite.

Finalmente se realizó la propuesta de la PTAP del municipio de Belén Boyacá, la cual es una planta compuesta por un mezclador mecánico, floculador de flujo vertical, sedimentador de flujo horizontal, filtrador de lecho mixto y desinfección con cloro, lo cual garantiza la calidad del agua. Esta planta de tratamiento presenta múltiples ventajas para poblaciones o comunidades que tienen un nivel de complejidad medio o bajo.

#### **4.3.3 Mejoramiento de los procesos de mantenimiento de la PTAP**

Sobre la mejora de procesos de mantenimiento de la PTAP del municipio de Belén, se recopiló información sobre PTAP y diferentes estructuras, reconociendo los componentes que conforman la PTAP y se identificaron los procesos de mantenimiento y operación de la PTAP; se desarrolló un análisis pertinente de la información recopilada teniendo en cuenta unidades de tratamiento y normativa vigente; se realizó todo lo relacionado con analizar datos de caracterización sobre agua

cruda y tratada según la normativa colombiana. Acto seguido, se procedió a calcular el IRCA para medir y evaluar los resultados de análisis sobre muestreos de cuerpos de agua, en este caso en la entrada de la PTAP del municipio de Belén.

Mas adelante, se realizó la modificación del manual de mantenimiento y operación de la PTAP, siguiendo los lineamientos de los RAS Títulos B sobre sistemas de acueducto y Titulo C sobre potabilización. Las modificaciones realizadas se enfocaron en temáticas como generalidades del agua, tomando en cuenta características químicas, físicas, microbiológicas y conceptos sobre potabilización de recurso hídrico; procesos de potabilización, donde se presenta los procesos llevados a cabo en la PTAP; caracterización general de la planta de tratamiento SERVIBELEN E.S.P., teoría relacionada con procesos de tratamiento como tanque de almacenamiento, donde se describe su funcionamiento y sus respectivas medidas; filtración la cual se explica el concepto de filtración, los tipos de filtraciones en PTAP como filtración lenta y su debido mantenimiento; y desinfección realizando la explicación de conceptos básicos, como se utiliza y las partes que lo componen. Asimismo, se revisaron y modificaron los lineamientos establecidos para cada unidad de tratamiento de la planta, por ejemplo lo concerniente con la operación de compuertas y válvulas, sustancias químicas y su dosificación, filtración, operación en situaciones de emergencia en la planta, manejo y dosificación de cloro, recepción de cilindros llenos y todo lo relacionado con los tanques de almacenamiento siguiendo los lineamientos en los RAS Títulos B y C.

## **5. RESULTADOS OBTENIDOS**

### **5.1. Objetivo 1. Reformulación e implementación del PUEAA**

#### **5.1.1 Revisión documento “Requerimiento al PUEAA”**

Al realizar la revisión del documento titulado “Requerimiento al PUEAA (Programa uso eficiente y ahorro agua)” enviado por CORPOBOYACA, se tomó en cuenta que todas las observaciones elaboradas por la corporación fueron necesarias para realizar las modificaciones al documento PUEAA. En el documento se especifica el Concepto Técnico llamado Evaluación de PUEAA, en el cual explica información general como el Título Concepto, el respectivo interesado (SERVIBELÉN) y el lugar y fecha; Antecedentes relacionados con solicitud de concesión de aguas, caudales con población proyectada, entre otros; Aspectos técnicos el cual muestra el contenido del documento titulado “PUEAA”; Evaluación de documento nombrando las actividades, su debida evaluación de cumplimiento y las observaciones pertinentes.

Para la revisión del documento “Requerimiento al PUEAA” se elaboró la tabla 3 la cual especifica que lineamientos del PUEAA evaluado cumplen parcialmente o no cumplía con la Ley 373 de 1997, la cual es la encargada de certificar el desarrollo, cumplimiento y debida presentación de los PUEAA. Además, se presentaron observaciones establecidas por la corporación sobre posibles correcciones que tengan lugar en el próximo PUEAA que se presente, resaltando el alcance, resumen, proyección de la demanda, descripción de módulos y reducción de perdidas.

Tabla 3. Revisión documento “Requerimiento al PUEAA”

| <b>LINEAMIENTOS</b>                   | <b>CUMPLIMIENTO<br/>PARCIAL O NO<br/>CUMPLIMIENTO</b> | <b>OBSERVACIONES</b>                                                                                                                   |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>INFORMACIÓN PRELIMINAR</b>         |                                                       |                                                                                                                                        |
| <i>Resumen ejecutivo</i>              | No cumplimiento                                       | No se presenta el formato FGP-09 “Información básica PUEAA”.                                                                           |
| <i>Alcance</i>                        | No cumplimiento                                       | No se plasma en el alcance los beneficios ni las oportunidades que proporciona la implementación del programa.                         |
| <i>Objetivos</i>                      | Cumplimiento parcial                                  | No se establecen objetivos técnicos y ambientales, deben ser acordes a los proyectos y actividades propuestas en el documento.         |
| <i>Análisis de involucrados</i>       | Cumplimiento parcial                                  | No se enunciaron los instrumentos de planificación que van articulados al programa ni como se relacionan los involucrados en el PUEAA. |
| <b>DIAGNOSTICO</b>                    |                                                       |                                                                                                                                        |
| <i>Nacimientos y zonas protegidas</i> | Cumplimiento parcial                                  | Incoherencia en datos presentados, el año correspondiente a la información presentada no es muy actualizada                            |
| <i>Oferta Hídrica</i>                 | Cumplimiento parcial                                  | La información presentada no contiene datos recientes o actualizados.                                                                  |
| <i>Demanda Hídrica</i>                | Cumplimiento parcial                                  | La información presentada no contiene datos recientes o actualizados.                                                                  |

|                                                            |                      |                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Balance de agua</i>                                     | Cumplimiento parcial | La información presentada no contiene datos recientes o actualizados.                                                                                                         |
| <i>Inventario y análisis de Infraestructura hidráulica</i> | Cumplimiento parcial | No se establece el análisis técnico ni la vida útil de las estructuras.                                                                                                       |
| <i>Inventario de vertimientos</i>                          | Cumplimiento parcial | No se presentan información relacionada con datos de caudal y georreferencia de vertimientos 3 y 4. Realizar la evaluación del impacto por vertimiento de la quebrada Guirre. |
| <i>Diagnostico social</i>                                  | Cumplimiento parcial | No se presentan datos actualizados sobre encuestas y la selección de muestra para dichas encuestas.                                                                           |

#### **PROSPECTIVA**

|                                          |                 |                                                                                                                         |
|------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Proyección de la demanda</i>          | No cumplimiento | No se presenta los cálculos relacionados con proyección poblacional. Además, se deben presentar datos más actualizados. |
| <i>Descripción de módulos de consumo</i> | No cumplimiento | La información presentada no contiene datos recientes o actualizados.                                                   |
| <i>Reducción de perdidas</i>             | No cumplimiento | La información presentada no contiene datos recientes o actualizados.                                                   |

#### **ESTRATEGIAS DE USO EFICIENTE ANALISIS DE ALTERNATIVAS.**

|                                     |                      |                                                     |
|-------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------|
| <i>Recuperación, conservación y</i> | Cumplimiento parcial | La imagen presentada sobre los predios no es clara. |
|-------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------|

|                                                    |                      |                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>protección de fuente<br/>abastecedora</i>       |                      |                                                                                                                                        |
| <i>Desabastecimiento de<br/>Agua</i>               | Cumplimiento parcial | Falta información relevante sobre las estrategias establecidas.                                                                        |
| <i>Tratamientos de agua</i>                        | No cumplimiento      | No son presentados proyectos relacionado con el componente de Desabastecimiento de agua                                                |
| <i>Módulos de consumo y<br/>reducción perdidas</i> | Cumplimiento parcial | Se debe replantear las actividades formuladas por la falta de actualización de datos.                                                  |
| <i>Servicio calidad y<br/>eficiencia</i>           | No cumplimiento      | No se presentan las actividades relacionadas con el componente Eficiencia y calidad en el servicio.                                    |
| <i>Reusó de agua</i>                               | Cumplimiento parcial | Según la revisión de la corporación no es posible realizar el componente de Aguas residuales, por no existir una PTAR en el municipio. |
| <i>Educación ambiental</i>                         | No cumplimiento      | No se presentan las actividades relacionadas con el componente Educación ambiental.                                                    |
| <b>FORMULACION DEL PUEAA</b>                       |                      |                                                                                                                                        |
| <i>Formulación del<br/>PUEAA</i>                   | Cumplimiento parcial | Debe completarse la información presentada.                                                                                            |
| <b>CONTROL Y SEGUIMIENTO</b>                       |                      |                                                                                                                                        |
| <i>Seguimiento Y control</i>                       | Cumplimiento parcial | Realizar ajuste de matriz de control y seguimiento.                                                                                    |

Algunas alternativas proyectadas para dar solución al incumplimiento de los lineamientos del documento “Requerimiento al PUEAA” según la tabla 3, se presentan a continuación:

Alcance, los beneficios se relacionan con la mejora de infraestructura, componente social con campañas de concientización, mejora continua de los procesos; análisis de involucrados, los cuales se articulan al PUEAA por las metas que proponen como garantizar calidad en servicios públicos, mejoramiento de calidad de vida, saneamiento y mayor control, mayor bienestar, ejecución de proyectos como el PUEAA; para las estrategias de uso eficiente y análisis de alternativas, se plantea involucrar más predios para poder proteger y recuperar la fuente hídrica donde es captada el agua para la PTAP, desabastecimiento de agua en el cual se propone captar el recurso hídrico de diferentes partes para disminuir la cantidad captada en un solo punto, establecer un lugar de captación provisional si se presenta una dificultad en el lugar e captación principal, plantear diferentes propuestas para garantizar la prestación óptima del servicio, suspensión de actividades que involucren mayor gasto hídrico, baños portátiles, corregir fallas estructurales, alquiler de carro que sirva para suministrar temporalmente el agua y mayor comunicación para informar sobre el estado de emergencia.

#### **5.1.2 Desarrollo de correcciones del documento "Requerimiento al PUEAA"**

En la tabla 4 se muestra una descripción de las correcciones hechas en el PUEAA, dividido en información preliminar, diagnóstico, prospectiva y estrategias de uso eficiente análisis de alternativas. Cabe aclarar que las correcciones fueron hechas según lo solicitado por la Corporación en cuanto a evaluación del PUEAA.

Tabla 4. Correcciones documento PUEAA

| <b>LINEAMIENTOS</b>             | <b>CORRECCIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>INFORMACIÓN PRELIMINAR</b>   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <i>Resumen ejecutivo</i>        | Se presenta el formato FGP-09 “Información básica PUEAA” correctamente actualizado y diligenciado.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <i>Alcance</i>                  | Se presenta el alcance del PUEAA el cual está enfocado en garantizar el servicio de acueducto y alcantarillado. Asimismo, se obtienen beneficios operativos, financieros y lograr mitigar los impactos ambientales negativos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <i>Objetivos</i>                | Se lograron establecer objetivos técnicos y ambientales, los cuales están relacionados con los proyectos y actividades propuestas en el documento PUEAA.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <i>Análisis de involucrados</i> | <p>En el análisis de involucrados se presentan los instrumentos de planificación que se articulan al PUEAA, los cuales son el EOT y el POMCA. El Esquema de Ordenamiento Territorial logra articularse con el PUEAA con los capítulos Adopción del programa de aguas y proyectos y adopción del programa de servicios públicos y proyectos. El POMCA de la Cuenca Medio del Rio Chicamocha logra articularse al PUEAA tomando en cuenta Políticas Ambientales como el Manejo Integral del Agua.</p> <p>Con respecto al análisis de involucrados se lograron explicar los involucrados a Nivel Nacional (Min ambiente, CRA), Nivel Departamental (CORPOBOYACA, Gobernación de Boyacá) y Nivel Local (Alcaldía municipal del municipio de Belén, Plan de Desarrollo Municipal).</p> |
| <b>DIAGNOSTICO</b>              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Nacimientos y zonas protegidas</i>                                 | Se presentan datos actualizados sobre los puntos registrados durante la visita de seguimiento y control, mostrando coordenadas geográficas sobre el punto de captación, desarenador y la PTAP.                                                                                                                        |
| <i>Demanda Hídrica</i>                                                | Se actualizaron datos sobre el número de suscriptores y el caudal concedido en concesión de aguas.                                                                                                                                                                                                                    |
| <i>Inventario vertimientos</i>                                        | Se presento información actualizada datos de caudal y georreferencia de vertimientos 3 y 4. Además, se muestra las cargas contaminantes correspondiente a datos de DBO y SST en concentraciones (mg/l), la evaluación ambiental del Rio Minas y la evaluación del cumplimiento de obligaciones PSMV.                  |
| <b><i>PROSPECTIVA</i></b>                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <i>Proyección de la demanda</i>                                       | Se presenta información actualizada sobre la proyección de población por métodos de cálculo aritmético, geométrico y exponencial hasta el año 2027.                                                                                                                                                                   |
| <i>Descripción de módulos de consumo</i>                              | Se presenta información actualizada sobre módulos consumo domésticos actualizados y términos de reducción de consumos.                                                                                                                                                                                                |
| <i>Reducción de perdidas</i>                                          | Se presenta información actualizada sobre porcentaje de perdidas en el sistema.                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b><i>ESTRATEGIAS DE USO EFICIENTE ANALISIS DE ALTERNATIVAS</i></b>   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <i>Recuperación, conservación y protección de fuente abastecedora</i> | La imagen que muestra los predios propuestos para la estrategia de establecimiento y manejo forestal fue corregida, se mostraron por medio de imágenes satelitales los 6 predios que serán usados para la reforestación, adicionando las coordenadas geográficas, altura, área y el total de árboles por cada predio. |

|                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Desabastecimiento de Agua</i>           | Se presento información concerniente con las estrategias propuestas en el Plan de Emergencia y Contingencias de servicios de alcantarillado y acueducto del municipio de Belén.                                                                                                            |
| <i>Eficiencia y calidad en el servicio</i> | Se presentaron estrategias para lograr calidad y eficiencia para lograr prestar el servicio de alcantarillado y acueducto. Algunas de ellas se relacionan con las técnicas de tratamiento, capacitaciones a operadores en planta y requerimientos establecidos por la Secretaría de salud. |

*Fuente: Elaboración propia*

## **5.2 Objetivo 2. Solicitud concesión de aguas**

Las actividades relacionadas con solicitar la concesión de aguas desarrolladas en pasantía consistieron en la revisión de trámites y lineamientos, los cuales son establecidos por Corpoboyacá en su página web para concesión de aguas y se realizó el diligenciamiento de los formularios requeridos para solicitar la concesión de aguas para el municipio de Belén, los cuales fueron el formato para solicitar la concesión de aguas superficiales y el formato para información básica de PUEAA.

### **5.2.1 Revisión de trámites y lineamientos para la solicitud de la concesión de aguas**

Para desarrollar la revisión de gestiones y lineamientos para la concesión de aguas se revisó la página de Corpoboyacá, la cual mostro los requisitos y la documentación necesaria para realizar el debido tramite. La tabla 5 resume la guía para ejecutar el correcto trámite para poder solicitar la concesión y en la tabla 6 se muestra la documentación requerida para realizar el trámite.

Figura 3. Página web Corpoboyacá Concesión de aguas



Fuente: Corpoboyacá

Tabla 5. Tramite sobre concesión de aguas

## CONCESIÓN DE AGUAS

Formato solicitud único de concesión de aguas y documentos anexos

Liquidación servicio valoración ambiental

Solicitud Auto inicio trámite

Visita de evaluación

Otorgación de la Concesión de Aguas

Fuente: Corpoboyaca.gov.co

Tabla 6. Documentación requerida Tramite Concesión de aguas

## DOCUMENTOS REQUERIDOS

Documentos de identificación

Documentos que demuestren que el solicitante tiene derecho sobre el predio a beneficiar

*Documentos relacionados para demostrar el derecho  
de solicitante sobre predio captante*

*Certificado Sanitario Favorable*

*Formato FGP-09*

*Fuente: Corpoboyaca.gov.co*

### 5.2.2 Diligenciamiento de formularios requeridos por la Corporación

- **Formato único solicitud concesión de aguas**

Para realizar el diligenciamiento de formularios requeridos, se inició con la presentación del formato para solicitar concesión de aguas, el cual orienta al usuario en la debida entrega de información oportuna de la gestión de concesión de aguas, la cual permite a Corpoboyacá poder consolidar la información presentada y elaborar el concepto técnico relacionado con el permiso ambiental.

En la tabla 7, se presenta las instrucciones del diligenciamiento del formato para solicitar concesión de aguas, el cual sirvió para guiar en el correcto diligenciamiento y se compone de los siguientes lineamientos:

*Tabla 7. Instrucciones de diligenciamiento formato concesión aguas*

#### **LINEAMIENTOS**

|                           |                                     |
|---------------------------|-------------------------------------|
| <i>Datos solicitantes</i> | Tipo persona                        |
|                           | Tipo tramite                        |
|                           | Nombre o razón social               |
|                           | Información del Representante legal |

|                                              |                                                                                              |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Información predio</i>                    | Relación que tiene sobre el predio donde se realiza el aprovechamiento de agua               |
|                                              | Nombre del predio                                                                            |
|                                              | Dirección del predio                                                                         |
| <i>Información actividad económica</i>       | Departamento                                                                                 |
|                                              | Actividad económica                                                                          |
|                                              | Código CIU                                                                                   |
| <i>Información fuente captación</i>          | Costo total del proyecto                                                                     |
|                                              | Tipo fuente                                                                                  |
|                                              | Nombre fuente                                                                                |
|                                              | Coordenadas punto captación                                                                  |
|                                              | Requiere servidumbre para aprovechamiento                                                    |
| <i>Información demanda/fines uso de agua</i> | Generalidades relevantes del aprovechamiento y observaciones de acceso al punto de captación |
|                                              | Suministro doméstico                                                                         |
|                                              | Silvicultura, Riego                                                                          |
|                                              | Pesca, Acuicultura                                                                           |
|                                              | Suministro abrevaderos                                                                       |
|                                              | Otros fines de uso                                                                           |
|                                              | Descripción del fin de uso seleccionado                                                      |
|                                              | Cantidad de agua que solicita                                                                |

|                                            |
|--------------------------------------------|
| Termino tiempo para solicitar la concesión |
| Tipo PUEAA a presentar                     |

*Fuente: Formato único nacional solicitud concesión de aguas*

Como se muestra en Anexo 1, una vez diligenciado el Formato para solicitar la concesión, se procedió a reunir y compilar la documentación requerida de la Tabla 6. Con respecto a los documentos de identificación, se debe presentar la cedula si es persona natural o el título de existencia o representación legal si es persona jurídica.; el Título de libertad y tradición y el contrato de arrendamiento son documentos que acreditan el derecho de la persona que solicita el trámite sobre los predios que son beneficiados; Certificado de tradición y libertad, copia escritura de naturaleza de servidumbre y permisión del propietario del predio son documentos que acreditan al solicitante como poseedor de derecho sobre el predio captante; Certificado Sanitario Favorable si la concesión e aguas es para uso doméstico; finalmente el Formato FGP-09 el cual presenta el PUEAA.

- **Formato FGP-09**

Para el diligenciamiento del Formato FGP-09, se tomaron en cuenta los lineamientos presentados en la Tabla 8. Cabe aclarar que el Formato presenta información primordial de programas uso eficaz y ahorro agua estipulados en el PUEAA previamente corregido.

Tabla 8. Lineamientos Formato FGP-09

**LINEAMIENTOS**

|                                         |                                                                                  |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Información requerida para PUEAA</i> | Nombre entidad, ubicación geográfica<br>prestación servicio                      |
|                                         | Nombre, tipo de fuentes de captación,<br>ubicación geográfica                    |
|                                         | Nombre, tipo de fuente receptoras,<br>ubicación geográfica                       |
|                                         | Promedio caudal fuente captación y<br>recepción                                  |
|                                         | Promedio caudal diario anual captado<br>por entidad                              |
|                                         | Número usuarios Sistema                                                          |
|                                         | Caudal usado usuarios sistema                                                    |
|                                         | Porcentaje pérdidas actualizadas de<br>método y fines reducción                  |
|                                         | Módulos agotamiento actualizados y<br>fines graduales reducción por años         |
|                                         | Calidad del agua fuente abastecedora,<br>de efluentes y de fuente receptora      |
|                                         | Proyección por años de tasa<br>crecimiento demanda recurso hídrico<br>según usos |

|                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Caudal diario promedio (épocas lluvia, seca) fuentes de suministro y en aceptación de vertimientos |
| Planes protección y mantenimiento fuentes acuáticas                                                |
| Fuentes suministro y derrame efluentes para futuras expansiones de demanda                         |
| <i>Proyectos y actividades propuestos para el Quinquenio</i>                                       |
| <i>Fuente: Formato FGP-09</i>                                                                      |

Como se puede observar en el Anexo 2, una vez diligenciado el Formato FGP-09, se compilo toda la documentación necesaria para iniciar el trámite para lograr la concesión de aguas, fue llevado a cabo por el solicitante de trámite. Con respecto a los proyectos y actividades propuestos para el Quinquenio, en la Tabla 9 se logran detallar los proyectos propuestos con sus respectivas actividades y metas establecidas.

*Tabla 9. Proyectos propuestos para el Quinquenio*

| <i>PROYECTO</i>                          | <i>ACTIVIDAD</i>         |
|------------------------------------------|--------------------------|
| <i>Reforestación fuente abastecedora</i> | Compra especies nativas  |
|                                          | Compra predios           |
|                                          | Siembra especies nativas |
|                                          | Aislamiento de siembra   |
|                                          | Visitas periódicas       |
| <i>Control y detección fugas</i>         | Inspecciones periódicas  |

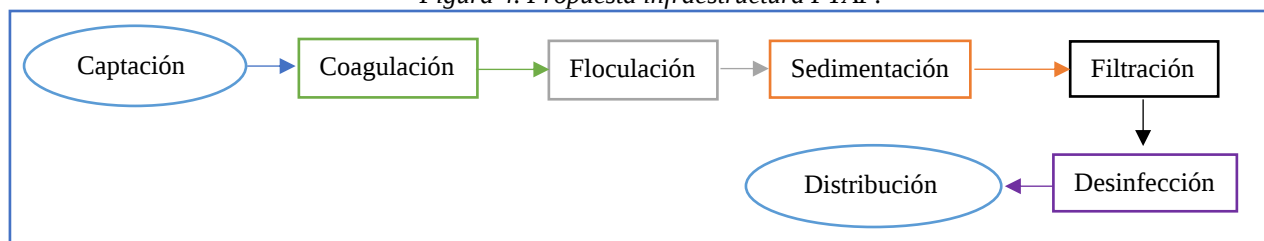
|                                                                       |                                               |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <i>Campañas educación ambiental</i>                                   | Reparación mantenimiento medidores            |
|                                                                       | Identificar conexiones ilegales               |
|                                                                       | Formular plan emergencia                      |
|                                                                       | Talleres concientización                      |
|                                                                       | Publicar carteles con temática ahorro de agua |
| <i>Tecnologías de bajo consumo y metodología sobre nuevas tarifas</i> | Capacitaciones y talleres en colegios         |
|                                                                       | Campañas educativas en emisora municipal      |
|                                                                       | Instalación dispositivos y equipos            |
|                                                                       | Conocimiento de población sobre nueva tarifa  |

*Fuente: Formato FGP-09*

### 5.2.3. Propuesta de infraestructura

A continuación, se presenta la propuesta de infraestructura establecida según caudal registrados y la población del municipio de Belén. La PTAP está compuesta por un mezclador mecánico, floculador de flujo vertical, sedimentador de flujo horizontal, filtrador de lecho mixto y desinfección con cloro, lo cual garantiza la calidad del agua. Esta planta de tratamiento presenta múltiples ventajas para poblaciones o comunidades que tienen un nivel de complejidad medio o bajo. En la figura 4 se describe el tren de tratamiento propuesto y en el ANEXO 5 se encuentran las memorias de cálculo para todas las infraestructuras propuestas.

Figura 4. Propuesta infraestructura PTAP.



Fuente: Elaboración propia

- Diseño proceso Coagulación: Mezclador mecánico

Para llevar a cabo el proceso de coagulación se propuso un mezclador mecánico, el cual es un tanque cuadrado que posee hélices acopladas a un eje de rotación impulsado por una fuerza motriz. Mediante el giro de las hélices se produce la agitación del agua lo cual facilita de cierta manera la mezcla del coagulante de manera uniforme y rápida. Para el ingreso del agua, debe realizarse por la parte inferior del tanque y para su correcta salida desde la parte superior, además en la entrada del mezclador debe diseñarse una pantalla para ayudar el ingreso del flujo por la parte inferior, el mezclador debe tener desagües para su correcta limpieza (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2010).

Tabla 10. Diseño mezclador mecánico

**Parámetros de diseño mezclador mecánico**

| Parámetro                      | Valor |
|--------------------------------|-------|
| Dosis optima coagulante (mg/L) | 60    |
| H (m)                          | 1     |
| Tiempo detención (s)           | 20    |
| Volumen (m3)                   | 0.22  |
| Dimensiones                    |       |

|       |      |
|-------|------|
| $d$   | 0.33 |
| $D$   | 1    |
| $D/d$ | 3    |
| $e$   | 0.1  |
| $H/d$ | 3    |
| $h/d$ | 1    |
| $B$   | 0.08 |
| $W$   | 0.06 |
| $h$   | 0.3  |

*Fuente: Elaboración propia*

- Diseño proceso Floculación: Floculador de flujo vertical

En este tipo de unidad el flujo logra subir y bajar por medio de canales verticales compuestos de pantallas, logrando ocupar áreas más reducidas que canales de flujo horizontal. En el floculador de flujo vertical el agua fluye por encima y por debajo de las pantallas que logran dividir el tanque. El floculador puede tener de 2-5 metros y una abertura en la parte inferior para poder drenar lodos y evitar acumulación (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2010).

*Tabla 11. Diseño floculador de flujo vertical*

***Parámetros de diseño de floculador de  
flujo vertical***

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| <i>Perdida de carga (m)</i> | 0,19   |
| <i># Total de tabiques</i>  | 120,00 |

|                                                      |        |
|------------------------------------------------------|--------|
| <i>Perdida de carga en cada tabique (m)</i>          | 0,00   |
| <i>Perdida de carga en pasos superiores h2 (m)</i>   | 0,10   |
| <i>h1</i>                                            | 0,10   |
| <i>Coficiente de sumergencia</i>                     | 0,35   |
| <i>h2/h1</i>                                         | 0,98   |
| <i>Gasto unitario por metro de vertedero q m3/ms</i> | 0,06   |
| <i>Ancho del vertedero b (m)</i>                     | 0,17   |
| <i>Espacio entre tabiques e (m)</i>                  | 0,32   |
| <i>Longitud total (m)</i>                            | 51,18  |
| <i>Espesor de pared m</i>                            | 0,10   |
| <i>Ancho del floculador m</i>                        | 6,36   |
| <i>Volumen del floculador m3</i>                     | 976,95 |
| <i>Profundidad del floculador m</i>                  | 3,00   |

*Fuente: Elaboración propia*

- Diseño proceso Sedimentación: Sedimentadores de flujo horizontal

Para la estructura de sedimentación de flujo horizontal cuenta con una zona de sedimentación, zona de entrada, zona de recolección de lodos y zona de salida. Para lograr determinar cuántos sedimentadores se deben utilizar, se debe tener en cuenta las etapas, la forma, condiciones de terreno y el tamaño de la planta. Los sedimentadores deben tener dispositivos para lograr la correcta

limpieza, también en las tuberías y adaptadores de rosca con el tema de conexión de mangueras (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2010).

*Tabla 12. Diseño sedimentador de flujo horizontal*

***Parámetros de diseño de sedimentador de flujo horizontal***

|                                                |        |
|------------------------------------------------|--------|
| <i>Velocidad de sedimentación (m/s)</i>        | 0.0011 |
| <i>Verificación número de Reynolds</i>         | 0.035  |
| <i>Área del sedimentador (m<sup>2</sup>)</i>   | 9.75   |
| <b><i>Dimensiones generales</i></b>            |        |
| <i>a(m)</i>                                    | 1.56   |
| <i>L(m)</i>                                    | 6.2    |
| <i>H(m)</i>                                    | 2.08   |
| <i>Velocidad horizontal (m/s)</i>              | 0.0033 |
| <i>Pendiente zona de sedimentación (%)</i>     | 7      |
| <b><i>Zona de lodos</i></b>                    |        |
| <i>Ss(mg/L)</i>                                | 23     |
| <i>Tiempo de limpiezas (días)</i>              | 3      |
| <i>N° sedimentadores</i>                       | 2      |
| <i>% humedad de lodos</i>                      | 0.96   |
| <i>Peso específico lodo (kg/m<sup>3</sup>)</i> | 1040   |
| <i>% sedimentación</i>                         | 0.8    |

|                                                                  |        |
|------------------------------------------------------------------|--------|
| <i>Peso lodo (kg/día)</i>                                        | 8.63   |
| <i>Volumen de lodo (m3)</i>                                      | 0.62   |
| <i>Altura Tolva (m)</i>                                          | 0.6    |
| <i>Longitud de la tolva (m)</i>                                  | 2.08   |
| <i>Ancho de la tolva (m)</i>                                     | 1.56   |
| <b><i>Zona de salida (Vertedero triangular tipo Thomson)</i></b> |        |
| <i>Altura vertedero (m)</i>                                      | 0.05   |
| <i>Nº sedimentadores</i>                                         | 2      |
| <i>Caudal máximo (m3/día*m)</i>                                  | 300    |
| <i>Numero pico de pato</i>                                       | 2      |
| <i>Caudal vertedero triangular (m3/s)</i>                        | 0.0008 |
| <i>Numero de vertederos</i>                                      | 7      |
| <i>Longitud de vertedero (m)</i>                                 | 1.56   |
| <i>Separación entre vertederos (m)</i>                           | 0.24   |
| <b><i>Zona de entrada</i></b>                                    |        |
| <i>Nº Sedimentadores</i>                                         | 2      |
| <i>Velocidad orificios (0.1-0.3 m/s)</i>                         | 0.1    |
| <i>Sección total (m2)</i>                                        | 0.05   |
| <b><i>Dimensiones de pantalla</i></b>                            |        |
| <i>h1(m)</i>                                                     | 0.42   |

|                                                          |        |
|----------------------------------------------------------|--------|
| $h_2(m)$                                                 | 0.42   |
| $h_d(m)$                                                 | 1.25   |
| $x$                                                      | 0.2    |
| $y$                                                      | 0.2    |
| Cantidad espacios horizontales                           | 8      |
| Cantidad de espacios verticales                          | 6      |
| Cantidad de orificios                                    | 38     |
| Área de cada orificio ( $m^2$ )                          | 0.0014 |
| Diámetro de cada orificio (m)                            | 0.04   |
| Distancia entre pared de entrada y pantalla difusora (m) | 0.7    |

Fuente: Elaboración propia

- Diseño proceso Filtración: Filtración rápida lecho mixto

Para la estructura de filtración se optó por un filtro rápido de flujo ascendente, en el cual el agua que ingresa debe pasar por debajo del lecho mixto y subir para poderse descargar en el efluente. El lecho mixto es una mezcla entre arena y antracita, la cual forma una interfaz de los dos materiales la cual no supere los 0,15 m de espesor (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2010).

Tabla 13. Diseño filtrador de lecho mixto

**Parámetros de diseño filtración  
rápida de lecho mixto**

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| Velocidad<br>ascensional $V_a$ (m/min) | 0,7 |
|----------------------------------------|-----|

|                                                            |          |
|------------------------------------------------------------|----------|
| <i>Tasa máxima de<br/>filtración Vfmax<br/>(m3/m2.dia)</i> | 250      |
| <i>Coeficiente de<br/>proporcionalidad</i>                 | 0,5      |
| <i>Velocidad mínima de<br/>filtración V min m/día</i>      | 125      |
| <i>Velocidad máxima de<br/>filtración V Max m/día</i>      | 375      |
| <i>Área del filtro (m2)</i>                                | 1,99273  |
| <i>Numero de filtros</i>                                   | 5        |
| <b><i>Forma y dimensiones Filtro<br/>rectangular</i></b>   |          |
| <i>Relación largo ancho</i>                                | 1,2      |
| <i>Área de cada filtro<br/>m2</i>                          | 0,398546 |
| <i>largo</i>                                               | 0,9      |
| <i>ancho</i>                                               | 0,443    |
| <b><i>Lecho filtrante<br/>Arena</i></b>                    |          |
| <i>Tamaño efectivo<br/>arena (mm)</i>                      | 0,55     |
| <i>Coeficiente de<br/>uniformidad</i>                      | 1,6      |

|                                           |               |
|-------------------------------------------|---------------|
| <i>Abertura del tamiz al<br/>60 %</i>     | 0,88          |
| <b><i>Antracita</i></b>                   |               |
| <i>Tamaño efectivo<br/>antracita (mm)</i> | 1,056         |
| <i>Condición de mezcla<br/>(parcial)</i>  | 3             |
| <i>Abertura del tamiz al<br/>90 %</i>     | 3,168         |
| <b><i>Espesor del lecho</i></b>           |               |
| <i>Xa+XA (m)</i>                          | 1             |
| <i>Espesor de lecho<br/>antracita XA</i>  | 0,658         |
| <i>Espesor de lecho<br/>arena Xa</i>      | 0,34          |
| <b><i>Medio de Soporte m</i></b>          |               |
| <i>Posición</i>                           | Espesor<br>cm |
| <i>Fondo</i>                              | 12            |
| <i>2 capa</i>                             | 7             |
| <i>3 capa</i>                             | 7             |
| <i>4 capa</i>                             | 7             |
| <i>5 capa gravilla</i>                    | 7             |

|                                      |      |
|--------------------------------------|------|
| <i>Estructura Soporte<br/>(m)</i>    | 0,25 |
| <i>Distancia entre cuñas<br/>(m)</i> | 0,3  |
| <i>Ancho Abertura</i>                | 0,1  |
| <i>Altura abertura</i>               | 0,1  |
| <i>Ancho de cuñas</i>                | 0,4  |

*Fuente: Elaboración propia*

- Diseño proceso Desinfección: Desinfección con cloro

La desinfección con cloro gaseoso es la mayor garantía para agua apta para consumo humano, por su bajo costo y su efecto germicida residual. La cloración es implementada en desinfección de aguas y desinfección preventiva por efecto residual en el agua (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2010).

*Tabla 14. Diseño desinfección con cloro*

***Parámetros de diseño desinfección con cloro***

|                                                            |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Dosis de cloro (mg/L)</i>                               | 0.6       |
| <i>Volumen de agua (L)</i>                                 | 937872    |
| <i>Concentración cloro en el tanque dosificador (mg/L)</i> | 562.72    |
| <i>Volumen hipoclorito de sodio (L)</i>                    | 1875.74   |
| <i>Peso hipoclorito de calcio (g)</i>                      | 0.80      |
| <i>Caudal para dosificar (m3/s)</i>                        | 0.0000116 |

|                                         |          |
|-----------------------------------------|----------|
| <i>Área orificio (m2)</i>               | 3.1*10-5 |
| <i>Altura orificio dosificación (m)</i> | 0.018    |
| <i>Tiempo de contacto (min)</i>         | 40       |
| <i>Volumen (m3)</i>                     | 26.1     |
| <i>Dimensiones de Tanque</i>            |          |
| <i>Altura de agua (m)</i>               | 2        |
| <i>Área (m2)</i>                        | 13.03    |
| <i>Ancho(m)</i>                         | 2.6      |
| <i>Largo (m)</i>                        | 5.1      |

*Fuente: Elaboración propia*

Las plantas de tratamiento tipo FIME están compuestas por la combinación de dos etapas de pretratamiento, las cuales son de filtro grueso ascendente, filtro grueso dinámico y un tratamiento de arena con filtro lentos. Este tipo de planta de tratamiento es empleado por la empresa de SERVIBELEN para el tratamiento de agua del municipio. Según la literatura, la planta de tratamiento tipo FIME presenta múltiples desventajas, entre las cuales se mencionan la gran ocupación de espacio por parte de las estructuras, no es apta para el abastecimiento de grandes poblaciones, tratamiento deficiente de cuerpos de agua con alta carga contaminante microbiana y deficiente tratamiento en bajas temperaturas.

Algunas limitaciones que presenta la planta de tratamiento tipo FIME están relacionadas con los niveles de contaminación que logran superar la capacidad de tratamiento, como sólidos suspendidos o turbiedad que excedan los valores de 50 UNT; concentraciones mayores a 1mg/L de manganeso y el hierro puede afectar por el bloqueo de unidades de filtro lento de arena; las algas

pueden provocar colmatación y bloqueo en los filtros por su crecimiento masivo y además causan crecimiento microbiano en el sistema; finalmente altas contaminaciones por microorganismos presentes en el agua puede ser dañino para el sistema FIME, por su baja capacidad en la calidad buena del agua. Asimismo, algunas condiciones que pueden afectar o reducir la eficiencia del tratamiento de plantas FIME, como las bajas temperaturas las cuales afectan la actividad del lecho de arena y así su eficiencia; los nutrientes y el oxígeno disuelto presentan problemas por las condiciones anaeróbicas que ocurre en el filtro, las cuales afectan la calidad de agua y provocan mal sabor y olor en el agua (Sanchez, Sanchez , Galvis , & Latorre, 2007).

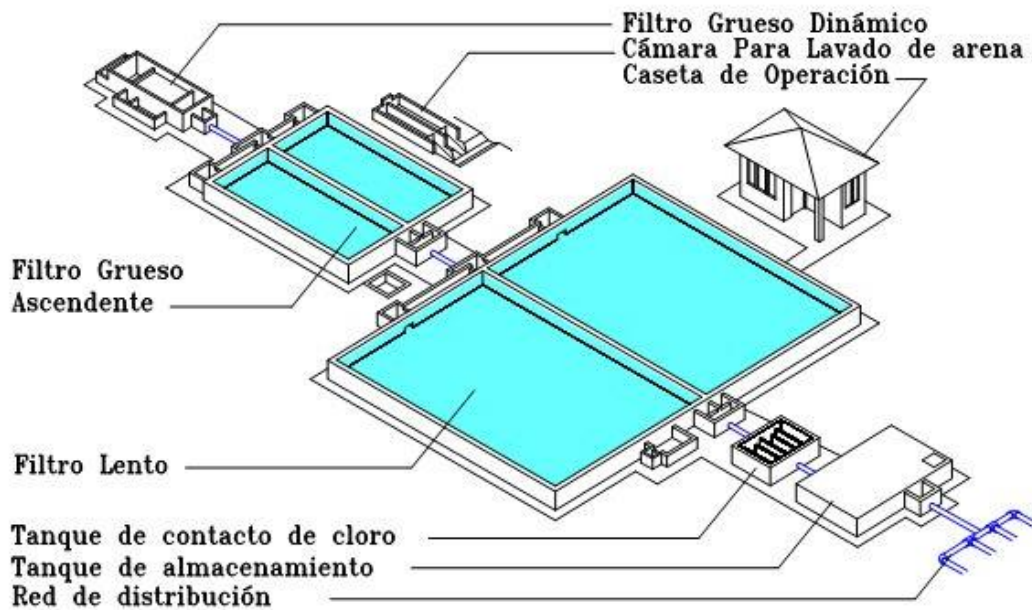
Según lo anterior, se determinó que por las limitaciones y las condiciones que presenta implementar una planta tipo FIME, se propuso una planta que contenga unidades de tratamiento primario, secundario y terciario, de bajo costo y que tenga la capacidad de remover sedimentos, microorganismos, turbiedad, dureza, color y olor para lograr la calidad de agua para distribución.

### **5.3 Objetivo 3. Mejora en procesos de mantenimiento de PTAP.**

#### **5.3.1 Identificación de los componentes de la PTAP**

La PTAP del municipio de Belén es tipo FIME según indica la figura 5, la cual está compuesta por un filtro dinámico, un filtro grueso ascendente y filtro lento de arena. El filtro dinámico es el primer pretratamiento y funciona como protección cuando se presenta turbiedad en exceso, presenta dos unidades de filtración; los filtros gruesos ascendentes está compuesta por tres unidades, las tuberías que provienen del filtro dinámico se conectan con la cámara de aquietamiento y se distribuye de forma ascendente a las tres unidades; la filtración lenta de arena tiene tres unidades de filtración las cuales están conectadas por medio de tubería y se conectan al tanque de almacenamiento. Además, se realiza dosificación de cloro en la caseta de cloración, por último, llega al tanque usado para almacenar una capacidad de 480000 m<sup>3</sup> y luego pasa a la red de distribución.

Figura 5. Componentes de PTAP SERVIBELEN



Fuente: Manual de mantenimiento y operación PTAP SERVIBELEN

### 5.3.2 Evaluación del IRCA

Al realizar el muestro de agua por parte de la empresa SERVIBELEN, se analizaron parámetros microbiológicos, químicos y físicos en el laboratorio ANALISIS ubicado en la ciudad de Duitama. El informe de resultados mostrado en la figura 6, permitió realizar el cálculo del índice IRCA y analizarlo según la resolución 2115 (2007).

Figura 6. Resultado toma de muestras

| INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO |                                                 | Código: AG-FO-04     | Fecha de Aprobación:<br>02/09/2019 |                                         |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                      |                                                 | Versión: 01          | Pág: 1 de 1                        |                                         |
| INFORME AG-078-23                    |                                                 |                      |                                    |                                         |
| INFORMACION DEL CLIENTE              |                                                 |                      |                                    |                                         |
| EMPRESA:                             | SERVIBELEN EMPRESA SOLIDARIA SERVICIOS PUBLICOS |                      |                                    |                                         |
| CONTACTO:                            | DIEGO FERNANDO PORRAS                           | TELÉFONO:            | 313 3952213                        |                                         |
| IDENTIFICACION DE LA MUESTRA         |                                                 |                      |                                    |                                         |
| Ciudad y Fecha de Informe            | Duitama, 10 de Junio de 2022                    | Municipio            | Belén                              |                                         |
| Análisis Solicitado                  | Fisicoquímico y Microbiológico                  | Clase de Muestra     | Cruda                              |                                         |
| Origen                               | Quebrada cuchilla Larga- Hoya Porras            | Código punto de toma | NA                                 |                                         |
| Sito de Toma                         | Planta de Tratamiento                           | Punto de Toma        | Entrada Planta                     |                                         |
| Fecha de toma                        | 18 de abril de 2023                             | Hora de Toma:        | 3:30 p.m                           |                                         |
| Fecha de Recepción                   | 18 de abril de 2023                             | Hora de Recepción:   | 5:30 p.m.                          |                                         |
| Fecha de Análisis:                   | 19 de abril de 2023                             | Recolectada por:     | Michael Suna                       |                                         |
| DATOS DE CAMPO                       |                                                 |                      |                                    |                                         |
| PARÁMETROS                           | EXPRESIÓN                                       | RESULTADO            | VALOR ADMISIBLE                    | MÉTODO                                  |
| PH                                   | Unidades                                        | 8,0                  | 6,5 - 9,0                          | SM 4500 -H <sup>+</sup> B               |
| ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS              |                                                 |                      |                                    |                                         |
| Color Aparente                       | UPC                                             | 23,8                 | 15                                 | SM 2120C                                |
| Turbiedad                            | NTU                                             | 2,86                 | 2                                  | SM 2130 B                               |
| Hierro Total                         | mg/L Fe                                         | 0,11                 | 0,3                                | SM 3500-Fe                              |
| Conductividad                        | µs/cm                                           | 43                   | 1000                               | SM 2510 B                               |
| Alcalinidad total                    | mg/L CaCO <sub>3</sub>                          | 93                   | 200                                | SM 2320 B                               |
| Dureza Total                         | mg/L CaCO <sub>3</sub>                          | 94                   | 300                                | SM 2340-C                               |
| Cloruros                             | mg/L Cl                                         | 4,99                 | 250                                | SM 4500-Cl-B                            |
| Sulfatos                             | mg/L SO <sub>4</sub>                            | 1                    | 250                                | SM 4500-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E |
| Nitritos                             | mg/L NO <sub>2</sub>                            | 0,013                | 0,1                                | SM 4500 NO <sub>2</sub> - B             |
| Aluminio                             | Al <sup>3+</sup> mg/L                           | 0,023                | 0,2                                | SM 4500-F-D                             |
| Fluoruros                            | mg/l F-                                         | 0,00                 | 1,0                                | SM 4500-F-D                             |
| Fosfatos                             | PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>                   | 0,03                 | 0,5                                | SM 4500 P-D                             |
| ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS             |                                                 |                      |                                    |                                         |
| Aerobios Mesófilos                   | UFC/100 mL                                      | 45 X 10 <sup>2</sup> | 100                                | SM 9215 B                               |
| Coliformes totales                   | 0 Mic/100 mL                                    | ≥23,0                | 0,0                                | SM 9223 B                               |
| E.coli                               | 0 Mic/100 mL                                    | ≥23,0                | 0,0                                | SM 9223 B                               |

Fuente: SERVIBELEN

Para el cálculo del IRCA, se tomaron en cuenta los diferentes parámetros analizados en la figura tal, demostrando cuales parámetros incumplían con la normativa vigente siendo el color aparente, turbiedad, fosfatos, coliformes fecales y *Escherichia coli* los parámetros que no cumplieron con los valores admisibles según la resolución 2115 (2007), y tomando los valores de puntaje de riesgo para el cálculo del IRCA indicados en rojo en la tabla 15.

Tabla 15. Análisis parámetros según resolución 2115 (2007)

| <b>Parámetro</b>                          | <b>Valor reportado</b> | <b>Valor<br/>admisible</b> | <b>Puntaje riesgo</b> |
|-------------------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Potencial de hidrógeno                    | 8                      | 6,5-9                      | 1,5                   |
| Color aparente (UPC)                      | 23,8                   | 15                         | 6                     |
| Turbiedad (NTU)                           | 2,86                   | 2                          | 15                    |
| Conductividad                             | 43                     | 1000                       | 0                     |
| Alcalinidad total (mg/L)                  | 93                     | 200                        | 1                     |
| Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) | 1,52                   | 0,03                       | 1                     |
| Dureza total (mg/L)                       | 94                     | 300                        | 1                     |
| Sulfatos (mg/L)                           | 1                      | 250                        | 1                     |
| Hierro total (mg/L Fe)                    | 0,11                   | 0,3                        | 1,5                   |
| Cloruros (mg/L Cl)                        | 4,99                   | 250                        | 1                     |
| Aluminio (Al mg/L)                        | 0,023                  | 0,2                        | 3                     |
| Fluoruros (mg/l F)                        | 0                      | 1                          | 1                     |
| Nitritos (mg*NO <sub>2</sub> /L)          | 0,013                  | 0,1                        | 3                     |
| Coliformes fecales<br>(UFC/100ml)         | 329                    | 0                          | 15                    |
| Escherichia coli (UFC/100ml)              | 216                    | 0                          | 25                    |
| <b>Total</b>                              |                        |                            | <b>100</b>            |

Fuente: Elaboración propia

El cálculo del índice riesgo de calidad del recurso hídrico para consumo se elabora según la siguiente ecuación:

Ecuación 5. IRCA

$$IRCA(\%) = \frac{\text{Sumatoria puntajes de riesgo de características no aceptables}}{\text{Sumatoria puntajes de riesgo segun todas las características}} * 100$$

$$IRCA(\%) = \frac{62}{100} * 100$$

El resultado del IRCA es de 62%, lo cual indica que presenta un nivel ALTO de riesgo y se recomienda aplicar cloración y filtración en tratamientos de agua para consumo de la población. Los cálculos para la evaluación del IRCA se encuentran en el ANEXO 5.

### 5.3.3 Modificación de manual de mantenimiento y operación de la PTAP

La tabla 16 se mencionan los procesos de mantenimiento y operación identificados en la PTAP del municipio de Belén.

*Tabla 16. Procesos operación y mantenimiento PTAP*  
**PROCESOS** **ACTIVIDADES**

|                                               |                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Operación de válvulas y compuertas</i>     | Válvula de entrada y salida para filtros dinámicos, filtros dinámicos auxiliares, filtros rápidos, filtros lentos y válvula de lavado y corte para tanque de almacenamiento |
|                                               | Aplicación de cloro                                                                                                                                                         |
| <i>Dosificación de sustancias químicas</i>    | Cantidad de cloro gaseoso aplicado en postcloración                                                                                                                         |
|                                               | Operación de filtro normal                                                                                                                                                  |
| <i>Filtración y lavado de filtros</i>         | Registro carrera de filtración                                                                                                                                              |
|                                               | Lavado de filtro                                                                                                                                                            |
| <i>Operación en situaciones de emergencia</i> | Salida de operación                                                                                                                                                         |
|                                               | Puesta en operación                                                                                                                                                         |
| <i>Manejo y dosificación de cloro</i>         | Procedimiento aplicación cloro                                                                                                                                              |
|                                               | Inspección visual                                                                                                                                                           |
| <i>Recepción de cilindros llenos</i>          | Chequear válvulas y fusibles                                                                                                                                                |
|                                               | Aseguramiento de cilindros                                                                                                                                                  |
| <i>Tanque de almacenamiento</i>               | Transporte caseta de cloración                                                                                                                                              |
|                                               | Descarga y almacenamiento de cilindros                                                                                                                                      |
|                                               | Inspección de macromedidor                                                                                                                                                  |

*Fuente: Manual de mantenimiento y operación PTAP SERVIBELEN E.S.P.*

Para realizar las modificaciones pertinentes del manual de mantenimiento y operación de la PTAP SERVIBELÉN, se siguieron los lineamientos de los RAS Títulos B sobre Acueducto y Título C sobre Potabilización. Las modificaciones más generales realizadas en el manual fueron teoría de técnicas para tratamiento como filtración lenta.

Las modificaciones realizadas en mantenimiento y operación de aparatos en la planta de tratamiento se describen en la tabla 17 según cada proceso determinado en el manual de mantenimiento y operación en la tabla 16.

*Tabla 17. Modificaciones realizadas*

*Fuente: Elaboración propia*

| <i>PROCESO</i>                          | <i>ACTIVIDADES CORREGIDAS</i>                 |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <i>Dosificación sustancias químicas</i> | Importancia de cloro en dosificación          |
| <i>Filtración</i>                       | Descripción de tipos de filtro                |
|                                         | Actividades diarias y actividades periódicas  |
| <i>Manejo y dosificación cloro</i>      | Selección desinfectante                       |
|                                         | Control procesos de mantenimiento y operación |
| <i>Tanque de almacenamiento</i>         | Aspectos en operación                         |
|                                         | Descripción de unidad                         |

*Fuente: Elaboración propia*

Las modificaciones para el lineamiento dosificación de sustancias químicas se enfocaron en la descripción del cloro y las ventajas que se obtienen al aplicar en una PTAP; para filtración se definieron los tipos de filtro presentes en la planta tipo FIME, los cuales son filtros gruesos

dinámicos y gruesos ascendentes, además se explicaron las actividades periódicas y diarias para su mantenimiento y su buena operación; en el lineamiento de dosificación y manejo de cloro se aclaró la importancia de aplicar la cantidad adecuada para prevenir accidentes, los criterios más importantes para seleccionar el desinfectante adecuado y todos los controles que se deben tener en cuenta para los procesos de mantenimiento y operación en la planta; finalmente se presenta una descripción del tanque usado para almacenar el agua, los aspectos a tener en cuenta para operar correctamente los tanques como verificar presiones, controles de caudal, calidad del agua estando en el tanque, establecer el manual de mantenimiento y la limpieza adecuada para los tanques. Todas las modificaciones elaboradas se pueden detallar a continuación:

### **Dosificación de sustancias químicas**

Cloro: Para realizar la desinfección con cloro gaseoso, se debe tener en cuenta que es una de las mejores garantías para recurso hídrico apto para consumo, por su costo mínimo y su efecto germicida en agua residual (mantiene acción antimicrobiana por varias horas). Además, la cloración es utilizada para desinfección de aguas, controlar olores y sabores, prevenir el crecimiento de microorganismos y algas. La PTAP aplica el cloro en un solo punto que es en el agua tratada llamado postcloración.

### **Filtración**

Tipos de filtro: Para la operación normal de un filtro, el lavado se realiza al cerrar la salida de la estructura y abrir el ingreso del agua que viene de la captación. La carrera de filtración trata del tiempo que toma el filtro pasando por la filtración de arena hasta que se llena y se requiere su limpieza o lavado. Según la teoría, el tiempo debe ser igual cuando el filtro llega a su pérdida de carga más alta y el límite de calidad del recurso hídrico.

Como el nivel de agua tiene la misma cantidad o el mismo alcance para toda la estructura de filtración, es muy complejo determinar la pérdida de carga máxima para cada filtro ya que toda la estructura está unida. Por esta razón, es necesario tener un registro de valores conjuntos de carrera de filtración, para poder identificar cual filtro de toda la estructura debe ser limpiado o lavado cuando logre llegar a su altura máxima permitida. A continuación, se explican los tipos de filtros presentes en la planta de tratamiento y sus procesos de mantenimiento y operación.

#### ❖ **Filtros dinámicos gruesos**

En el proceso de operar los filtros dinámicos gruesos se da mayor relevancia o importancia a poder tener un control adecuado de las velocidades alcanzadas en el proceso de filtro, centrando el correcto mantenimiento en los filtros y su pérdida de carga, medir la calidad del agua que es producida. Existen diferentes frecuencias para llegar a ejecutar las actividades pertinentes de mantenimiento y operación, las cuales deben ser llevadas a cabo en eventuales, periódicas y diarias.

Actividades diarias:

- Revisión de caudal de afluente al filtro.
- Ajuste de válvula de entrada.
- Revisión de caudal de efluente al filtro grueso dinámico el cual debe ser acorde al caudal requerido para filtros más gruesos.
- Calcular la turbiedad del recurso hídrico afluente y agua con el correcto tratamiento para tomar la decisión más acorde al mantenimiento. Se debe cerrar la válvula que se encuentra a la salida de la estructura, cuando los valores establecidos son más altos de los que se proyectaron.
- En el libro bitácora se debe registrar valores relacionados a turbiedad de agua, fecha de lavado y observación de consideración.

- El valor establecido en el diseño nunca puede ser superado. Cuando se realizan actividades de mantenimiento, el caudal afluente puede aumentar para facilitar el arrastre de material re suspendido.

#### Actividades periódicas:

- Las cámaras de salida y entrada deben lavarse o limpiarse por semana una vez, cuando se observe material unido en el fondo o en las paredes de la cámara.
- Tres veces por semana, debe lavarse o realizar la limpieza adecuada de la capa de grava de la superficie, usando el rastrillo para remover la grava superficial presente en el lecho, contrario al sentido que lleva el flujo de la estructura. Se debe remover del agua la grava hasta que se vea como agua cruda.
- Con la cámara de filtración se limpia hidráulicamente el filtro al menos una vez por semana. Se abre y se cierra consecutivamente 10 veces la válvula de apertura.
- En periodos lluviosos se incrementa el arrastre de solidos lo cual hace necesario aumentar la frecuencia de mantenimiento.

#### Actividades eventuales

- Por obstrucción completa del medio filtrante es necesario retirar y realizar una limpieza total de grava presente en la estructura.

#### ❖ **Filtros ascendentes gruesos**

Para lograr la correcta operación de filtros ascendentes gruesos, se debe enfocar en controlar la velocidad registrada en el proceso de filtración y poder controlar correctamente la calidad del recurso hídrico en el efluente. Evitar daños y prevenir posibles pérdidas en el proceso de filtración se relaciona con acciones encaminadas a lograr limpieza en el mantenimiento de las estructuras.

### Actividades diarias

- Control y medición de caudal.
- Ajustar correctamente en la entrada de la estructura la válvula.
- Lograr medir correctamente valores de turbiedad en el ingreso por medio de los equipos de campo.
- Retirar el material flotante que se desprende del lecho filtrante.
- Registrar correctamente valores de caudal de ingreso y salida, turbiedad, y los cambios en valores de caudales con registro de horas y fechas establecidas.
- Lavado del filtro causado por la pérdida de carga la cual es mayor al valor esperado.

### Actividades periódicas

- Lavado filtro semanal: Para realizar el adecuado lavado se debe raspar con material sintético o cepillo metálico el ingreso de la cámara, desprendiendo materiales de paredes y fondo de la cámara. Para lograr que el recurso hídrico tenga un aspecto parecido al afluente, se recomienda realizar una limpieza de manera hidráulica de la estructura de filtros abriendo y cerrando de manera sucesiva la válvula rápida de apertura, drenado y cámara de salida. Una vez puesto en funcionamiento el filtro, se realiza la revisión de la eficiencia de la limpieza o lavado, registrando valores de pérdida de carga y comparándolas con valores registrados anteriores al lavado.
- Lavado de filtros mensuales: Con una pala metálica, se recomienda remover la grava presente en la superficie, logrando clarificación de agua y siguiendo las recomendaciones anteriormente mencionadas de lavado semanal.

## Manejo y dosificación de cloro

Uno de los productos químicos con mayor peligro es el cloro, el cual es implementado en tratamiento de recurso hídrico, usado en PTAP, siendo de gran importancia por su manejo cuidadoso. Por tal motivo, el cloro se maneja en cilindros de 68 kg de cloro gaseoso y se maneja en la distribución del recurso hídrico ya tratado, con la aplicación de dos lb diarias.

### ❖ Selección del desinfectante

A continuación, se detallan los lineamientos presentados para lograr la selección de cloro como desinfectante. Destruir microorganismos patógenos que estén presentes en el agua que será desinfectada; la seguridad y confiabilidad del desinfectante es de gran importancia en el uso que se da para abastecer de agua a comunidades; mantener concentración residual óptima para evitar reproducción de microorganismos o re-contaminación; medir la concentración del desinfectante con facilidad y rapidez en el agua; desinfectante seguro y fácil de manejar para aplicaciones posteriores; el personal que de uso al desinfectante debe estar calificado con correcta capacitación; costos razonables; no dejar color, sabor u olor en el recurso hídrico; debe presentar solubilidad en el recurso hídrico y en otros solventes que se relacionen (RAS Título C, 2010).

### ❖ Proceso de mantenimiento y operación y su respectivo control

En los lineamientos relacionados con desinfectar el agua usando cloro se recomienda las siguientes indicaciones:

- La composición de color y agua debe ser uniforme, rápida y de manera eficiente.
- Tomar en cuenta un tiempo estimado entre el contacto del cloro activo y el agua, para lograr una desinfección total del agua.

- Para desinfectar el agua, el pH debe ser inferior a 7.5, puesto que valores que superen este valor retardan la reacción entre el cloro y el amoníaco.
- Es recomendable tener niveles más bajos a 1 UNT respecto a la turbiedad para lograr una optimización más acorde con lo esperado. Al no existir el control adecuado, los microorganismos pueden encapsularse en partículas lo cual retarda la acción del desinfectante en el agua tratada.
- Lograr mayor control en la distribución de agua con respecto a agentes patógenos que contaminen el recurso hídrico con análisis adecuados y priorizando la red y sus extremos.
- Cada hora tener un registro de mediciones de cloro contaminado y libre residual.
- Para realizar la cloración, debe usarse un clorador el cual logre medir cuantitativamente la cantidad de cloro presente en el efluente de la PTAP.
- De ser necesario emplear un segundo desinfectante.
- Es aconsejable neutralizar después de desinfectar si se desea aplicar un proceso de estabilización en el agua tratada.
- No debe usarse cal y cloro al mismo tiempo.

#### **Almacenamiento de agua por medio de tanque**

- ❖ Descripción de la unidad: para lograr el almacenamiento de agua es utilizado un tanque, el cual presenta una capacidad aprox 480000 m<sup>3</sup> está hecho en cemento con 14 m de longitud, 8 m de anchura y cuatro m de altura. A este tanque llega el agua filtrada y desinfectada para que este pase a la distribución por medio de una red. En la salida del tanque, el recurso hídrico pasa a través de un macro medidor el cual mide que salga el caudal en pulgadas que se va a distribuir.
- ❖ Tanques almacenamiento y aspectos respecto a su operación.

En la etapa donde se diseñan tanques se deben establecer los siguientes criterios operativos para poder llevar un correcto funcionamiento hidráulico en operaciones normales o de emergencias presentes en el proyecto y su vida útil (RAS Titulo B, 2010).

- Verificación de presiones: Una vez por semana, es necesario tomar mediciones de ingreso y salida de presiones respecto a horas de consumo máximo.
- Control de filtraciones: Se deben elaborar verificaciones de filtraciones una vez en 6 meses en drenajes fonde en sus respectivas cámaras de recolección.
- Control de agua entrante al tanque: Debe cerrarse manualmente el ingreso si existe un exceso de agua, recomendable implementar una alarma al registrarse rebose en la estructura.
- Calidad recurso hídrico en tanque: Por ser de nivel de complejidad medio, cada semana debe elaborarse verificación de calidad en el ingreso y salida del tanque.
- ❖ Mantenimiento de almacenamiento en tanques y sus aspectos.
- Se recomienda realizar aplicación de los lineamientos explicados a continuación para el mantenimiento de tanques de almacenamiento.
- El manual de mantenimiento referente a tanques de almacenamiento necesita contener programas relacionados con labores rutinarias que se enfoquen en mantenimiento, inspección y reparaciones, con actividades diarias, semanales y mensuales para lograr el funcionamiento normal del servicio.
- Prevención en mantenimiento: en el tanque de almacenamiento es de gran importancia que todas las tuberías, estructuras, válvulas y accesorios cuenten con un programa enfocado en la corrección y prevención del mantenimiento, enfocándose en la prevención de todas las labores en el proceso de mantenimiento, adicionando rutinas para lograr mantenimiento eficaz y de

calidad. La prevención debe ser de gran relevancia en todas las labores relacionadas con equipos mecánicos y eléctricos que se relacionen con los tanques de almacenamiento.

- Limpieza tanques almacenamiento: La limpieza de los tanques no debe presentar afectaciones en el caudal registrado ni en las presiones entregadas en la distribución a través de la red, ni en el servicio. Cada 6 meses debe limpiarse completamente el tanque, desinfectando las paredes y el piso.
- Impermeabilización de los tanques de almacenamiento: Si se detectan filtraciones mayores a las mínimas que están permitidas por la normativa, se procederá a la impermeabilización del tanque siguiendo la normativa colombiana en cuanto a productos adecuados y seguros y el ente encargado de distribuir el agua. Asimismo, los productos no deben contener plomo.
- Accesorios: para el correcto mantenimiento de los accesorios presentes en la estructura de tanques de almacenamiento para la operación y control, se debe revisar constantemente el estado y mecanismos adecuados relacionado con operaciones normales del tanque al menos una vez cada tres meses.

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se lograron realizar las actividades relacionadas con la reformulación e implementación del PUEAA, siguiendo los lineamientos establecidos por CORPOBOYACÁ, resaltando que el cumplimiento del PUEAA es de mucha importancia para garantizar la disponibilidad del recurso hídrico en el municipio de Belén, además al revisar el documento enviado por CORPOBOYACA se observaron varias falencias en el anterior programa de ahorro de agua, aunque sirvieron para reformular y presentar de forma adecuada el PUEAA actualizado.

Se recomienda seguir con las observaciones de la corporación en la próxima evaluación del PUEAA enviado hace poco, para seguir mejorando con los procesos, proyectos, información actualizada y metas propuestas en el PUEAA.

Se desarrollaron las actividades relacionadas con poder solicitar la concesión de aguas, permitiendo identificar el trámite, documentación requerida y el diligenciamiento de formularios necesarios para llevar a cabo la concesión de aguas. La importancia de la solicitud de la concesión radica en que este trámite es de suma prioridad por su uso en el consumo del recurso hídrico por parte de la población, mayor conservación y adecuado manejo de los cuerpos de agua, uso racional del recurso hídrico, distribución equitativa y calidad de agua.

Se recomienda iniciar con campañas de concientización para poder proteger el recurso hídrico en el municipio, además de proponer más infraestructuras y analizarlas para lograr mayor eficiencia en la prestación del servicio de alcantarillado y acueducto y así lograr mayor bienestar de la población.

Además, con la propuesta de infraestructuras para la nueva PTAP se evidencio que al proponer un sistema de potabilización de compactación se mejorará el sistema de acueducto y la entrega del

recurso hídrico será de calidad optima y el costo será prudente, evitando alteraciones al bienestar de la población y garantizar la calidad del recurso hídrico distribuido en el municipio de Belén.

Se lograron desarrollar las actividades concernientes a mejorar los procesos de mantenimiento de la PTAP del municipio de Belén, reconociendo los componentes de la PTAP y modificando el manual de mantenimiento y operación según los lineamientos de normativa vigente. El reconocimiento de los componentes de la PTAP fue de gran importancia para lograr analizar las infraestructuras y conocer el estado actual de las mismas, evitando perdidas del recurso hídrico y mejorando los procesos actuales de la PTAP.

Con la modificación del manual de operación y mantenimiento de la PTAP del municipio de Belén, se concluyó que es una herramienta muy útil para el operador de la planta ya que permite tener mayor preparación para el mantenimiento y operación de todas las estructuras de la PTAP.

Asimismo, para el mantenimiento de las distintas unidades que se relacionan con el tren de tratamiento debe realizarse constantemente por parte del operador y llevarse mayor control, implementado acciones preventivas para una operación eficaz de la planta y no hacer mantenimiento cuando sea estrictamente necesario.

Con respecto al índice IRCA, el resultado muestra que el recurso hídrico presenta un nivel de alto riesgo, lo cual indica la necesidad de mayor vigilancia en cuanto a las infraestructuras, mayor calidad en cuanto a la operación de la PTAP y así poder mejorar el próximo resultado del IRCA. Además, se recomienda contar con la experiencia de todos los operadores de la PTAP, ya que sus conocimientos en la aplicación del funcionamiento de las estructuras y las referencias teóricas plasmadas en el manual de mantenimiento y operación puede ser crucial para la mejora continua de la PTAP.

Asimismo, se recomienda realizar un seguimiento de el tren de tratamiento por medio de diversos análisis, para así garantizar la remoción de carga contaminante y poder cumplir con la normativa colombiana vigente.

Finalmente, se recomienda desarrollar una propuesta de PTAR para el municipio de Belén, Boyacá siguiendo la normativa colombiana para reducir los índices de contaminación ambiental y cargas contaminantes en los puntos de vertimientos de aguas residuales, mejorando el saneamiento básico y la calidad de vida de la población.

## 7. REFERENCIAS

- Araque García, L. (2020). Servicios públicos domiciliarios desde perspectiva de los derechos fundamentales. *Diálogos de Derecho y Política*, 106-132.
- Carriazo Regino, Y. (2021). Sistema de monitoreo de la calidad del agua basado en IOT, utilizando técnicas de analítica de datos para la detección de anomalías, en los acueductos ejecutados por el Plan Departamental de Aguas (PDA) de córdoba. *Universidad Autónoma De Bucaramanga*, 1-148.
- Castrillón Bedoya, L. (2016). Análisis del Estado Actual del Plan de Uso Eficiente y Ahorro del Agua de la Piscícola Pezfresco S.A. *Universidad Tecnológica de Pereira*, 11-12.
- Comite Ambiental Belén. (5 de Abril de 2020). *COMITE AMBIENTAL SERVIBELEN*. Obtenido de COMITE AMBIENTAL SERVIBELEN: <http://bitacoraambiental.blogspot.com/2010/04/comite-ambiental-servibelen.html>
- Cordero Ordoñez, M., & Ullauri Hernández, P. (2011). Filtros caseros, utilizando Ferrocemento, diseño para servicio a 10 familias, constante de 3 unidades de filtros gruesos ascendentes (FGAS), 2 filtros lentos de arena (FLA), Sistema para aplicación de cloro y 1 tanque de almacenamiento. *Universidad de Cuenca*, 1-98.
- Corpoboyacá. (5 de ABRIL de 2021). *Corpoboyaca.gov.co*. Obtenido de Corpoboyaca.gov.co: <https://www.corpoboyaca.gov.co/archivadas/tramite-de-concesion-de-aguas-superficiales/>
- DECRETO 3930 DE 2010. (2010). Decreto 3930 de 2010 Nivel Nacional. *DECRETO 3930 DE 2010*, 1-31.
- Decreto1076. (2015). Decreto 1076 de 2015. *Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*, 1-653.

Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 147-170.

Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (2022). *Fibras y Normas de Colombia S.A.S.* Obtenido de Fibras y Normas de Colombia S.A.S: <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/acueducto/#Que-es-un-Acueducto-y-como-Funciona>

Gil, M., & Soto, A. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción + Limpia*, 52-73.

Gutierrez Vargas, A. (2015). Apoyo componente rural de gestión del riesgo sobre contrato MBB-CDM-201412-001 municipio de Belén, Boyacá - gps, para la revisión y formulación del esquema de ordenamiento de ordenamiento. *UPTC*, 1-151.

Hernández Sampieri, R. (2001). Metodología de la Investigación. 2ª. *McGraw-Hill*, 52-134.

Naciones Unidas. (2022). *Naciones Unidas*. Obtenido de Naciones Unidas: <https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/sostenibilidad>

Rengifo Rengifo, B., Quitiaquez Segura, L., & Mora Córdoba, F. (2020). Educacion ambiental estrategia pedagógica que contribuye a solucionar problemáticas ambientales en Colombia. *Universidad de Nariño*, 1-16.

Ruiz Gaitán, P. (2020). Importancia programa de agua que no es contabilizada en el departamento de Boyacá. *UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS*, 1-110.

Sandoval Delgado, A. (2010). Plan de Saneamiento básico relacionado con abastecimiento de agua potable, manejo de aguas residuales y residuos sólidos domiciliarios en el corregimiento de

Betania en el Municipio del Playon, Santander. . *Universidad Pontificia Bolivariana*, 1-116.

SERVIBELEN. (2017). PUEAA Belén . *SERVIBELEN*, 11-12.

SIGME. (2022). INFORME DE VIGILANCIA O INSPECCIÓN ESPECIAL, DETALLADA O CONCRETA. *SIGME*, 4-5.

## **8. ANEXOS**

ANEXO 1: [ANEXO 1. Formato-Unico-Nacional-de-Solicitud-de-Concesion-de-Aguas-Superficiales.pdf](#)

ANEXO 2: [ANEXO 2. FGP-09-informacion-basica-PUEAA-v4 Belén Boyacá.xls](#)

ANEXO 3: [ANEXO 3. Manual de operación y mantenimiento PTAP Belén.docx](#)

ANEXO 4: [PUEAA BELEN DEF.pdf](#)

ANEXO 5: [Calidad de agua Belén Boyacá.xlsx](#)



